

VIII Podkarpacki Konkurs Chemiczny – 2015/2016

ETAP III – 13.02.2016 r. Godz. 12.00-15.00



Uwaga! Masy molowe pierwiastków podano na końcu zestawu.

Zadanie 1 (17 pkt)

1. Cyna (${}_{50}\text{Sn}$) jest pierwiastkiem należącym do grupy pierwiastków o strukturze walencyjnej i rdzeniu atomowym:

- a) ns^2 , Ne
 b) ns^2p^2 , Kr
 c) ns^2p^4 , Ar
 d) ns^2p^6 , Kr

2. Jaki jest wzór tlenku żelaza, jeżeli po spaleniu 2,1 g żelaza w tlenie otrzymano 2,9 g tlenku?

- a) FeO
 b) Fe_2O_3
 c) Fe_3O_4
 d) FeO_3
- Zawartość tlenu w tlenku żelaza wynosi $m_o = 2,9 \text{ g} - 2,1 \text{ g} = 0,8 \text{ g}$, co stanowi $n_o = 0,05 \text{ mol}$
 a liczba moli żelaza $n_{\text{Fe}} = (2,1 \text{ g} / 55,85 \text{ g/mol}) = 0,0376 \text{ mol}$
 $n_{\text{Fe}} : n_o = 0,0376 : 0,05 = 1 : 1,33 = 3 : 4$
 wzór tlenku: Fe_3O_4 .

3. Które z wymienionych kationów: Mg^{2+} , Al^{3+} , Ba^{2+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} tworzą się wyłącznie w wyniku utraty elektronów z podpowłok s i p ?

- a) wszystkie jony trójładunkowo dodatnie
 b) tylko kation glinu
 c) kation magnezu i baru
 d) wszystkie wymienione kationy

4. Rozpuszczalność NH_4Cl w temperaturze 50°C wynosi 50 g/100 g H_2O natomiast w temperaturze 0°C – 30 g/100 g H_2O . Jaka masa soli wydzieli się z 200 g nasyconego roztworu NH_4Cl po ochłodzeniu go od 50°C do temperatury 0°C ?

- a) 20 g NH_4Cl
 b) 15 g NH_4Cl
 c) 27 g NH_4Cl
 d) 40 g NH_4Cl
- Stężenie procentowe roztworu w temperaturze 50°C wynosi: $50 \text{ g} / 150 \text{ g} = 0,333$, tj. 33,3%. Po schłodzeniu i wydzieleniu osadu stężenie roztworu zmniejszy się do $30 \text{ g} / 130 \text{ g} = 0,23$, tj. 23%.
 W 200 g nasyconego roztworu jest $200 \cdot 0,333 = 66,6 \text{ g}$ soli i $133,4 \text{ g}$ wody. Ta sama ilość wody będzie w roztworze o stężeniu 23%.
 Masa soli w roztworze 23% wynosi: $23 \text{ g } \text{NH}_4\text{Cl} \text{ — } 77 \text{ g } \text{H}_2\text{O}$
 $x \text{ — } 133,4 \text{ g } \text{H}_2\text{O}, \quad x = 39,9 \text{ g } \text{NH}_4\text{Cl}$
 Masa wydzielonej soli: $66,6 \text{ g} - 39,9 \text{ g} = 26,7 \text{ g} \approx 27 \text{ g}$

5. Ładunek 200 C spowodował wydzielenie na katodzie 57,8 mg żelaza z jego soli. Stopień utleniania żelaza w badanej soli wynosi:

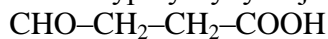
- a) VI
 b) -IV
 c) III
 d) II
- $m = \frac{M}{F \cdot z} \cdot Q$
 $z = \frac{55,85}{96500 \cdot 0,0578} \cdot 200 = 2$

6. Które z poniższych stwierdzeń jest niepoprawne?

Ozon:

