Kurs zadaniowy z chemii

Maturalis i Kamil Kaznowski

Lekcja 14/25 – 17 lutego 2023 r.

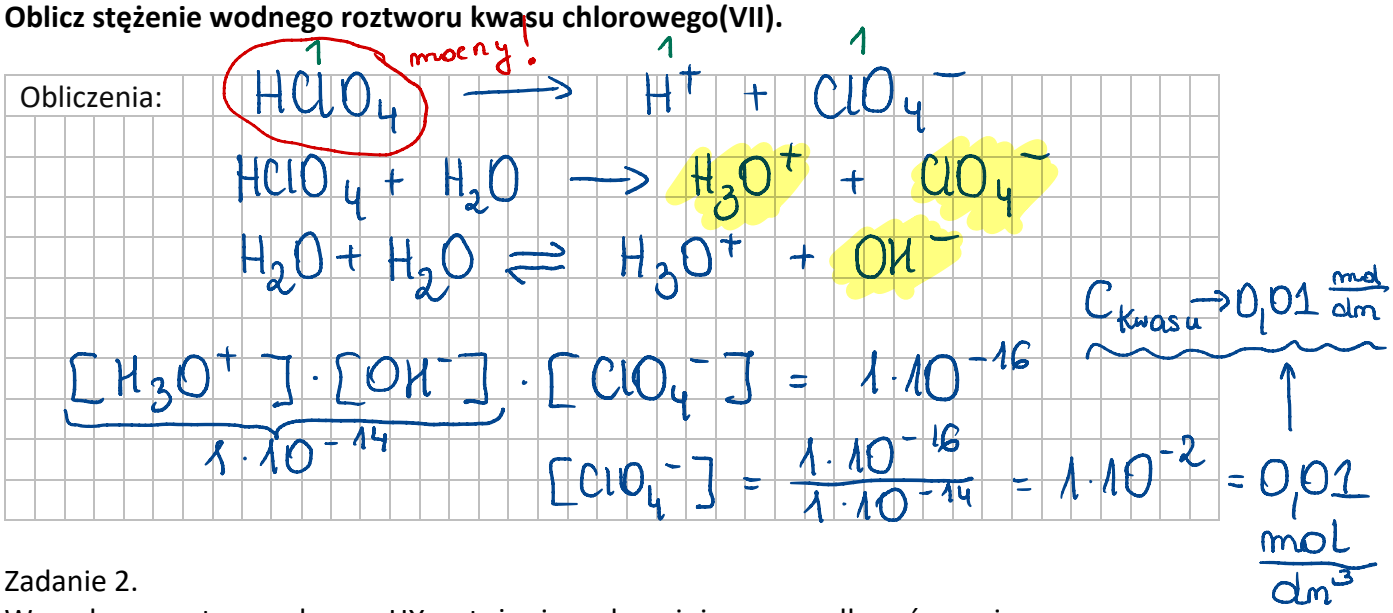
Temat: Chemia roztworów wodnych – podsumowanie

Zadanie 1.

W wodnym rotworze kwasu chlorowego(VII) w temperaturze pokojowej iloczyn stężeń wszystkich jonów obecnych w roztworze jest równy 10^{-16}.

Oblicz stężenie wodnego roztworu kwasu chlorowego(VII).

Obliczenia:



Zadanie 2.

W wodnym roztworze kwasu HX o stężeniu c, dysocjującego według równania:

