

XV Ogólnopolski Podkarpacki Konkurs Chemiczny – 2023/2024



ETAPI – 9.11.2023 r.

Godz. 10.00-12.00

Uwaga! Masy molowe pierwiastków podano na końcu zestawu.

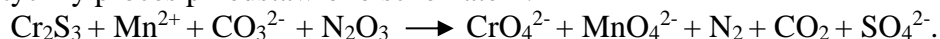
Zadanie 1 (16 pkt)

1. Które z wymienionych jonów mają identyczną konfigurację elektronową ?

- a) Ca^{2+} , Zn^{2+}
b) Ca^{2+} , Li^+
c) Zn^{2+} , Fe^{2+}
d) Ca^{2+} , S^{2-}

1 pkt

2. Hipotetyczny proces przedstawiono schematem:



W procesie tym utlenieniu uległy następujące pierwiastki:

- a) Mn, N, S
b) Mn, S, Cr
c) Cr, S, N
d) C, S, Cr

1 pkt

3. Stężenie roztworu otrzymanego przez dodanie 20 g wody do 80 g 15 % roztworu NaCl wynosi:

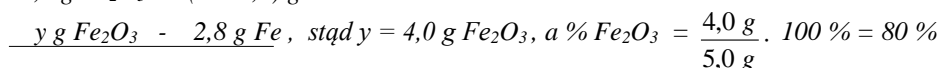
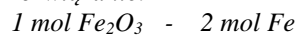
- a) 25 %
b) 12 %
c) 20 %
d) 15 %

1 pkt

4. Jaki procent tlenku żelaza(III) zawiera ruda, jeżeli z próbki rudy o masie 5 g otrzymano 2,8 g żelaza ?

- a) 60 %
b) 70 %
c) 80 %
d) 90 %

Rozwiązanie.



1 pkt

5. Wskazać, które zapisy odpowiadają stwierdzeniu: „W jednakowych warunkach podane ilości substancji zawierają jednakową liczbę cząsteczek” :

- a) 1 g azotu i 1 g tlenu
b) 1 mol wodoru i 1 mol bromu
c) 1 cm³ wodoru i 1 cm³ azotu
d) 1 g fluoru i 1 g chloru

0,5 pkt

0,5 pkt

6. Masa molowa cyny wynosi $M_{Sn} = 118,69 \text{ g/mol}$. Jeden atom cyny ma masę:

- a) $7,88 \cdot 10^{-22} \text{ g}$
 b) $1,97 \cdot 10^{-22} \text{ g}$
 c) $118,69 \text{ g}$
 d) $1,18 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$

1 pkt

7. Dla substancji gazowej zmiana warunków normalnych na warunki o parametrach: $T = 819 \text{ K}$ i $p = 3039 \text{ hPa}$ spowoduje, że objętość gazu:

- a) zwiększy się trzykrotnie
 b) zmaleje trzykrotnie
 c) nie ulegnie zmianie
 d) zwiększy się dwukrotnie

Rozwiązanie. Korzystamy z zależności:

$$\frac{p_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1}, \text{ stąd } V_1 = \frac{p_0 \cdot V_0 \cdot T_1}{T_0 \cdot p_1} = \frac{1013 \cdot 22,4 \cdot 819}{273 \cdot 3039} = 22,4 \text{ dm}^3,$$

a więc objętość gazu nie ulegnie zmianie.

1 pkt

8. W której/których z podanych reakcji atomy węgla zmieniły stopień utlenienia o cztery jednostki ?

1. $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$
2. $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$
3. $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2\text{O}$

- a) tylko w reakcji 1
 b) w reakcji 1 i 2
 c) w reakcji 1 i 3
 d) we wszystkich wymienionych reakcjach

1 pkt

9. Jaki jest skład izotopowy (%) miedzi posiadającej średnią masę atomową $63,55 \text{ u}$, jeżeli w jej skład wchodzi nuklidy ^{63}Cu oraz ^{65}Cu ?