- a) jest cięższy od powietrza
 b) jest trwały
 c) w wodzie rozpuszcza się lepiej od O₂
 d) w stanie gazowym jest niebieskawy, a w ciekłym – ciemnoniebieski

7. Określ typ hybrydyzacji każdego atomu węgla w związku licząc od jego lewej strony:



- a) sp³, sp³, sp³, sp³
 b) sp², sp³, sp³, sp²
 c) sp, sp², sp², sp
 d) sp, sp³, sp³, sp

8. Podać wzór rzeczywisty węglowodoru, który w warunkach normalnych jest gazem o gęstości 2,59 g/dm³ i zawiera 82,8% C.

- a) C₄H₁₀ | Szukany wzór związku: C_xH_y
 b) C₂H₅ | Obliczenie stosunku moli atomów: $n_C : n_H = 82,8/12 : 17,2/1 = 6,9 / 17,2 = 1 : 2,5 = 2 : 5$
 c) C₃H₁₀ | Wzór elementarny (najprostszy): C₂H₅, M_E = 29 g/mol
 d) C₄H₆ | Obliczenie masy molowej: $d = m/v = M/22,4 \rightarrow M = 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol} \cdot 2,59 \text{ g/dm}^3 = 58 \text{ g/mol}$
 Obliczenie wzoru rzeczywistego: $n = M/M_E = 58/29 = 2$, stąd wzór rzeczywisty węglowodoru: C₄H₁₀

9. Do 4 probówek wiano obojętny 2% r-r manganianu(VII) potasu, a następnie wprowadzono węglowódor:

- a) heksan
 b) benzen
 c) cykloheksen
 d) cykloheksan

Mieszaniej reakcyjną intensywnie wstrząśnięto. W której probówce zaobserwowano przebieg reakcji.

10. Z etenu na skalę przemysłową można otrzymać produkty:

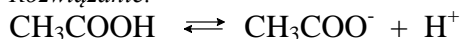
- a) tlenek etylenu, aldehyd octowy, chlorek winylu
 b) chlorek winylu, etanol, chloroform
 c) aldehyd octowy, metanol, etylobenzen,
 d) chlorometan, etanol, tlenek etylenu

11. Kwas octowy należy do słabych elektrolitów.

- a. Napisać równanie dysocjacji kwasu:
- b. Uzupełnić poniższą tabelę:

Kwasu	Stężenie, mol/dm ³		Stopień dysocjacji, %	pH
	jonów wodorowych [H ⁺]	niezdysocjowanych cząsteczek [CH ₃ COOH]		
0,01	0,000418			
	0,001320	0,098680		
1			0,42	

Rozwiązanie:



Wypełnienie tabeli

$$\text{Sto\%nie\% dysocjacji: } \alpha = \frac{N_z}{N_w} \cdot 100\%$$

gdzie: N_z – liczba cząsteczek zdysocjowanych, N_w – liczba cząsteczek wprowadzonych,
 $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$

Kwasu	Stężenie, mol/dm ³		Sto\%nie\% dysocjacji, %	pH
	jonów wodorowych [H ⁺]	niezdysocjowanych cząsteczek [CH ₃ COOH]		
0,01	0,000418	0,009582	4,18	3,38
0,1	0,001320	0,098680	1,32	2,88
1	0,004200	0,995800	0,42	2,38

po 0,2 pkt za każdą poprawną odpowiedź (max 2 pkt)

12. Odwracalna reakcja zachodzi zgodnie z równaniem $\text{A}_2 + \text{B}_2 \rightleftharpoons 2\text{AB}$.

Zmieszano 500 cm³ 4 mol/dm³ roztworu substratu A₂, oraz 500 cm³ 6 mol/dm³ roztworu substratu B₂ i ogrzano do 50°C. W stanie równowagi otrzymano 1,5 mola produktu AB. Stała stężeniowa równowagi reakcji wynosi:

- a) 0,2
 b) 0,6
 c) 0,8
 d) 1,5

Rozwiązanie :

Zgodnie z równaniem reakcji $\text{A}_2 + \text{B}_2 \rightleftharpoons 2\text{AB}$ stała równowagi ma postać:

$$K = \frac{[\text{AB}]^2}{[\text{A}_2] \cdot [\text{B}_2]} \quad 1\text{pkt}$$

Z równania stechiometrycznego wynika, że 1mol A₂ reaguje z 1molem B₂ i powstaje 2 mole AB.

