

X Jubileuszowy Podkarpacki Konkurs Chemiczny – 2017/2018

ETAP II – 16.12.2017 r. Godz. 11.00-13.00

Uwaga! Masy molowe pierwiastków i związków podano na końcu zestawu.

Zadanie 1 (13 pkt)

1. Próbka $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ o masie 100 g zawiera: 1 pkt
- a) $5,42 \cdot 10^{24}$ atomów tlenu
- b) 48 g tlenu
- c) 3,6 mola atomów tlenu
- d) 5 atomów tlenu

Rozwiązanie:

$$\begin{array}{rcl}
 1 \text{ mol } \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} & - & 249,6 \text{ g} & - & 9 \text{ moli at. tlenu} \\
 & & 100 \text{ g} & - & x \\
 x = 3,6 \text{ mola at. tlenu} & & & &
 \end{array}$$

2. W reakcji syntezy siarczku glinu użyto 1 kg glinu i 1 kg siarki. Skład ilościowy mieszaniny poreakcyjnej był następujący: 1 pkt
- a) 2 kg Al_2S_3
- b) 1,56 kg Al_2S_3 i 0,44 kg Al
- c) 1,56 kg Al_2S_3
- d) 2,78 kg Al_2S_3

Rozwiązanie:

Z równania reakcji syntezy $2\text{Al} + 3\text{S} \rightarrow \text{Al}_2\text{S}_3$ wynika stosunek molowy substratów równy 2:3.

Użyto: 1 kg Al, tj. - 37 mola oraz 1 kg S, tj. - 31,25 mola, zatem Al został użyty w nadmiarze.

$$\begin{array}{rcl}
 3 \cdot 32 \text{ g S} & - & 150 \text{ g } \text{Al}_2\text{S}_3 \\
 1000 \text{ g S} & - & x, & x = 1,56 \text{ kg } \text{Al}_2\text{S}_3
 \end{array}$$

$$\text{Masa nieprzereagowanego A: } (1000 \text{ g} - \frac{2}{3} 31,25 \text{ mol} \cdot 27 \frac{\text{g}}{\text{mol}}) = 0,44 \text{ kg Al.}$$

3. W danej grupie układu okresowego w kierunku pionowym ku dołowi: 1 pkt
- a) rośnie stopień utlenienia pierwiastka w związku chemicznym
- b) rośnie elektroujemność wg Paulinga
- c) rośnie wartościowość pierwiastka względem tlenu
- d) rośnie promień atomowy
4. Dodatek octanu sodu do wodnego roztworu kwasu octowego spowoduje: 1 pkt
- a) wzrost stopnia dysocjacji kwasu
- b) zmniejszenie stopnia dysocjacji kwasu
- c) nie spowoduje zmian stopnia dysocjacji kwasu
- d) wzrost stałej dysocjacji kwasu

5. Do 100 g roztworu zawierającego 10% wag. HCl dodano 100 g roztworu zawierającego 10% wag. NaOH. Odczyn roztworu po reakcji jest: 1 pkt
- a) mocno zasadowy
 b) kwaśny
 c) obojętny
 d) słabo zasadowy

Rozwiązanie:

Z równania reakcji zobojętnienia $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ wynika, że substraty reagują w stosunku molowym 1:1.

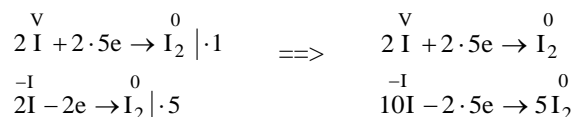
Liczby moli HCl i NaOH wynoszą: $n_{\text{HCl}} = \frac{10\% \cdot 100 \text{ g}}{100\% \cdot 36,5 \text{ g/mol}} = 0,27 \text{ mol}$, $n_{\text{NaOH}} = \frac{10\% \cdot 100 \text{ g}}{100\% \cdot 40 \text{ g/mol}} = 0,25 \text{ mol}$.

Zatem HCl został użyty w nadmiarze, i odczyn roztworu kwaśny.

