



ETAP II

29.01.2022

Zadanie laboratoryjne

CZAS ROZWIĄZYWANIA: 9:00 – 13:00 (4 godziny)

Sole podwójne

Sole podwójne to sole powstające z kwasów wieloprotonowych, w których atomy kwasowe wodoru zostały zastąpione atomami różnych metali lub NH_4^+ oraz sole pochodzące od zasad wielowodorotlenowych, w których grupy hydroksylowe zostały zastąpione różnymi resztami kwasowymi. Związki te zawierają w swoich strukturach dwa rodzaje kationów i jeden rodzaj anionu lub jeden rodzaj kationu i dwa rodzaje anionów. Powstają najczęściej w wyniku połączenia dwóch różnych soli prostych zawierających wspólny jon w skutek ich krystalizacji z roztworu. Niektóre otrzymuje się w inny sposób np. poprzez reakcje w fazie stałej.

W probówkach **1–6** znajdują się w postaci stałej sole podwójne, sześć z listy przedstawionej w tabeli:

Nazwy zwyczajowe	Wzory chemiczne
chlorek bielący, wapno chlorowane	$\text{CaCl}(\text{OCl})$
ałun chromowo (potasowy lub amonowy lub sodowy)	$\text{XCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
ałun żelazowo (amonowy lub potasowy lub sodowy)	$\text{XFe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
ałun glinowo (amonowy lub potasowy lub sodowy)	$\text{XAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
sól Mohra, siarczan żelazowo amonowy	$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
fosforan magnezowo amonowy, struwit	$\text{NH}_4\text{Mg}(\text{PO}_4) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
fosforan cynkowo amonowy	$\text{NH}_4\text{Zn}(\text{PO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
siarczyno bromek żelazowy	$\text{FeBr}(\text{SO}_3)$
szczawian amonowo żelazowy	$\text{NH}_4\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
siarczan niklawo amonowy	$(\text{NH}_4)_2\text{Ni}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

gdzie X - Na, K lub NH_4

W ośmiu probówkach oznaczonych literami **A–H** umieszczone są w przypadkowej kolejności roztwory substancji podanych w tabeli:

Roztwór	Stężenie
jodek potasu + kleik skrobiowy	1% KI, 0,5% skrobia
molibdenian amonu	2%
azotan(V) srebra	0,1 mol·dm ⁻³
octan sodu	1 mol·dm ⁻³
chlerek baru	2%
dimetylogliksym	1%
tetrafenyloboran sodu	2%
wodorotlenek sodu	2 mol·dm ⁻³

<u>Na swoim stanowisku masz do dyspozycji:</u>	<u>Na stanowisku zbiorczym dostępne są:</u>
10 pustych probówek	Roztwór kwasu azotowego(V) o stężeniu 1 mol·dm ⁻³
Tryskawkę z wodą destylowaną	Czerń eriochromowa T, 0,05% roztwór w metanolu
8 pipetek polietylenowych	Czerwień metylowa, 0,1% roztwór w metanolu
4 uniwersalne papierki wskaźnikowe	Pipetki polietylenowe do odmierzania roztworów
6 szpatulek	Kwas askorbinowy
	Palnik (ewentualnie łaźnia wodna), łapy do probówek

Polecenia

- a.** (5 m.) Podaj nazwy półsystematyczne soli podwójnych z wykorzystaniem liczb Stocka.
- b.** (6 m.) Przedstaw plan analizy (na podstawie dostępnych odczynników) umożliwiający efektywny sposób identyfikacji substancji w probówkach **A–H** oraz w probówkach **1–6**. Zastanów się, których soli podwójnych nie da się jednoznacznie zidentyfikować, co zarazem oznacza, że tych soli nie ma w probówkach **1–6**. Negatywne wyniki prób także są podstawą wykluczenia. Wykluczone są także substancje, które po rozpuszczeniu w wodzie mogą zmieniać skład jakościowy (jony zmieniające stopień utlenienia).

c. (12 m.) Zidentyfikuj substancje z probówek **A–H**. Napisz równania (lub schematy: co dodano → obserwacja) reakcji (przy strącaniu osadów równanie w postaci jonowej) zachodzących w trakcie prób wykonanych w celu identyfikacji.