Liczba moli substratów w mieszaniu reakcyjnej wynosi:

$$n_{\text{A}_2} = 0,5 \text{ dm}^3 \cdot 4 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 2 \text{ mol} \quad n_{\text{B}_2} = 0,5 \text{ dm}^3 \cdot 6 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 3 \text{ mol} \quad 2\text{pkt}$$

Liczba moli reagentów w stanie równowagi:

	A ₂	B ₂	AB
Liczba moli początkowa	2	3	0
Liczba moli produktu	–	–	1,5
Liczba moli przereagowanego substratu	0,75	0,75	–
Liczba moli w stanie równowagi	2 – 0,75 = 1,25	3 – 0,75 = 2,25	1,5

Ponieważ objętość mieszaniny reakcyjnej wynosi 1 dm³ stężenia reagentów w stanie równowagi wynoszą:

$$[\text{A}_2] = 1,25 \text{ mol/dm}^3 \quad [\text{B}_2] = 2,25 \text{ mol/dm}^3 \quad [\text{AB}] = 1,5 \text{ mol/dm}^3$$

Wartość stałej równowagi wynosi:

$$K = \frac{[\text{AB}]^2}{[\text{A}_2] \cdot [\text{B}_2]} = \frac{\left(1,5 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}\right)^2}{1,25 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot 2,25 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}} = 0,8 \quad 2 \text{ pkt}$$

Łącznie zadanie 1: 17 pkt

Zadanie 2 (15 pkt)

500 cm³ 40% kwasu siarkowego(VI) o gęstości 1,303 g/cm³ poddano elektrolizie na elektrodach platynowych. Elektrolizę prowadzono do momentu aż łączna objętość wydzielonych produktów gazowych wyniosła 22,7 dm³ w temperaturze 20°C pod ciśnieniem 1007 hPa.

1. Zapisać równania reakcji elektrodowych, zachodzących podczas elektrolizy.
2. Obliczyć objętości wydzielonych produktów gazowych w warunkach normalnych.
3. Obliczyć teoretyczny ładunek, który przepłynął podczas elektrolizy.
4. Zakładając 70% wydajność procesu i wartość natężenia prądu elektrolizy 5 A, obliczyć czas jej trwania. Wynik podaj a) w sekundach, b) jako liczbę godzin, minut i sekund.
5. Obliczyć stężenie procentowe kwasu siarkowego(VI) po elektrolizie.

Przykładowe rozwiązanie:



Ad. 2. Łączna objętość mieszaniny gazów (w warunkach normalnych):

$$V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{p_2 T_1} = \frac{1007 \text{ hPa} \cdot 22,7 \text{ dm}^3 \cdot 273 \text{ K}}{1013 \text{ hPa} \cdot 293 \text{ K}} = 21 \text{ dm}^3 \quad 1 \text{ pkt}$$

Przyjmując oznaczenia: x – objętość wydzielonego wodoru
y – objętość wydzielonego tlenu

otrzymuje się układ równań:

$$\begin{cases} x + y = 21 \\ y = x/2 \end{cases}$$

stąd: objętość wydzielonego wodoru w warunkach normalnych $x = 14 \text{ dm}^3$, 1 pkt
objętość wydzielonego tlenu w warunkach normalnych $y = 7 \text{ dm}^3$. 1 pkt

Ad. 3. Ładunek 2F powoduje wydzielenie 1 mola wodoru i 0,5 mola tlenu (łącznie 1,5 mola gazów).

