



## XLIX OLIMPIADA CHEMICZNA

**Komitet Główny**

**Olimpiady Chemicznej**

### ETAP III

#### ZADANIA LABORATORYJNE

##### ZADANIE LABORATORYJNE 1

W probówkach oznaczonych nr 1 - 3 znajdują się roztwory mieszanin substancji nieorganicznych. W skład związków nieorganicznych wchodzi następujące metale: chrom, kobalt, mangan, pallad, potas i żelazo. Metale mogą tworzyć kationy jak i aniony. W kationach są na najbardziej trwałym stopniu utlenienia, a w anionach tlenowych są na maksymalnym stopniu utlenienia. Jako aniony występują także bromki, siarczany(VI) oraz tiocyjaniany. W badanym roztworze znajdują się jony dwóch soli. Każdy jon metalu występuje w mieszaninach tylko raz. Obecność rodanków wyklucza bromki i odwrotnie. Bromki i tiocyjaniany mają właściwości redukujące. Jeśli w roztworze występują aniony badanych metali, to kationem może być wyłącznie  $K^+$ .

Z wymienionych metali pierwiastek o najwyższym potencjale w szeregu napięciowym metali tworzy w środowisku kwaśnym żółty, kłaczkowaty osad z odczynnikiem charakterystycznym dla niklu. Z jodkami, dla ich niewielkiego stężenia, jony tego metalu wytrącają czarny osad, rozpuszczalny w nadmiarze KI (czerwonobrunatny). Podobnie jak jodki działają rodanki, z tym, że osad rodanku jest czerwony. Bromkowe i tiocyjanianowe kompleksy tego metalu są czerwone.

Wodorotlenek żelaza(III) strąca się przy pH znacznie niższym niż wodorotlenki pozostałych metali.

Dysponujesz odczynnikami:

1.  $\text{AgNO}_3$ , roztwór o stężeniu ok.  $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$
2.  $\text{BaCl}_2$ , 5% roztwór
3. Kwas askorbinowy
4.  $\text{HNO}_3$ , roztwór o stężeniu  $0,5 \text{ mol dm}^{-3}$
5.  $\text{KI}$ , 5% roztwór
6. Alkohol amylowy
7. roztwór skrobi

Możesz korzystać z odczynników przygotowanych dla zadania II.

Dysponujesz dziesięcioma probówkami, pipetą do odsysania roztworów, trzema papierkami wskaźnikowymi. Badane roztwory rozcieńczaj wodą destylowaną z tryskawki, porcje cieczy do prób odmierzaj za pomocą pipet. Gospodaruj badanymi roztworami oszczędnie, odczynniki dodawaj powoli, obserwuj zachodzące zmiany.

1. Przedstaw dokładny tok rozumowania mający na celu identyfikację mieszanin z uwzględnieniem równań zachodzących reakcji.
2. Podaj jakie jony znajdują się w oznaczonych cyframi probówkach. Uzasadnij identyfikację.

Identyfikacja uzyskana jedynie drogą eliminacji będzie niżej punktowana.

## ZADANIE LABORATORYJNE 2

W kolbie miarowej o pojemności  $250 \text{ cm}^3$ , oznaczonej literą P, masz trójskładnikową mieszaninę roztworów: kwasu octowego, aldehydu mrówkowego i acetonu. Dwie z wymienionych substancji reagują z jodem (utleniacz), w tym jedna z nich ulega reakcji jodoformowej. Aldehyd mrówkowy w środowisku prawie obojętnym przyłącza siarczan(IV) disodu [analogia do reakcji aldehydów z wodorosiarczanem(IV)] z wydzieleniem jonów  $\text{OH}^-$ , w ilości równoważnej do ilości aldehydu.

