

**Ministerul Educației al Republicii Moldova**  
*Universitatea de Stat din Tiraspol*  
*Facultatea Biologie și chimie*  
**Catedra Chimie**

**Sergiu CODREANU**

---

**CHIMIE ANALITICĂ CALITATIVĂ**

**Compendiu de lucrări de laborator**

**Chișinău, 2013**

**CZU 543(076.5)**  
**C 60**

*Aprobat la ședința Consiliului facultății Biologie și chimie  
din 30 ianuarie 2013*

*Aprobat la ședința Senatului UST  
din 19 februarie 2013*

### ***Recenzenți:***

***E. Melentiev*** – doctor în chimie, conferențiar, Universitatea de Stat din Tiraspol

***E. Gorincioi*** – doctor în chimie, conferențiar, Institutul de Chimie al AȘM

#### DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII

**Codreanu, Sergiu**

Chimie analitică calitativă: Compendiu de lucrări de laborator / Sergiu Codreanu;  
Univ. de Stat din Tiraspol, Fac. Biologie și chimie, Catedra Chimie. – Ch.:Univ. de Stat  
din Tiraspol, 2013. – 67 p.

Referințe bibliogr.: p. 66 (6 tit.). – 50 ex.

**ISBN 978-9975-76-069-0**

## A n o t a ț i e

Chimia analitică reprezintă un compartiment al științelor chimice care se ocupă cu elaborarea și dezvoltarea metodelor de cercetare și analiză a substanțelor sau a amestecurilor de substanțe. Chimia analitică este constituită din chimia analitică calitativă și chimia analitică cantitativă.

Chimia analitică calitativă se ocupă cu determinarea compoziției calitative a substanțelor, adică cu stabilirea elementelor, ionilor, moleculelor sau a grupelor de atomi ce alcătuiesc substanța analizată. La determinarea compoziției calitative a substanțelor chimia analitică calitativă folosește diferite metode de analiză, cum ar fi: metode chimice, metode fizice și metode fizico-chimice.

Lucrarea dată include materialul didactic necesar pentru însușirea unor metode fizice (reacții de colorare a flăcării) și metode chimice de analiză calitativă a substanțelor și a amestecurilor de substanțe prin efectuarea reacțiilor de identificare a componentilor cât și de separare a lor. La baza reacțiilor de identificare și separare a cationilor și anionilor stă sistema acido-bazică de clasificare a lor.

Materialul este oformat ca compendiu de lucrări de laborator la chimia analitică calitativă și include 10 lucrări, în care este accentuat și lucrul individual al studentului.

Compendiul este alcătuit reeșind din programa analitică a cursului Chimie analitică și este adresat studenților facultății Biologie și chimie al UST de la specialitățile „Chimie”, „Chimie și fizică”, „Chimie și biologie” și „Biologie și chimie” ce studiază acest curs.

## GENERALITĂȚI

### 1. Tehnica efectuării operațiilor de bază în analiza chimică calitativă

#### Încălzirea

Încălzirea eprubetelor cu soluție direct în flacăra becului de gaz este interzisă. Dacă reacția decurge la încălzire, atunci eprubeta cu soluție (sau cu soluție și precipitat) se introduce într-o baie de apă.

#### Evaporarea

Evaporarea cu scopul concentrării sau până la obținerea unui reziduu uscat se efectuează într-o capsulă de porțelan pe o baie de nisip sub nișă. Numai după răcire restul solid se trece din capsulă în eprubetă, spălând capsula cu o cantitate minimă de apă sau acid.

#### Sedimentarea

La efectuarea procesului de sedimentare volumul inițial al soluției din eprubete nu trebuie să fie mai mare de  $2 \text{ cm}^3$ . Se creează condițiile necesare (aciditate, reactiv de mascare, temperatură) și apoi se adaugă cu picătura reactivul de sedimentare, amestecând conținutul eprubetei cu o baghetă de sticlă. Dacă scopul este separarea și înlăturarea ionilor, atunci numai decît se verifică plenitudinea sedimentării. Pentru acesta, după centrifugare, la soluția limpede de deasupra precipitatului, numită centrifugat, se adaugă atent cu pipeta 1–2 picături reactiv de sedimentare. Dacă soluția rămâne limpede, atunci sedimentarea e completă; dacă însă centrifugatului se tulbură, atunci se repetă procesul de sedimentare și după centrifugare iar se verifică plenitudinea sedimentării. După separare precipitatul și centrifugatului se studiază aparte.

#### Centrifugarea

Pentru a separa precipitatul format de soluție, la semimicrometoda de analiză se folosește centrifugarea, care se bazează pe accelerarea sedimentării particulelor fazei solide sub influența forței centrifuge ce se dezvoltă la rotirea rapidă a centrifugei. În duliile centrifugei electrice se instalează două eprubete (din masă

plastică) de centrifugare. În una se găsește soluția de analizat, iar în cealaltă apă (în calitate de contragreutate). Centrifuga se acoperă cu capacul și se conectează la sursa de curent electric. Peste 2-3 min. centrifuga se deconectează și numai după oprirea ei completă se ia capacul și se scot eprubetele. Soluția limpede (centrifugatul) se separă de precipitat cu ajutorul unei pipete, iar precipitatul se spală și apoi se analizează.

Spălarea precipitatului se efectuează în vederea înlăturării impurităților reținute de precipitat din soluția de analiză. În calitate de lichid de spălare de obicei se utilizează apă distilată (spălarea precipitatelor cristaline) sau soluția unui electrolit-coagulator (spălarea precipitatelor amorfe).

După separarea centrifugatului, la precipitat se adaugă 1-2 ml lichid de spălare (sau apă), se agită cu o baghetă, se centrifughează și se spală. Spălarea precipitatului se repetă de câteva ori. Pentru a analiza precipitatul separat, el se dizolvă într-o cantitate minimă de solvent (mai des soluția unui acid).

#### Efectuarea reacțiilor microcristaloscopice

Pe o lamelă de sticlă (sticlă portobiect) se ia o picătură de soluție de analizat și se adaugă o picătură de soluție sau un cristal mic de reactiv. Peste un timp oarecare apar cristale de o anumită culoare și formă. Mai importantă este forma cristalelor (semnal analitic). Pentru examinarea formei cristalelor se folosește microscopul.

#### Efectuarea reacțiilor prin picurare

Se efectuează ca și reacțiile microcristaloscopice, însă în calitate de portobiect se utilizează plăci speciale de porțelan (sau de plastic) cu adâncituri sau hârtie de filtru. Efectul analitic – formarea unei substanțe colorate.

## **2. Metoda acido-bazică de clasificare și analiză a cationilor**

Metoda acido-bazică de analiză a cationilor are un șir de avantaje în comparație cu alte metode de clasificare. Metoda este relativ simplă, ușor poate fi însușită și nu cere reactivi deficitari.

Reactivii folosiți pentru separare sunt: acizii clorhidric și sulfuric, hidroxizii de potasiu și sodiu, precum și soluțiile de amoniac, care exclud aplicarea gazului toxic – sulfura de hidrogen, ceea ce reprezintă un alt avantaj al metodei.

Extinderea claselor și tipurilor de substanțe studiate pe parcursul analizei (cloruri, sulfați, hidroxizi, compuși complecși cu amoniacul) obligă la o repetare a proprietăților deja cunoscute a compușilor anorganici și la o aplicare practică conștientă a lor.

Vom nota aici și unele dezavantaje ale metodei. Includerea plumbului în grupa II nu este strictă, deoarece solubilitatea mărită a clorurii de plumb face ca separarea să nu fie completă și rămâne o parte de plumb în grupa III.

Solubilitatea parțială a hidroxidului de cupru este deseori cauza unor urme de  $\text{Cu}^{2+}$  în grupa IV.

Pierderile parțiale de  $\text{Mg}^{2+}$  au drept cauză dizolvarea hidroxidului de magneziu în prezența sărurilor de amoniu. Este dificilă și tehnica de solubilizare a sulfaților cationilor grupei III.

**După metoda acido-bazică cationii sunt clasificați în șase grupe analitice:**

	<b>Grupele analitice</b>					
	<b>I</b> $K^+, Na^+, Li^+, NH_4^+$	<b>II</b> $Ag^+, Pb^{2+}, [Hg_2]^{2+}$	<b>III</b> $Ba^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, (Pb^{2+})$	<b>IV</b> $Al^{3+}, Zn^{2+}, Cr^{3+}, Sn^{2+}, Sn^{4+}$	<b>V</b> $Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, Mg^{2+}, Bi^{3+}$	<b>VI</b> $Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Hg^{2+}, Cd^{2+}$
<b>Caracteristica grupei</b>	<i>Clorurile, sulfații, hidroxizii - solubili în apă</i>	<i>Clorurile insolubile în apă și acizi diluați</i>	<i>Sulfații insolubili în apă și acizi</i>	<i>Hidroxizii amfoteri – solubili în exces de bază alcalină</i>	<i>Hidroxizii insolubili în exces de bază alcalină</i>	<i>Hidroxizii formează amoniacăți solubili</i>
<b>Reactiv de grupă</b>	—	<i>Soluție HCl (2M)</i>	<i>Soluție <math>H_2SO_4</math> (2M)</i>	<i>Exces soluție: NaOH (4M)</i>	<i>Exces soluție: <math>NH_4OH</math> (conc.)</i>	<i>Exces soluție: <math>NH_4OH</math> (conc.)</i>
<b>Efectul analitic</b>	<i>Soluție: <math>K^+, Na^+, Li^+, NH_4^+</math></i>	<i>Precipitat: <math>AgCl, PbCl_2, Hg_2Cl_2</math></i>	<i>Precipitat: <math>BaSO_4, CaSO_4, SrSO_4, (PbSO_4)</math></i>	<i>Soluție: <math>[Al(OH)_6]^{3-}, [Zn(OH)_4]^{2-}, [Cr(OH)_6]^{3-}, [Sn(OH)_4]^{2-}, [Sn(OH)_6]^{2-}</math></i>	<i>Precipitat: <math>Fe(OH)_2, Fe(OH)_3, Mn(OH)_2, Mg(OH)_2, Bi(OH)_3</math></i>	<i>Soluție: <math>[Cu(NH_3)_4]^{2+}, [Co(NH_3)_4]^{2+}, [Hg(NH_3)_4]^{2+}, [Cd(NH_3)_4]^{2+}, [Ni(NH_3)_4]^{2+}</math></i>

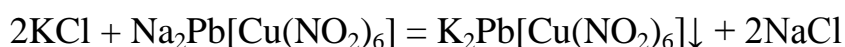
## Lucrare de laborator № 1

### *Reacțiile de identificare ale cationilor grupelor I, II, III analitice*

#### 1. Reacțiile de identificare ale ionului de potasiu K<sup>+</sup>

##### 1.1. Reacția microcristaloscopică cu Na<sub>2</sub>Pb[Cu(NO<sub>2</sub>)<sub>6</sub>]

Acest reactiv numit hexanitrocupratul (II) de plumb și sodiu formează în mediu neutru cu cationii de potasiu cristale caracteristice de formă cubică și culoare neagră. Forma și culoarea cristalelor se cercetează la microscop.