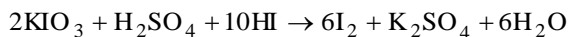
6. Która z odpowiedzi jest poprawna dla reakcji, którą jakościowo opisuje równanie: 1 pkt
- $$\text{KIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HI} \rightarrow \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$$
- a) jest to reakcja dysproporcjonowania
 b) współczynniki stechiometryczne substratów wynoszą odpowiednio: 2, 1 i 10
 c) współczynniki stechiometryczne produktów wynoszą odpowiednio: 6, 2 i 6
 d) KIO_3 spełnia rolę reduktora

Rozwiązanie:

Bilans reakcji redoks jest następujący:



Sumarycznie:



KIO_3 – utleniacz; HI – reduktor.

7. W elektrolizerze przeponowym (oddzielona przestrzeń katodowa od anodowej) przeprowadzono elektrolizę wodnego roztworu jodku potasu. Zanotowano następujące obserwacje: 1 pkt
- a) roztwór przy anodzie pozostał bezbarwny
 b) na katodzie wydzielają się pęcherzyki gazu
 c) roztwór przy katodzie pod wpływem fenoloftaleiny nie zmienił zabarwienia
 d) na obu elektrodach wydzielają się pęcherzyki gazu

Rozwiązanie:

Równania reakcji elektrodowych:

Anoda: $2\text{I}^- - 2\text{e} \rightarrow \text{I}_2$ (wodny roztwór w obecności jonów jodkowych – kolor brunatny).

Katoda: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$ (jony wodorotlenowe barwią fenoloftaleinę na różowo).

8. Roztwór kwasu solnego o stężeniu $6,15 \text{ mol/dm}^3$ ma gęstość $d = 1,10 \text{ g/cm}^3$. Która odpowiedź jest poprawna? 1 pkt
- a) stężenie procentowe roztworu wynosi 20,4%
 b) 5 g roztworu zawiera 2 g HCl
 c) ułamek molowy HCl w roztworze wynosi 0,5
 d) ułamek molowy HCl w roztworze wynosi 0,2

Rozwiązanie:

$$\text{Stężenie procentowe roztworu: } c_p = \frac{6,15 \text{ mol} / \text{dm}^3 \cdot 36,5 \text{ g} / \text{mol} \cdot 100\%}{1100 \text{ g} / \text{dm}^3} = 20,4\%$$

W 100 g roztworu znajduje się:

20,4 g HCl, tj. 0,559 mola oraz 79,6 g H₂O, tj. 4,42 mola

$$\text{Ułamek molowy HCl: } x = \frac{0,559}{0,559 + 4,422} = 0,112$$

9. Zmieszano 50 cm³ 1 M roztworu Na₂SO₄ oraz 80 cm³ 0,5 M roztworu BaCl₂. Wydzielony osad po odsączeniu, przemyciu i wysuszeniu miał masę 8,81 g. Wydajność reakcji wyniosła: 1 pkt

- a) 75,1%
b) 94,4%
c) 88,1%
d) 99,5%

Rozwiązanie:

Z równania reakcji $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$ wynika, że substraty reagują w stosunku równomolowym.

Liczy moli substratów użytych do reakcji: $n_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 1 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,05 \text{ dm}^3 = 0,05 \text{ mola}$

oraz $n_{\text{BaCl}_2} = 0,5 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,08 \text{ dm}^3 = 0,04 \text{ mola}$. Zatem w nadmiarze użyto Na₂SO₄.

Masa wydzielonego BaSO₄: $m_i = 0,04 \text{ mol} \cdot 233,3 \text{ g/mol} = 9,33 \text{ g}$.

Stąd wydajność reakcji: $W_p = \frac{m_r}{m_i} \cdot 100\% = \frac{8,81}{9,33} \cdot 100\% = 94,4\%$.

10. Iloczyn rozpuszczalności wodorotlenku żelaza(II) ma wartość $4,8 \cdot 10^{-16}$. Stężenie jonów Fe²⁺

i OH⁻ nad osadem wynosi odpowiednio:

1 pkt

- a) $7,8 \cdot 10^{-6}$ oraz $1,56 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
b) $6,2 \cdot 10^{-6}$ oraz $1,24 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
c) $4,9 \cdot 10^{-6}$ oraz $9,8 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$
d) $4,8 \cdot 10^{-16}$ oraz $1,56 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$

Rozwiązanie:

$\text{Fe}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^-$, przyjmując oznaczenia: $[\text{Fe}^{2+}] = x \text{ mol/dm}^3$ oraz $[\text{OH}^-] = 2 \cdot x \text{ mol/dm}^3$

otrzymuje się: $I_{r_{\text{Fe}(\text{OH})_2}} = [\text{Fe}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = 4 \cdot x^3$

Stąd $[\text{Fe}^{2+}] = x = \sqrt[3]{\frac{I_r}{4}} = 4,9 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$ oraz $[\text{OH}^-] = 9,8 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$.