Kwas octowy jest kwasem słabym,  $\text{p}K_a = 4,75$ , lecz mocniejszym niż kwas siarkowy(IV). Dysponujesz roztworami kwasu solnego,  $\text{NaOH}$ , jodu w jodku potasu i tiosiarczanu sodu, o stężeniach podanych na butelkach (na stanowisku zbiorczym). Masz także do dyspozycji stały siarczan(IV) disodu, roztwór alkoholowy tymolofaleiny (zakres działania 9,5 – 10,5 pH), roztwór alkoholowy fenolofaleiny (zakres działania 8,4 – 9,8 pH), oranż metylowy (zakres działania 3,4 – 4,1 pH) i roztwór skrobi. Dysponujesz biuretą, dwiema pipetami jednomiarowymi na  $25 \text{ cm}^3$  i dwiema

kolbkami stożkowymi na 300 cm<sup>3</sup>, w tym co najmniej jedną z doszlifowanym korkiem oraz dwiema zlewkami.

### **Przepisy wykonawcze:**

#### *Acydymetryczne oznaczanie aldehydu mrówkowego*

Do niemal obojętnego roztworu zawierającego aldehyd mrówkowy i kilka kropli roztworu tymoloftaleiny dodać szczyptę (ok. 0,3 g) siarczanu(IV) disodu. Miareczkować kwasem solnym do odbarwienia roztworu. Wykonać ponownie miareczkowanie drugiej próbki.

#### *Jodometryczne oznaczanie aldehydu mrówkowego (acetonu)*

25,00 ml próbki wprowadzić do kolby stożkowej ze szlifem. Dodać 25,00 cm<sup>3</sup> roztworu jodu i 10 ml wodorotlenku sodu o stężeniu 1 mol dm<sup>-3</sup>. Szczelnie zamknąć i pozostawić do odstania na 10 minut w ciemne miejsce. Zakwasić 11 cm<sup>3</sup> kwasu siarkowego i odmiareczkować pozostały jod za pomocą mianowanego roztworu tiosiarczanu sodu. Jako wskaźnika punktu końcowego użyć roztwór skrobi, miareczkować do zaniku granatowo-brązowego zabarwienia.

### **Oznaczanie kwasu octowego**

Do roztworu zawierającego kwas octowy dodać pipetą jednomiarową 25,00 cm<sup>3</sup> roztworu NaOH. Rozcieńczyć wodą do ok. 75 cm<sup>3</sup>, dodać 4 krople roztworu tymoloftaleiny i miareczkować mianowanym roztworem HCl do zaniku niebieskiego zabarwienia. Wykonać ponownie miareczkowanie drugiej próbki.

1. Zaproponuj tok postępowania (wykorzystaj podane przepisy wykonawcze), podaj równania reakcji chemicznych i przedstaw plan doświadczeń mających na celu oznaczenie ilości poszczególnych substancji w mieszaninie. Uwzględnij, że dysponujesz jedną biuretą i dwiema pipetami jednomiarowymi.
2. Jakie jest pH roztworu po zobojętnieniu kwasu octowego (punkt równoważności miareczkowania) ? Wyprowadź odpowiednią zależność. Który z podanych wskaźników będzie niewłaściwy przy miareczkowaniu kwasu octowego ? Uzasadnij odpowiedź.
3. Podaj ilości kwasu octowego, aldehydu mrówkowego i acetonu w próbce P.

## **ROZWIĄZANIA ZADAŃ LABORATORYJNYCH**

### **ROZWIĄZANIE ZADANIA LABORATORYJNEGO 1**

#### ***Tok rozumowania i reakcje***

Podane w zadaniu informacje sugerują, że w mieszaninach metale mogą znajdować się (poza potasem) na następujących stopniach utlenienia: Cr(VI), Mn(VII), Fe(III), Co(II), Mn(II), Pd(II). Można wykluczyć obecność Fe(II), Co(III), Mn(III) jako jonów o mniejszej trwałości. Z uwagi na barwę roztworu należy także wykluczyć obecność Cr(III). Tylko chrom i mangan mogą występować w postaci anionów. Intensywnie czerwona barwa roztworu może pochodzić od bromkowych kompleksów palladu lub żelaza(III), rodankowych kompleksów żelaza(III), palladu lub kobaltu lub występujących razem żółtych anionów chromu(VI) i fioletowych manganu(VII). Akwakompleksy kobaltu(II) (z soli CoSO<sub>4</sub>), a zwłaszcza manganu(II) (z soli MnSO<sub>4</sub>) mają niezbyt intensywne czerwone zabarwienie. Chrom i mangan mogą występować w badanych próbkach jako chromian(VI) (dichromian) i manganian(VII). Jako utleniacze chromian(VI) i manganian(VII) nie mogą występować razem z rodankami i bromkami, możliwe jest jednak, że występują obok siebie. Z warunków zadania wiadomo, że bromki i tiocyjaniany nie występują w jednej mieszaninie, natomiast mogą występować obok siarczanów(VI).