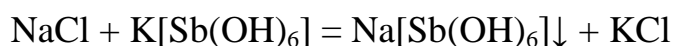
##### 1.2. Reacția de colorare a flăcării

Sărurile de potasiu colorează flacăra în violet.

#### 1.1. Reacțiile de identificare ale ionului de sodiu Na<sup>+</sup>

##### 1.1.1. Reacția cu hexahidroxostibiatul (V) de potasiu

În mediu neutru sau slab bazic acest reactiv formează cu ionii de sodiu un precipitat alb cristalin:



Pentru observarea efectului analitic este nevoie de efectuat reacția la rece din concentrații mari și în lipsa ionului NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

Forma cristalelor se identifică la microscop.

##### 1.1.2. Sărurile de sodiu colorează flacăra în galben.

#### 1.2. Reacțiile de identificare ale ionului de litiu Li<sup>+</sup>

##### 1.2.1. Reacția cu hidrogenofosfatul de sodiu

Hidrogenofosfații în mediu alcalin (pH>10) formează cu sărurile solubile de litiu un precipitat alb:  $3\text{LiCl} + \text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow$

Cationii grupelor analitice superioare împiedică identificarea ionului de litiu cu acest reactiv.

##### 1.2.2. Reacția cu carbonatul de sodiu sau potasiu

Ionul de litiu formează cu acest reactiv un precipitat alb, solubil parțial în apă, de aceea este nevoie de concentrații mărite și mediu bazic.



1.2.3. Sărurile de litiu colorează flacăra încoloră un roșu-carmin.

- Examinați solubilitatea sedimentelor acestor trei cationi în acizi minerali.

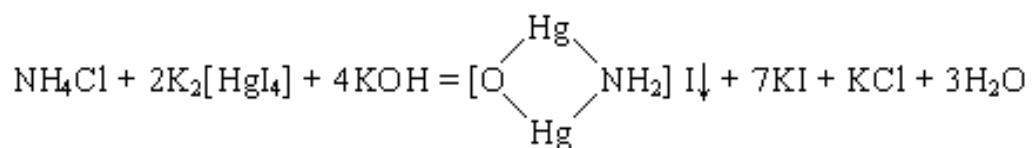
### 1.3. Reacțiile de identificare ale ionului de amoniu $\text{NH}_4^+$

#### 1.3.1. Reacția cu bazele alcaline

La 2-3 picături de soluție a unei sări de amoniu adăugați 3-4 picături soluție KOH. Încălziți eprubeta și introduceți în vaporii care se elimină o hârtie de indicator universală umezită. Ce schimbări se petrec și de ce? Scrieți ecuațiile reacțiilor.

#### 1.3.2. Reacția cu tetraiodmercuratul (II) de potasiu $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$

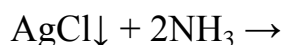
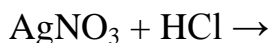
Sărurile de amoniu reacționează cu reactivul Nessler în mediu alcalin formând un precipitat roșu-brun (la conc. mici – galben). Reacția poate fi genată de cationii metalelor grele, care pot fi înlăturați cu ajutorul excesului de alcaliu.



### 2. Reacțiile de identificare ale ionului de argint $\text{Ag}^+$

#### 2.1. Reacția ionului $\text{Ag}^+$ cu acidul clorhidric (HCl sau clorurile)

Ionul de argint formează cu clorurile un precipitat alb, solubil în exces de amoniac. Observați efectul analitic și încercați solubilitatea în soluție de amoniac.



Fiind expus la lumină precipitatul  $\text{AgCl}$  se înnegrește. De ce?

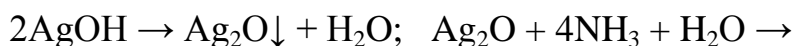
#### 2.2. Reacția cu bazele alcaline (NaOH, KOH)

Ionul de  $\text{Ag}^+$  formează cu bazele alcaline un precipitat brun. Verificați solubilitatea în acizi și amoniac. Scrieți ecuațiile reacțiilor.

#### 2.3. Reacția cu soluția amoniacală $\text{NH}_4\text{OH}$

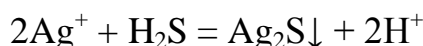
Ionul de argint formează cu soluția amoniacală un precipitat brun de oxid de argint, solubil în exces de reactiv cu formarea unui compus complex solubil, numit reactivul Tollens:





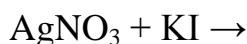
#### 2.4. Reacția cu sulfura de hidrogen sau sulfura de sodiu ( $\text{H}_2\text{S}$ sau $\text{Na}_2\text{S}$ )

Ionii de  $\text{Ag}^+$  formează cu sulfurile precipitat negru, solubil în acid azotic (la încălzire):



#### 2.5. Reacția cu iodura de potasiu KI

Ionul de argint formează cu iodura de potasiu un precipitat galben:



De verificat solubilitatea sedimentului în soluție amoniacală, carbonat de amoniu, acid azotic și tiosulfat de sodiu. Scrieți ecuațiile reacțiilor posibile.

#### 2.6. Reacția cu cromatul de potasiu $\text{K}_2\text{CrO}_4$

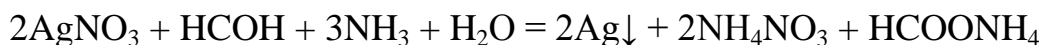


Care este efectul analitic al reacției? Încercați solubilitatea sedimentului în acid azotic și amoniac. Scrieți ecuațiile reacțiilor posibile.

Prezintă interferențe cationii  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $[\text{Hg}_2]^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ .

#### 2.7. Reacția de reducere a ionilor de $\text{Ag}^+$ cu aldehida formică $\text{HCOH}$

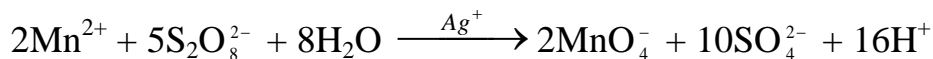
Aldehida formică reduce în mediu amoniacal sărurile de argint până la argint metalic (reacția „oglinzii de argint”):



Într-o eprubetă uscată se introduc 3-5 picături soluție de sare de argint și 4-6 picături soluție amoniacală ( $\text{pH} = 8-9$ ), apoi se adaugă câteva picături soluție diluată de aldehidă formică și eprubeta se cufundă în apă caldă (nu fierbinte). Observați efectul analitic.

#### 2.8. Reacția catalitică

Ionul de  $\text{Ag}^+$  prin acțiunea lui catalitică, favorizează oxidarea ionului de  $\text{Mn}^{2+}$  în  $\text{MnO}_4^-$  cu persulfatul de amoniu.

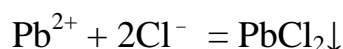


Se iau într-o eprubetă 5-6 picături soluție persulfat de amoniu, se adaugă o picătură soluție  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sau  $\text{HNO}_3$ , 1-2 picături de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (conc.) (ionii  $\text{MnO}_4^-$  sunt mai stabili și nu ușor se descompun) și 1-2 picături soluție  $\text{Ag}^+$  și apoi tot amestecul se încălzește. La amestecul încălzit se introduc cu ajutorul unei baghete de sticlă câteva cristale de sulfat de mangan (II) sau azotat de mangan (II) și se amestecă. Care este efectul reacției?

Această reacție se poate folosi la depistarea unor cantități mici de  $\text{Ag}^+$  sau invers, la determinarea ionului de  $\text{Mn}^{2+}$ .

### 2.1. Reacțiile de identificare ale ionului de plumb $\text{Pb}^{2+}$

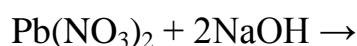
#### 2.1.1. Reacția cu acidul clorhidric ( $\text{HCl}$ sau clorurile)



Care este efectul reacției? Încercați solubilitatea în acizi, baze, apă fierbinte. Scrieți ecuațiile reacțiilor posibile.

#### 2.1.2. Reacția cu bazele alcaline ( $\text{KOH}$ , $\text{NaOH}$ )

Ionul de  $\text{Pb}^{2+}$  formează cu bazele alcaline un precipitat alb:



Verificați solubilitatea în acizi, soluție de amoniac, exces de reactiv. Scrieți ecuațiile reacțiilor.

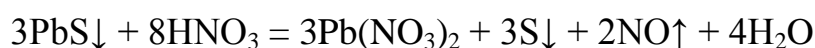
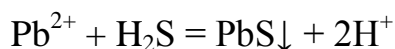
#### 2.1.3. Reacția cu soluția amoniacală

Sărurile de plumb formează cu soluția amoniacală un precipitat alb, insolubil în exces de reactiv:



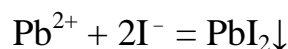
#### 2.1.4. Reacția cu sulfurile

Formează un precipitat negru, solubil în acid azotic:



#### 2.1.5. Reacția cu iodurile alcaline ( $\text{KI}$ , $\text{NaI}$ )

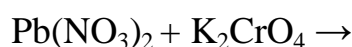
Ionul de  $\text{Pb}^{2+}$  formează cu iodura de potasiu un precipitat galben auriu, solubil în exces de reactiv:



• Verificați solubilitatea  $\text{PbI}_2\downarrow$  în exces de acid HCl și bază alcalină, apă fierbinte. Scrieți ecuațiile reacțiilor posibile.

Prezintă interferențe ionii  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ .

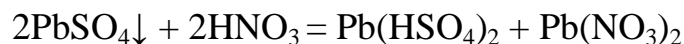
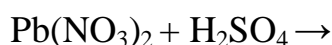
#### 2.1.6. Reacția cu cromatul de potasiu $\text{K}_2\text{CrO}_4$



Observați efectul reacției. Verificați solubilitatea în baze alcaline, acizi tari și acid acetic. Scrieți ecuațiile reacțiilor.

#### 2.1.7. Reacția cu acidul sulfuric $\text{H}_2\text{SO}_4$

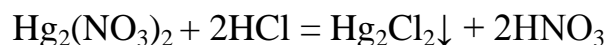
Acidul sulfuric precipită ionul de plumb formând un precipitat alb. Efectuați reacția și încercați solubilitatea  $\text{PbSO}_4$  în acizi și baze.



Reacția este jenată de ionii  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $[\text{Hg}_2]^{2+}$ .