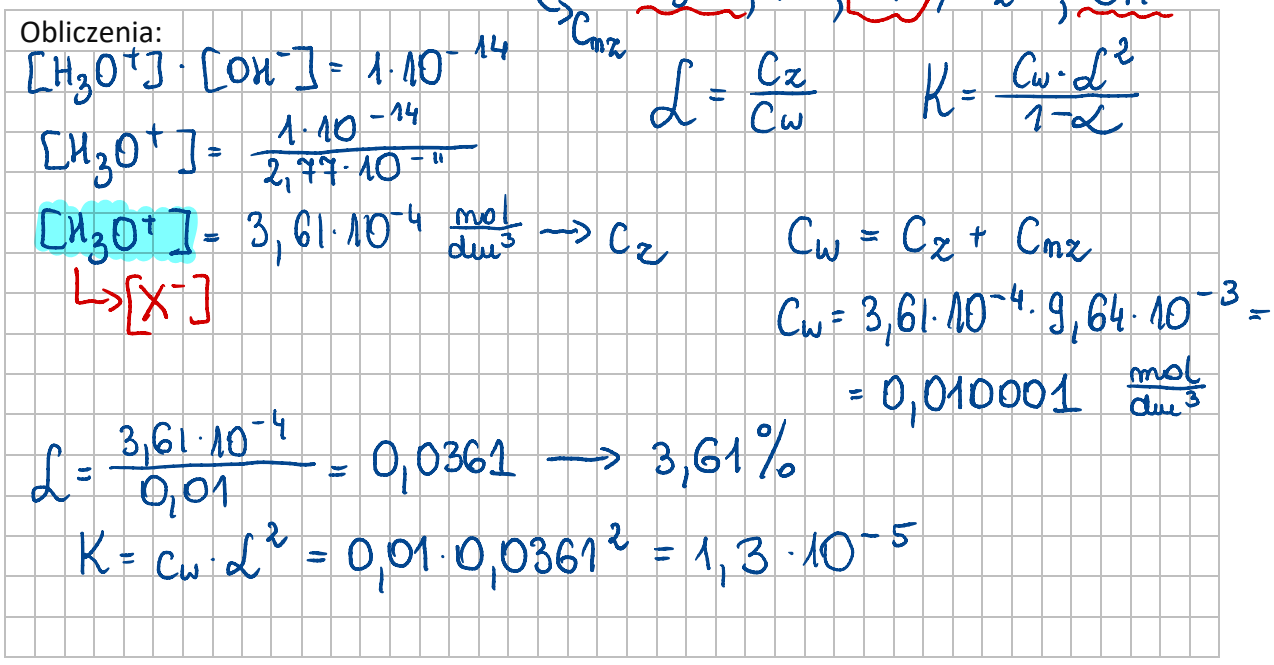
$$HX + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + X^-$$

Stężenia trzech indywiduów chemicznych (w temperaturze 25°C) wynoszą:

$3{,}61 \cdot 10^{-4}$ mol·dm^{-3} • $9{,}64 \cdot 10^{-3}$ mol·dm^{-3} • $2{,}77 \cdot 10^{-11}$ mol·dm^{-3}

Oblicz stopień dysocjacji i stałą dysocjacji kwasu o wzorze HX.

Obliczenia:



Zadanie 3.

W 200 cm^3 0,01-molowego wodnego roztworu kwasu azotowego(V) roztworzono 130 mg tlenku wapnia. Roztwór otrzymany po reakcji rozcieńczono do objętości 300 cm^3.

Oblicz pH wodnego roztworu otrzymanego po reakcji.

Obliczenia:

$$\underset{0,00232}{CaO} + \underset{0,002}{2HNO_3} \longrightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O$$

130 mg

$m = 56\ g/mol$

$C_M = 0,01\ \frac{mol}{dm^3}$

$V_r = 200\ cm^3$

$pH = ?$

$C = \frac{m_s}{V_r}$

$56\ g - 1\ mol$

$0,13\ g - x$

$x = 0,00232\ mol\ CaO$

$n_{HNO_3} = C \cdot V = 0,01 \cdot 0,2 = 0,002\ mola$

$CaO : HNO_3$

$1 : 2$

CaO jest w nadmiarze

$n_{CaO} = 0,00232 - 0,001 = 0,00132\ mola$

zostało CaO zasadowy tlenek

$$\underset{0,00132}{CaO} + H_2O \longrightarrow \underset{0,00132}{Ca(OH)_2}$$

mocna zasada!

$$\underset{0,00132}{Ca(OH)_2} \longrightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$$

$0,00264\ mola$

$$[OH^-] = \frac{n}{V} = \frac{0,00264}{0,3} = 8,8 \cdot 10^{-3}\ \frac{mol}{dm^3}$$

$$pOH = -\log 8,8 \cdot 10^{-3} = 2,06$$

$$pH + pOH = 14$$

$$pH = 11,94$$

Zadanie 4.