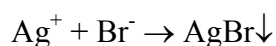
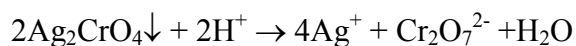
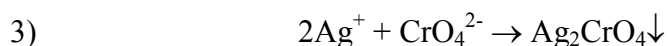
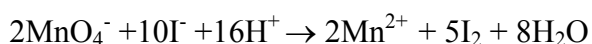
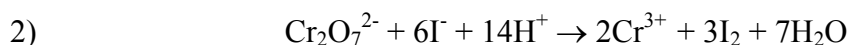
Należy dokonać identyfikacji anionów wg Tabeli 1.

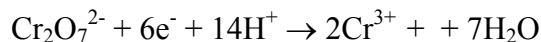
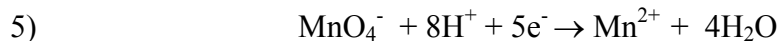
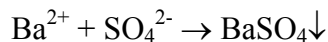
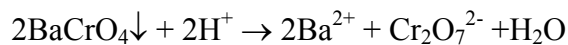
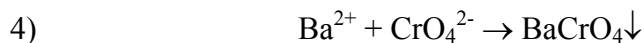
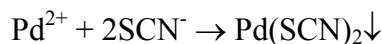
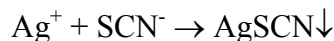
#### **<Tabela 1>**

Zestawienie wyników pozwala stwierdzić, że 3 identyfikowane mieszaniny mogą zawierać pary jonów:

a) chromiany(VI) i manganiany(VII)      b) bromki i siarczany oraz      c) tiocyjaniany i siarczany

Równania reakcji zgodnie z numeracją w Tabeli 1:





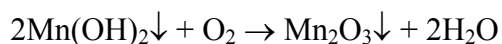
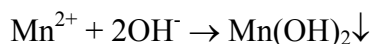
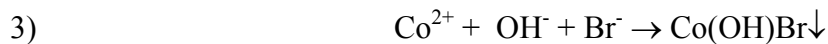
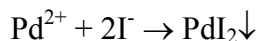
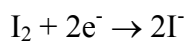
### ***Identyfikacja kationów w mieszaninach: bromki-siarczany i tiocyjaniany-siarczany***

Czerwona barwa roztworu mieszanin bromki-siarczany i tiocyjaniany-siarczany świadczy, że żelazo, pallad, kobalt i mangan mogą wystąpić w 5 kombinacjach, tak jak w tabeli. Pozostały przypadek można wykluczyć, gdyż mieszanina nie będzie intensywnie czerwona (Co, Mn, bromki.)

Tabela 2 przedstawia kolejno przeprowadzane próby oraz wynikające z nich wnioski.

#### **<Tabela 2>**

Reakcje, zgodnie z numeracją w Tabeli 2



Za pomocą reakcji charakterystycznych należy potwierdzić wykrywanie kationów:

### **Pd**

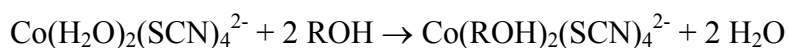
Ostrożne dodanie rozcieńczonego roztworu jodku potasu do próbek zawierających pallad powoduje wytrącenie czarnego osadu jodku palladu. Po oddzieleniu od roztworu osad rozpuszcza się w nadmiarze odczynnika, a roztwór przyjmuje zabarwienie czerwono-brunatne, po rozcieńczeniu - różowe. Barwa ta nie zmienia się po dodaniu kwasu askorbinowego jako reduktora. W obecności rodanków może nie dojść do strącenia osadu, roztwór staje się bardziej czerwono-brunatny.