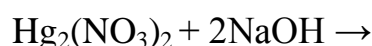
### 2.2. Reacțiile de identificare ale ionului de mercur (I)

#### 2.2.1. Reacția cu acidul clorhidric diluat



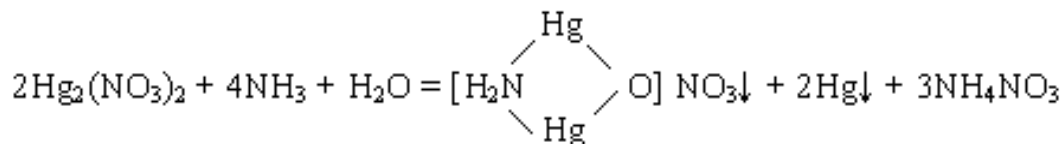
Încercați efectul soluției amoniacale asupra precipitatului.

#### 2.2.2 Reacția cu bazele alcaline (NaOH, KOH)



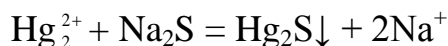
Observați efectul reacției. Încercați solubilitatea în soluție amoniacală.

#### 2.2.3. Reacția cu soluția amoniacală $\text{NH}_4\text{OH}$



#### 2.2.4. Reacția cu sulfura de hidrogen (H<sub>2</sub>S sau Na<sub>2</sub>S)

Ionii de mercur (I) formează cu ionii sulfură un precipitat negru, solubil în apă regală (amestec de acid azotic și clorhidric concentrați):

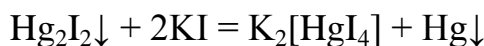


#### 2.2.5. Reacția cu iodura de potasiu KI

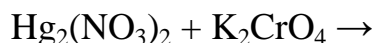
Iodura de potasiu formează cu sărurile de mercur (I) precipitatul verde murdar Hg<sub>2</sub>I<sub>2</sub>↓, care ușor se descompune până la mercur metalic (negru) și HgI<sub>2</sub> (roșu), datorită cărui fapt efectul analitic este un precipitat verde-murdar.



În exces de KI precipitatul se înnegrește complet:



#### 2.2.6. Reacția cu cromatul de potasiu K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>



Care este efectul reacției? Solubilitatea în acizi? Scrieți ecuațiile reacțiilor.

#### 2.2.7. Reacția de reducere cu clorura de staniu (II) SnCl<sub>2</sub>

Această reacție se efectuează pe hârtie de filtru. La o picătură de soluție sare de mercur (I) se adaugă o picătură soluție proaspăt pregătită de SnCl<sub>2</sub>. Urmăriți schimbarea colorației sistemului.

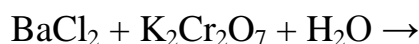
#### 2.2.8. Reacția de reducere cu cuprul metalic

Pe o placă de aliaj de cupru (curățită prealabil cu hârtie de șmirghel) se aplică 1-2 picături de soluție a unei sări de mercur (I) și se lasă un anumit timp. Explicați procesul și scrieți ecuația reacției.

### 3. Reacțiile de identificare ale ionului de bariu Ba<sup>2+</sup>

#### 3.1. Reacția cu dicromatul de potasiu K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>

Dicromatul de potasiu formează cu ionul de  $\text{Ba}^{2+}$  un precipitat galben, solubil în acizi minerali și insolubil în acid acetic. Reacția se efectuează în prezența unei soluții de  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . Motivați necesitatea folosirii acestei soluții. De ce reacția poate fi realizată în prezența ionilor de  $\text{Ca}^{2+}$  și  $\text{Sr}^{2+}$ ? Prezintă interferențe ionii  $\text{Hg}_2^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ . Observați efectul analitic și scrieți ecuațiile reacțiilor.



### 3.2. Reacția cu acidul sulfuric $\text{H}_2\text{SO}_4$

Acidul sulfuric și sulfatii solubili precipită ionii de bariu din soluție, formând un precipitat alb microcristalin, insolubil în acizi și baze.



### 3.3. Reacția cu oxalatul de amoniu $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$

Oxalatul de amoniu precipită ionii de bariu din soluție sub formă de precipitat alb. Verificați solubilitatea precipitatului în apă rece și caldă, acid clorhidric, azotic și acetic. Scrieți ecuațiile reacțiilor posibile.



### 3.4. Reacția cu carbonatul de sodiu $\text{Na}_2\text{CO}_3$

Ionii de bariu cu carbonații formează un precipitat alb amorf. Efectuați reacția, verificați solubilitatea în apă, baze, acizi minerali, acid acetic. Scrieți ecuațiile reacțiilor posibile.

### 3.5. Reacția cu hidrogenofosfatul de sodiu $\text{Na}_2\text{HPO}_4$

Ionii de bariu cu hidrogenofosfatul de sodiu formează un precipitat alb amorf. Efectuați reacția și verificați solubilitatea în acizi minerali și acid acetic. Scrieți ecuațiile reacțiilor.

3.6. Flacăra incoloră a arzătorului capătă o culoare galben-verzuie în prezența ionilor de bariu.

### 3.1. Reacțiile de identificare ale ionului de $\text{Ca}^{2+}$

#### 3.1.1. Reacția cu acidul sulfuric (microcristaloscopică)

Acidul sulfuric precipită incomplet cationul de calciu. În prezența alcoolului etilic această sedimentare e mai pronunțată. Efectuați reacția, cercetați efectul analitic la microscop.



Verificați solubilitatea precipitatului în apă, acizi, baze, soluție sulfat de amoniu saturată și scrieți ecuațiile reacțiilor posibile.

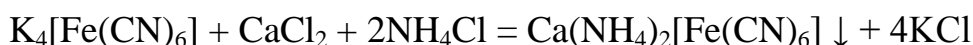
### 3.1.2. Reacția cu oxalatul de amoniu $(\text{NH}_4)_2 \text{C}_2\text{O}_4$

Oxalatul de amoniu reacționează cu ionii de calciu, formând un precipitat alb microcristalin la încălzire pe baia de apă.

Precipitatul este solubil în acizi minerali, dar spre deosebire de  $\text{BaC}_2\text{O}_4$  și  $\text{SrC}_2\text{O}_4$  este insolubil în acid acetic. Verificați solubilitatea și scrieți ecuațiile reacțiilor.

### 3.1.3. Reacția cu hexacianoferatul (II) de potasiu $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

Hexacianoferatul (II) de potasiu formează cu ionul de  $\text{Ca}^{2+}$  un precipitat alb cristalin, solubil în acizi minerali tari și insolubil în acid acetic. La 2-3 picături soluție a unei sări de calciu se adaugă 5 picături soluție tampon amoniacală (pH=8-9) și 2-3 picături de soluție saturată de  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Adăugarea unei picături de alcool etilic contribuie la precipitarea rapidă și completă a precipitatului. Amestecul se fierbe pe baia de apă. Încercați solubilitatea sedimentului și scrieți ecuațiile reacțiilor.



### 3.1.4. Reacțiile cu $\text{Na}_2\text{CO}_3$ și cu $\text{Na}_2\text{HPO}_4$

Efectuați reacțiile și observați efectele analitice. Controlați solubilitatea în acizi minerali și acid acetic. Scrieți ecuațiile reacțiilor.

### 3.1.5. Sărurile de calciu colorează flacăra incoloră în roșu-cărămiziu,

## 3.2. Reacțiile de identificare ale ionului de $\text{Sr}^{2+}$

### 3.2.1. Reacția cu apa de gips

Ionul de  $\text{Sr}^{2+}$  cu apa de gips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) formează la încălzire o turbureală slabă. Interferențe prezintă ionul de  $\text{Ba}^{2+}$ . Verificați solubilitatea în acizi și baze. Scrieți ecuațiile reacțiilor.

### 3.2.2. Reacția cu oxalatul de amoniu $(\text{NH}_4)_2 \text{C}_2\text{O}_4$

Oxalatul de amoniu precipită ionii de  $\text{Sr}^{2+}$ , formând un sediment alb, solubil în acizi minerali. Examinați efectele și scrieți ecuațiile reacțiilor respective.

### 3.2.3. Reacția cu cromatul de potasiu $\text{K}_2\text{CrO}_4$

Cromatul de potasiu  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  precipită ionul de  $\text{Sr}^{2+}$ , sub formă de sediment de culoare galbenă, solubil în acizi tari și acid acetic.

Care este reacția și cum poate fi folosită această reacție pentru identificarea  $\text{Sr}^{2+}$  în prezența  $\text{Ba}^{2+}$ ?

Scrieți ecuațiile reacțiilor posibile.

### 3.2.4. Reacțiile cu $\text{Na}_2\text{CO}_3$ și cu $\text{Na}_2\text{HPO}_4$

Efectuați reacțiile și observați efectele analitice. Verificați solubilitatea precipitatelor obținute în baze, acizi minerali și acid acetic. Scrieți ecuațiile reacțiilor.

### 3.2.5. Sărurile stronțului colorează flacăra în roșu-carmin.

## **Lucrare de laborator № 2**

### *Analiza amestecului de cationi din grupele I – III analitice*

#### 1. Identificarea cationului $\text{NH}_4^+$ (evitând pierderea în timp)

La 3-5 picături soluție analizată se adaugă o cantitate echivalentă de soluție de alcaliu și se încălzește pe baia de apă. Degajarea amoniacului poate fi recunoscută după mirosul caracteristic sau după schimbarea culorii hârtiei de indicator.

#### 2. Detectarea cationilor grupei II și III analitice

Picurați în două eprubete câte 2-3 picături din soluția primită. În prima eprubetă adăugați 3 picături sol.  $\text{HCl}$  (2M), în a doua – sol.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (2M). Apariția precipitatului în prima eprubetă confirmă prezența cationilor grupei II analitice ( $\text{Ag}^+$ ;  $\text{Hg}_2^{2+}$ ;  $\text{Pb}^{2+}$ ), în a doua – prezența cationilor grupei III ( $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Ba}^{2+}$ ;  $\text{Sr}^{2+}$ ).

#### 3. Separarea cationilor grupei II analitice

Într-o eprubetă picurați 30 picături din soluția primită și adăugați 5-7 picături sol.  $\text{HCl}$  (conc.), amestecați soluția bine și separați precipitatul la centrifugă. Controlați plenitudinea separării.

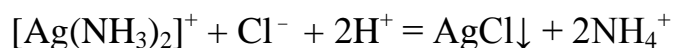
Decantați soluția de pe sediment – centrifugat (soluția I) în altă eprubetă și spălați precipitatul cu apă acidulată cu HCl (2M). În precipitat pot fi prezente clorurile AgCl, Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, PbCl<sub>2</sub> (precipitatul I).

#### 4. Analiza cationilor grupei II analitice

Precipitatul I se spală de câteva ori cu apă fierbinte, pentru a dizolva PbCl<sub>2</sub>. după separarea precipitatului rămas (Ia), verificați prezența plumbului în apele de spălare. Repetați operația până la separarea completă a acestui ion cu soluția de KI.