$$\begin{array}{ccc} \frac{2 \cdot 96500 \text{ C} - 1,5 \cdot 22,4 \text{ dm}^3}{Q_t - 21 \text{ dm}^3} & \text{lub} & \frac{2 \cdot 96500 \text{ C} - 22,4 \text{ dm}^3 H_2}{Q_t - 14 \text{ dm}^3} & \text{lub} & \frac{2 \cdot 96500 \text{ C} - 11,2 \text{ dm}^3 O_2}{Q_t - 14 \text{ dm}^3} \\ Q_t = \frac{2 \cdot 96500 \text{ C} \cdot 21 \text{ dm}^3}{33,6 \text{ dm}^3} = 120625 \text{ C} & & Q_t = 120625 \text{ C} & & Q_t = 120625 \text{ C} \quad 3 \text{ pkt} \end{array}$$

Ad. 4. $\eta = \frac{Q_t}{Q_{tz}} \cdot 100\%$

$$Q_{tz} = Q_t / 0,7 = 120625 \text{ C} / 0,7 = 172321 \text{ C} \quad 1 \text{ pkt}$$

$$t = \frac{Q_{tz}}{I} = \frac{172321 \text{ C}}{5 \text{ A}} = 34464 \text{ s} = 9 \text{ godz } 34 \text{ min } 24 \text{ s} \quad 1 \text{ pkt}$$

Ad. 5. W czasie elektrolizy ubywa rozpuszczalnika i roztwór ulega zateżeniu

Przed rozpoczęciem elektrolizy:

$$\text{masa roztworu} \quad m_r = V_r \cdot d = 500 \text{ cm}^3 \cdot 1,303 \text{ g/cm}^3 = 651,5 \text{ g}$$

$$\text{masa kwasu} \quad m_k = c_p \cdot m_r / 100\% = 0,4 \cdot 651,5 \text{ g} = 260,6 \text{ g} \quad 2 \text{ pkt}$$

$$1 \text{ mol H}_2\text{O} \text{ — } 18 \text{ g} \quad - \quad 11,2 \text{ dm}^3 \text{ O}_2$$

$$\underline{\quad \quad \quad x \quad \quad - \quad \quad 7 \text{ dm}^3 \quad \quad}$$

$$x = \frac{18 \text{ g} \cdot 7 \text{ dm}^3}{11,2 \text{ dm}^3} = 11,25 \text{ g H}_2\text{O} \quad 2 \text{ pkt}$$

Stężenie kwasu po elektrolizie:

$$c_p = \frac{260,6}{651,5 - 11,25} \cdot 100\% = 40,7\% \quad 1 \text{ pkt}$$

Łącznie zadanie 2: 15 pkt

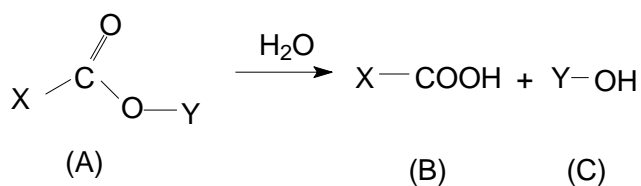
Zadanie 3 (10 pkt)

Ester A hydrolizuje do monokarboksylowego kwasu B (masa molowa 88 g/mol) i alkoholu C. Reakcja alkoholu C z kwasem solnym prowadzi do związku zawierającego 28% chloru, natomiast łagodne utlenianie alkoholu C prowadzi do aldehydu.

- Ustal wzór sumaryczny związku B, narysuj wzory półstrukturalne (grupowe) i podaj nazwy systematyczne odpowiednich izomerycznych kwasów karboksylowych.
- Ustal wzór sumaryczny alkoholu C, narysuj jego wzór strukturalny, podaj nazwę systematyczną i zwyczajową.
- Narysuj wzór strukturalny związku A (z dowolnym izomerycznym kwasem B) i podaj jego nazwę systematyczną.

Przykładowe rozwiązanie

a)



za równanie hydrolizy 1 pkt

X, Y - reszta alkilowa lub fenylowa.