Zmieszano 200 cm^3 1-molowego wodnego roztworu azotanu(V) srebra z 400 cm^3 2-molowego wodnego roztworu chlorku potasu.

$C = \frac{n}{V}$

Oblicz:

a) **masę wytrąconego osadu przy założeniu, że wydajność reakcji wynosi 100%,**

b) **stężenie jonów srebra, które znajdują się w roztworze po reakcji,**

c) **stężenie jonów srebra w otrzymanym roztworze, jeśli osad po reakcji odsączono i umieszczono w zlewce, do której wprowadzono 2 dm^3 wody destylowanej.**

Obliczenia:

$\overset{0,2}{AgNO_3} + \overset{0,8}{KCl} \rightarrow AgCl\downarrow + KNO_3$

$C = 1\frac{mol}{dm^3}$, $V_r = 200\,cm^3$; $C = 2\frac{mol}{dm^3}$, $V_r = 400\,cm^3$

a) $m_{AgNO_3} = C \cdot V = 1 \cdot 0,2 = 0,2$ mola → niedomiar → 0,2 mola AgCl

$m_{KCl} = C \cdot V = 2 \cdot 0,4 = 0,8$ mola → nadmiar

$M_{AgCl} = 143,5\ g/mol$

143,5 g — 1 mol

x — 0,2 mola

x = 28,7 g AgCl

b) $AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$ $\quad K_{so} = 1,77 \cdot 10^{-10}$

$K_{so} = [Ag^+] \cdot [Cl^-]$

x x

m_{KCl} (po reakcji) = 0,6 mola

$C_{KCl} = \frac{n}{V} = \frac{0,6}{0,6} = 1\frac{mol}{dm^3}$ → $[Cl^-]$

$[Ag^+] = \frac{K_{so}}{[Cl^-]}$

$[Ag^+] = \frac{1,77 \cdot 10^{-10}}{1 + x} = 1,77 \cdot 10^{-10}\ \frac{mol}{dm^3}$

x - pomijamy bo $[Cl^-]$ z rozpuszczenia AgCl jest dużo mniejsze niż $[Cl^-]$ pochodzących od KCl

c) $AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$ $\quad K_{so} = [Ag^+] \cdot [Cl^-]$

x x

$K_{so} = x^2 \rightarrow x = \sqrt{K_{so}}$

$x = \sqrt{1,77 \cdot 10^{-10}}$

$x = 1,33 \cdot 10^{-5}\ \frac{mol}{dm^3}$ → $[Ag^+] = 1,33 \cdot 10^{-5}\ \frac{mol}{dm^3}$

Zadanie 5.

Oblicz pH wodnego nasyconego roztworu wodorotlenku magnezu, w roztworze którego ustala się stan równowagi dynamicznej opisany równaniem:

$$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg(OH)^+ + OH^-$$

Obliczenia:

$K_{SO} = 5,61 \cdot 10^{-12}$

$K_{SO} = [Mg(OH)^+] \cdot [OH^-]$

$K_{SO} = x^2 \rightarrow x = \sqrt{5,61 \cdot 10^{-12}}$

$x = 2,4 \cdot 10^{-6} \frac{mol}{dm^3}$

$\downarrow$

$[OH^-]$

$pOH = -\log [OH^-] = -\log 2,4 \cdot 10^{-6} =$

$= 5,6$

$pH + pOH = 14 \rightarrow pH = 8,4$

Zadanie 6.