Precipitatul rămas (Ia) poate conține AgCl și Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>. Tratați precipitatul (Ia) cu 4-5 picături soluție NH<sub>3</sub> (conc.) și agitați-l. Înnegrirea precipitatului indică prezența ionilor de mercur (I). În aceste condiții AgCl, care putea fi prezent în precipitat, se dizolvă cu formarea ionului complex [Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup>. Precipitatul negru se separă la centrifugă și soluția se trece în altă eprubetă. Această soluție mai conține de rând cu ionul [Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup> și ionul Cl<sup>-</sup>. La soluția aceasta adăugați 2 picături de fenolftaleină și acidulați soluția cu HNO<sub>3</sub> până la dispariția culorii roze.

Dacă în soluție era prezent ionul [Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup>, în condițiile create el degenerează și apare Ag<sup>+</sup>, care precipită cu ionul de Cl<sup>-</sup>. Apariția precipitatului alb indică prezența ionilor de Ag<sup>+</sup> în amestecul inițial.



#### 5. Separarea cationilor grupei III analitice

În soluția I, separată de pe precipitatul I, pot fi prezenți ionii Ba<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup> și parțial Pb<sup>2+</sup>, care posibil n-a fost separat complet din cauza solubilității mărite a PbCl<sub>2</sub>.

Pentru separarea ionilor de Pb<sup>2+</sup> rămași, soluția I se tratează cu amoniac până la un mediu bazic. Precipitatul Pb(OH)<sub>2</sub> se centrifughează și se separă. Soluția de pe precipitat (IIa) se trece în altă eprubetă și se tratează cu (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Se formează un precipitat alb de CaCO<sub>3</sub>, BaCO<sub>3</sub>, SrCO<sub>3</sub>.

După ce a fost controlată plenitudinea sedimentării, precipitatul se separă la centrifugă, se spală cu apă distilată și se dizolvă în acid acetic la încălzire pe baia de apă. Din soluția obținută (IIb) pot fi identificați ionii Ba<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup>.



În cazul când în urma analizei de identificare a grupei II n-a fost stabilită prezența ionilor de  $Pb^{2+}$ , pentru analiză poate fi folosită soluția (I). Ea se neutralizează cu amoniac și se tratează cu  $(NH_4)_2CO_3$ . Modul de separare este analog cu cel indicat mai sus.

#### 6. Analiza cationilor grupei III analitice

Într-o eprubetă picurați câteva picături de soluție (Iib) și 2-3 picături de  $K_2Cr_2O_7$ . Apariția precipitatului galben indică prezența ionului de  $Ba^{2+}$ . Ionii de  $Ba^{2+}$  vor prezenta interferențe pentru  $Ca^{2+}$  și  $Sr^{2+}$ . Pentru separarea lor, la 6-8 picături de soluție (Iib) se adaugă soluție tampon acetat și  $K_2Cr_2O_7$  până la precipitarea completă a ionului  $Ba^{2+}$ .

Separați precipitatul și folosiți soluția obținută pentru analiza  $Sr^{2+}$  și  $Ca^{2+}$ .

Ionul de  $Sr^{2+}$  se identifică în soluție cu apa de gips. Pentru separarea lui, în această soluție se adaugă  $(NH_4)_2SO_4$  (conc.).

În aceste condiții are loc sedimentarea completă a  $SrSO_4$ , iar  $CaSO_4$  în exces de sulfat de amoniu se dizolvă formând compusul complex  $[Ca(SO_4)_2]^{2-}$ .

Precipitatul  $SrSO_4$  se separară la centrifugă și în soluție se identifică ionul de  $Ca^{2+}$  cu oxalat de amoniu  $(NH_4)_2C_2O_4$ .

#### 7. Separarea și analiza cationilor grupei I analitice

La 10 picături din soluția (I) se adaugă o cantitate echivalentă de  $H_2SO_4$  (2M). Sedimentul se separă la centrifugă și în soluție se analizează prezența ionilor de  $Na^+$  și  $K^+$  folosind reactivii individuali.

- De repetat reacțiile de identificare ale cationilor grupelor analitice I – III.

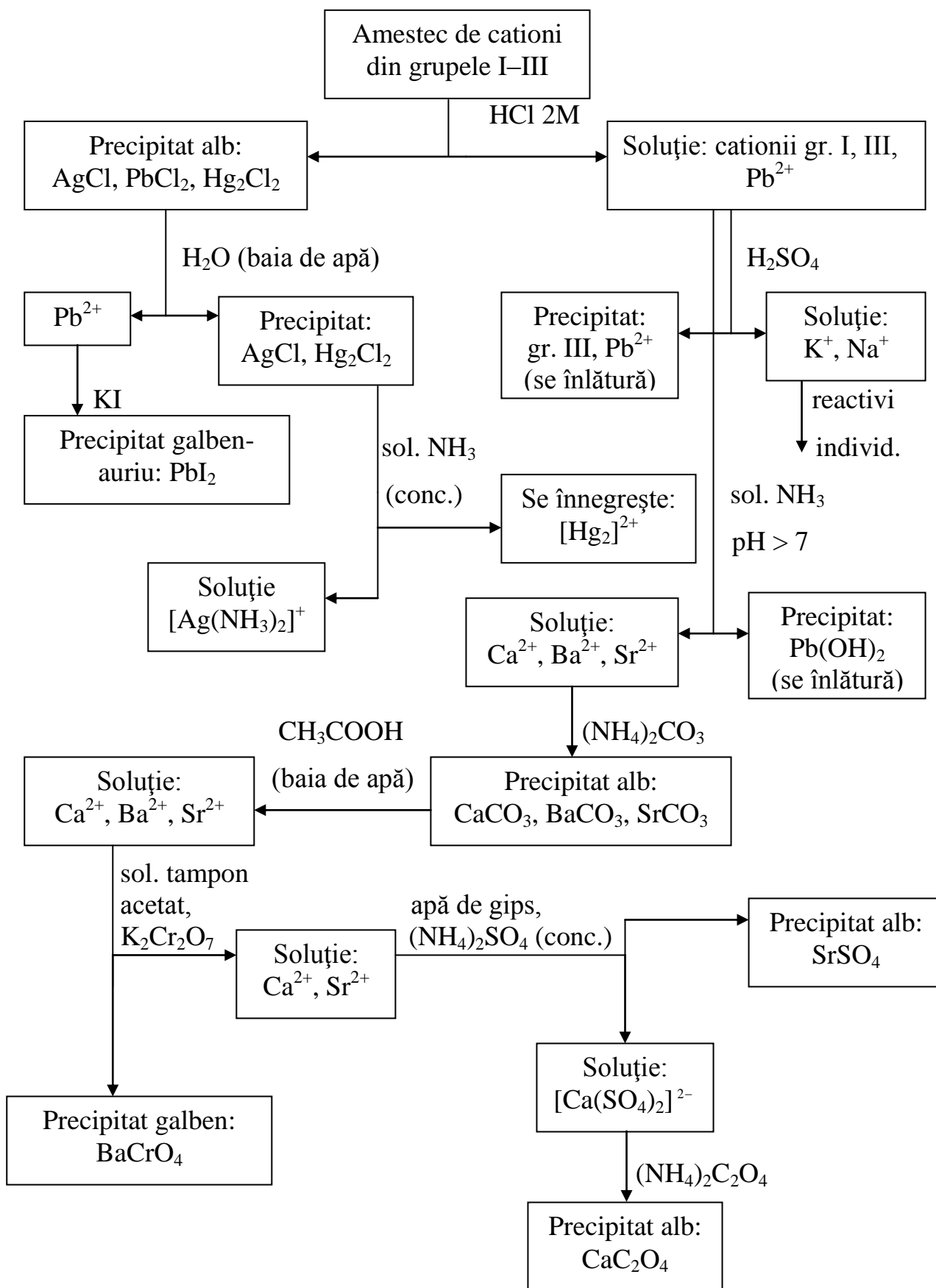


Fig. 1 Schema analizei sistematice a amestecului de cationi din grupele I-III analitice

### Lucrare de laborator № 3

#### *Reacțiile de identificare ale cationilor grupelor IV, V, VI analitice*

#### 4. Reacțiile de identificare ale ionului de aluminiu $Al^{3+}$

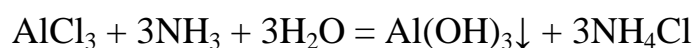
##### 4.1. Reacția cu bazele alcaline (NaOH, KOH)

În cantitate echivalentă soluția de NaOH precipită ionul  $Al^{3+}$  sub formă de precipitat alb. De ce nu exces de reactiv?

Verificați solubilitatea în acizi și scrieți ecuațiile reacțiilor.

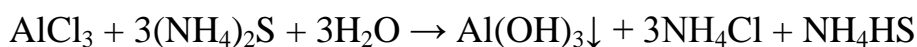
##### 4.2. Reacția cu soluția de amoniac $NH_4OH$

Excesul de amoniac precipită ionul de  $Al^{3+}$  sub formă de hidroxid, insolubil în exces de reactiv:



##### 4.3. Reacția cu sulfura de amoniu $(NH_4)_2S$

Efectuați reacția și observați efectul analitic.



Verificați solubilitatea precipitatului în acizi și baze.

##### 4.4. Reacția cu hidrogenofosfatul de sodiu $Na_2HPO_4$

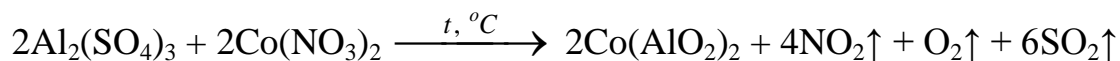
Hidrogenofosfatul de sodiu precipită ionul de  $Al^{3+}$ , formând un precipitat alb.



Încercați solubilitatea în acizi și baze, scrieți ecuațiile reacțiilor.

##### 4.5. Reacția cu nitratul de cobalt (II)

La calcinarea sărurilor de aluminiu cu azotatul de cobalt (II) rezultă aluminatul de cobalt  $Co(AlO_2)_2$  de culoare albastră (albastrul lui Thenard).

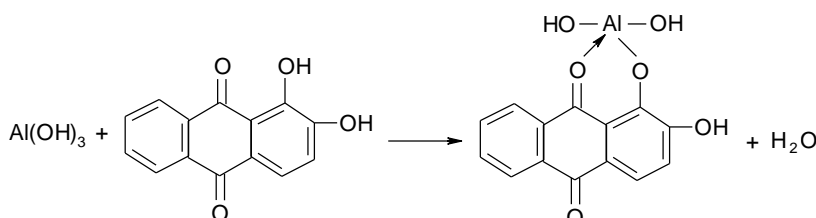
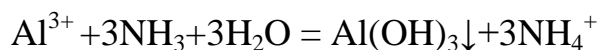


Cationii de  $Zn^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$  și  $Ni^{2+}$  jenează reacția.

Pe o hârtie de filtru se aplică 1-2 picături soluție a unei sări de aluminiu, apoi se adaugă 1-2 picături soluție  $Co(NO_3)_2$ . Hârtia se usucă, apoi se arde într-o capsulă de porțelan. Observați culoarea cenușii.

