

X Jubileuszowy Podkarpacki Konkurs Chemiczny – 2017/2018

ETAP I – 9.11.2017 r.

Godz. 10.00-12.00



Uwaga! Masy molowe pierwiastków podano na końcu zestawu.

Zadanie 1 (12 pkt)

1. Kwaśne deszcze powstają na skutek reakcji tlenku azotu N_XO_Y z zawartą w chmurach parą wodną. X i Y wynoszą odpowiednio:
- a) X = 3, Y = 2
b) X = 2, Y = 1
c) X = 1, Y = 5
d) X = 2, Y = 5 1 pkt
2. Reakcja gaszenia wapna, która znajduje zastosowanie np. w budownictwie ma następujący przebieg:
- a) $2Ca + O_2 \rightarrow 2CaO$
b) $Ca + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2$
c) $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$ 1 pkt
d) $CaCO_3 + 2NaOH \rightarrow Ca(OH)_2 + Na_2CO_3$
3. Przykładem reakcji dysproporcjonowania jest:
- a) $2NaCl + CaSO_4 \rightarrow CaCl_2 + Na_2SO_4$
b) $3HClO \rightarrow 2HCl + HClO_3$ 1 pkt
c) $CaCO_3 + 2NaOH \rightarrow Ca(OH)_2 + Na_2CO_3$
d) $HClO_3 + 5HCl \rightarrow 3Cl_2 + 3H_2O$
4. W 9,8 g kwasu siarkowego(VI) znajduje się taka sama ilość siarki, jaka jest zawarta w:
- a) 4 g SO_3
b) 8 g SO_3 1 pkt
c) 16 g SO_3
d) 32 g SO_3
- Rozwiązanie:*
Masy molowe: $M_{H_2SO_4} = 98 \text{ g/mol}$, $M_{SO_3} = 80 \text{ g/mol}$.
Liczba moli siarki w 9,8 g kwasu siarkowego(VI) wynosi: $n_S = 9,8 \text{ g}/98 \text{ g/mol} = 0,1 \text{ mol}$.
Liczba moli siarki w SO_3 wynosi odpowiednio: 4 g $SO_3 - 0,05 \text{ mol S}$; 8 g $SO_3 - 0,1 \text{ mol S}$; 16 g $SO_3 - 0,2 \text{ mol S}$; 32 g $SO_3 - 0,4 \text{ mol S}$;
5. Po dodaniu fenoloftaleiny do roztworu NaOH roztwór zabarwił się na malinowo, a po przepuszczeniu przez niego różnych gazów, roztwór odbarwił się. Odbarwienie roztworu powodował gaz:
- a) SO_2 lub CO_2 1 pkt
b) CO lub NH_3
c) N_2 lub O_2
d) wszystkie wymienione gazy
6. Rozpuszczalność NH_4Cl w temperaturze $50^\circ C$ wynosi 50 g/100 g H_2O , natomiast w temperaturze $0^\circ C$: 30 g/100g H_2O . Jaka ilość soli wydzieli się z 200 g nasyconego roztworu NH_4Cl po ochłodzeniu go od $50^\circ C$ do temperatury $0^\circ C$?

- a) 20 g NH₄Cl
 b) 15 g NH₄Cl
 c) 26 g NH₄Cl
 d) 40 g NH₄Cl

1 pkt

Rozwiązanie:

Stężenie procentowe roztworu w temperaturze 50°C wynosi $(50/150) \cdot 100\% = 33\%$, a po schłodzeniu i wydzieleniu osadu stężenie roztworu zmniejszy się do $(30/130) \cdot 100\% = 23\%$. 200 g roztworu ($t=50^\circ\text{C}$) zawiera $200 \cdot 0,33 = 66$ g soli i 134 g wody. Ta sama ilość wody będzie po schłodzeniu (0°C) w roztworze o stężeniu 23%.

Masa soli i wody w roztworze 23%-owym: 23 g NH₄Cl ----77 g H₂O

$$x \text{ -----} 134 \text{ g H}_2\text{O}, \quad x = 40 \text{ g NH}_4\text{Cl}$$

Masa wydzielonej soli: $66 \text{ g} - 40 \text{ g} = 26 \text{ g}$

7. W roku 2009 w Polsce wyemitowano do atmosfery 850 tysięcy ton SO₂. Teoretyczna masa kwasu siarkowego(VI), którą można otrzymać z wyemitowanego tlenku wynosi (wynik podać z dokładnością do tysiąca ton):

- a) 132000 ton
 b) 10550 ton
 c) 1302000 ton
 d) 1089000 ton

1 pkt

Rozwiązanie:

Masy molowe: $M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98 \text{ g/mol}$, $M_{\text{SO}_2} = 64 \text{ g/mol}$, oraz $1 \text{ mol SO}_2 \rightarrow 1 \text{ mol SO}_3 \rightarrow 1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$.

