

Karta pracy (4) – II LO / chem.r Stała dysocjacji, prawo rozcieńczeń Ostwalda

Nazwisko i imię

Wprowadzenie:

- ❖ Dysocjacja elektrolityczna słabych kwasów wieloprotonowych i słabych zasad wielowodorotlenkowych (metale bloku p i d) zachodzi wielostopniowo, dla każdego stopnia można wyprowadzić wyrażenie na stałą dysocjacji K_{a1} / K_{a2} itd. dla kwasu, K_{b1} , K_{b2} itd. dla zasad, przez analogię dla stałej autodysocjacji wody:
 - $H_2O + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + OH^-$ $K_{H_2O} = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]^2} = 3,23 \cdot 10^{-18}$
 - $H_2CO_3 + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + HCO_3^-$ $K_{a1} = \frac{[H_3O^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$
 - $HCO_3^- + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + CO_3^{2-}$ $K_{a2} = \frac{[H_3O^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]}$
 - $Mg(OH)_2 \xrightarrow{H_2O} MgOH^+ + OH^-$ $K_{b1} = \frac{[MgOH^+][OH^-]}{[Mg(OH)_2]}$
 - $MgOH^+ \xrightarrow{H_2O} Mg^{2+} + OH^-$ $K_{b2} = \frac{[Mg^{2+}][OH^-]}{[MgOH^+]}$
 - w wyrażeniach na stałe dysocjacji są zapisane stężenia molowe w stanie równowagi.
 - słabe kwasy jednoprotone i słabe zasady jednowodorotlenkowe opisuje tylko jedno wyrażenie na stałą dysocjacji:
 - ✓ $HIO + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + IO^-$ $K_a = \frac{[H_3O^+][IO^-]}{[HIO]}$
 - ✓ $NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH_4^+ + OH^-$ $K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$
 - stała dysocjacji jest dokładniejszym parametrem do oceny mocy elektrolitu niż stopień dysocjacji, ponieważ nie zależy o stężenia elektrolitu, ale oba parametry zależą o temperatury roztworu.
 - ❖ Stała dysocjacji i prawo rozcieńczeń Ostwalda:
 - zależność / związek między stopniem dysocjacji $\alpha = \frac{c}{c_o}$ a stałą dysocjacji K;
 - ✓ $HR + H_2O \leftrightarrow H_3O^+_{(aq)} + R^-_{(aq)}$; to $[HR] = c_o - c$; $[H^+] = [R^-] = c = c_o \cdot \alpha$
 - ✓ $K_a = \frac{[H_3O^+][R^-]}{[HR]} = \frac{\alpha c_o \cdot \alpha c_o}{c_o - \alpha c_o} = \frac{(\alpha c_o)^2}{c_o(1 - \alpha)} = \frac{\alpha^2 c_o}{1 - \alpha}$
 - ✓ powyższe wyrażenie określające zależność między stopniem dysocjacji a stałą dysocjacji jest prawem rozcieńczeń Ostwalda,
 - ✓ dla słabych elektrolitów, dla których $\alpha \leq 5\%$ wartość mianownika praktycznie wartość wynosi 1, stąd dla tych elektrolitów ma zastosowanie wyrażenie uproszczone: $K_a \approx \alpha^2 c_o$, stąd: $\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{c_o}}$
 - ✓ uproszczony wzór na K ma zastosowanie; jeżeli jest spełniony warunek: $\frac{c_o}{K} \geq 400$

❖ Przykładowe zadania z zastosowaniem prawa Ostwalda i ich rozwiązania

- 1 Oblicz stałą dysocjacji kwasu HR jeżeli w roztworze o stężeniu $0,01 \text{ mol/dm}^3$ stopień dysocjacji wynosi **22%**.
 - ✓ $HR + H_2O \leftrightarrow H_3O^+_{(aq)} + R^-_{(aq)}$;
 - ✓ $c_o = 0,01 \text{ mol/dm}^3 = 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$
 - ✓ $\alpha = 22\% = 0,22$, jest większe niż 5%, stąd konieczność zastosowania wzoru pełnego:
 - ✓ $K_a = \frac{\alpha^2 \cdot c_o}{1 - \alpha} = \frac{0,22^2 \cdot 10^{-2}}{1 - 0,22} = \frac{4,84 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-2}}{0,78} = \frac{4,84 \cdot 10^{-4}}{7,8 \cdot 10^{-1}} = 0,62 \cdot 10^{-3} = 6,2 \cdot 10^{-4}$
- 2 Stała dysocjacji metyloaminy CH_3NH_2 wynosi $K_b = 4,265 \cdot 10^{-4}$. Oblicz pH wodnego roztworu metyloaminy o stężeniu $0,2 \text{ mol/dm}^3$.
 - ✓ $CH_3NH_2 + H_2O \leftrightarrow CH_3NH_3^+ + OH^-$
 - ✓ $c_o = 2 \cdot 10^{-1} \text{ mol/dm}^3$
 - ✓ aby obliczyć pH roztworu, należy obliczyć stopień dysocjacji, następnie stężenie molowe anionów OH^- w roztworze, kolejno pOH roztworu i korzystając z zależności $pH + pOH = 14$, obliczyć pH.
 - ✓ $\frac{c_o}{K} = \frac{2 \cdot 10^{-1}}{4,265 \cdot 10^{-4}} \approx 469 \geq 400$ do dalszych obliczeń należy / można przyjąć wyrażenie uproszczone,
 - ✓ $\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{c_o}} = \sqrt{\frac{4,265 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-1}}} = \sqrt{2,1325 \cdot 10^{-3}} = \sqrt{21,325 \cdot 10^{-4}} \approx 4,6 \cdot 10^{-2}$
 - ✓ $c = [OH^-] = \alpha \cdot c_o = 4,6 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-1} = 9,2 \cdot 10^{-3} = 0,92 \cdot 10^{-2}$
 - ✓ $pOH = -\log[OH^-] = -\log 0,92 \cdot 10^{-2} = 2 + 0,036 = 2,036$
 - ✓ $pH = 14 - pOH = 14 - 2,036 \approx 11,96 \approx 12$