- a) $50,2 \%$ ^{63}Cu oraz $49,8 \%$ ^{65}Cu
 b) $32,5 \%$ ^{63}Cu oraz $67,5 \%$ ^{65}Cu
 c) $45,0 \%$ ^{63}Cu oraz $55,0 \%$ ^{65}Cu
 d) $72,5 \%$ ^{63}Cu oraz $27,55 \%$ ^{65}Cu

Rozwiązanie.

Masa atomowa miedzi ($63,55 \text{ u}$) uwzględnia masy atomowe nuklidów tworzących ten pierwiastek.

Jeżeli: x -udział procentowy nuklidu ^{63}Cu w pierwiastku, wówczas: $x \cdot 63 + (100-x) \cdot 65 = 100 \cdot 63,55$, stąd $x = 72,5 \%$ ^{63}Cu i $27,5 \%$ ^{65}Cu .

1 pkt

10. Teoria kwasów i zasad Brönsteda-Lowry'ego zakłada, że:

- a) kwas jest akceptorem protonu, zasada jest donorem protonu
 b) kwas tak jak i zasada jest donorem protonu
 c) kwas tak jak i zasada jest akceptorem protonu
 d) kwas jest donorem protonu, zasada jest akceptorem protonu

1 pkt

11. Ile gramów ołowiu otrzymano w reakcji redukcji tlenku ołowiu(IV) wodorem, jeżeli otrzymano $5,04 \text{ g}$ wody ?

- a) $115,00 \text{ g}$
 b) $14,38 \text{ g}$
 c) $57,50 \text{ g}$
 d) $28,98 \text{ g}$

Rozwiązanie.

Reakcja redukcji tlenku ołowiu(IV): $\text{PbO}_2 + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{Pb} + 2\text{H}_2\text{O}$

Liczba moli wydzielonej wody: $n_{\text{H}_2\text{O}} = 5,04 \text{ g} / 18 \text{ g} = 0,28 \text{ mol}$

Liczba moli wydzielonego ołowiu: $n_{\text{Pb}} = 0,28 \text{ mol} / 2 = 0,14 \text{ mol}$

Liczba gramów wydzielonego ołowiu: $m_{\text{Pb}} = 0,14 \text{ mol} \cdot 207 \text{ g/mol} = 28,98 \text{ g}$

1 pkt

12. Rozpuszczalność NH_4Cl w temperaturze $50\text{ }^\circ\text{C}$ wynosi $50\text{ g}/100\text{ g H}_2\text{O}$, natomiast w temperaturze $0\text{ }^\circ\text{C}$ $30\text{ g}/100\text{ g H}_2\text{O}$. Jaka ilość soli wydzieli się z 200 g nasyconego roztworu NH_4Cl po ochłodzeniu go od $50\text{ }^\circ\text{C}$ do temperatury $0\text{ }^\circ\text{C}$?

- a) $20\text{ g NH}_4\text{Cl}$
 b) $15\text{ g NH}_4\text{Cl}$
 c) $26\text{ g NH}_4\text{Cl}$
 d) $40\text{ g NH}_4\text{Cl}$

Rozwiązanie. Stężenie procentowe roztworu w temperaturze $50\text{ }^\circ\text{C}$ 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 ($t = 50\text{ }^\circ\text{C}$) zawiera $200 \cdot 0,33 = 66\text{ g}$ soli i 134 g wody. Ta sama masa wody będzie po schłodzeniu ($0\text{ }^\circ\text{C}$) w roztworze o stężeniu 23% .

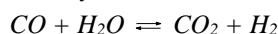
Masa soli i wody w roztworze 23% -owym: $23\text{ g NH}_4\text{Cl} \text{ ---- } 77\text{ g H}_2\text{O}$
 $x \text{ ---- } 134\text{ g H}_2\text{O}, \quad x = 40\text{ g NH}_4\text{Cl}$
 Masa wydzielonej soli: $66\text{ g} - 40\text{ g} = 26\text{ g}$

1 pkt

13 a. Ile moli CO , H_2O , CO_2 i H_2 należy wprowadzić do zamkniętego reaktora o pojemności 1 dm^3 , aby reakcja tlenku węgla z wodą przebiegła w kierunku tworzenia się produktów? Stężeniowa stała równowagi wynosi 8 .