B - kwas monokarboksylowy (M = 88 g/mol)

za ustalenie wzoru sumarycznego 1 pkt

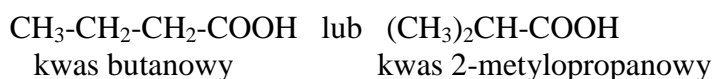
X-COOH

Masa molowa X: 88 - 45 = 43 g/mol

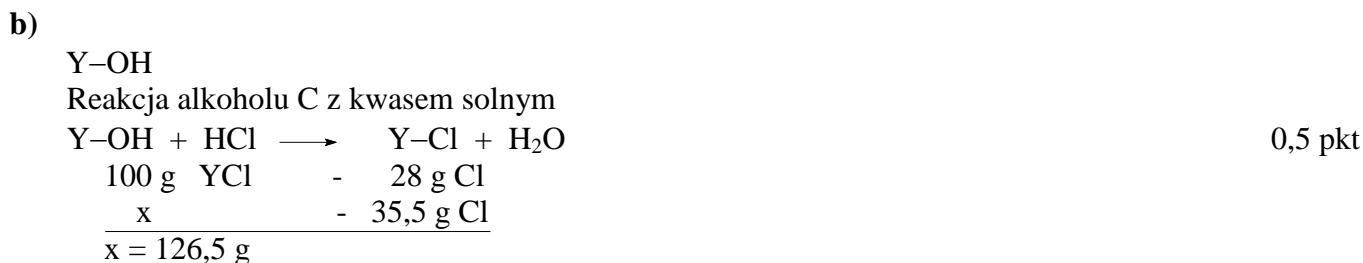
Wzór X: C₃H₇

Wzór sumaryczny B: C₄H₈O₂

Wzór grupowy kwasu B:



za wzór i nazwę po 0,5 pkt (2 pkt)



$M_{\text{YCl}} = 126,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Masa molowa alkoholu: $126,5 - 35,5 + 17 = 108 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

0,5 pkt



Skoro alkohol utlenia się do aldehydu to musi to być alkohol I-rzędowy z grupą -CH₂-OH

Masa molowa C_xH_y = 108 - 31(CH₂OH) = 77 g/mol

0,5 pkt

Ustalenie liczby moli atomów węgla w C_xH_y:

$77 \text{ g} / 12 \text{ g} = 6,4 \Rightarrow x \leq 6$

Ustalenie reszty alkilowej lub fenylovej spełniającej warunek $M = 77 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$:

Reszta alkilowa:

$\text{C}_6\text{H}_{13} \Rightarrow M = 85 \text{ g/mol (-)}$

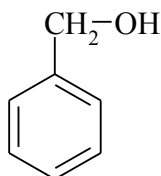
$\text{C}_5\text{H}_{11} \Rightarrow M = 71 \text{ g/mol (-)}$

Reszta fenylova

$\text{C}_6\text{H}_5 \Rightarrow M = 77 \text{ g/mol (+)}$

Szukany alkohol: C₆H₅CH₂OH (C₇H₈O)

2 pkt

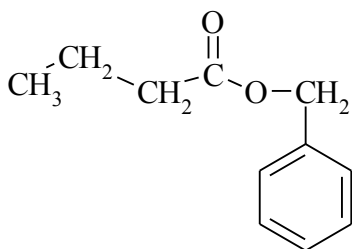


fenylometanol, alkohol benzylovy

wzór strukturalny i nazwa po 0,5 pkt (1,5 pkt)

