



## ETAP II

1.02.2020

### Rozwiązanie zadania laboratoryjnego

#### Przykładowe rozmieszczenie substancji w probówkach

Nr	Nazwa substancji
<b>1</b>	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{CoSO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4$
<b>2</b>	$\text{CrCl}_3 + \text{NiCl}_2$
<b>3</b>	$\text{CuCl}_2 + \text{SrCl}_2 + \text{HCl}$

Nr	Nazwa substancji
<b>4</b>	$\text{MgSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$
<b>5</b>	$\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{HNO}_3$
<b>6</b>	$\text{ZnSO}_4 + \text{MnSO}_4$

Nr	
<b>A</b>	roztwór jodku potasu
<b>B</b>	roztwór wody utlenionej
<b>C</b>	roztwór dimetylogliksymu

Nr	
<b>D</b>	roztwór tetrafenyloboranu sodu
<b>E</b>	roztwór molibdenianu sodu
<b>F</b>	roztwór tiocyjanianu potasu

Poniżej przedstawiono sposób rozumowania, który pomoże zrozumieć uzasadnienie identyfikacji przedstawione w arkuszu odpowiedzi

#### Ad *b*. Identyfikacji roztworów w probówkach A - F

W probówce **B** widać pęcherzyki gazu, co sugeruje obecność wody utlenionej. Dwa roztwory są lekko żółte. Jednym jest roztwór dimetylogliksymu w probówce **C**, ma charakterystyczny zapach alkoholu co zapewnia jednoznaczną identyfikację. Drugi żółtawy roztwór to probówka **D**, ma wyraźny alkaliczny odczyn, co może wskazywać na tetrafenyloboran sodu. Dodanie tego roztworu do probówek **A**, **B**, **E** i **F** powoduje wytrącenie białego osadu w probówce **A** i **F**, co wskazuje na obecność w tych probówkach jonów potasu.

Zmieszanie roztworów **A**, **B** i kropli kwasu octowego lub roztworu HCl powoduje brunatnienie roztworu (odbarwienie po dodaniu szczypty kwasu askorbinowego), co potwierdza obecność wody utlenionej w **B** i jodku potasu w **A**.

Dodanie do probówki **E** szczypty kwasu askorbinowego powoduje niebieszczenie roztworu, zaś roztworu z probówki **B** (woda utleniona) powoduje powstanie żółtego roztworu. Próby te potwierdzają obecność molibdenianu sodu w probówce **E**.

#### Ad *c*. Identyfikacja wszystkich jonów w probówkach 1 – 6

a) Wykrycie jonów ołowiu(II) przez dodanie do roztworów z probówek **1 – 6** kwasu chlorowodorowego. Tylko w probówce **5** powstaje biały osad rozpuszczalny po ogrzaniu i wytrącający się po oziębieniu. Mocno kwasowy odczyn roztworu **5** sugeruje obecność jonów łatwo hydrolizujących (np.  $\text{Bi}(\text{III})$ ). Wytrącony osad chlorku ołowiu po przemyciu roztworem kwasu chlorowodorowego rozpuszcza się w kwasie octowym.

b) Wykrycie jonów siarczanowych(VI) i chlorkowych przez dodanie roztworu z probówki **5** do roztworów **1–4** i **6**. W probówkach **1**, **4** i **6** powstają białe, krystaliczne osady, nierozpuszczalne po ogrzaniu,

rozpuszczalne w kwasie octowym, charakterystyczne dla  $\text{PbSO}_4$ , zaś w probówkach **2** i **3** powstają białe osady rozpuszczalne po ogrzaniu charakterystyczne dla  $\text{PbCl}_2$ . Tak więc w probówkach **2** i **3** są jony chlorkowe oraz w jednej z nich prawdopodobnie jony strontu.

c) Oddzielenie jonów siarczanowych od kationów z probówek **1**, **4** i **6** poprzez strącenie osadu wodorotlenków. Z uwagi na mocno kwasowy odczyn w probówce **1** można podejrzewać obecność znacznej ilości kwasu, prawdopodobnie fosforowego(V). Dodawany po kropli roztwór NaOH do probówki **1** powoduje wytrącanie beżowego osadu, charakterystycznego dla fosforanu żelaza(III).