	Liczba moli			
	n_{CO}	$n_{\text{H}_2\text{O}}$	n_{CO_2}	n_{H_2}
a) <input type="checkbox"/>	1	1	4	2
b) <input type="checkbox"/>	2	4	4	20
c) <input checked="" type="checkbox"/>	2	4	4	8
d) <input type="checkbox"/>	1	4	20	4

Rozwiązanie.



$$N = \frac{n_{\text{CO}_2} \cdot n_{\text{H}_2}}{n_{\text{CO}} \cdot n_{\text{H}_2\text{O}}}. \text{ Dla } N < K \text{ (stała równowagi) reakcja przebiega w prawo.}$$

a) $N = 8$, b) $N = 10$, c) $N = 4$, d) $N = 20$

1 pkt

13 b. Wzrost wartości stałej równowagi reakcji egzotermicznej w zamkniętym reaktorze można osiągnąć poprzez:

- a) zwiększenie objętości reaktora
 b) zmniejszenie objętości reaktora
 c) wzrost temperatury
 d) obniżenie temperatury

1 pkt

14. Ile w przybliżeniu dm^3 powietrza potrzeba do całkowitego spalania 1 dm^3 amoniaku w warunkach normalnych ?

- a) 3 dm^3
 b) 4 dm^3
 c) 6 dm^3
 d) 8 dm^3

Rozwiązanie. Reakcja spalania amoniaku: $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$

Ze stechiometrii reakcji: $4\text{ mol NH}_3 - 4 \cdot 22,4\text{ dm}^3 \text{ NH}_3 - 5 \cdot \text{mol O}_2 - 5 \cdot 22,4\text{ dm}^3 \text{ O}_2$

$$1\text{ dm}^3 \text{ NH}_3 \quad - \quad x\text{ dm}^3; \quad x = 1,25\text{ dm}^3 \text{ O}_2$$

1 dm^3 powietrza $- 0,21\text{ dm}^3 \text{ O}_2$

$x \quad - 1,25\text{ dm}^3 \text{ O}_2$, stąd $x = 5,95 \sim 6\text{ dm}^3$

1 pkt

15. Pewien tlenek chloru w warunkach normalnych ma gęstość $3,01\text{ g}/\text{dm}^3$. Tlenkiem tym jest:

- a) Cl_2O_7
 b) ClO_2
 c) Cl_2O
 d) ClO

Rozwiązanie.

Masa molowa $\text{ClO}_2 = 35,5 + 2 \cdot 16 = 67,5\text{ g}/\text{mol}$

$$\text{Gęstość ClO}_2: d = \frac{67,5\text{ g}/\text{mol}}{22,4\text{ dm}^3/\text{mol}} = 3,01\text{ g}/\text{dm}^3$$

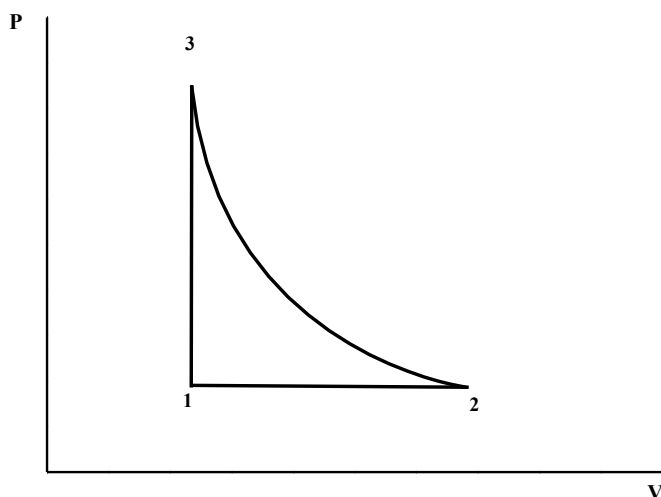
1 pkt

Suma punktów: 16 pkt

Zadanie 2 (15 pkt)