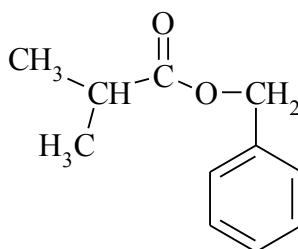
c) za wzór i nazwę po 0,5 pkt

ester A



butanian benzylu

lub



2-metylopropanian benzylu

Łącznie zadanie 3: 10 pkt

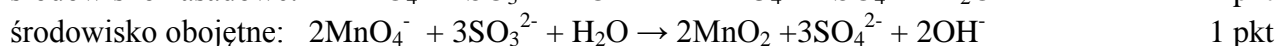
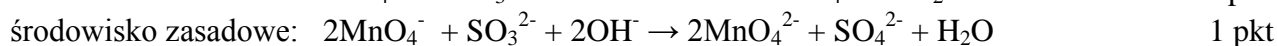
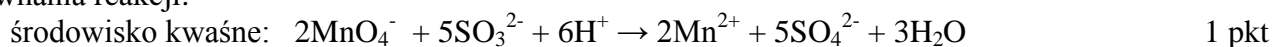
Zadanie 4 (9 pkt)

Manganian(VII) potasu oraz dichromian(VI) potasu, to powszechnie wykorzystywane utleniacze, stosowane również w analizie i preparatyce chemicznej. Pierwszy z nich jest krystalicznym niehigroskopijnym ciałem stałym, drugi to pomarańczowoczerwona krystaliczna substancja. Oba związki dobrze rozpuszczają się w wodzie, rozkładają się z wydzielaniem tlenu w podwyższonej temperaturze (KMnO_4 powyżej 240°C , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ powyżej 500°C). Ich własności utleniające w dużym stopniu zależą od pH roztworu.

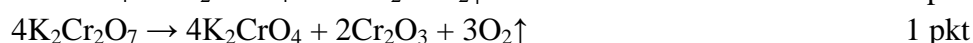
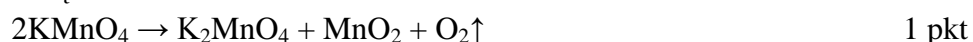
- Zbilansuj i zapisz w formie jonowej skróconej równania reakcji manganianu(VII) potasu z siarczanem(IV) sodu zachodzące w środowisku:
 - silnie kwaśnym,
 - silnie zasadowym,
 - obojętnym.
- Zapisz w formie cząsteczkowej równania reakcji rozkładu:
 - manganianu(VII) potasu ogrzewanego do temperatury powyżej 240°C ,
 - dichromianu(VI) potasu ogrzewanego do temperatury powyżej 500°C .
- Wydzielanie tlenu następuje również podczas działania manganianu(VII) potasu na nadtlenek wodoru w środowisku kwaśnym. Zapisz w formie cząsteczkowej równanie reakcji manganianu(VII) potasu z nadtlenkiem wodoru w obecności kwasu siarkowego(VI).
- W probówce znajduje się 10 cm^3 roztworu dichromianu(VI) potasu o stężeniu $0,1\text{ mol/dm}^3$. Określ jaką będzie barwa roztworu po dodaniu 1 cm^3 roztworu:
 - H_2SO_4 o stężeniu 1 mol/dm^3 ,
 - NaOH o stężeniu 1 mol/dm^3 ,
- Dichromian(VI) potasu w środowisku kwaśnym stosunkowo łatwo reaguje z alkoholem etylowym. Reakcja ta jest wykorzystywana w niektórych alkotestach do oznaczania zawartości alkoholu w wydychanym powietrzu. Zapisz w formie cząsteczkowej równanie reakcji zachodzącej po wprowadzeniu etanolu do zakwaszonego kwasem siarkowym(VI) roztworu $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ i podgrzaniu mieszaniny.

Przykładowe rozwiązanie

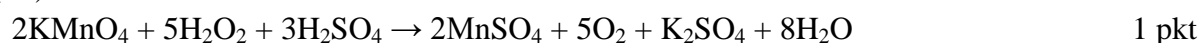
a). Równania reakcji:



b). Równania reakcji rozkładu związków:



c). Równanie reakcji manganianu(VII) potasu z nadtlenkiem wodoru w obecności kwasu siarkowego(VI):



Za jonowy zapis równania reakcji c) przyznajemy 0,5 pkt.