Pełne uzasadnienie to dwie obserwacje związane z zachodzącą reakcją chemiczną (identyfikacja 0,5 m, uzasadnienie 2 x 0,5 m). Zmiana zabarwienia papierka wskaźnikowego jest obserwacją pomocniczą.

d. (15 m.) Zidentyfikuj substancje z probówek **1–6**. Podaj równania (lub schematy) reakcji (przy strącaniu osadów równanie w postaci jonowej) zachodzących podczas identyfikacji. Pełna identyfikacja soli podwójnej wymaga wykrycia rodzaju wszystkich jonów obecnych w roztworze po rozpuszczeniu soli. (Identyfikacja 1 m, uzasadnienie 3 x 0,5 m)

e. (3 m.) Wyjaśnij, co odróżnia sól podwójną od mieszaniny soli (w postaci stałej) o takim samym składzie jonowym.

f. (6 m.) Zakładając, że dysponujesz odczynnikami wymienionymi w zadaniu zaproponuj teoretyczny schemat rozdzielania mieszaniny trzech trójwartościowych jonów metali wchodzących w skład ałunów występujących w zadaniu.

g. (3 m.) Podaj, jakie znaczenie w rolnictwie może mieć struwit ?

Uwaga! Do badania rozpuszczalności soli podwójnych należy brać **niewielkie** porcje substancji i przeprowadzić próby rozpuszczania w wodzie. Jeżeli substancja jest nierozpuszczalna, do zawiesiny wodnej należy dodać kilka kropli roztworu kwasu (lub NaOH). **Nie rozpuszczać próbki bezpośrednio w kwasie!**

Gospodaruj oszczędnie roztworami, dolewki nie są możliwe.

Obejrzyj uważnie arkusz odpowiedzi. Zaplanuj i wpisz rozwiązanie tak, by mieściło się w wyznaczonym miejscu. Podaj skróty stosowane w arkuszu odpowiedzi.

Tekst oraz równania reakcji chemicznych napisane poza wyznaczonym miejscem nie będą sprawdzane!

Pamiętaj o zachowaniu zasad bezpieczeństwa podczas wykonywania analiz!

Za poprawne wykonanie poleceń przyznawane są „marki”, które następnie przeliczane są na punkty.

Sumaryczna punktacja za zadanie laboratoryjne – 30 pkt. (50 m.)

Czas wykonania zadania 240 minut.



ETAP II

29.01.2022

Rozwiązanie zadania laboratoryjnego

Przykładowe rozmieszczenie substancji

Nr próbówki	Substancja	Nr próbówki	Substancja
1	$\text{NH}_4\text{Cr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	4	$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
2	$\text{NH}_4\text{Mg}(\text{PO}_4) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	5	$\text{CaCl}(\text{OCl})$
3	$\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	6	$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Nr próbówki	Substancja
A	octan sodu
B	jodek potasu + kleik skrobiowy
C	dimetylogliksym
D	wodorotlenek sodu
E	molibdenian amonu
F	azotan(V) srebra
G	tetrafenyloboran sodu lub chloran(VII) sodu
H	chlorek baru

Ad **b**.

Do substancji, które należy wykluczyć można zaliczyć bromek siarczan(IV) żelaza(III). Po rozpuszczeniu może zachodzić reakcja opisana równaniem $2\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$, co zmienia skład jakościowy. Także jony bromkowe, wchodzące w skład $\text{FeBr}(\text{SO}_3)$, trudno jednoznacznie zidentyfikować.

Jeśli próby ałunów z tetrafenyloboranem sodu będą negatywne (nie strąci się żaden osad), należy wykluczyć jony K^+ i NH_4^+ wchodzące w skład ałunów.