### **Fe**

Dodanie do próbek zawierających Fe(III) kwasu askorbinowego jako reduktora powoduje znaczne obniżenie intensywności czerwonego zabarwienia, szczególnie w próbkach zawierających rodanki. Dzieje się tak na skutek redukcji Fe(III) do Fe(II), którego kompleksy bromkowe i tiocyjanianowe wykazują niskie zabarwienie.

### **Co**

Dodanie do próbek zawierających Co i rodanki reduktora, a następnie alkoholu amyłowego i wytrząśnięcie powoduje powstanie niebieskiego zabarwienia warstwy alkoholu. Wykrycie kobaltu w próbkach zawierających bromki wymaga wcześniejszego zmieszania z próbką zawierającą rodanki i wykonania dalszych czynności jak wyżej



### **Mn**

Do wszystkich próbek dodać  $\text{AgNO}_3$ , wytrącić i skoagulować osad, w próbkach o odczynie kwaśnym roztwór zneutralizować. Znad osadu chromianu srebra pobrać fioletową ciecz, zawierającą  $\text{MnO}_4^-$  i zmieszać z cieczą znad osadu bromku lub rodanku srebra. Powstawanie czarnego osadu świadczy o obecności Mn(II). Na skutek synproporcjonacji z Mn(II) i Mn(VII) powstaje  $\text{MnO}_2$ .



## *2. Identyfikacja mieszanin*

W zadaniu występują następujące mieszaniny, różnie rozmieszczone w probówkach 1, 2 i 3.

Przykładowe rozmieszczenie i sposób rozwiązania podano poniżej.

AA 1.  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{K}^+$

2. Pd, Co, bromki, siarczany

3. Fe, Mn, tiocyjaniany, siarczany

BB 1. Pd i Mn oraz bromki i siarczany

2. Fe i Co oraz rodanki i siarczany

3.  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{K}^+$

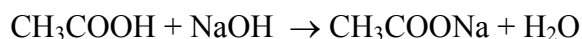
Uzasadnienie przedstawiono w formie Tabeli 3. Wyniki prób przedstawionych w poszczególnych kolumnach tej tabeli jednoznacznie odpowiadają wynikom reakcji dla poszczególnych próbek, przedstawionych w toku rozumowania.

<Tabela 3>

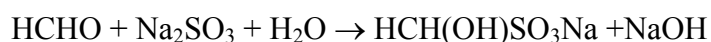
## **ROZWIĄZANIE ZADANIA LABORATORYJNEGO 2.**

### **1. Tok rozumowania**

W mieszaninie kwasu octowego, acetonu i formaldehydu jedynie kwas octowy reaguje z NaOH. Oznaczanie kwasu octowego polega na miareczkowaniu alkalimetrycznym, gdzie titrantem jest mianowany roztwór NaOH wobec tymoloftaleiny jako wskaźnika:



Gdy do roztworu po odmiareczkowaniu kwasu (pH ok. 8,5) wprowadzi się szczyptę siarczanu(IV) sodu, to następuje reakcja:



Wydzielone jony  $\text{OH}^-$  odmiareczkowane są kwasem solnym, oznaczając ilość aldehydu mrówkowego.

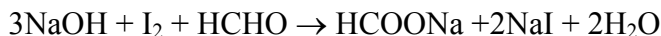
Z uwagi na to, że dysponuje się jedną biuretą można wprowadzić pewne ułatwienie. Do próbki dodaje się znaną ilość (za pomocą pipety jednomiarowej) roztworu NaOH. Część NaOH przereaguje z kwasem octowym, nadmiar zostanie odmiareczkowany za pomocą kwasu solnego. Z różnicy liczby moli wprowadzonego NaOH  $n_{\text{NaOH}}$  (miareczkowanie porcji roztworu NaOH za pomocą HCl o znanym stężeniu) i kwasu solnego  $n_{\text{HCl}}$  zużytego na odmiareczkowanie nadmiaru NaOH, znajduje się liczbę moli kwasu octowego  $n_{\text{OC}}$ .