64 ton SO₂ – 98 ton H₂SO₄

850 000 ton SO₂ – x, stąd $x = 1301\,562 \text{ ton H}_2\text{SO}_4$

8. Bezwzględna masa cząsteczki tlenu wynosi:

- a) 32 g
 b) 16 g
 c) 32 u
 d) $5,3 \cdot 10^{-23} \text{ g}$

1 pkt

9. Zmieszano 20% roztwór wodorotlenku potasu ze stechiometryczną ilością 5 molowego roztworu kwasu azotowego(V) o gęstości 1,16 g/cm³. Stężenie procentowe otrzymanego roztworu azotanu(V) potasu wynosi:

- a) 33,3%
 b) 23,6%
 c) 19,7%
 d) 15,5%

1 pkt

Rozwiązanie:

W 100 g 20% roztworu znajduje się 20 g KOH tj. 0,357 mola KOH reagującego z taką samą ilością moli HNO₃ i prowadzące do utworzenia się 0,357 mol KNO₃. Masa 5-molowego roztworu kwasu zawierająca 0,357 mola HNO₃ wynosi 82,8 g oraz masa powstałego KNO₃: 36,06 g.

Stężenie % KNO₃ jest równe $(36,06/182,8) \cdot 100\% = 19,7\%$

10. Wskaż, która z podanych konfiguracji dotyczy stanu wzbudzonego atomu:

- a) ${}_4\text{Be } 1s^2 2s^2$
 b) ${}_5\text{B } 1s^2 2s^1 2p^2$
 c) ${}_{16}\text{S } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
 d) ${}_{20}\text{Ca } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

1 pkt

11. Średnia masa atomowa kobaltu wynosi 58,9332 u, a liczba atomowa kobaltu 27. Na podstawie tej informacji można wnioskować, że:

- a) jeżeli istnieją izotopy kobaltu, to liczba izotopów wynosi 3
 b) atom kobaltu zawiera 27 neutronów
 c) jeżeli istnieje nuklid ^{59}Co , to zawiera 32 neutrony
 d) atom kobaltu zawiera 32 nukleony
- 1 pkt

12. Uwolnione z sieci krystalicznej jony otaczane cząsteczkami rozpuszczalnika innego niż woda ulegają:

- a) hydratacji
 b) solwatacji
 c) dyfuzji
 d) adsorpcji
- 1 pkt

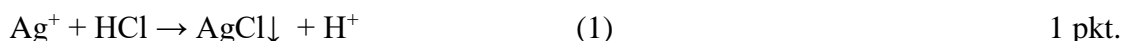
Łącznie zadanie 1: 12 pkt

Zadanie 2 (10 pkt)

- A. Do 300 cm^3 roztworu będącego mieszaniną kwasu solnego i azotowego(V) dodano w nadmiarze rozpuszczalną sól srebra i wytrącono osad o masie $15,785\text{ g}$. Natomiast na zmiareczkowanie 50 cm^3 mieszaniny kwasów zużyto 83 cm^3 roztworu wodorotlenku sodu o stężeniu $0,6\text{ mol/dm}^3$. Obliczyć stężenia molowe kwasu solnego i azotowego(V) w mieszaninie.
- B. Otrzymany osad w p. A ulega rozpuszczeniu w amoniaku oraz tiosiarczanie sodu. Zapisz cząsteczkowe równania reakcji rozpuszczania osadu w wymienionych roztworach oraz podaj nazwy produktów reakcji.

Rozwiązanie:

A). Z jonami srebra reagują tylko jony chlorkowe tworząc osad AgCl wg reakcji:



Ilość moli jonów srebra w wytrąconym osadzie wynosi:

$$\begin{array}{r} 1\text{ mol Ag}^+ - 143,3\text{ g AgCl} \\ x \quad \quad - 15,785\text{ g AgCl} \\ \hline \end{array}$$

$x = 0,11$ mola Ag^+ , co zgodnie z reakcją (1) odpowiada $0,11$ mola HCl w 300 cm^3 roztworu.