Roztwory buforowe to roztwory, które zawierają słaby kwas Brønsted'a-Lowry'ego sprzężony ze swoją zasadą lub słabą zasadę Brønsted'a-Lowry'ego sprzężoną ze swoim kwasem. Cechą roztworu buforowego jest to, że utrzymuje praktycznie stałą wartość pH mimo wprowadzanego do niego niewielkich ilości mocnych kwasów lub zasad.

Zmieszano następujące roztwory:

a) 10 cm^3 1-molowego roztworu kwasu octowego i 1 cm^3 1-molowego roztworu wodorotlenku sodu.

b) 20 cm^3 0,1-molowego roztworu kwasu octowego i 10 cm^3 1-molowego roztworu wodorotlenku sodu.

Oblicz pH uzyskanych roztworów.

pH roztworu buforowego oblicza się ze wzoru: $\mathbf{pH = -\log K_a + \log\frac{c_b}{c_a}}$

gdzie: K_a – stała dysocjacji kwasu będącego składnikiem buforu, c_a – stężenie molowe kwasowego składnika buforu, c_b – stężenie molowe zasadowego składnika buforu

Obliczenia:

a) $CH_3COOH + OH^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$

$c = 1\ mol/dm^3$, $V_r = 10\ cm^3$; $c = 1\ \frac{mol}{dm^3}$, $V_r = 1\ cm^3$

przed: $0{,}01\ mol$ $0{,}001\ mol$

po: $0{,}009\ mol$ — $0{,}001\ mol$

$n_{CH_3COOH} = C \cdot V = 1 \cdot 0{,}01 = 0{,}01\ mol$

$n_{OH^-} = C \cdot V = 1 \cdot 0{,}001 = 0{,}001\ mol$

$n_{CH_3COOH} = 0{,}01 - 0{,}001 = 0{,}009\ mol$ zostało

$[CH_3COOH] = C_a = \frac{n}{V} = \frac{0{,}009}{0{,}011} = 0{,}818\ \frac{mol}{dm^3}$

$[CH_3COO^-] = C_b = \frac{n}{V} = \frac{0{,}001}{0{,}011} = 0{,}0909\ \frac{mol}{dm^3}$

$pH = -\log 1{,}75 \cdot 10^{-5} + \log\frac{0{,}0909}{0{,}818} = 3{,}8$

b) $CH_3COOH + OH^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$

$c = 0{,}1\ mol/dm^3$, $V_r = 20\ cm^3$; $c = 1\ \frac{mol}{dm^3}$, $V_r = 10\ cm^3$

przed: $0{,}002$ $0{,}01$

po: — $0{,}008$ $0{,}002$

$n_{CH_3COOH} = C \cdot V = 0{,}1 \cdot 0{,}02 = 0{,}002\ mola$

$n_{OH^-} = C \cdot V = 1 \cdot 0{,}01 = 0{,}01\ mola$

$n_{OH^-} = 0{,}01 - 0{,}002 = 0{,}008\ mola$ zostało

$[OH^-] = \frac{n}{V} = \frac{0{,}008}{0{,}03} = 0{,}27\ \frac{mol}{dm^3} \rightarrow pOH = 0{,}57 \rightarrow pH = 13{,}43$

Zadanie 7.
Oblicz pierwszy stopień dysocjacji i drugi stopień dysocjacji kwasu siarkowego(IV) w 0,1-molowym roztworze tego kwasu.

Obliczenia:

$H_2SO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HSO_3^-$ $\quad Ka_1 = 1{,}41 \cdot 10^{-2}$

$HSO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + SO_3^{2-}$ $\quad Ka_2 = 6{,}31 \cdot 10^{-8}$

(1)

$K = \frac{c_w \cdot \alpha^2}{1-\alpha} \qquad \frac{c_w}{K} = \frac{0{,}1}{1{,}41 \cdot 10^{-2}} < 400$

$K(1-\alpha) = c_w \cdot \alpha^2$

$K - K\alpha - c_w\alpha^2 = 0$

$c_w\alpha^2 + K\alpha - K = 0$

$\Delta = K^2 + 4c_wK$

$\alpha = \frac{-K - \sqrt{K^2+4c_wK}}{2c_w}$ } brak sensu chemicznego $\alpha < 0$