11. Wskaż zbiór, w którym wszystkie związki ulegają addycji bromu:

1 pkt

- a) fenol, propen, buta-1,3-dien, acetylen
b) fenol, cykloheksen, propyn, metan
c) propan, styren (winylobenzen), kwas propenowy, cykloheksa-1,4-dien
d) styren, propyn, cykloheksen, kwas propenowy

12. Reakcja fenolu z bromem jest reakcją:

1 pkt

- a) substytucji nukleofilowej
b) addycji nukleofilowej
c) substytucji elektrofilowej
d) addycji elektrofilowej

13. Wskaż zbiór, w którym wszystkie związki reagują z kwasem solnym:

1 pkt

- a) etanol, eten, kwas benzoesowy, metan
b) kwas propenowy, etan, benzen, cykloheksen
c) acetylen, benzen, kwas propanowy, etanol
d) etanol, kwas propenowy, eten, styren

Łącznie zadanie 1: 13 pkt

Zadanie 2 (13 pkt)

Nadtlenek wodoru jest związkiem nietrwałym i w temperaturze pokojowej ulega powolnemu rozkładowi (**reakcja 1**). 150 cm³ wody utlenionej (3% roztwór nadtlenu wodoru o gęstości 1,01 g/cm³) przechowywano w temperaturze pokojowej. Po upływie 120 dni próbkę wody utlenionej poddano analizie. W tym celu do kolby stożkowej pobrano 10 cm³ roztworu wody utlenionej, rozcieńczono wodą destylowaną, zakwaszono kwasem siarkowym(VI) i dodano 10 cm³ 3% roztworu jodku potasu oraz kryształek molibdenianu amonu (jako katalizatora). Całość szczelnie zamknięto i odstawiono w ciemne miejsce na 5 min. stwierdzając wydzielenie się jodu (**reakcja 2**). Wydzielony jod oznaczono poprzez miareczkowanie 0,1 M roztworem tiosiarczanu sodu (Na₂S₂O₃ – ditionian sodu) (**reakcja 3**), dodając pod koniec miareczkowania roztwór skrobi. Miareczkowany roztwór odbarwił się po dodaniu 4,5 cm³ roztworu tiosiarczanu (w **reakcji 3** anion ditionianowy przechodzi w anion tetracionianowy).

1. Napisać równanie reakcji rozkładu nadtlenu wodoru (**reakcja 1**).
2. Zapisać równania reakcji zachodzących podczas analizy próbki wody utlenionej (**reakcja 2 i 3**).
3. Jaką rolę (utleniacz, reduktor) pełni nadtlenek wodoru w reakcji z jodkiem potasu?
4. Obliczyć stężenie molowe H₂O₂ w roztworze wyjściowym i po upływie 120 dni.
5. Jaką objętość w warunkach normalnych zajął tlen wydzielony w tym czasie?

(W obliczeniach zaniedbać zmianę objętości roztworu w rozważanym czasie).

Przykładowe rozwiązanie:

Ad. 1



Ad. 2



Ad. 3

Nadtlenek wodoru pełni rolę utleniacza 1 pkt

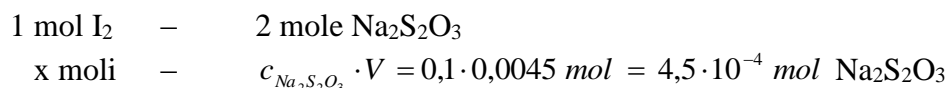
Ad. 4

Stężenie początkowe H₂O₂:

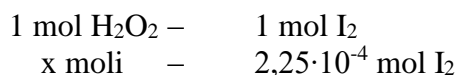
$$c_o = \frac{c_p \cdot d}{M \cdot 100} = \frac{3\% \cdot 1010 \text{ g} / \text{dm}^3}{34 \text{ g} / \text{mol} \cdot 100\%} = 0,891 \text{ mol} / \text{dm}^3 \quad 2 \text{ pkt}$$