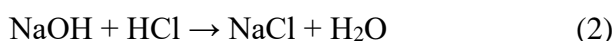
Stężenie molowe kwasu solnego w mieszaninie wynosi:

$$c_{\text{HCl}} = \frac{0,11\text{ mol}}{0,3\text{ dm}^3} = \mathbf{0,367\text{ mol/dm}^3} \quad 1\text{ pkt.}$$

Na zobojętnienie 50 cm^3 mieszaniny kwasów zużyto 83 cm^3 $0,6$ molowego roztworu NaOH . Liczba moli HCl w 50 cm^3 mieszaniny kwasów wynosi:

$$n_{\text{HCl}} = 0,05\text{ dm}^3 \cdot 0,367\text{ mol/dm}^3 = 0,0184\text{ mol} \quad 1\text{pkt.}$$

Podczas miareczkowania roztworu zachodzą reakcje:



W 83 cm³ roztworu liczba moli NaOH wynosi:

$$n_{\text{NaOH}} = 0,083 \text{ dm}^3 \cdot 0,6 \text{ mol/dm}^3 = 0,0498 \text{ mol.} \quad 1\text{pkt.}$$

Liczba moli NaOH reagująca z kwasem HNO₃:

$$n = 0,0498 \text{ mol} - 0,0184 \text{ mol} = 0,0314 \text{ mol NaOH} \quad 1\text{pkt.}$$

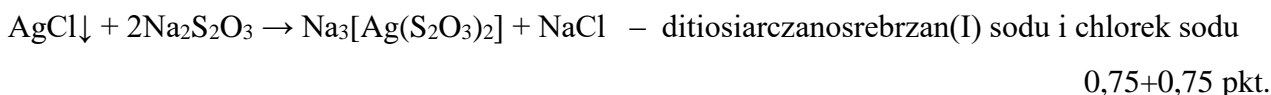
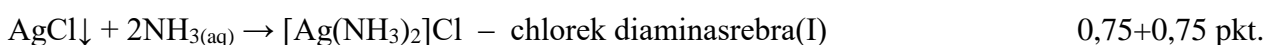
co zgodnie z reakcją zobojętniania (3) odpowiada $n = 0,0314 \text{ mol HNO}_3$ w 50 cm³ roztworu.

Stąd stężenie kwasu azotowego(V):

$$c_{\text{HNO}_3} = \frac{0,0314 \text{ mol}}{0,05 \text{ dm}^3} = \mathbf{0,628 \text{ mol/dm}^3} \quad 1\text{pkt.}$$

B).

Reakcje rozpuszczania chlorku srebra w roztworze amoniaku i tiosiarczany sodu:



Łącznie zadanie 3: 10 pkt

Zadanie 3 (23 pkt)

Trichlorek tlenek fosforu(V) (POCl₃) stosowany jako surowiec do otrzymywania fosforanów organicznych, katalizatorów i środków chlorujących należy do chlorków kwasowych. Związek POCl₃ stosunkowo łatwo reaguje z wodą. Produktami reakcji są dwie substancje, które w stanie czystym w warunkach normalnych (po wyizolowaniu z roztworu) są odpowiednio: bezbarwnym gazem o ostrym, duszącym zapachu oraz białym krystalicznym ciałem stałym będącym jednym z kwasów fosforu. POCl₃ otrzymywany jest w reakcji trichlorku fosforu z tlenem w temperaturze od 20 do 25°C lub w reakcji chlorku fosforu(V) (PCl₅) i tlenku fosforu(V) (P₄O₁₀). Pentachlorek fosforu stosowany do syntezy POCl₃ otrzymuje się w reakcji PCl₅ + Cl₂ → PCl₅.

- Określ rodzaj hybrydyzacji atomu centralnego w cząsteczkach trichlorku fosforu oraz trichlorku tlenku fosforu.
- Zapisz cząsteczkowe równania reakcji otrzymywania:
 - POCl₃ w reakcji trichlorku fosforu z tlenem,
 - POCl₃ w reakcji chlorku fosforu(V) (PCl₅) z tlenkiem fosforu(V),
 - fosforanu(V) trietylu z POCl₃.
- Próbkę POCl₃ wprowadzono do kolby miarowej o pojemności 250 cm³ i uzupełniono wodą destylowaną do kreski. Po dokładnym wymieszaniu zawartości w kolbie, pobrano próbkę 25 cm³, do której dodano 25 cm³ roztworu AgNO₃ o stężeniu 0,500 mol/dm³ (nadmiar). Powstały osad odsączono, wysuszono i zważono. Masa otrzymanego osadu wyniosła 0,554 g. Oblicz masę próbki POCl₃ wprowadzonej do kolby miarowej.

	I	II	III
Cl ₂	0,2232	0,1148	0,2232 - 0,1148 = 0,1084
PCl ₃	x	0,1148	x - 0,1148
PCl ₅	-	-	0,1148

2 pkt.

Korzystając z prawa Daltona:

$$p = \sum_{i=1}^k p_i \quad p = p_{\text{Cl}_2} + p_{\text{PCl}_3} + p_{\text{PCl}_5}$$

Przyjmując doskonałość gazów:

$$pV = nRT \quad \text{stąd} \quad p = \frac{nRT}{V} = \frac{RT}{V} (n_{\text{Cl}_2} + n_{\text{PCl}_3} + n_{\text{PCl}_5}) \quad 1 \text{ pkt.}$$

Podstawiając dane z zadania:

$$3 \cdot 101300 \text{ Pa} = \frac{8,314 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (273 + 270) \text{K}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} [0,1084 + (x - 0,1148) + 0,01148] \text{ mol}$$

stąd: **x = 0,2282 mol PCl₃**. 1 pkt.