$\alpha = \frac{-K + \sqrt{K^2+4c_wK}}{2c_w}$

$\alpha = \frac{-0{,}0141 + \sqrt{0{,}0141^2 + 4 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}0141}}{2 \cdot 0{,}1}$

$\alpha = 0{,}31 \rightarrow \alpha_1 = 31\%$

(2)

$\alpha = \frac{c_z}{c_w} \rightarrow c_z = \alpha \cdot c_w$

$c_z = 0{,}31 \cdot 0{,}1 = 0{,}031 \ \frac{mol}{dm^3}$

w 1. etapie $[HSO_3^-] = 0{,}031 \ \frac{mol}{dm^3}$
↳ substrat etapu drugiego (c_w)

$\frac{c_w}{K} = \frac{0{,}031}{6{,}31 \cdot 10^{-8}} > 400$

$K = c_w \cdot \alpha^2 \rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{K}{c_w}}$

$\alpha = \sqrt{\frac{6{,}31 \cdot 10^{-8}}{0{,}031}} = 1{,}43 \cdot 10^{-3}$

$\alpha_2 = 0{,}143\%$

Zadanie 8.

Do zlewki wprowadzono 80 cm^3 roztworu mocnego (całkowicie zdysocjowanego), jednoprotonowego kwasu HA o stężeniu 0,10 $mol \cdot dm^{-3}$. Następnie do zlewki wprowadzono 45 cm^3 roztworu wodorotlenku potasu o stężeniu 0,15 $mol \cdot dm^{-3}$. Do takiej mieszaniny dodawano kroplami roztwór wodorotlenku sodu o stężeniu 0,2 $mol \cdot dm^{-3}$ do momentu uzyskania roztworu o pH równym 2,1.

Oblicz objętość dodanego roztworu wodorotlenku sodu. Przyjmij, że objętość mieszaniny była sumą objętości zmieszanych roztworów.

Obliczenia:

$HA + KOH \rightarrow KA + H_2O$

HA: $n = C \cdot V = 0,1 \cdot 0,08 = 0,008$ mola (nadmiar)

KOH: $n = C \cdot V = 0,15 \cdot 0,045 = 0,00675$ mola

po reakcji HA: $0,008 - 0,00675 = 0,00125$ mola

$HA + KOH \longrightarrow KA + H_2O$

0,00125 mola; 0,2 mol/dm^3

po reakcji pH = 2,1 czyli użyto w nadmiarze HA

$C = \frac{n}{V}$

$n = C \cdot V$

$0,00125 - (0,2 \cdot V) = 7,94 \cdot 10^{-3} (V + 0,125)$

- $0,00125$ – liczba moli HA przed reakcją
- $0,2 \cdot V$ – liczba moli KOH użyto do reakcji
- $7,94 \cdot 10^{-3} (V + 0,125)$ – liczba moli HA po reakcji

pH = 2,1

$[H_3O^+] = 10^{-2,1} = 7,94 \cdot 10^{-3} \frac{mol}{dm^3} = C_{HA}$ (mocny kwas)

$0,00125 - 0,2V = 0,00794V + 0,0009925$

$-0,20794V = -0,0002575$

$V = 0,00124\ dm^3 = 1,24\ cm^3$

Zadanie 9.

Jon kompleksowy składa się z atomu centralnego i ligandów. Funkcję atomu centralnego spełniają najczęściej kationy metali. Ligandami są drobiny chemiczne, które łączą się z atomem (jonem) centralnym wiązaniem koordynacyjnym za pomocą wolnej pary elektronowej atomu donorowego wchodzącego w skład ligandu. Ligandami mogą być cząsteczki obojętne, np. H_2O, NH_3, lub aniony, np. Cl^-, OH^-.

Powstawanie kompleksu jonu metalu M z ligandami L można opisać sumarycznym równaniem:

$$M + nL \rightleftharpoons ML_n$$

Indeks *n* oznacza liczbę ligandów, z którymi łączy się jon metalu.