W probówce **6** też strąca się biało-beżowy osad, ale ciemniejący na powietrzu. Jest to charakterystyczne dla jonów  $\text{Mn(II)}$ . Już po dodaniu kropli roztworu NaOH, w probówce **4** wytrąca się osad, nierozpuszczalny w nadmiarze odczynnika.

d) Dysponując klarownym roztworem z probówki **4** po strąceniu wodorotlenku (zawierającym jony siarczanowe(VI)) wykrywa się jony  $\text{Sr(II)}$  w roztworze **3**, gdyż tylko z tym roztworem strąca się biały osad. W roztworze **4**, po oddzieleniu strąconego wodorotlenku, można sprawdzić obecność jonów cynku. Po ostrożnym zakwaszeniu w przypadku obecności  $\text{Zn(II)}$  wytrąciłby się osad. Nie obserwuje się zauważalnego zmętnienia, tak więc w próbce **4** nie ma jonów cynku. Dodanie do takiego roztworu zawartości probówki **D** (tetrafenyloboran sodu) powoduje wytrącenie białego osadu co pozwala wykryć jony potasu.

e) reakcje z wykorzystaniem roztworu amoniaku

Obserwacje podano w tabelce, gdzie „ $\text{NH}_3$  mało” znaczy dodanie 2 kropeł roztworu amoniaku ponad zobojętnienie kwasu, „ $\text{NH}_3$  dużo” – dodanie 1-2  $\text{cm}^3$  roztworu amoniaku ponad zobojętnienie kwasu, „ $\text{NH}_3$  dużo roztwór” – dodanie 1-2  $\text{cm}^3$  roztworu amoniaku i wygląd roztworu po sedymentacji osadu. Wnioski z przeprowadzonych prób przedstawiono w wierszach „wykryto”.

Nr	1	2	3	4	5	6
Barwa roztworu	Błado różowa	Szaro-fioletowa	zielona	bezbarwny	bezbarwny	bezbarwny
$\text{NH}_3$ mało	beżowy↓	szaroziel.↓	zielnieb.↓	biały↓	biały↓	biały brnp.↓
Wykryto w osadzie	$\text{Fe(III)}$	$\text{Cr(III)}$	$\text{Cu(II)}$	$\text{Mg(II)?}$ $\text{Zn(II)?}$	$\text{Pb(II)}$ , $\text{Bi(III)}$	$\text{Mn(II)}$
$\text{NH}_3$ dużo	brązowy↓	szaroziel.↓	nikły osad	biały↓	biały↓	brun↓
„ $\text{NH}_3$ dużo roztwór”	żółtawy	niebieskawy	nieb gran	bezbarwny	biała zaw.	bezbarwny
Wykryto w roztworze	$\text{Co(II)?}$	$\text{Ni(II)?}$	$\text{Cu(II)}$	$\text{K(I)?}$ , $\text{Zn(II)?}$	?	$\text{K(I)?}$ , $\text{Zn(II)?}$

Stosowane skróty: ↓ – osad, szaroziel. – szarozielony, zielnieb – zielononiebieski, biały brnp – biały, brunatniejący na powietrzu

Rozpuszczenie osadu z probówki **4** w kwasie chlorowodorowym i ponowne dodanie amoniaku nie wytrąca osadu, co jest charakterystyczne dla jonów magnezu.

f) reakcje z wykorzystaniem roztworu wodorotlenku sodu

Dodanie nadmiaru roztworu NaOH do roztworu z probówki **2** powoduje powstanie szarozielonej zawiesiny, dodanie do tej zawiesiny roztworu z probówki **B** (woda utleniona) i ogrzaniu, powoduje powstanie żółtego roztworu, charakterystycznego dla jonów chromianowych(VI) i zielonkawego osadu wodorotlenku niklu. Żółty

roztwór dodany do rozpuszczonego w kwasie octowym chlorku ołowiu (otrzymanego z próbówki **5** z HCl) powoduje wytrącenie żółtego osadu chromianu(VI) ołowiu. Natomiast wprowadzenie nadmiaru roztworu NaOH do próbówek **5** i **6** oraz dodanie wody utlenionej powoduje wytrącenie szarocznego osadu w próbówce **5** (mieszanina brunatnego  $PbO_2$  i białego  $Bi(OH)_3$ ) oraz czarnego osadu  $MnO_2$  w próbówce **6**. Ostrożne zakwaszenie roztworu z próbówki **6** po oddzieleniu  $MnO_2$  powoduje wytrącenie osadu rozpuszczalnego w roztworze amoniaku co jest charakterystyczne dla jonów cynku.

g) reakcje z wykorzystaniem roztworu KI

Brak reakcji dla próbówek **2, 4 i 6**.