#### 4.6. Reacția cu alizarina

Alizarina (1,2-dioxiantrachinonă) formează cu hidroxidul de aluminiu un compus complex insolubil de culoare roșie-intens (lacul de aluminiu). Interferențe prezintă ionii de fier, crom, mangan.



Pe o hârtie de filtru se aplică 2 picături soluție de alizarină în alcool, apoi se adaugă o picătură soluție sare de aluminiu și se ține hârtia deasupra unei sticlute cu soluție  $\text{NH}_3$  (conc.). Hidroxidul de aluminiu format absoarbe colorantul (alizarina), formând o pată de culoare roșie-brună. Excesul de colorant se înlătură prin tratarea cu soluție de acid acetic diluat. Pe hârtia de filtru rămâne lacul de aluminiu colorat în roșu-intens, restul hârtiei colorându-se în violet (după uscare culoarea violetă dispăre).

#### 4.7. Reacția cu exces de bază alcalină și $\text{NH}_4\text{Cl}$ solid

La acțiunea unei baze alcaline cu sărurile de aluminiu se formează precipitatul  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , care se dizolvă în exces de reactiv. La fierberea soluției cu  $\text{NH}_4\text{Cl}$  solid se formează fulgi albi de  $\text{Al}(\text{OH})_3$ :



#### 4.1 Reacțiile de identificare ale ionului de zinc $\text{Zn}^{2+}$

##### 4.1.1. Reacția cu bazele alcaline ( $\text{NaOH}$ , $\text{KOH}$ )

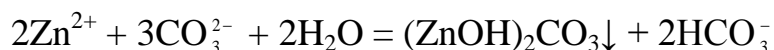
Ionul de zinc se precipită cu bazele alcaline sub formă de precipitat alb. Care este efectul analitic la adăugarea excesului de reactiv și a acizilor? Scrieți ecuațiile reacțiilor.

##### 4.1.2. Reacția cu sulfura de sodiu $\text{Na}_2\text{S}$ sau sulfura de amoniu $(\text{NH}_4)_2\text{S}$

Sulfurile precipită ionul  $Zn^{2+}$  în precipitat alb. Efectuați reacția și încercați solubilitatea în acizi minerali și baze, acid acetic. Scrieți ecuațiile reacțiilor.

#### 4.1.3. Reacția cu carbonatul de sodiu $Na_2CO_3$

Carbonatul de sodiu precipită ionul de  $Zn^{2+}$  sub formă de precipitat alb. Care este cauza formării acestui precipitat?

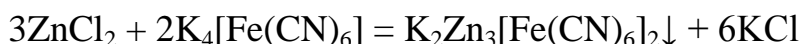


#### 4.1.4. Reacția cu hidrogenofosfatul de sodiu $Na_2HPO_4$

Hidrogenofosfatul de sodiu precipită ionul de zinc sub formă de precipitat de culoare albă. Verificați solubilitatea în baze și acizi, scrieți ecuațiile reacțiilor posibile.

#### 4.1.5. Reacția cu hexacianoferratul (II) de potasiu $K_4[Fe(CN)_6]$

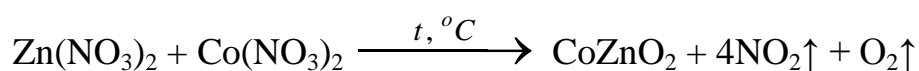
Hexacianoferratul (II) de potasiu formează cu ionii  $Zn^{2+}$  un precipitat alb cristalin, solubil în baze alcaline:



Observați formarea precipitatului la fierberea amestecului. Examinați forma cristalelor la microscop. Reacția este jenată de  $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $KMnO_4$ .

#### 4.1.6. Reacția cu nitratul de cobalt (II) $Co(NO_3)_2$

Nitratul de cobalt (II) formează cu sărurile de zinc o substanță verde (verdele lui Rinmann). Reacția se efectuează analogic ca și în punctul 4.5.



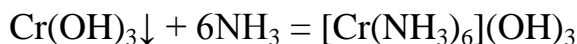
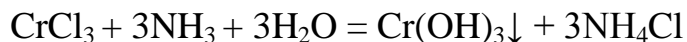
### 4.2. Reacțiile de identificare ale ionului de crom $Cr^{3+}$

#### 4.2.1. Reacția cu bazele alcaline (NaOH, KOH)

Bazele alcaline sedimentează ionul de crom, formând un precipitat de culoare verde murdar, care se dizolvă în exces de reactiv. Verificați solubilitatea în acizi și scrieți ecuațiile reacțiilor.

#### 4.2.2. Reacția cu exces de amoniac

Ionul de  $Cr^{3+}$  reacționând cu excesul de amoniac se transformă în compus complex de culoare galbenă (soluție).

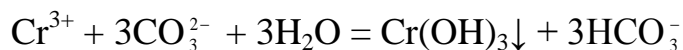


#### 4.2.3. Reacția cu sulfurile ( $\text{Na}_2\text{S}$ ; $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ )

Ionul de  $\text{Cr}^{3+}$  reacționează cu sulfurile ca și ionul de  $\text{Al}^{3+}$  (hidroliza completă), formând un sediment de culoare verde-murdar. Care este compoziția sedimentului? Verificați solubilitatea în acizi și baze. Scrieți ecuațiile reacțiilor.

#### 4.2.4. Reacția cu carbonatul de sodiu $\text{Na}_2\text{CO}_3$

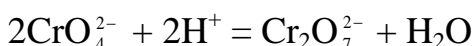
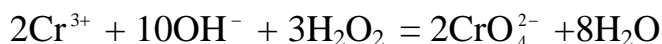
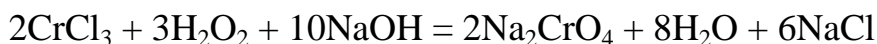
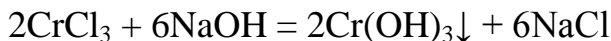
Carbonatul de sodiu precipită ionul de  $\text{Cr}^{3+}$  sub formă de sediment de culoare verde-murdar:



#### 4.2.5. Reacția cu hidrogenofosfatul de sodiu $\text{Na}_2\text{HPO}_4$

Hidrogenofosfatul de sodiu precipită ionul de crom  $\text{Cr}^{3+}$  sub formă de fosfat de culoare verde. Verificați solubilitatea în acizi și baze și scrieți ecuațiile reacțiilor.

#### 4.2.6. Reacția de oxidare cu peroxid de hidrogen $\text{H}_2\text{O}_2$



Efectuați toate aceste transformări și notați cum decurg schimbările culorilor ionilor respectivi.

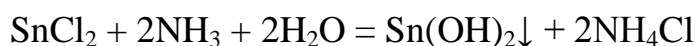
### 4.3. Reacțiile de identificare ale ionului de staniu $\text{Sn}^{2+}$

#### 4.3.1. Reacția cu hidroxidul de potasiu KOH

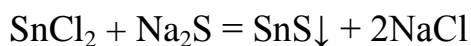


Efectuați reacția. Verificați solubilitatea în acizi și baze, scrieți ecuațiile reacțiilor.

#### 4.3.2. Reacția cu exces de amoniac



## 4.3.3. Reacția cu sulfura de sodiu



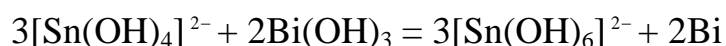
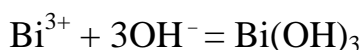
Care este efectul analitic? Controlați solubilitatea în acizi și baze. Scrieți ecuațiile reacțiilor.

4.3.4. Reacția cu carbonatul de sodiu  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 

Ionii de  $\text{Sn}^{2+}$  reacționează cu carbonatul de sodiu formând, hidroxidul insolubil  $\text{Sn(OH)}_2$  de culoare albă. Care este cauza formării acestui precipitat? Scrieți ecuațiile reacțiilor corespunzătoare.

## 4.3.5. Reacția cu nitratul de bismut (III)

La 2-3 picături soluție  $\text{SnCl}_2$  se adaugă cu picătura soluție de bază alcalină (conc.) până la dizolvarea sedimentului  $\text{Sn(OH)}_2$ , apoi se mai adaugă 3-4 picături soluție de bază alcalină, 1-2 picături de soluție  $\text{Bi(NO}_3)_3$  și amestecul se agită bine. Care este efectul analitic observat?

5. Reacțiile de identificare ale ionului de fier  $\text{Fe}^{2+}$ 5.1. Reacția cu hexacianoferatul (III) de potasiu  $\text{K}_3[\text{Fe(CN)}_6]$ 

Hexacianoferatul (III) de potasiu oxidează ionul  $\text{Fe}^{2+}$  în  $\text{Fe}^{3+}$ , care la rândul său se precipită cu produsul de reducere a reactivului într-un precipitat albastru (pH=3):



Verificați solubilitatea precipitatului în acizi și baze. Care sunt efectele observate?

Scrieți ecuațiile reacțiilor corespunzătoare.

5.2. Reacția cu dimetilgloxima  $\text{HON}=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{NOH}$ 

Reactivul Ciugaev precipită ionul de  $\text{Fe}^{2+}$  în prezența amoniacului, formând un sediment de culoare roșie. Consultați punctul 6.2.1.

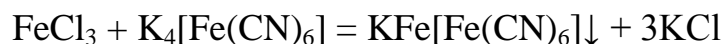
Această reacție caracteristică permite de a identifica  $\text{Fe}^{2+}$  în prezența ionului de  $\text{Fe}^{3+}$ , dacă ultimul este mascat cu acid tartric  $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ .

Interferențe prezintă ionul de  $\text{Ni}^{2+}$ .

### 5.1. Reacțiile de identificare ale ionului de $\text{Fe}^{3+}$

#### 5.1.1. Reacția cu hexacianoferatul (II) de potasiu $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

Hexacianoferatul (II) de potasiu în mediu acid formează cu ionii  $\text{Fe}^{3+}$  precipitat albastru:



Care este efectul analitic observat? Cum se comportă precipitatul față de alcalii și acizi? Care sunt concluziile?

Scrieți ecuațiile reacțiilor corespunzătoare.

#### 5.1.2. Reacția cu tiocianatul de amoniu $\text{NH}_4\text{SCN}$

Această reacție se efectuează în mediu acid. Care este cauza? Controlați solubilitatea în acizi și baze. Scrieți ecuațiile reacțiilor respective.

### 5.2. Reacțiile de identificare ale ionului de $\text{Mn}^{2+}$

#### 5.2.1. Reacția cu oxidul de plumb (IV)

Oxidul de plumb (IV) în mediu de acid azotic, oxidează ionul de  $\text{Mn}^{2+}$  până la  $\text{MnO}_4^-$ . Într-o eprubetă se introduce puțin praf de  $\text{PbO}_2$ , 1 ml de acid azotic (1:1) și nu mai mult de o picătură de sare de mangan (II).