Na podstawie: J. Minczewski, Z. Marczenko, *Chemia analityczna*, Warszawa 2001
oraz M. Cieślak-Golonka, J. Starosta, M. Wasielewski, *Wstęp do chemii koordynacyjnej*, Warszawa 2010.

Jony kadmu(II) tworzą z anionami jodkowymi jon kompleksowy, w którym przyjmują liczbę koordynacyjną $n = 4$.

W przedstawionej poniżej konfiguracji elektronowej atomu kadmu w stanie podstawowym podkreśl fragment, który nie występuje w jonie kadmu(II), oraz napisz wzór kompleksu jonów kadmu(II) z anionami jodkowymi.

$_{48}Cd \quad 1s^2\ 2s^2 2p^6\ 3s^2 3p^6 3d^{10}\ 4s^2 4p^6 4d^{10}\ 5s^2$

Wzór kompleksu jonów kadmu(II) z anionami jodkowymi: ..... $[CdI_4]^{2-}$ .....

Jony etylenodiaminotetraoctanowe (EDTA) są jednym z najpopularniejszych czynników kompleksujących. Te jony – umownie oznaczone wzorem Y^{4-} – tworzą kompleks z jonami magnezu zgodnie z równaniem:

$$Mg^{2+} + Y^{4-} \rightleftarrows MgY^{2-}$$

Równowagę reakcji kompleksowania opisuje stała trwałości tego kompleksu β, która wyraża się równaniem:

$$\beta = \frac{[MgY^{2-}]}{[Mg^{2+}]\cdot[Y^{4-}]}$$

W temperaturze 25 °C stała trwałości tej reakcji jest równa $5\cdot10^8$.

Na podstawie: J. Minczewski, Z. Marczenko, *Chemia analityczna*, Warszawa 2001.

Zmieszano wodny roztwór zawierający jony magnezu Mg^{2+} z wodnym roztworem ligandu Otrzymano 1 dm^3 roztworu, w którym po ustaleniu się stanu równowagi w temperaturze 25 °C stężenie jonów MgY^{2-} było równe $1{,}00\cdot10^{-1}$ mol·dm^{-3}, a stężenie jonów Y^{4-} wyniosło $0{,}05\cdot10^{-1}$ mol·dm^{-3}.

Oblicz stężenie jonów Mg^{2+} w otrzymanym roztworze (w temperaturze 25 °C) i rozstrzygnij, czy prawdziwe jest twierdzenie, że praktycznie wszystkie jony Mg^{2+} użyte do sporządzenia roztworu występują w postaci kompleksu MgY^{2-}.

Obliczenia: $V_r = 1\ dm^3$

$[MgY^{2-}] = 1 \cdot 10^{-1}\ mol/dm^3$

$[Y^{4-}] = 0{,}05 \cdot 10^{-1}\ mol/dm^3$

$$\beta = \frac{[MgY^{2-}]}{[Mg^{2+}][Y^{4-}]}$$

$$[Mg^{2+}] = C_0 - [MgY^{2-}]$$

$$5 \cdot 10^8 = \frac{1 \cdot 10^{-1}}{(C_0 - 1 \cdot 10^{-1}) \cdot 0{,}05 \cdot 10^{-1}}$$

$$C_0 = \frac{0{,}25 \cdot 10^7 + 1}{0{,}25 \cdot 10^8} = \frac{0{,}25 \cdot 10^7}{0{,}25 \cdot 10^8} =$$

$$= 10^{-1}$$

$$[MgY^{2-}] = 10^{-1}\ \frac{mol}{dm^3}$$

Tak, twierdzenie jest prawdziwe.

Zadanie 10.

Oblicz masę jonów miedzi(II) znajdujących się w 1 cm^3 nasyconego roztworu węglanu miedzi(II), jeżeli wiadomo, że iloczyn rozpuszczalności tej soli $K_{so} = 3{,}2 \cdot 10^{-5}$.