Dodanie roztworu KI do próbówki **1** powoduje żółknięcie roztworu od wydzielonego jodu (utlenianie jonów jodkowych przez Fe(III)). Żółta barwa znika po dodaniu kwasu askorbinowego. W przypadku próbówki **3** obserwuje się brunatny roztwór i biały osad – typowa reakcja dla jonów miedzi z jonami jodkowymi. Dodanie 2-3 kropli roztworu KI do próbówki **5**, powoduje wytrącenie czarnego osadu  $BiI_3$ . Ciecz z nad zdekantowanego osadu reaguje z dodawanym roztworem jodku potasu wytrącając żółty, krystaliczny osad  $PbI_2$ .

h) reakcje z roztworem tiocyjanianu potasu

Brak reakcji z roztworami w próbówkach **2, 4, 5 i 6**.

Po dodaniu roztworu KSCN z próbówki **F** do roztworu z próbówki **1** powstaje krwistoczerwone zabarwienie od tiocyjanianowego kompleksu żelaza(III). Zabarwienie to znika po dodaniu kwasu askorbinowego. Z kolei dodanie acetonu powoduje powstawanie niebieskiej barwy od tiocyjanianowego kompleksu kobaltu(II). Wprowadzenie tiocyjanianu potasu do roztworu próbki **3** powoduje powstanie żółto-brunatnego roztworu. Po dodaniu kwasu askorbinowego, powstaje białoszary osad  $CuSCN$ .

i) reakcja z molibdenianem sodu

Dodanie roztworu z próbówki **E** do roztworu z próbówki **1** powoduje żółknięcie roztworu. Z kolei po wprowadzeniu szczypty kwasu askorbinowego roztwór niebieszczeje, po czym przechodzi w granatowy. Wskazuje to na obecność jonów fosforanowych(V) w próbówce **1** i molibdenianu sodu w próbówce **E**.

Ad <i>a.</i> Charakterystyka roztworów w probówkach 1-6, prawdopodobne występowanie kationów.	Punktacja		
	Rec 1	Rec 2	Sprec
	3m		

r1 - mocno kwasowy, bladoróżowy – prawdopodobnie  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ , inne bezbarwne jony;  
r2 - lekko kwasowy, szarofioletowy –  $\text{Cr}^{3+}$ , pozostałe jony;  
r3 - mocno kwasowy, niebieskozielony – prawdopodobnie  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ , inne bezbarwne jony;  
r4 - obojętny, bezbarwny – wszystkie bezbarwne jony poza  $\text{Bi}^{3+}$ ;  
r5 - mocno kwasowy, bezbarwny – prawdopodobnie  $\text{Bi}^{3+}$ , inne bezbarwne jony;  
r6 - obojętny, bezbarwny – wszystkie bezbarwne jony poza  $\text{Bi}^{3+}$ ;

Ad <i>b.</i> Identyfikacja roztworów w probówkach A – F					
Probówka	wykryto	Uzasadnienie	Punktacja		
			Rec 1	Rec 2	Sprec
<b>A</b>	Jodek potasu	<b>Wygląd roztworu</b> klarowny, bezbarwny <b>Odczyn roztw</b> obojętny <b>Obs.</b> + HCl + pr <b>B</b> → żółto-brun. zab. + kw. ask → odbarwienie; + pr <b>3</b> → żółto-brun. zab. i ↓biały	1,5m		
<b>B</b>	Woda utleniona	<b>Wygląd roztworu</b> bezb, pęcherzyki gazu <b>Odczyn roztw</b> obojętny <b>Obs.</b> + pr <b>2</b> + $\text{NaOH}_{\text{nadm}}$ → żółto-zielone zabarwienie; + pr <b>E</b> → żółte zabarwienie	1,5m		
<b>C</b>	Dimetylo- glioksym	<b>Wygląd roztworu</b> żółty, alkoholowy <b>Odczyn roztw</b> obojętny <b>Obs.</b> + pr <b>2</b> + $\text{NH}_3$ → ↓ czerwony, kłaczkowaty; .....+ pr <b>3</b> → brunatne zabarwienie	1,5m		
<b>D</b>	Tetrafenylo- boran sodu	<b>Wygląd roztworu</b> żółty, charakt. zapach <b>Odczyn roztw</b> zasadowy <b>Obs.</b> + pr <b>A</b> (lub pr <b>E</b> ) → ↓biały; + pr <b>4</b> → ↓biały	1,5m		
<b>E</b>	Molibdenian sodu	<b>Wygląd roztworu</b> klarowny, bezbarwny <b>Odczyn roztw</b> obojętny <b>Obs.</b> + pr <b>B</b> → żółte zabarwienie + kw. ask → bz + kw. ask → bladoniebieskie zabarwienie, ciemniejące w czasie	1,5m		
<b>F</b>	Tiocyanian potasu	<b>Wygląd roztworu</b> klarowny, bezbarwny <b>Odczyn roztw</b> obojętny <b>Obs.</b> + pr <b>1</b> → czerwone zabarwienie; + pr <b>3</b> + kw. ask → ↓biały	1,5m		