Jeżeli wszystkie osady strącane za pomocą BaCl_2 nie będą się rozpuszczać w kwasie, to należy wykluczyć obecność w próbkach jonów szczawianowych i siarczanowych(IV).

Brak czerwonego osadu z dimetylogliksymem wyklucza obecność niklu.

Ad a . Półsystematyczne nazwy soli podwójnych.		Punktacja		
		Rec 1	Rec 2	Sprec
Wzór soli podwójnej	Nazwa	5		
CaCl(ClO)	chloran(I) chlorek wapnia			
XCr(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O	siarczan(VI) amonu i chromu(III) - woda (1/12) lub siarczan(VI) chromu(III) i potasu (sodu) - woda (1/12)			
XFe(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O	siarczan(VI) amonu (potasu lub sodu) i żelaza(III) - woda (1/12)			
XAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O	siarczan(VI) amonu i glinu - woda (1/12) lub siarczan(VI) glinu i potasu (sodu) - woda (1/12)			
(NH ₄) ₂ Fe(SO ₄) ₂ ·6H ₂ O	siarczan(VI) amonu i żelaza(II) - woda (1/6)			
NH ₄ Mg(PO ₄)·6H ₂ O	fosforan(V) amonu i magnezu - woda (1/6)			
NH ₄ Zn(PO ₄)·2H ₂ O	fosforan(V) amonu i cynku - woda (1/2)			
FeBr(SO ₃)	bromek siarczan(IV) żelaza(III)			
NH ₄ Fe(C ₂ O ₄) ₂ ·3H ₂ O	szczawian amonu i żelaza(III) - woda(1/3)			
(NH ₄) ₂ Ni(SO ₄) ₂ ·6H ₂ O	siarczan(VI) amonu i niklu(II) - woda (1/6)			

Ad b . Plan identyfikacji.		Punktacja		
		Rec 1	Rec 2	Sprec
1. Wykrycie wśród probówek A–H roztworu NaOH - papierki wskaźnikowe lub roztwory czerwieni metylowej (żółte zabarwienie) bądź czerni eriochrowej T (pomarańczowe zabarwienie). Po zakwaszeniu roztwór pozostaje klarowny (w odróżnieniu od roztworu tetrafenyloboranu sodu).		6		
2. Posiłkując się roztworem wodorotlenku sodu - wykrycie roztworu AgNO ₃ (brunatny osad) oraz chlorku baru (nikły biały osad po wdmuchaniu oddechu do probówki). Wykrycie jonów amonowych w probówkach 1–6 oraz w probówkach A–H po alkalizacji roztworu i odpędzeniu amoniaku (zwilżony papierek uniwersalny zbliżony do wylotu ogrzewanej probówki zabarwia się na niebiesko). Wykrycie jonów metali wielowartościowych w probówkach 1–6 (barwne osady wodorotlenków).				
3. Wykorzystanie chlorku baru do wykrycia jonów siarczanowych(VI), siarczanowych(IV) oraz szczawianowych w probówkach 1–6 , wydziela się biały, krystaliczny osad, nierozpuszczalny w kwasie dla siarczanów(VI).				
4. Posługując się roztworem azotanu(V) srebra wykrycie jonów chlorkowych i ewentualnie bromkowych w probówkach 1–6 oraz jonów jodkowych w probówkach A–H .				
5. Wykrycie jonów potasu oraz NH ₄ ⁺ w reakcji z tetrafenyloboranem sodu w probówkach 1–6 . Brak osadu w przypadku ałunów świadczy o nieobecności jonów K ⁺ i NH ₄ ⁺ .				
6. Próby indywidualne, w tym wykrycie octanu sodu w reakcji z kwasem azotowym (charakterystyczny zapach ulatniającego się kwasu octowego), dimetyloglioksymu z jonami żelaza(II) lub niklu(II), jonów chloranowych(I) w reakcji z jodkami i kleikiem skrobiowym, magnezu lub cynku z czernią eriochromową T (rozróżnienie za pomocą NaOH), jonów fosforanowych z molibdenianem amonu.				
Możliwa jest inna droga osiągnięcia postawionego celu, należy rozważyć czy jest ona tak samo efektywna.				