Obliczenia:

$CuCO_3 \rightleftharpoons Cu^{2+} + CO_3^{2-}$

$K_{so} = [Cu^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}]$

$X \quad \cdot \quad X$

$K_{so} = X^2 \rightarrow X = \sqrt{K_{so}}$

$X = \sqrt{3{,}2 \cdot 10^{-5}} = 5{,}66 \cdot 10^{-3} \ \frac{mol}{dm^3}$

rozpuszczalność molowa

$[Cu^{2+}] = 5{,}66 \cdot 10^{-3} \ \frac{mol}{dm^3}$

$C = \frac{n}{V} \rightarrow n = C \cdot V$

$n = 5{,}66 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}001 =$

$= 5{,}66 \cdot 10^{-6}$ mola

$M_{Cu^{2+}} = 63{,}5 \ g/mol$

$63{,}5 \ g \ —— \ 1 \ mol$

$X \ —— \ 5{,}66 \cdot 10^{-6}$ mola

$X = 3{,}59 \cdot 10^{-4} \ g = 0{,}359 \ mg$

Zadanie 11.
W 2 dm^3 wody destylowanej w temperaturze pokojowej rozpuszcza się 1,18 g jodku ołowiu(II) PbI_2.
Oblicz iloczyn rozpuszczalności tej soli w temperaturze pokojowej.

Obliczenia:

$M_{PbI_2} = 461\ g/mol$

$461\ g \quad ——— \quad 1\ mol$
$1{,}18\ g \quad ——— \quad x$

$x = 2{,}56 \cdot 10^{-3}\ mola$

$C_{PbI_2} = \frac{m}{V} = \frac{2{,}56 \cdot 10^{-3}}{2} = 1{,}28 \cdot 10^{-3}\ \frac{mol}{dm^3}$

rozpuszczalność molowa PbI_2 (x)

$PbI_2 \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2I^-$
$\quad\quad x \quad\quad 2x$

$K_{SO} = [Pb^{2+}] \cdot [I^-]^2 =$
$= x \cdot (2x)^2 =$
$= 1{,}28 \cdot 10^{-3} \cdot (2 \cdot 1{,}28 \cdot 10^{-3})^2 =$
$= 8{,}4 \cdot 10^{-9}$

Zadanie 12.

Przygotowano dwa wodne roztwory kwasu metanowego o temperaturze 20°C:

- roztwór pierwszy o pH = 1,9,
- roztwór drugi o nieznanym pH.

Stopień dysocjacji kwasu w roztworze pierwszym jest równy 1,33%, a w roztworze drugim wynosi 4,15%.

Oblicz pH roztworu, w którym stopień dysocjacji kwasu metanowego jest równy 4,15%.

Uwaga: Nie korzystaj z dodatkowych danych w tablicach chemicznych!

Obliczenia:

① $pH = 1,9 \longrightarrow [H^+] = 10^{-1,9} = 0,0126 \ mol/dm^3$

$\alpha = 1,33\%$

$\alpha = \frac{C_z}{C_w} \longrightarrow C_w = \frac{C_z}{\alpha} = \frac{0,0126}{0,0133} = 0,95 \ \frac{mol}{dm^3}$

$K = C_w \cdot \alpha^2 = 0,95 \cdot 0,0133^2 = 1,68 \cdot 10^{-4}$

② $\alpha = 4,15\%$

$K = 1,68 \cdot 10^{-4}$

$\longrightarrow K = C_w \cdot \alpha^2 = C_w = \frac{K}{\alpha^2}$

$C_w = \frac{1,68 \cdot 10^{-4}}{0,0415^2} = 0,098 \ \frac{mol}{dm^3}$

$\alpha = \frac{C_z}{C_w} \longrightarrow C_z = \alpha \cdot C_w = 0,0415 \cdot 0,098 = 4,067 \cdot 10^{-3}$

$\downarrow$

$[H^+]$

$pH = -\log 4,067 \cdot 10^{-3} = 2,39$