Ad c. Identyfikacja roztworów z probówek 1-6					
Nr probówki	Wykryto	Uzasadnienie	Punktacja		
			Rec 1	Rec 2	Spr ec
1	Co <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	<b>Wygląd roztworu</b> klarowny, lekko różowy <b>Odczyn</b> kwasowy. <b>Obs 1.</b> + NaOH → ↓beżowy, r HCl; +pr <b>F</b> → czerwone zabarwienie <b>Obs 2.</b> +pr <b>F</b> → czerw. zab. + kw. ask → odb. + aceton → niebieskie zabarwienie <b>Obs 3.</b> + pr <b>3</b> → ↓biały <b>Obs 4.</b> + pr <b>E</b> → żółte. zab. + kw. ask → niebieskie, przechodzące w granatowe	4m		
2	Ni <sup>2+</sup> Cr <sup>3+</sup> Cl <sup>-</sup>	<b>Wygląd roztworu</b> klarowny, szaroniebieski <b>Odczyn</b> obojętny. <b>Obs 1.</b> + NaOH <sub>nadm</sub> → ↓szarozielony    roztw. ziel + pr <b>B</b> → żółte zab. <b>Obs 2.</b> + NH <sub>3</sub> → ↓szarozielony    roztw. ziel + pr <b>B</b> → żółte zab. <b>Obs 3.</b> + pr <b>5</b> → ↓biały, serowaty, rozpuszczalny na gorąco	3m		
3	Cu <sup>2+</sup> Sr <sup>2+</sup> Cl <sup>-</sup> HCl	<b>Wygląd roztworu</b> klarowny, zieloniebieski <b>Odczyn</b> mocno kwasowy <b>Obs 1.</b> + NH <sub>3</sub> → ↓szaroniebieski, rozpuszczalny w nadmiarze amoniaku <b>Obs 2.</b> + rpsow pr <b>4</b> → ↓biały, krystaliczny, nierozpuszczalny po ogrzaniu <b>Obs 3.</b> + pr <b>5</b> → ↓biały, serowaty, rozpuszczalny na gorąco	3m		
4	Mg <sup>2+</sup> K <sup>+</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	<b>Wygląd roztworu</b> klarowny, bezbarwny <b>Odczyn</b> obojętny <b>Obs 1.</b> +NH <sub>3</sub> → ↓biały, nrna, rozp w HCl +NH <sub>3</sub> → b.z. <b>Obs 2.</b> + pr <b>D</b> → ↓biały <b>Obs 3.</b> + pr <b>3</b> → ↓biały (lub + rpsow pr <b>5</b> zkw.oct → ↓biały)	3m		
5	Pb <sup>2+</sup> Bi <sup>3+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> HNO <sub>3</sub>	<b>Wygląd roztworu</b> klarowny, bezbarwny <b>Odczyn</b> kwasowy <b>Obs 1.</b> + NaOH <sub>nadm</sub> → ↓biały    roztw. bezb + kw. oct + pr <b>A</b> → ↓żółty <b>Obs 2.</b> + kilka kropli pr <b>A</b> → ↓czarny    roztw. bezb + pr <b>A</b> → ↓żółty <b>Obs 3.</b> Obecność jonów azotanowych wynika z treści zadania	3m		
6	Mn <sup>2+</sup> Zn <sup>2+</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	<b>Wygląd roztworu</b> klarowny, bezbarwny <b>Odczyn</b> obojętny <b>Obs 1.</b> + NaOH <sub>nadm</sub> → ↓beżowy +pr <b>B</b> → ↓czarny    roztw. bezb + kkHCl → ↓biały <b>Obs 2.</b> + NH <sub>3</sub> → ↓beżowy +pr <b>B</b> → ↓czarny    roztw. bezb + kkHCl → ↓biały <b>Obs 3.</b> + rpsow pr <b>5</b> zkw.oct → ↓biały (lub + pr <b>3</b> → ↓biały)	3m		