ad c. Identyfikacja substancji z próbek A–H.					
Nr próbki	wykryto	Uzasadnienie, równania reakcji	Punktacja		
			Rec 1	Rec2	Srec
A	octan sodu	roztwór - wodny odczyn - lekko zasadowy, CzET - nieb. zabarw. + H ⁺ ogrz → ↑ zapach octu + Cr(III) (prob 1) → szaroziel ↓, po ogrz fioletowe zabarwienie + Fe(III) (prob 3) → czerwone zabarwienie	1,5		
B	jodek potasu + kleik skrobiowy	roztwór - wodny odczyn - obojętny + AgNO ₃ (prob F) → biał-żółty ↓ Ag ⁺ + I ⁻ → AgI + ClO ⁻ (prob 5) → granatowe zabarwienie	1,5		
C	dimetyloglioksym	roztwór - alkoholowy + H ₂ O → lekkie zmętnienie + NaOH → rozpuszczenie Fe(II) (prob 6) → czerwone zabarwienie brak osadu z roztworami z prob 1 - 6 wyklucza obecność niklu	1,5		
D	wodorotlenek sodu	roztwór - wodny odczyn - silnie zasadowy + H ⁺ → roztwór klarowny + AgNO ₃ (prob F) → brun ↓, 2Ag ⁺ + 2OH ⁻ → Ag ₂ O + H ₂ O	1,5		
E	molibdenian amonu	roztwór - wodny odczyn - obojętny + kw askorb → zielonk zabarw + P(V) (prob 2) → żółte zab, + kw ask → niebieskie zabarwienie	1,5		
F	azotan(V) srebra	roztwór - wodny odczyn - lekko kwaśny + NaOH (prob D) → brun ↓, 2Ag ⁺ + 2OH ⁻ → Ag ₂ O + H ₂ O + BaCl ₂ (prob H) → b, ser ↓, Ag ⁺ + Cl ⁻ → AgCl	1,5		
G	tetrafenyloboran sodu	roztwór - wodny odczyn - zasadowy + K ⁺ (prob 4) → b ↓, K ⁺ + [B(Ph) ₄] ⁻ → K[B(Ph) ₄] + NH ₄ ⁺ (prob 6) → b ↓, NH ₄ ⁺ + [B(Ph) ₄] ⁻ → NH ₄ [B(Ph) ₄]	1,5		
H	chlorek baru	roztwór - wodny odczyn - obojętny + H ⁺ + SO ₄ ²⁻ (prob 4) → b, kryst ↓, Ba ²⁺ + SO ₄ ²⁻ → BaSO ₄ + AgNO ₃ (prob F) → b, ser ↓, Ag ⁺ + Cl ⁻ → AgCl	1,5		

CzET - czerń eriochromowa T, CM - czerwien metylowa ,b - biały, brun- brunatny, kryst - krystaliczny, ser - serowaty, + H⁺ - dodatek kwasu azotowego(V), kw ask - kwas askorbinowy