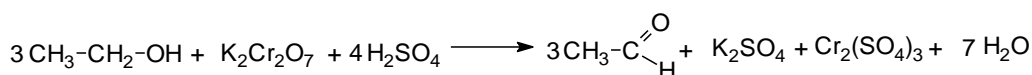
d) Barwy roztworów:

- „nie zmieni się” lub „pomarańczowa” lub „pomarańczowoczerwona” 1 pkt

(ii) „żółta” (w środowisku zasadowym powstaje żółty chromian)

1 pkt

e) Równanie reakcji:



1 pkt

Za poprawnie zapisane równanie, w którym produktem reakcji jest kwas etanowy przyznajemy 1 pkt.
Za poprawne należy uznać równanie z wytworzeniem siarczanu(IV) chromu(II).

Łącznie zadanie 4: 9 pkt

Zadanie 5 (14 pkt)

Analizie poddano mieszaninę stałych chromianu(VI) potasu i manganianu(VII) potasu. W tym celu próbkę mieszaniny o masie 0,2100 g rozpuszczono w wodzie, zakwaszono kwasem siarkowym(VI) i dodano nadmiar jodku potasu. Wydzielony w wyniku reakcji wolny jod odmiareczkowano roztworem tiosiarczanu sodu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$).

- Zapisz jonowo równania zachodzących reakcji.
- Oblicz procentową zawartość KMnO_4 w mieszaninie (w procentach masowych) jeżeli do odmiareczkowania jodu zużyto $29,00 \text{ cm}^3$ roztworu tiosiarczanu sodu o stężeniu $0,1510 \text{ mol/dm}^3$.

Wskazówka: Wśród produktów miareczkowania występuje jon heksaoksosiarczanowy (tetratianowy)

Przykładowe rozwiązanie

Ad. a)

Po dodaniu kwasu siarkowego(VI) do roztworu chromian(VI) przechodzi w dichromian(VI).
Wytworzony dichromian(VI) jak i manganian(VII) ulegają reakcji redukcji z anionem jodkowym.
Równania reakcji:



Ad. b)

$$M_{\text{KMnO}_4} = 158,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}, \quad M_{\text{K}_2\text{CrO}_4} = 194,2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

x – masa manganianu(VII) potasu w próbce

(0,2100 – x) – masa chromianu(VI) potasu w próbce

liczba moli manganianu(VII) potasu w próbce: $\frac{x}{158,0}$

liczba moli chromianu(VI) potasu w próbce: $\frac{0,2100 - x}{194,2}$ 1pkt

Z równań reakcji wynika, że:

liczba moli jodu powstającego w reakcji z KMnO_4 : $2,5 \cdot \frac{x}{158,0}$ 1pkt

liczba moli jodu powstającego w reakcji z K_2CrO_4 : $1,5 \cdot \frac{0,2100 - x}{194,2}$ 1pkt

liczba moli jonów $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$: $(2,5 \frac{x}{158,0} + 1,5 \frac{0,2100 - x}{194,2}) \cdot 2$ 1pkt

Liczba moli użytego tiosiarczanu (wyliczona z objętości użytego titranta i jego stężenie):

$$c_m = \frac{n}{V}, \quad \text{stąd}$$

$$n = 0,1510 \text{ mol/dm}^3 \cdot 29,00 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 4,379 \cdot 10^{-3} \text{ mol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 4,379 \cdot 10^{-3} \text{ mol S}_2\text{O}_3^{2-}$$
 1pkt

Rozwiązując równanie:

$$(2,5 \frac{x}{158,0} + 1,5 \frac{0,2100 - x}{194,2}) \cdot 2 = 4,379 \cdot 10^{-3}$$
 3pkt

uzyskuje się:

$$x = 0,0700 \text{ g}$$
 1pkt

stąd:

$$\%_{\text{KMnO}_4} = \frac{0,0700}{0,2100} \cdot 100\% = 33,33\%$$
 1pkt

Łącznie zadanie 5: 14 pkt

Masy molowe ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$): Fe – 55,85; C – 12; H – 1; K – 39; O – 16; Mn – 55,0; Cr – 52,2