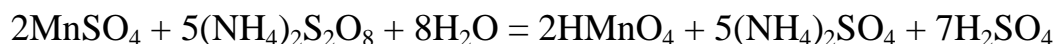
Amestecul de fierbe 1-2 min. pe baia de apă. După răcire amestecul se diluează cu 8-10 picături de apă distilată.

Care este efectul reacției? Anionii de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{Br}^-$  împiedică reacția. Cum s-ar putea de mascat acești ioni?

#### 5.2.2. Reacția cu persulfatul de amoniu $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$

Persulfatul de amoniu în prezența catalizatorului (ionului de  $\text{Ag}^+$ ) oxidează ionul de  $\text{Mn}^{2+}$  la  $\text{MnO}_4^-$ .

Observați semnalul analitic.



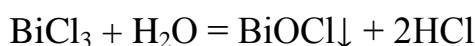
Care va fi efectul reacției în lipsa ionului de  $\text{Ag}^+$  și în exces de  $\text{Mn}^{2+}$ ?



### 5.3. Reacțiile de identificare ale ionului de bismut $\text{Bi}^{3+}$

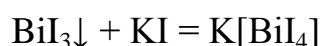
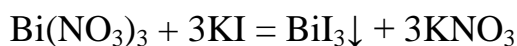
#### 5.3.1. Reacția cu apa

La diluarea soluției de clorură de bismut (III) cu apă distilată se formează precipitat alb de cloroxid (clorură de bismut). La încălzire cu HCl precipitatul se dizolvă, iar la diluare cu apă apare din nou.



#### 5.3.2. Reacția cu iodura de potasiu

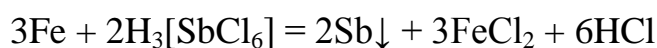
Iodura de potasiu reacționează cu sărurile de bismut formând precipitatul  $\text{BiI}_3$  de culoare neagră, care se dizolvă în exces de reactiv cu formare de compus complex de culoare portocalie-închis.



### 5.4. Reacțiile de identificare ale ionului de stibiu (III)

#### 5.4.1. Reacția cu fierul

În soluția unei sări de stibiu (III) acidulată se introduc bucățele de fier tăiate mărunț (în prealabil curățite cu hârtie de șmirghel) și se încălzește. Se observă formarea fulgilor negri de stibiu elementar.



#### 5.4.2. Reacția cu tiosulfatul de amoniu $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

La 2-3 picături soluție clorură de stibiu (III) se adaugă o picătură soluție  $\text{H}_2\text{SO}_4$  diluat, 5-6 picături de apă și 2-3 cristale de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Se observă sedimentarea precipitatului roșu. Reacția este genată de ionii de  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  și  $\text{Hg}^{2+}$ .



5.4.3. Efectuați reacțiile expuse în tabelul 1 și scrieți ecuațiile reacțiilor corespunzătoare (individual).

Produsele reacțiilor comune și selective ale cationilor grupei V analitice

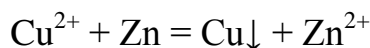
**Tabela 1**

Reactivii	Cationii					
	$Fe^{2+}$	$Fe^{3+}$	$Mn^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Bi^{3+}$	Sb(III)
$NaOH$	$Fe(OH)_2$ , precipitat alb, treptat devine verzui, apoi roșu-brun	$Fe(OH)_3$ , precipitat roșu-brun	$Mn(OH)_2$ precipitat alb, treptat devine brun	$Mg(OH)_2$ , precipitat alb, solubil în $NH_4Cl$	$Bi(OH)_3$ , precipitat alb	$Sb(OH)_3$ , precipitat alb, solubil în exces de reactiv
$NaOH + H_2O_2$	$Fe(OH)_3$	$Fe(OH)_3$	$MnO(OH)_2$ precipitat negru-brun	$Mg(OH)_2$	$Bi(OH)_3$	$SbO(OH)_3$
$NH_3$	$Fe(OH)_2$	$Fe(OH)_3$	$Mn(OH)_2$	$Mg(OH)_2$	$Bi(OH)_3$	$Sb(OH)_3$
$NH_3 + H_2O_2$	$Fe(OH)_3$	$Fe(OH)_3$	$MnO(OH)_2$	$Mg(OH)_2$	$Bi(OH)_3$	$SbO(OH)_3$
$H_2S$	$FeS$ , precipitat negru, solubil în acizi	$Fe_2S_3$ , precipitat negru, solubil în acizi	$MnS$ , precipitat de culoarea pielei, solubil în acizi	–	$Bi_2S_3$ , precipitat negru	$Sb_2S_3$ , precipitat portocaliu, solubil în $(NH_4)_2S$
$Na_2CO_3$	$FeCO_3$ , precipitat alb, devine roșu-brun	$Fe(OH)CO_3$ , precipitat brun	$MnCO_3$ , precipitat alb, solubil în acizi	$Mg(OH)_2CO_3$ , precipitat alb, solubil în acizi și $NH_4Cl$	$Bi(OH)CO_3$ , precipitat alb	$Sb(OH)_3$
$Na_2HPO_4$	$Fe_3(PO_4)_2$ , precipitat alb, solubil în acid acetic	$FePO_4$ , precipitat gălbui, solubil în acid acetic	$Mn_3(PO_4)_2$ , precipitat alb, solubil în acid acetic	$MgHPO_4$ , precipitat alb, solubil în acid acetic	$BiPO_4$ , precipitat alb, insolubil în acid acetic	–

## 6. Reacțiile de identificare ale ionului de cupru $\text{Cu}^{2+}$

### 6.1. Reacția cu metalele active

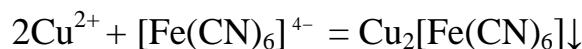
Aluminiul, fierul, zincul și alte metale active reduc ionul de  $\text{Cu}^{2+}$  până la cupru metalic:



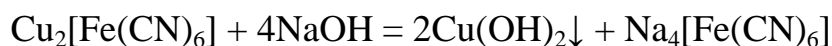
Cuprul ce se elimină se depune sub formă de masă spongioasă de culoare roșietică. Această reacție poate fi folosită la separarea ionului  $\text{Cu}^{2+}$  de ionul  $\text{Cd}^{2+}$ .

### 6.2. Reacția cu hexacianoferatul (II) de potasiu $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

Hexacianoferatul (II) de potasiu precipită din soluțiile acide ionul de  $\text{Cu}^{2+}$ , formând un precipitat roșu-brun:

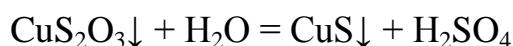
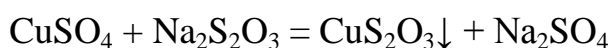


Precipitatul este solubil în soluția de amoniac și se descompune în mediu alcalin.

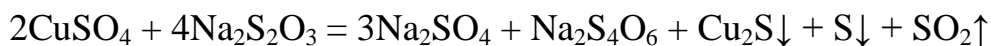


### 6.3. Reacția cu tiosulfatul de sodiu $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Tiosulfatul de sodiu luat în cantități echivalente, precipită ionul de  $\text{Cu}^{2+}$ , formând un precipitat negru:



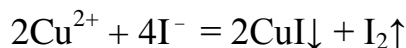
În exces de reactiv, la încălzire și mediu acid se sedimentează  $\text{Cu}_2\text{S}$  de culoare brună-închis și sulf liber:



Această reacție poate fi folosită la separarea ionului de  $\text{Cu}^{2+}$  de cationii  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ , care nu sunt precipitați de tiosulfatul de sodiu.

Un efect analog are cu acest reactiv și cationul  $\text{Hg}^{2+}$ , însă produsul  $\text{HgS}$  este insolubil în acid azotic diluat, pe când  $\text{CuS}$  și  $\text{Cu}_2\text{S}$  se dizolvă în soluție diluată de acid acetic. Verificați solubilitatea și scrieți ecuațiile reacțiilor.

### 6.4. Reacția cu iodura de potasiu $\text{KI}$

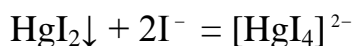
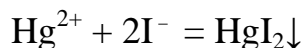


Care este efectul analitic al reacției?

## 6.1. Reacțiile de identificare ale ionului de mercur $\text{Hg}^{2+}$

### 6.1.1. Reacția cu iodura de potasiu

Iodura de potasiu precipită ionul de  $\text{Hg}^{2+}$ , formând un sediment de culoare roșie, care este solubil în exces de reactiv.

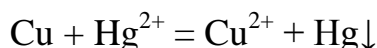


Reacția este jenată de cationii  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ .

### 6.1.2. Reacția cu cuprul metalic

O placă de cupru (sau o monedă) introdusă într-o soluție acidulată de sare de mercur (II) se acoperă cu un reziduu argintiu de mercur.

Ionul de mercur poate fi redus până la mercur liber și de sărurile de staniu (II).



## 6.2. Reacțiile de identificare ale ionului de nichel $\text{Ni}^{2+}$

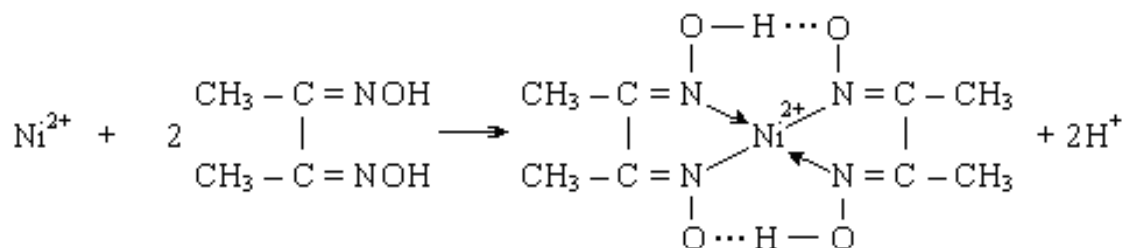
### 6.2.1 Reacția cu reactivul Ciugaev

Dimetilgloxima formează cu sărurile de nichel (II), în mediu amoniacal, un precipitat roșu mătășos.

Reacția este împiedicată de prezența unor cationi, care formează la acțiunea  $\text{NH}_3$  precipitate colorate (de exemplu  $\text{Fe}^{3+}$ ).

Cationul de  $\text{Fe}^{2+}$ , care de asemenea prezintă interferențe poate fi ușor înlăturat, oxidându-l în  $\text{Fe}^{3+}$  cu  $\text{H}_2\text{O}_2$  sau  $\text{HNO}_3$ , iar ionul de  $\text{Fe}^{3+}$  se fixează cu  $\text{NaF}$  sub formă de complex solubil incolor  $[\text{FeF}_6]^{3-}$ .

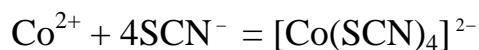
Reacția poate fi specifică pentru  $\text{Ni}^{2+}$ , dacă se efectuează prin metoda de picurare pe hârtie de filtru în prezența  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ .



### 6.3. Reacțiile de identificare ale ionului de cobalt $\text{Co}^{2+}$

#### 6.3.1. Reacția cu tiocianatul de amoniu $\text{NH}_4\text{SCN}$

Ionul de  $\text{Co}^{2+}$  formează cu  $\text{NH}_4\text{SCN}$  un compus complex de culoare albastră. Complexul este mai stabil în solvenți organici.



Sensibilitatea reacției crește dacă la soluția obținută se adaugă alcool etilic, care datorită agitării complexul se dizolvă și se ridică la suprafață colorând stratul superior al solventului în albastru-intens. Ionii de  $\text{Fe}^{3+}$  împiedică determinarea cobaltului cu acest reactiv, care formează un complex colorat în roșu aprins și maschează culoarea albastră a complexului cobaltului.

Prezența  $\text{Fe}^{3+}$  poate fi mascată prealabil cu acid oxalic, fluorură de sodiu sau acid fosforic, care formează complecși stabili incolori. Reacția se poate efectua și pe hârtie de filtru.

#### 6.3.2. Reacția pe cale uscată

O fâșie de hârtie de filtru se umezește cu o soluție de sare de zinc (sau aluminiu), se usucă puțin, apoi se tratează cu soluție de sare de cobalt (II), iarăși se usucă și apoi se arde. Observați culoarea cenușii și scrieți ecuațiile reacțiilor.

6.3.3. Efectuați experiențele expuse în tabelul 2, controlați solubilitatea precipitatelor în acizi și exces de bază alcalină. Scrieți ecuațiile reacțiilor corespunzătoare (individual).

**Tabelul 2**

**Produsele reacțiilor analitice comune și selective ale cationilor grupei VI analitice**

Reactivii	Cationii				
	$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Hg}^{2+}$	$\text{Co}^{2+}$	$\text{Ni}^{2+}$	$\text{Cd}^{2+}$
NaOH	$\text{Cu}(\text{OH})\text{Cl}$ , precipitat verde-albastru	$\text{HgO}$ , precipitat galben	$\text{Co}(\text{OH})\text{Cl}$ , precipitat albastru	$\text{Ni}(\text{OH})\text{Cl}$ , precipitat verde	$\text{Cd}(\text{OH})_2$ , precipitat alb
$\text{NH}_3$ , soluție diluată	$\text{Cu}(\text{OH})\text{Cl}$	$[\text{HgNH}_2]\text{Cl}$ , precipitat alb	$\text{Co}(\text{OH})\text{Cl}$	$\text{Ni}(\text{OH})\text{Cl}$	$\text{Cd}(\text{OH})_2$
$\text{NH}_3$ , soluție concentrată	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ , soluție albastră-înșchis	$[\text{HgNH}_2]\text{Cl}$	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ , soluție galbenă-cenușie	$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ , soluție albastră	$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ , soluție incoloră
$\text{NH}_3(\text{conc}) +$ $\text{NH}_4\text{Cl}$	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$	$[\text{HgNH}_2]\text{Cl}$ , soluție incoloră	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$	$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$	$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$
$\text{H}_2\text{S}$ sau ( $\text{HCl} + \text{Na}_2\text{S}$ )	$\text{CuS}$ , precipitat negru	$\text{HgS}$ , precipitat negru	$\text{CoS}$ , precipitat negru	$\text{NiS}$ , precipitat negru	$\text{CdS}$ , precipitat galben
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{CuCO}_3$ , precipitat albastru	$\text{HgO}$ , $\text{HgCO}_3$ , precipitat brun	$(\text{CoOH})_2\text{CO}_3$ , precipitat albastru	$\text{NiCO}_3$ , precipitat verde	$\text{CdCO}_3$ , precipitat alb
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	$\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ , precipitat albastru	$\text{HgHPO}_4$ , precipitat alb	$\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2$ , precipitat violet	$\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2$ , precipitat verde	$\text{CdHPO}_4$ , precipitat alb

**Lucrare de laborator № 4*****Analiza amestecului de cationi din grupa IV analitică***

1. Analiza sistematică a amestecului de cationi din grupa IV se efectuează în trei etape: detectarea și identificarea cationilor de aluminiu și staniu, detectarea cationilor de zinc, identificarea cationilor de crom.

Într-o eprubetă se i-au 6-7 picături soluție de analizat, se adaugă 8 picături soluție de amoniac și 6-7 picături soluție peroxid de hidrogen. Amestecul primit se încălzește 6-7 min. pe baia de apă. Precipitatul obținut ( $\text{Al(OH)}_3$  și  $\text{Sn(OH)}_4$ ) se separă prin centrifugare.

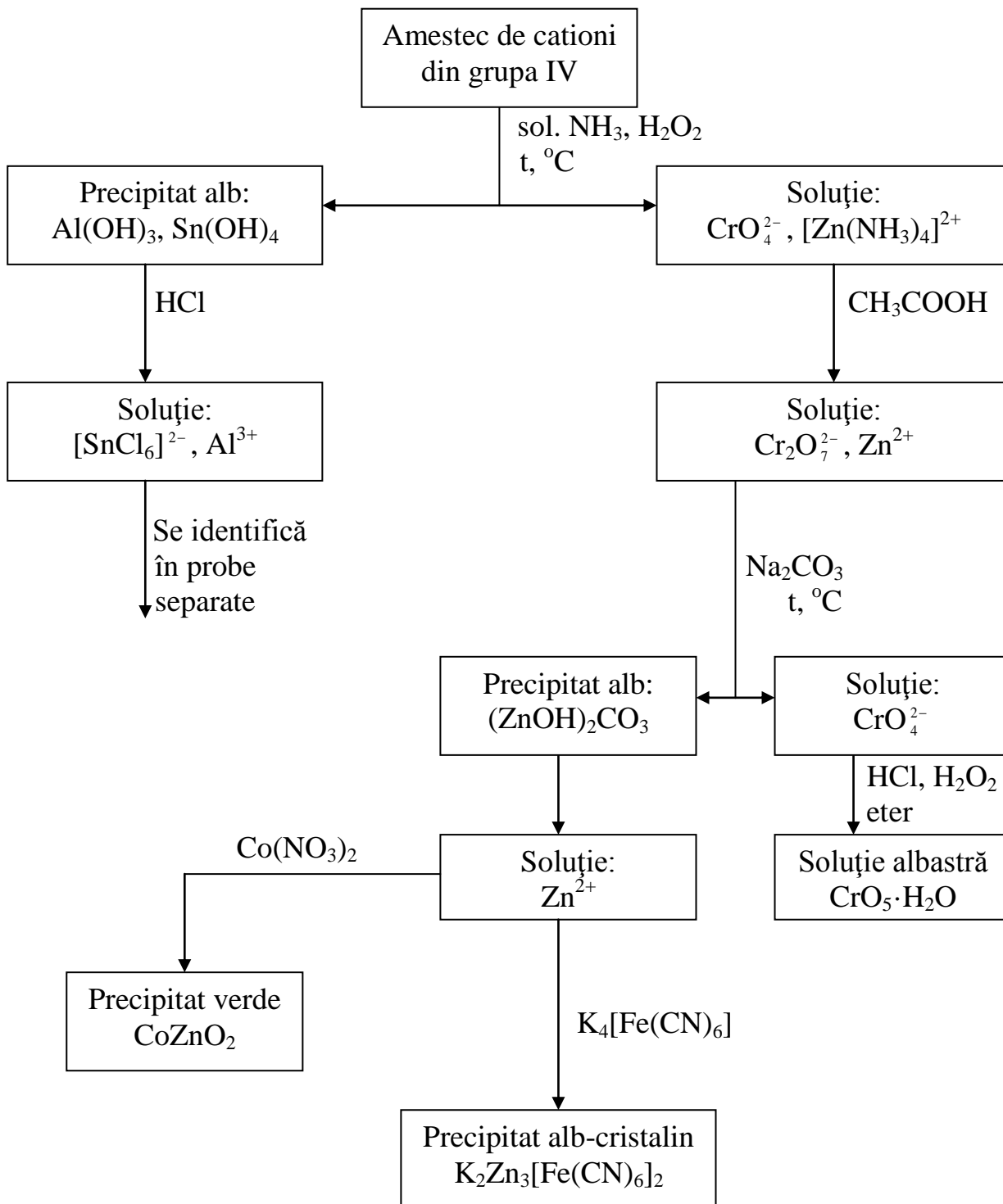
Centrifugatul (soluția) se trece atent cu ajutorul unei pipete în altă eprubetă. Precipitatul se dizolvă în 5-6 picături soluție de acid clorhidric, iar soluția primită se împarte în două părți, una pentru depistarea aluminiului, alta pentru staniu.

Prezența ionului de aluminiu se poate confirma cu ajutorul alizarinei sau a soluției  $\text{Co(NO}_3)_2$ . Ionii  $\text{Sn(IV)}$  se depistează cu  $\text{Bi(NO}_3)_3$ , prealabil reducându-i la  $\text{Sn}^{2+}$ . Centrifugatul, care poate conține anionii  $\text{CrO}_4^{2-}$  și amiacatul de zinc  $[\text{Zn(NH}_3)_4]^{2+}$  se neutralizează cu acid acetic (adăugând acidul cu picătura și agitând cu bagheta de sticlă) și se încălzește pe baia de apă 2-5 min., apoi se adaugă 5-6 picături carbonat de sodiu. Precipitatul primit este sarea bazică  $(\text{ZnOH})_2\text{CO}_3$ , care se separă prin centrifugare și se dizolvă în câteva picături soluție de acid acetic. În soluția primită, cu ajutorul reactivilor se poate confirma prezența ionilor de zinc.

Centrifugatul, după separarea sării  $(\text{ZnOH})_2\text{CO}_3$  poate conține anionii cromat, care pot fi depistați în formă de  $\text{CrO}_6^-$  (vezi reacția 4.2.6.).

2. Analiza amestecului de cationi din grupa IV se poate de efectuat și prin metoda fracționată. La început se recomandă de depistat ionii  $\text{Sn}^{2+}$ , pentru a exclude influența procesului de „îmbătrânire”, care poate duce la pierderea lui. Ionii de  $\text{Sn}^{2+}$  și  $\text{Sn}^{4+}$  se determină în probe aparte cu soluția nitratului de bismut.

Cationii  $\text{Cr}^{3+}$  se determină în probă aparte în reacția de oxidare cu  $\text{H}_2\text{O}_2$  până la  $\text{CrO}_5$  (peroxid de crom). Ionii  $\text{Zn}^{2+}$  se pot analiza cu ajutorul sulfurii de hidrogen,  $\text{Al}^{3+}$  – cu alizarina sau aluminona.



**Fig. 2** Schema analizei sistematice a amestecului de cationi din grupa IV analitică



**Lucrare de laborator № 5*****Analiza amestecului de cationi din grupa V analitică***

La efectuarea analizei sistematice a amestecului de cationi din grupa V analitică este nevoie de conștientizat particularitățile specifice ale compușilor lor: hidrolizarea sărurilor de bismut și stibiu, solubilitatea sării bazice a stibiului în acid tartric, solubilitatea mică a oxidului de mangan (IV) în  $\text{HNO}_3$  diluat, solubilitatea  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  în clorura de amoniu.