ad <i>d</i> . Identyfikacja substancji z probówek 1–6					
Nr probówki	Wykryto	Uzasadnienie	Punktacja		
			Rec 1	Rec 2	Srec
1	$\text{NH}_4\text{Cr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	fioletowe kryształy, dobrze rozpuszczalne w wodzie +NaOH (prob D) → szaroz ↓, $\text{Cr}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3$, rwno → ziel zab $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$ + $\text{H}^+ + \text{BaCl}_2$ (prob H) → b, kryst ↓, $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4$ + $\text{Na}[\text{B}(\text{Ph})_4]$ (prob G) → b ↓, $\text{NH}_4^+ + [\text{B}(\text{Ph})_4]^- \rightarrow \text{NH}_4[\text{B}(\text{Ph})_4]$	2,5		
2	$\text{NH}_4\text{Mg}(\text{PO}_4) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	biały proszek, słabo rozp w wodzie, rozp w kwasie +NaOH ogrz → ↑niebieszczenie pap wskźn od NH_3 + czerń ET(In) → fioletowe zabarwienie MgIn + $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ (prob E) → żółte zab + kask → nieb zabarw	2,5		
3	$\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	blado brązowe kryształy, dobrze rozpuszczalne w wodzie +NaOH ogrz → ↑niebieszczenie papierka wskźn od NH_3 +NaOH → brun ↓, $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$ nrwno + BaCl_2 (prob H) → b, kryst ↓, $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4$	2,5		
4	$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	bezbarwne kryształy, dobrze rozpuszczalne w wodzie +NaOH → biały, galaretowaty ↓ $\text{Al}(\text{OH})_3$, rwno → bezb r-r $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ + $\text{H}^+ + \text{BaCl}_2$ (prob H) → b, kryst ↓, $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4$ + $\text{Na}[\text{B}(\text{Ph})_4]$ (prob G) → b ↓, $\text{K}^+ + [\text{B}(\text{Ph})_4]^- \rightarrow \text{K}[\text{B}(\text{Ph})_4]$	2,5		
5	$\text{CaCl}(\text{OCl})$	szary proszek, słabo rozpuszczalny w wodzie + KI + skrob (prob 2) → granat zabarw; + CM → odbarwienie + SO_4^{2-} (prob 6) → b, kryst ↓, $\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{CaSO}_4$ + AgNO_3 (prob F) → b, ser ↓, $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$	2,5		
6	$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	bladozielone kryształy, dobrze rozpuszczalne w wodzie +NaOH (prob D) ogrz → ↑niebieskie zabarwienie pap wskźn od NH_3 +NaOH (prob D) → zielonk ↓ $\text{Fe}(\text{OH})_2$ nrwno; + H_2Dm (prob C) → czerw zab + $\text{H}^+ + \text{BaCl}_2$ (prob H) → b, kryst ↓, $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4$	2,5		

Stosowane skróty: H^+ - kwas azotowy(V), H_2Dm - dimetyloglioksym, b - biały, kryst - krystaliczny, nrwno - nierozpuszczalny w nadmiarze odczynnika, rwno - rozpuszczalny w nadmiarze odczynnika

<i>ad e.</i> Różnica między solą podwójną a mieszaniną soli prostych.	Punktacja		
	Rec 1	Rec 2	Sprec
Sól podwójna w czasie krystalizacji tworzy sieć krystaliczną odmienną od sieci krystalicznych soli prostych. Inna jest także ilość wody krystalizacyjnej w porównaniu do pojedynczych soli. Różnica występuje jedynie w fazie stałej.	3		

<i>ad f.</i> Rozdzielenie trójwartościowych jonów metali będących składnikami ałunów.	Punktacja		
	Rec 1	Rec 2	Sprec
Trójwartościowe jony metali wchodzące w skład ałunów to Fe(III), Al(III) i Cr(III). Do mieszaniny tych jonów należy dodać octanu sodu. Powstają octanowe kompleksy wymienionych jonów, które w przypadku żelaza i glinu podczas ogrzewania ulegają rozpadowi z wydzieleniem osadu hydroksysoli. W roztworze po odsączeniu osadu pozostają octanowe kompleksy chromu(III). Po roztworzeniu osadów hydroksysoli w kwasie należy strącić osady wodorotlenków za pomocą NaOH, stosując nadmiar odczynnika strącającego. Powstaje osad Fe(OH) ₃ , zaś osad wodorotlenku glinu ulega roztworzeniu (powstaje Al(OH) ₄ ⁻).	6		

<i>ad g.</i> Rola struwitu w rolnictwie.	Punktacja		
	Rec 1	Rec 2	Sprec
Z uwagi na małą rozpuszczalność fosforanu(V) amonu i magnezu substancja ta może być wykorzystywana jako nawóz o przedłużonym działaniu, dostarczająca roślinom fosforu i azotu.	3		