3	<p>Oblicz stężenie molowe roztworu kwasu bromowego(I) – HBrO ($K_a = 2 \cdot 10^{-9}$) o $pH = 4,5$.</p> <ul style="list-style-type: none">✓ aby obliczyć stężenie molowe, w oparciu o pH roztworu należy obliczyć stężenie $[H^+] = c$✓ $c = [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-4,5} \approx 3,1 \cdot 10^{-5} \approx 0,31 \cdot 10^{-4}$ / na podstawie tablic logarytmicznych,✓ ze wzoru na $\alpha = \frac{c}{c_o} = \frac{3,1 \cdot 10^{-5}}{c_o}$; wyrażenie na α należy postawić do wzoru na $K_a \approx \alpha^2 c_o$✓ $2 \cdot 10^{-9} = \left(\frac{3,1 \cdot 10^{-5}}{c_o}\right)^2 \cdot c_o = \frac{9,61 \cdot 10^{-10}}{c_o^2} \cdot c_o$✓ $2 \cdot 10^{-9} \cdot c_o = 9,61 \cdot 10^{-10}$✓ $c_o = \frac{9,61 \cdot 10^{-10}}{2 \cdot 10^{-9}} = 4,805 \cdot 10^{-1} \approx 0,48 \frac{mol}{dm^3}$																								
4	<p>Oblicz pH roztworów amoniaku ($K_b = 1,778 \cdot 10^{-5}$) o stężeniu $0,125 \text{ mol/dm}^3$; $0,25 \text{ mol/dm}^3$ i $0,5 \text{ mol/dm}^3$, Porównaj, jak zmienia się stopień dysocjacji i pH w tych roztworach, wyciągnij wnioski.</p> <ul style="list-style-type: none">✓ aby obliczyć stężenie molowe kationów wodorowych, w pierwszej kolejności należy obliczyć stopień dysocjacji dla tych roztworów,✓ w drugim etapie postępować jak w zadaniu 2, ponieważ: $NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH_4^+ + OH^-$ <p>dla trzech roztworów $\frac{c_o}{K} \geq 400$</p> <ul style="list-style-type: none">✓ $\alpha_1 = \sqrt{\frac{K_a}{c_o}} = \sqrt{\frac{1,778 \cdot 10^{-5}}{0,125}} = \sqrt{1,4224 \cdot 10^{-4}} \approx 1,19 \cdot 10^{-2}$✓ $c_1 = [OH^-] = \alpha_1 \cdot c_o = 1,19 \cdot 10^{-2} \cdot 0,125 \text{ mol/dm}^3 = 0,47 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$✓ $pH_1 = 14 - pOH = 14 - (-\log [OH^-]) = 14 - (-\log 0,15 \cdot 10^{-2}) \approx 14 - 2,82 \approx 11,18$✓ $\alpha_2 = \sqrt{\frac{K_a}{c_o}} = \sqrt{\frac{1,778 \cdot 10^{-5}}{0,25}} = \sqrt{7,112 \cdot 10^{-5}} = \sqrt{0,7112 \cdot 10^{-4}} \approx 0,84 \cdot 10^{-2}$✓ $c_2 = [OH^-] = \alpha_2 \cdot c_o = 0,84 \cdot 10^{-2} \cdot 0,25 \text{ mol/dm}^3 = 0,21 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$✓ $pH_2 = 14 - pOH = 14 - (-\log [OH^-]) = 14 - (-\log 0,21 \cdot 10^{-2}) \approx 14 - 2,68 \approx 11,32$✓ $\alpha_3 = \sqrt{\frac{K_a}{c_o}} = \sqrt{\frac{1,778 \cdot 10^{-5}}{0,5}} = \sqrt{3,556 \cdot 10^{-5}} = \sqrt{0,3556 \cdot 10^{-4}} \approx 0,6 \cdot 10^{-2}$✓ $C_3 = [OH^-] = \alpha_3 \cdot c_o = 0,6 \cdot 10^{-2} \cdot 0,5 \text{ mol/dm}^3 \approx 0,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$✓ $pH_3 = 14 - pOH = 14 - (-\log [OH^-]) = 14 - (-\log 0,3 \cdot 10^{-2}) \approx 14 - 2,52 \approx 11,48$ <table><tr><th colspan="2">roztwór</th><th colspan="2">stopień dysocjacji</th><th colspan="2">pH roztworu</th></tr><tr><td>0,125 mol/dm³</td><td>1</td><td>$1,19 \cdot 10^{-2} = 1,19 \%$</td><td>1</td><td>11,18</td><td>1</td></tr><tr><td>0,25 mol/dm³</td><td>2</td><td>$0,84 \cdot 10^{-2} = 0,84 \%$</td><td>0,7</td><td>11,32</td><td>1.0125</td></tr><tr><td>0,50 mol/dm³</td><td>4</td><td>$0,60 \cdot 10^{-2} = 0,60 \%$</td><td>0,5</td><td>11,48</td><td>1.0268</td></tr></table> <p>Dwukrotny wzrost stężenia roztworu skutkuje wyraźnym spadkiem stopnia dysocjacji, czyli dla słabych elektrolitów stopień dysocjacji maleje wraz ze wzrostem stężenia roztworu, natomiast spadek wartości pH jest stosunkowo niewielki, zmiany nie są wprost proporcjonalne do zmiany stężenia roztworu</p>	roztwór		stopień dysocjacji		pH roztworu		0,125 mol/dm ³	1	$1,19 \cdot 10^{-2} = 1,19 \%$	1	11,18	1	0,25 mol/dm ³	2	$0,84 \cdot 10^{-2} = 0,84 \%$	0,7	11,32	1.0125	0,50 mol/dm ³	4	$0,60 \cdot 10^{-2} = 0,60 \%$	0,5	11,48	1.0268
roztwór		stopień dysocjacji		pH roztworu																					
0,125 mol/dm ³	1	$1,19 \cdot 10^{-2} = 1,19 \%$	1	11,18	1																				
0,25 mol/dm ³	2	$0,84 \cdot 10^{-2} = 0,84 \%$	0,7	11,32	1.0125																				
0,50 mol/dm ³	4	$0,60 \cdot 10^{-2} = 0,60 \%$	0,5	11,48	1.0268																				
<p>Zadania do samodzielnego rozwiązania w oparciu o informacje wstępne i przykładowe zadania z rozwiązaniami wykonaj polecenia zadania, poszerz swoje umiejętności analizując zadania z rozwiązaniami z zakładki – Matematyka w chemii na stronie Chemia w VII LO.</p>																									
1	<p>Oblicz pH roztworów fenolu o stężeniu $0,1 \text{ mol/dm}^3$; $0,01 \text{ mol/dm}^3$ i $0,001 \text{ mol/dm}^3$, którego stała dysocjacji fenolu wynosi – $K_a = 1,288 \cdot 10^{-10}$. Porównaj, jak zmienia się stopień dysocjacji i pH w tych roztworach, wyciągnij wnioski: $C_6H_5OH + H_2O \leftrightarrow C_6H_5O^- + H_3O^+$.</p>																								