Stężenie końcowe H₂O₂:

Z równania reakcji (3):



$$x = n_{I_2} = 2,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \quad 1 \text{ pkt}$$



$$x = n_{H_2O_2} = 2,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \quad 1 \text{ pkt}$$

Liczba moli H₂O₂ w całej próbce (po upływie 120 dni) wynosi

$$n_{H_2O_2} = \frac{2,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 150 \text{ cm}^3}{10 \text{ cm}^3} = 3,375 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad 1 \text{ pkt}$$

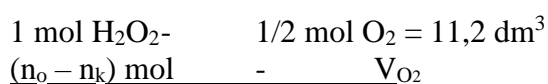
Stężenie końcowe H₂O₂:

$$c_k = \frac{n}{V} = \frac{3,375 \cdot 10^{-3}}{0,15} = 0,0225 \text{ mol / dm}^3 \quad 1 \text{ pkt}$$

Ad. 5

$$n_{o,H_2O_2} = c_o V = 0,891 \cdot 0,15 = 0,1337 \text{ mol} \quad 1 \text{ pkt}$$

Z równania reakcji (1):



$$V_{O_2} = \frac{(0,1337 - 0,0034) \cdot 11,2}{1} = 1,46 \text{ dm}^3 \text{ O}_2 \quad 2 \text{ pkt}$$

Łącznie zadanie 2: 13 pkt

Zadanie 3 (16 pkt)

W wyniku spalania próbki węglowodoru o masie 0,6830 g otrzymano 2,0728 g CO₂ i 1,0593 g H₂O.

- Wyznaczyć wzór rzeczywisty węglowodoru jeśli wiadomo, że 1,3 g tego związku zajmuje objętość 500 cm³ w warunkach normalnych.
- Jakie związki kryją się pod tym wzorem rzeczywistym? Podać ich wzory strukturalne, nazwy systematyczne i określić rodzaj izomerii.
- Ile produktów niecyklicznych odwodornienia może powstać ze związków o takim wzorze rzeczywistym. Podać ich wzory strukturalne i nazwy systematyczne.

Rozwiązanie

a) Wzór ogólny węglowodoru: C_xH_y

Obliczanie zawartości węgla i wodoru:

44 g CO₂ zawiera 12 g C

2,0728 g CO₂ zawiera x g C, stąd x = 0,5653 g C 1 pkt

18 g H₂O zawiera 2 g H

1,0593 g H₂O zawiera x g H, stąd x = 0,1177 g H 1 pkt

Obliczanie stosunku molowego atomów węgla i wodoru w węglowodorze:

$$n_{\text{C}}:n_{\text{H}} = 0,5653/12 : 0,1177/1 = 0,047 : 0,1177 = 1 : 2,5 = 2 : 5 \quad 2 \text{ pkt}$$

Wzór elementarny (najprostszy, empiryczny):

$$\text{C}_2\text{H}_5, \quad M_{\text{E}} = 29 \text{ g/mol} \quad 1 \text{ pkt}$$

Masa molowa węglowodoru:

$$1,3 \text{ g C}_x\text{H}_y \text{ — } 0,5 \text{ dm}^3 \\ y \text{ g — } 22,4 \text{ dm}^3, \quad y = 58 \text{ g, stąd } M_{\text{m}} = 58 \text{ g/mol} \quad 1 \text{ pkt}$$

Wzór rzeczywisty:

$$n = M_{\text{m}}/M_{\text{E}} = 58/29 = 2, \text{ stąd wzór rzeczywisty } \mathbf{C_4H_{10}} \quad 1 \text{ pkt}$$

b)

Wzory strukturalne i nazwy związków o wzorze rzeczywistym C_4H_{10} :



Rodzaj izomerii: izomeria łańcuchowa

1 pkt

c)

Wzory strukturalne i nazwy produktów odwodornienia:



Łącznie zadanie 3: 16 pkt

Masy molowe ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$): H – 1; C – 12; O – 16; Na – 23; Al – 27; S – 32; Cl – 35,5; Cu – 64; Ba – 137,3.