$$n_{\text{OC}} = n_{\text{NaOH}} - n_{\text{HCl}} \quad (1)$$

Wprowadzenie do roztworu (po odmiareczkowaniu nadmiaru NaOH) siarczanu(IV) sodu umożliwia oznaczenie formaldehydu  $n_{AL}$ . Wydzielone jony  $OH^-$  odmiareczkowane są kwasem solnym do zaniku niebieskiego zabarwienia, zużywając  $n_{2HCl}$  moli kwasu

$$n_{AL} = n_{2HCl} \quad (2)$$

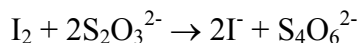
W środowisku alkalicznym z jodem, dodanym w nadmiarze, reaguje aldehyd mrówkowy:



a także aceton:



Nieprzereagowany jod  $n_{I_{IOD}}$  odmiareczkuje się za pomocą tiosiarczanu:



Z jednym molem tiosiarczanu reaguje pół mola jodu, tak więc:

$$n_{I_{IOD}} = 0,5 \times n_{TIOS} \quad (3)$$

Z różnicy liczby moli wprowadzonego jodu  $n_{IOD}$  i tiosiarczanu  $n_{TIOS}$  zużytego na odmiareczkowanie nadmiaru znajduje się liczbę moli acetonu  $n_{AC}$  i aldehydu mrówkowego  $n_{AL}$ .

$$n_{AL} + 3 \times n_{AC} = n_{IOD} - 0,5 \times n_{TIOS} \quad (4)$$

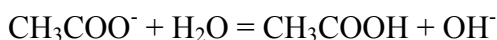
Znając z miareczkowania alkacymetrycznego liczbę moli aldehydu mrówkowego oblicza się liczbę moli acetonu.

$$3 \times n_{AC} = n_{IOD} - 0,5 \times n_{TIOS} - n_{AL}$$

$$n_{AC} = 1/3 \times (n_{IOD} - 0,5 \times n_{TIOS} - n_{2HCl}) \quad (5)$$

2. W punkcie równowagi miareczkowania kwasu octowego roztworem NaOH występuje roztwór octanu sodu, soli bardzo dobrze zdysocjowanej, a więc sprzężonej z kwasem octowym zasady  $CH_3COO^-$ .

Zachodzi reakcja:



Stała równowagi tej reakcji wyraża się wzorem:

$$K_b = \frac{[OH^-][CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$



przy założeniu, że powstaje tyle samo jonów  $\text{OH}^-$  i cząsteczek niezdisocjowanego  $\text{CH}_3\text{COOH}$  oraz że stężenie jonów octanowych jest równe stężeniu soli  $c_s$ , można zapisać:

$$K_b = \frac{[\text{OH}^-]^2}{c_s}$$

skąd  $[\text{OH}^-]^2 = K_b \times c_s$

a ponieważ

$$K_b = \frac{[\text{OH}^-][\text{CH}_3\text{COOH}][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]} = \frac{K_w}{K_a}$$

gdzie  $K_w$  to iloczyn jonowy wody, a  $K_a$  to stała dysocjacji kwasu octowego. Tak więc

$$[\text{OH}^-]^2 = \frac{K_w}{K_a} \cdot c_s$$

$$\text{pOH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_w - \text{p}K_a - \log c_s)$$

$$\text{pH} = \text{p}K_w - \text{pOH}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_w - \frac{1}{2} \text{p}K_w + \frac{1}{2} \text{p}K_a + \frac{1}{2} \log c_s$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_w + \text{p}K_a + \log c_s)$$

Po podstawieniu wartości liczbowych:

$$\text{pH} = 9,38 + \frac{1}{2} \log c_s$$

Do wyznaczenia punktu końcowego miareczkowania kwasu octowego można zastosować fenoloftaleinę lub tymoloftaleinę, błędem natomiast jest zastosowanie oranżu metylowego. Wartość pH punktu równoważności reakcji zobojętniania powinna pokrywać się z zakresem zmiany barwy wskaźnika lub leżeć możliwie blisko niego.