2	<p>Sporządzono roztwór 0,1 molowy roztwór benzoesu amonu $\text{C}_6\text{H}_5\text{-COONH}_4$, jest to sól słabego kwasu i słabej zasady. Sól ulega hydrolizie anionowo-kationowej, stąd w przybliżeniu odczyn roztworu powinien być obojętny. Stopnie dysocjacji : kwasu benzoowego $\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH}$ ($\alpha = 2,54 \cdot 10^{-2}$), natomiast dla wody amoniakalnej $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ($\alpha = 1,3 \cdot 10^{-2}$). Oblicz K_a i K_b produktów hydrolizy soli i w oparciu o obliczenia wyjaśnij, jaki jest odczyn i dlaczego $\text{pH} \neq 7$.</p>
3	<p>Wodny roztwór kwasu HF ($K_a = 6,31 \cdot 10^{-4}$) posiada pH = 2. Oblicz stężenie molowe roztworu kwasu. (wykorzystaj zależność $c = [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$, $\alpha < 5\%$), w obliczeniach wartości zaokrąglaj do całości oprócz wyniku końcowego.</p>
4	<p>Wymieszano 250 cm³ 0,2 molowego roztworu kwasu octowego $\text{CH}_3\text{-COOH}$ ($K_a = 1,738 \cdot 10^{-5}$) z 250 cm³ wody amoniakalnej $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ o stężenie 0,15 mol/dm³ ($K_b = 1,778 \cdot 10^{-5}$) W mieszaninie zachodzi reakcja wymiany podwójnej: $\text{CH}_3\text{-COO}^- + \text{H}^+ + \text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{CH}_3\text{-COOH} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Oblicz pH tak otrzymanego roztworu (w obliczeniach uwzględnij zmianę objętości otrzymanego roztworu, mieszanina <i>stechiometryczna / mieszanina niestechiometryczna</i>).</p>