Stosowane skróty: rpsow pr 4 – roztwór po strąceniu osadu wodorotlenku w pr 4

rpsow pr 5 zkw.oct - roztwór po strąceniu osadu wodorotlenku w pr 5 i zakwaszeniu kwasem octowym

kkHCl – kilka kropli HCl

|| - rozdzielenie osadu i roztworu

Ad <i>d.</i> Uzasadnienie wyglądu próbki zawierającej kwas fosforowy oraz próbki zawierającej jony miedzi(II)	Punktacja		
	Rec 1	Rec 2	Spec
Bładoróżowa barwa roztworu w probówce <b>1</b> jest charakterystyczna dla jonów Co(II). Brak charakterystycznej barwy dla wykrytych jonów Fe(III) (reakcja z tiocyjanianem potasu) spowodowane jest obecnością w próbce <b>1</b> jonów fosforanowych, które tworzą z jonami Fe(III) bezbarwny kompleks. Zielony roztwór w probówce <b>3</b> , w której wykryto jony Cu(II) spowodowany jest znacznym stężeniem kwasu chlorowodorowego. W tych warunkach jony miedzi(II) tworzą zielony kompleks chlorkowy zamiast niebieskiego akwakompleksu.	3 m		

Ad <i>e.</i> Równania reakcji zachodzących w trakcie prób wykonanych w celu identyfikacji					
Lp	Numery próbek, roztwory	Równanie reakcji	Punktacja		
			Rec 1	Rec 2	Spec
1	pr <b>3</b> + NH <sub>3</sub>	$\text{Cu}^{2+} + \text{Cl}^{-} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})\text{Cl}\downarrow + \text{NH}_4^{+}$	0,5m		
2	pr <b>3</b> + NH <sub>3</sub> nadm	$\text{Cu}(\text{OH})\text{Cl}\downarrow + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{Cl}^{-} + \text{OH}^{-}$	0,5m		
3	pr <b>3</b> + pr <b>4</b>	$\text{Sr}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{SrSO}_4\downarrow$	0,5m		
4	pr <b>2</b> + NaOH	$\text{Cr}^{3+} + 3\text{OH}^{-} \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow$	0,5m		
5	pr <b>2</b> + NaOH ndm + pr <b>B</b>	$2\text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow + 4\text{OH}^{-} + 3\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}_2\text{O}$	0,5m		
6	pr <b>1</b> + NaOH	$\text{Fe}(\text{PO}_4)_2^{3-} + 3\text{H}^{+} + 2\text{OH}^{-} \rightarrow \text{FePO}_4\downarrow + \text{HPO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,5m		
7	pr <b>1</b> + pr <b>F</b>	$\text{Fe}(\text{PO}_4)_2^{3-} + 4\text{SCN}^{-} \rightarrow \text{Fe}(\text{SCN})_4^{-} + 2\text{PO}_4^{3-}$	0,5m		
8	pr <b>4</b> + NaOH	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^{-} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow$	0,5m		
9	pr <b>5</b> + NaOH	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{OH}^{-} \rightarrow \text{Pb}(\text{OH})_2\downarrow$	0,5m		
10	pr <b>5</b> + NaOH nadm + pr <b>B</b>	$\text{Pb}(\text{OH})_4^{2-}\downarrow + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{OH}^{-}$	0,5m		
11	pr <b>6</b> + NaOH na pow	$2\text{Mn}^{2+} + 4\text{OH}^{-} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MnO}(\text{OH})_2\downarrow$ lub $\text{MnO}_2$	0,5m		
12	pr <b>6</b> + NaOH	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^{-} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow$	0,5m		
	pr <b>6</b> + NaOH nadm + HCl	$\text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{OH}^{-} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} + 2\text{H}^{+} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$			
	pr <b>5</b> + pr <b>A</b>	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^{-} \rightarrow \text{PbI}_2\downarrow$			
	pr <b>5</b> + pr <b>A</b>	$\text{Bi}^{3+} + 3\text{I}^{-} \rightarrow \text{BiI}_3\downarrow$			
	pr <b>2</b> + NH <sub>3</sub> nadm	$\text{Ni}^{2+} + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$			