3 Ilość kwasu octowego,  $m_{\text{OC}}$ , oblicza się według równań podanych w punkcie 1. Jeśli na  $25 \text{ cm}^3$  próbki pobranej z kolby na  $250 \text{ cm}^3$ , po dodaniu  $25 \text{ cm}^3$  mianowanego roztworu NaOH o stężeniu  $c_{\text{NaOH}}$ , zeszło zeszło średnio  $V_{\text{HCl}} \text{ cm}^3$  kwasu solnego o stężeniu  $c_{\text{HCl}}$  [ $\text{mol dm}^{-3}$ ], to ilość kwasu octowego w próbce oblicza się następująco:

$$m_{\text{OC}} = 10 \times (25 \times c_{\text{NaOH}} - V_{\text{HCl}} \times c_{\text{HCl}}) \times M_{\text{OC}} \text{ [g]} \quad (1a)$$

gdzie  $M_{\text{OC}}$  to masa 1 mola kwasu octowego podzielona przez 1000.

Ilość aldehydu mrówkowego,  $m_{AL}$ , oblicza się według równań podanych w punkcie 1. Jeśli na  $25\text{ cm}^3$  próbki pobranej z kolby na  $250\text{ cm}^3$  po dodaniu siarczanu(IV) sodu zeszło średnio  $V_{2HCl}\text{ cm}^3$  kwasu solnego o stężeniu  $c_{HCl}$  [ $\text{mol dm}^{-3}$ ], to ilość aldehydu mrówkowego w próbce oblicza się następująco:

$$m_{AL} = 10 \times V_{2HCl} \times c_{HCl} \times M_{AL} \text{ [g]} \quad (2a)$$

gdzie  $M_{Al}$  to masa 1 mola aldehydu mrówkowego podzielona przez 1000.

Ilość acetonu,  $m_{AC}$ , oblicza się według równań podanych w punkcie 1. Jeśli na  $25\text{ cm}^3$  próbki pobranej z kolby na  $250\text{ cm}^3$ , po dodaniu  $25\text{ cm}^3$  mianowanego roztworu jodu o stężeniu  $c_{JOD}$  zeszło średnio  $V_{TIOS}\text{ cm}^3$  tiosiarczanu sodu o stężeniu  $c_{TIOS}$  [ $\text{mol/dm}^3$ ], to ilość acetonu w próbce oblicza się następująco:

$$m_{AC} = 10 \times (25 \times c_{JOD} - V_{2HCl} \times c_{HCl} - 0,5 \times V_{TIOS} \times c_{TIOS}) \times M_{AC} \text{ [g]} \quad (5a)$$

gdzie  $M_{AC}$  to masa 1 mola acetonu podzielona przez 3000.

### PRZYKŁAD OBLICZEŃ:

Masa 1 milimola kwasu octowego  $M_{OC} = 0,06005\text{ g mmol}^{-1}$

Masa 1 milimola aldehydu mrówkowego  $M_{AL} = 0,03002\text{ g mmol}^{-1}$

Masa 1/3 milimola acetonu  $M_{AC} = 0,01936\text{ g mmol}^{-1}$

Stężenie NaOH,  $c_{NaOH} = 0,0998\text{ mol dm}^{-3}$

Stężenie HCl,  $c_{HCl} = 0,1024\text{ mol dm}^{-3}$

Stężenie  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,  $c_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = 0,1075\text{ mol dm}^{-3}$

Stężenie  $\text{I}_2$ ,  $c_{\text{I}_2} = 0,0985\text{ mol dm}^{-3}$

### Obliczanie ilości kwasu octowego:

Na zmiareczkowanie nadmiaru NaOH przy oznaczaniu kwasu octowego zużyto  $V_{HCl}$  kwasu solnego:

$$1) 15,30\text{ cm}^3; 2) 15,40\text{ cm}^3 \Rightarrow V_{sr} = 15,35\text{ cm}^3$$

Z równania (1a)

$$m_{OC} = 10 \times (25 \times 0,0998 - 15,35 \times 0,1024) \times 0,06005 = 0,5544\text{ g}$$