Wodór o masie 4 g (gaz doskonały), znajduje się początkowo w warunkach $V_1 = 2,24 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ i $T_1 = 273 \text{ K}$ (punkt **1** - rysunek poniżej). W przemianie odwracalnej, gaz ten w warunkach stałego ciśnienia zwiększył dwukrotnie swoją objętość, osiągając punkt **2** (rysunek). Następnie zgodnie z przedstawionym rysunkiem osiąga punkt **3**:

- Podać rodzaj przemian z punktów: $1 \rightarrow 2$, $2 \rightarrow 3$, $3 \rightarrow 1$.
- Obliczyć współrzędne punktu **1** (tj. T_1 , p_1 , V_1).
- Obliczyć współrzędne punktu **2** (tj. T_2 , p_2 , V_2).
- Obliczyć współrzędne punktu **3** (tj. T_3 , p_3 , V_3).



Ad a). Rodzaje przemian:

- $1 \rightarrow 2$ – przemiana izobaryczna,
- $2 \rightarrow 3$ – przemiana izotermiczna,
- $3 \rightarrow 1$ – przemiana izochoryczna.

1 pkt
1 pkt
1 pkt

Współrzędne punktów

Ad b).

Punkt **1**.

Liczba moli wodoru:

$$n = \frac{m}{M}, M_{\text{H}_2} = 2 \text{ g/mol}, \text{ stąd } n = \frac{4 \text{ g}}{2 \text{ g/mol}} = 2 \text{ mol}$$

1 pkt

Ciśnienie wodoru w punkcie **1**:

$$pV = nRT, \text{ stąd } p = \frac{nRT}{V}$$

$$p_1 = \frac{nRT_1}{V_1} = \frac{2 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)} \cdot 273 \text{ K}}{2,24 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} = 2026537,5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 2,03 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

1 pkt

Współrzędne punktu **1**: $T_1 = 273 \text{ K}$; $p_1 = 2,03 \cdot 10^6 \text{ Pa}$; $V_1 = 2,24 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

1 pkt

Ad c).

Punkt **2**, proces $1 \rightarrow 2$ jest izobaryczny, a więc $p = \text{const}$, czyli $p_2 = p_1 = 2,03 \cdot 10^6 \text{ Pa}$

1 pkt

Temperaturę w punkcie **2** obliczamy, np. z zależności:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}, \text{ stąd } T_2 = \frac{T_1 \cdot V_2}{V_1} = \frac{T_1 \cdot 2V_1}{V_1} = T_1 \cdot 2 = 273 \cdot 2 = 546 \text{ K} \quad 1 \text{ pkt}$$

$$V_2 = 2 \cdot V_1 = 2 \cdot 2,24 \cdot 10^{-3} = 4,48 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \quad 1 \text{ pkt}$$

Współrzędne punktu 2: $T_2 = 546 \text{ K}$; $p_2 = 2,03 \cdot 10^6 \text{ Pa}$; $V_2 = 4,48 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ 1 pkt

Ad d).

Punkt 3:

- proces 3→1 – przemiana izochoryczna, $V = \text{const}$, więc $V_3 = V_1 = 2,24 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

$$\text{stąd: } \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_3}{T_3} \quad 1 \text{ pkt}$$

- proces 2→3 – przemiana izotermiczna, $T = \text{const}$, więc $T_3 = T_2 = 546 \text{ K}$ 1 pkt

$$\text{stad: } p_2 \cdot V_2 = p_3 \cdot V_3 \quad 1 \text{ pkt}$$

Rozwiązując układ równań:

$$\begin{cases} \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_3}{T_3} \\ p_2 \cdot V_2 = p_3 \cdot V_3 \end{cases}$$

otrzymujemy:

$$p_2 = \frac{p_1 V_3 T_3}{T_1 V_2} = 2 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$p_3 = \frac{p_2 V_2}{V_3} = 4 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