Masa wprowadzonego chlorku PCl₃ do zbiornika wynosi:

$$m_{\text{PCl}_3} = 0,2282 \text{ mol} \cdot 137,5 \text{ g/mol} = \mathbf{31,38 \text{ g PCl}_3} \quad 1 \text{ pkt.}$$

Stężeniowa stała równowagi K_c wynosi:

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_5]}{[\text{PCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2]} = \frac{\frac{n_{\text{PCl}_5}}{V}}{\frac{n_{\text{PCl}_3}}{V} \cdot \frac{n_{\text{Cl}_2}}{V}} = \frac{n_{\text{PCl}_5} \cdot V}{n_{\text{PCl}_3} \cdot n_{\text{Cl}_2}}$$

$$\text{stąd} \quad K_c = \frac{0,1148 \cdot 5}{(0,2282 - 0,1148) \cdot 0,1084} = \mathbf{46,69 \text{ (mol/dm}^3\text{)}^{-1}} \quad 2 \text{ pkt.}$$

Stała równowagi wyrażona poprzez odpowiednie ciśnienia cząstkowe wynosi:

$$K_p = \frac{p_{\text{PCl}_5}}{p_{\text{Cl}_2} \cdot p_{\text{PCl}_3}} = \frac{x_{\text{PCl}_5}}{x_{\text{Cl}_2} \cdot x_{\text{PCl}_3}} \cdot p, \quad \text{gdzie} \quad p_a = x_a \cdot p \quad \text{oraz} \quad p = 3 \cdot 101300 \text{ Pa}$$

stąd

$$K_p = \frac{\frac{0,1148 \text{ mol}}{0,3366 \text{ mol}}}{\frac{0,1084 \text{ mol}}{0,3366 \text{ mol}} \cdot \frac{0,1134 \text{ mol}}{0,3366 \text{ mol}}} \cdot (3 \cdot 101300) \text{ Pa} = \mathbf{1,03 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}^{-1}} \quad 2 \text{ pkt.}$$

lub

Bezwymiarowa stężeniowa stała równowagi K_c (c⁰ = 1 mol/dm³) wynosi:

$$K_c = \frac{\frac{[\text{PCl}_5]}{c^0}}{\frac{[\text{PCl}_3]}{c^0} \cdot \frac{[\text{Cl}_2]}{c^0}} = \frac{\frac{n_{\text{PCl}_5}}{V}}{\frac{n_{\text{PCl}_3}}{V} \cdot \frac{n_{\text{Cl}_2}}{V}} = \frac{n_{\text{PCl}_5} \cdot V}{n_{\text{PCl}_3} \cdot n_{\text{Cl}_2}}$$

$$\text{stąd} \quad K_c = \frac{0,1148 \cdot 5}{(0,2282 - 0,1148) \cdot 0,1084} = \mathbf{46,69} \quad 2 \text{ pkt.}$$

Bezwymiarowa stała równowagi wyrażona poprzez odpowiednie ciśnienia cząstkowe wynosi:

$$K_p = \frac{\frac{p_{\text{PCl}_5}}{p^0}}{\frac{p_{\text{Cl}_2}}{p^0} \cdot \frac{p_{\text{PCl}_3}}{p^0}} = \frac{p_{\text{PCl}_5} \cdot p^0}{p_{\text{Cl}_2} \cdot p_{\text{PCl}_3}} = \frac{x_{\text{PCl}_5} \cdot p^0}{x_{\text{Cl}_2} \cdot x_{\text{PCl}_3} \cdot p} \quad \text{gdzie } p_a = x_a \cdot p \quad \text{oraz } p^0 = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

stąd

$$K_p = \frac{\frac{0,1148 \text{ mol}}{0,3366 \text{ mol}} \cdot 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{\frac{0,1084 \text{ mol}}{0,3366 \text{ mol}} \cdot \frac{0,1134 \text{ mol}}{0,3366 \text{ mol}} \cdot 3 \cdot 101300 \text{ Pa}} = 1,03 \quad 2 \text{ pkt.}$$

Łącznie zadanie 2: 23 pkt.

Masy molowe (g/mol): H - 1; O - 16; N - 14; P - 31; S - 32; Cl - 35,5; K - 39; Ag - 107,8
 $R = 8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{mol} \cdot \text{K} = \text{J} / \text{mol} \cdot \text{K}.$