### Obliczanie ilości aldehydu mrówkowego:

Na zmiareczkowanie jonów  $\text{OH}^-$  przy oznaczaniu aldehydu mrówkowego zużyto  $V_{2\text{HCl}}$  kwasu solnego:

$$1) 12,60 \text{ cm}^3; 2) 12,50 \text{ cm}^3 \Rightarrow V_{\text{sr}} = 12,55 \text{ cm}^3$$

Z równania (2a)

$$m_{\text{AL}} = 10 \times 12,55 \times 0,1024 \times 0,03002 = 0,3858 \text{ g}$$

### **Obliczanie ilości acetonu:**

Na zmiareczkowanie nadmiaru jodu zużyto  $V_{\text{TIOS}}$  roztworu tiosiarczanu sodu:

$$1) 7,80 \text{ cm}^3; 2) 7,60 \text{ cm}^3 \Rightarrow V_{\text{sr}} = 7,70 \text{ cm}^3$$

Z równania (5a)

$$m_{\text{AC}} = 10 \times (25 \times 0,0985 - 12,55 \times 0,1024 - 0,5 \times 7,70 \times 0,1075) \times 0,01936 \text{ g}$$

$$m_{\text{AC}} = 0,1478 \text{ g}$$

*Autorem zadań laboratoryjnych jest Stanisław Kuś.*

TABELE

Tabela 1.

<i>Lp</i>	Rodzaj próby	Wynik próby	CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SCN <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
1.	Badanie odczynu	Obojętny	+		+	+	+	+	
		Kwaśny		+	+	+	+	+	
2.	Właściwości utleniające reakcja z jodkami i skrobią	Roztwór granatowy	+	+	+				
		Barwa pozostaje bez zmiany				+	+	+	
3.	Reakcja z AgNO <sub>3</sub>	Osad biały, w obecności Pd czerwony, nierozpuszczalny w kwasach				+			
		Osad żółty, zieleniejący na świetle, nierozpuszczalny w kwasach					+		
		Osad brunatny, rozpuszczalny w kwasie azotowym z barwą pomarańczową	+	+					
		Barwa fioletowa, ewentualnie po opadnięciu osadu			+				
4.	Reakcja z BaCl <sub>2</sub>	Osad biały, nierozpuszczalny w kwasie azotowym						+	
		Osad żółty, rozpuszczalny w kwasie azotowym	+	+					
5.	Reakcja z kwasem askorbinowym	Odbarwienie roztworu			+				
		Zmiana barwy na zieloną	+	+					
6.	Reakcje z Fe(III) i kwasem askorbinowym	Czerwone zabarwienie, znikające po dodaniu reduktora				+	+		

		Czerwone zabarwienie, zmieniające intensywność po dodaniu reduktora						+	
--	--	---	--	--	--	--	--	---	--

Tabela 2.

Lp.	Rodzaj próby	Wynik reakcji	Bromki-siarczany					Rodanki-siarczany				
			Nr zestawu					Nr zestawu				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
			Pd, Fe	Pd, Co	Pd, Mn	Fe, Co	Fe, Mn	Co, Mn	Fe, Mn	Fe, , Co	Pd, Mn	Pd, Co
1.	Reakcja z jodkiem potasu i skrobią, a następnie z kwasem askorbinowym	Powstaje granatowe zabarwienie, po dodaniu kwasu askorbinowego roztwór odbarwia się	+			+	+		+	+		
		Powstaje czarny osad, rozpuszczalny w nadmiarze KI, po dodaniu kwasu askorbinowego pozostaje barwa czerwona	+	+	+						+	+
Identyfikacja Pd			+	+	+						+	+
WNIOSEK: Podejrzenie jonów Fe(III)			+			+	+		+	+		
2.	Reakcja z małą ilością rozc. NaOH, pH ok. 5	Wytrącanie brunatnego osadu Fe(OH) <sub>3</sub> ,	+			+	+		+	+		
		Po opadnięciu osadu barwa roztworu	ż			cz	b		b	cz		
Identyfikacja Fe(III)			+			+	+		+	+		