2 x 0,5 pkt

Współrzędne punktu 3: $T_3 = 546 \text{ K}$; $p_3 = 4,06 \cdot 10^6 \text{ Pa}$; $V_3 = 2,24 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ 1 pkt

lub

proces 2→3 – przemiana izotermiczna, $T = \text{const}$, więc $T_3 = T_2 = 546 \text{ K}$ 1 pkt

stad: $p_2 \cdot V_2 = p_3 \cdot V_3$ 1 pkt

$V_3 = V_1$ (proces 3→1 – przemiana izochoryczna), zatem: 1 pkt

$$p_3 = \frac{p_2 \cdot V_2}{V_{3=1}} = \frac{2,03 \cdot 10^6 \cdot 4,48 \cdot 10^{-3}}{2,24 \cdot 10^{-3}} = 4,06 \cdot 10^6 \text{ Pa} \quad 1 \text{ pkt}$$

Współrzędne punktu 3: ($T_3 = 546 \text{ K}$; $p_3 = 4,06 \cdot 10^6 \text{ Pa}$; $V_3 = 2,24 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$) 1 pkt

Suma punktów: 15 pkt

Zadanie 3 (10 pkt)

Proces otrzymywania kwasu siarkowego(VI) metodą kontaktową przebiega w trzech etapach:



Ile wynosi całkowita wydajność procesu, jeśli w 1 etapie z 1,50 ton siarki otrzymano 2,85 ton ditlenku siarki, a wydajności (2) i (3) etapu wynoszą odpowiednio 96,0 % i 92,0 % ? Obliczyć masę 80 %-go roztworu kwasu siarkowego(VI), jaką można otrzymać z użytej w tym procesie ilości siarki.

Przykładowe rozwiązanie:

1) Masa SO₂ jaką można teoretycznie otrzymać z 1,50 t siarki:

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ mol S} & \text{---} & 1 \text{ mol SO}_2 \\ 32,06 \text{ t} & \text{---} & 64,06 \text{ t} \\ \hline 1,50 \text{ t} & \text{---} & x \end{array}$$

$x = 3,00 \text{ t SO}_2$

Z 1,50 t siarki można teoretycznie otrzymać 3,00 t SO₂ 2 pkt

2) Wydajność 1 etapu:

$$\% W = \frac{m_{\text{otrzymana}}}{m_{\text{teoretyczna}}} \cdot 100 \%$$

$$\% W = \frac{2,85 \text{ t}}{3,00 \text{ t}} \cdot 100 \% = 95,0 \%$$

2 pkt

3) Całkowita wydajność procesu (W):

$$W = W_1 \cdot W_2 \cdot W_3$$

$$W = 0,950 \cdot 0,960 \cdot 0,920 = 0,839$$

Całkowita wydajność procesu wyrażona w procentach wynosi 83,9 %. 2 pkt

4) Masa czystego H₂SO₄, jaką można otrzymać z użytej w tym procesie siarki przy 100 % wydajności procesu:

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ mol S} & \text{---} & 1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 \\ 32,06 \text{ t} & \text{---} & 98,08 \text{ t} \\ \hline 1,50 \text{ t} & \text{---} & x \end{array}$$

$x = 4,59 \text{ t H}_2\text{SO}_4$

Uwzględniając całkowitą wydajność procesu (W = 0,839), rzeczywista masa czystego H₂SO₄:

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,839 \cdot 4,59 \text{ t} = 3,85 \text{ t}$$

2 pkt

5) Masa 80 % roztworu kwasu siarkowego(VI), jaką można otrzymać z 3,85 t czystego H₂SO₄:

$$\begin{array}{rcl} 100 \text{ t (80 \% H}_2\text{SO}_4) & \text{---} & 80 \text{ t (H}_2\text{SO}_4) \\ \hline x & \text{---} & 3,85 \text{ t (H}_2\text{SO}_4) \end{array}$$

$x = 4,81 \text{ t H}_2\text{SO}_4$

Otrzymano 4,81 ton 80 % roztworu kwasu siarkowego(VI) dla wydajności procesu 83,9 %. 2 pkt

Suma punktów: 10 pkt

Masy molowe (g/mol): H – 1; O – 16; S – 32,06; Cl – 35,5; Fe – 55,9; Pb – 207.