WNIOSEK: Podejrzenie następujących kationów:					Co	Mn		Mn	Co			
3.	Reakcja z dużą ilością NaOH, po oddzieleniu żelaza	Wytrąca się biały, brunatniejący na powietrzu osad			+		+		+		+	
		Wytrąca się szafirowy osad		+		+			+		+	
		Wytrąca się białoszafirowy osad, brunatniejący na powietrzu						+				
WNIOSEK: Identyfikacja kationów				Co	Mn	Co	Mn	Co, Mn	Mn	Co	Mn	Co

Tabela 3

Rodzaj próby	Wynik próby	AA			BB		
		Nr probówki			Nr probówki		
		1	2	3	1	2	3
Odczyn	obojętny,	+					+
	lekko kwaśny		+	+	+	+	
Właściwości utleniające	próba pozytywna	+		+		+	+
Reakcje z małą ilością NaOH	Osad nie strąca się	+					+
	strąca się brunatny osad			+		+	
Przypuszczenie		Cr(VI), Mn(VII) w 1, Fe w 3,			Cr(VI), Mn(VII) 3, Fe w 2,		
Reakcja z AgNO <sub>3</sub>	Strąca się brunatny osad rozpuszczalny w kwasie, barwa pomarańczowa	+					+
	Strąca się biały osad nierozpuszczalny w kwasie			+		+	
	Strąca się żółty osad nierozpuszczalny w kwasie, ciemniejący na świetle		+		+		
	Roztwór po oddzieleniu osadu Zadany reduktorem odbarwia się	+					+
Reakcja z BaCl <sub>2</sub>	Strąca się żółty osad rozpuszczalny w kwasie, barwa pomarańczowa	+					+
	Strąca się biały osad nierozpuszczalny w kwasie		+	+	+	+	

	<i>Wniosek</i>	Cr(VI), Mn(VII) w 1, bromki w 2, tiocyjaniany w 3 Siarczany w 2 i 3			Cr(VI), Mn(VII) w 3, bromki w 1, tiocyjaniany w 2  <i>Siarczany</i>  <i>w 1 i 2</i>		
<i>Reakcja z dużą ilością NaOH</i>	<i>Strąca się biały osad, brunatniejący na powietrzu</i>			+	+		
	<i>Strąca się szaroniebieski osad, brunatniejący szybko na powietrzu</i>						
	<i>Strąca się szaroniebieski osad, nie brunatniejący na powietrzu</i>		+			+	*
	<i>Nie strąca się osad, pojawia się lekkie zmętnienie</i>						
<i>Przypuszczenie</i>		<i>Pd w 2, Co w 2, Mn w 3</i>			<i>Pd w 1, Co w 2 Mn w 1</i>		
<i>Reakcja z małą ilością KI</i>	<i>Strąca się czarny osad</i>		+		+		
<i>Reakcja z dużą ilością KI</i>	<i>Strącony osad rozpuszcza się</i>		+		+		
<i>Wniosek</i>		<i>Pd w 2</i>			<i>Pd w 1</i>		
<i>Reakcja z kwasem askorbinowym</i>	<i>Roztwór odbarwia się</i>			+		+	
<i>Wniosek</i>		<i>Fe w 3</i>			<i>Fe w 2</i>		



<i>Reakcja z alkoholem amylozym, rodankami i reduktorem</i>	<i>Niebieskie zabarwienie warstwy alkoholowej po dodaniu do próbki</i>					+	
	<i>Niebieskie zabarwienie warstwy alkoholowej po zmieszaniu próbek</i>		+				
<i>Wniosek</i>		<i>Co w 2</i>			<i>Co w 2</i>		
<i>Reakcja z <math>MnO_4^-</math></i>	<i>Wytrącanie czarnego osadu</i>			+	+		
<i>Wniosek</i>		<i>Mn(II) w 3</i>			<i>Mn(II) w 1</i>		

+\* - po oddzieleniu żelaza

*Uwaga: Dopuszcza się każde inne logiczne uzasadnienie dokonane z użyciem podanego zestawu odczynników.*