1. Detectarea cationilor  $\text{Fe}^{2+}$  și  $\text{Fe}^{3+}$  se efectuează în probe aparte de soluție de analizat în prezența celorlalți cationi din grupa V respectiv cu soluțiile  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  și  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  în mediu de acid clorhidric  $\text{HCl}$ .

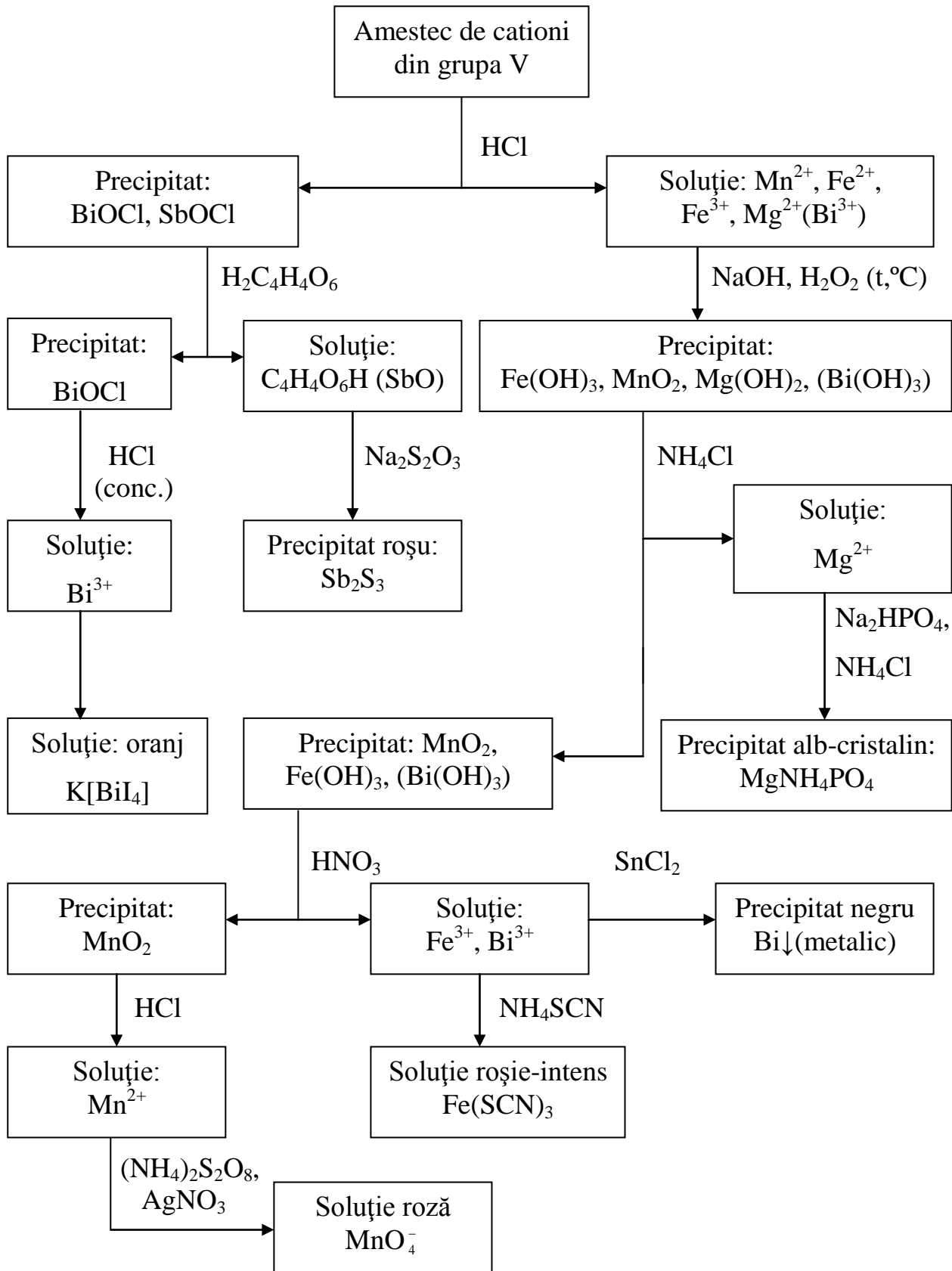
**2. Identificarea ionilor de stibiu și bismut**

În cazul, când soluția de analizat conține precipitat se va dizolva în  $\text{HCl}$ , aducând soluția la un  $\text{pH}=4-6$ , apoi se adaugă un volum de  $\text{H}_2\text{O}$  distilată de 5 ori mai mare. Precipitatul obținut v-a conține sărurile bazice de bismut și de stibiu. După separare, precipitatul se prelucrează cu soluție de acid tartric de 1M, dizolvând sarea bazică de stibiu, iar  $\text{BiOCl}$  v-a rămâne în precipitat. În soluția primită cu  $\text{H}_2\text{S}$  se poate identifica ionul  $\text{Sb}^{3+}$ . Precipitatul  $\text{BiOCl}$  se spală cu apă distilată și se dizolvă în acid clorhidric concentrat. Ionii de  $\text{Bi}^{3+}$  din soluția primită se identifică cu  $\text{SnCl}_2$  în mediu bazic sau altă reacție specifică. Centrifugatului (filtratul), care poate conține cationii  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  se prelucrează cu soluție de bază alcalină, apoi se adaugă peroxid de hidrogen, se încălzește și se centrifughează.

**3. Identificarea cationilor  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$** 

Precipitatul format  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  se prelucrează cu soluție  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , pentru dizolvarea hidroxidului de magneziu. Precipitatul se separă și se adaugă  $\text{HNO}_3$  diluat, pentru a dizolva  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Bi}(\text{OH})_3$ . În soluția obținută după separare cu ajutorul reactivilor specifici se identifică prezența ionilor de  $\text{Fe}^{3+}$  și  $\text{Bi}^{3+}$  în probe aparte.

Precipitatul  $\text{MnO}_2$  se dizolvă în  $\text{HCl}$  diluat, apoi se identifică cu soluția persulfatului de amoniu și 1-2 picături soluție  $\text{AgNO}_3$  (incolor  $\text{Mn}^{2+} \rightarrow \text{MnO}_4^-$  roz).



**Fig. 3** Schema analizei sistematice a amestecului de cationi din grupa V analitică

## Lucrare de laborator № 6

### *Analiza amestecului de cationi din grupa VI analitică*

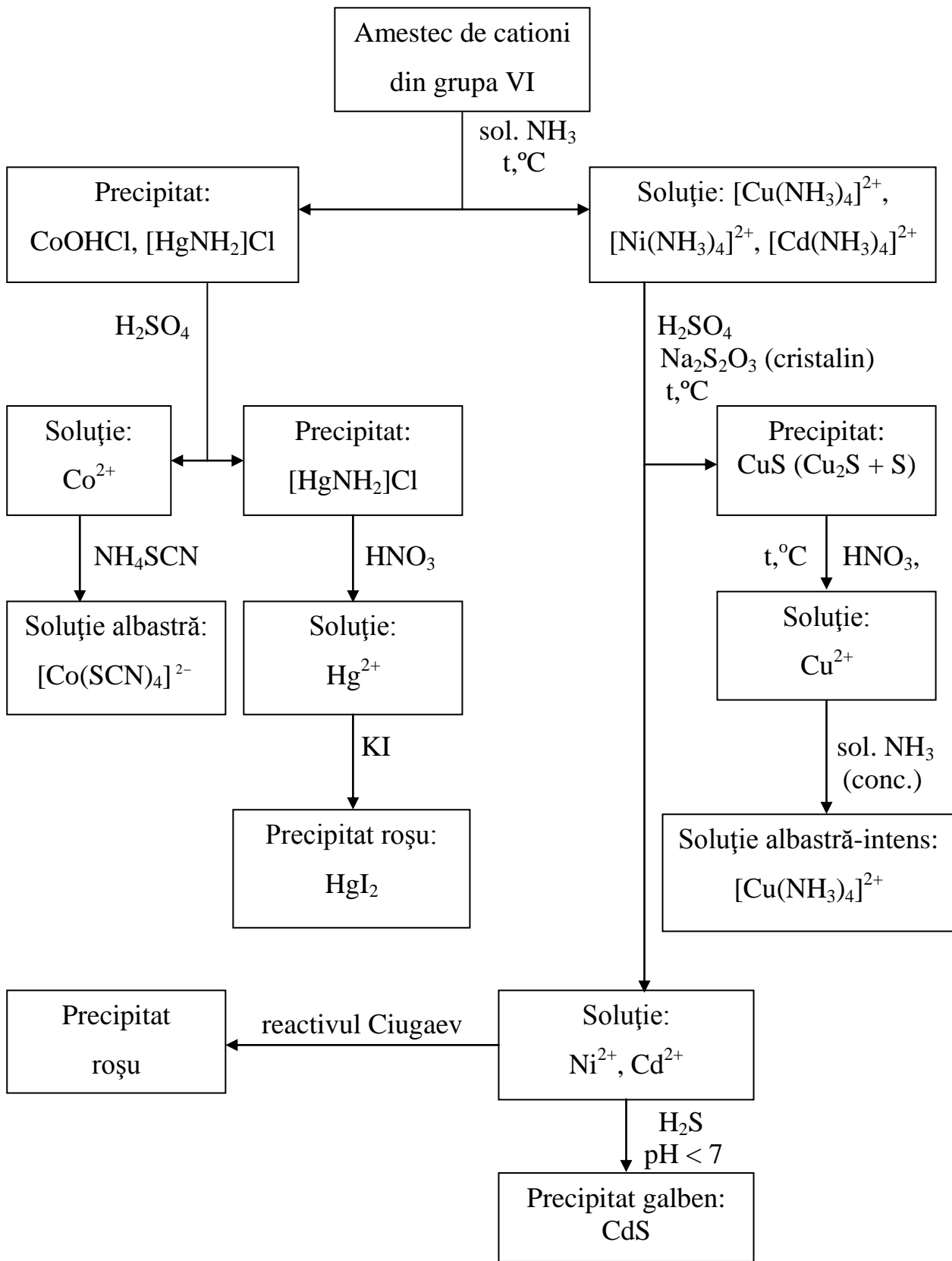
Inițial este nevoie de examinat preventiv exteriorul soluției propuse pentru analiză și de presupus prezența anumitor ioni, lipsa colorației soluției v-a indica și absența cationilor respectivi ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ).

La baza analizei amestecului de cationi din grupa VI este interacțiunea lor cu soluția de amoniac și cu tiosulfatul de sodiu.

1. Într-o eprubetă se i-au 10-12 picături soluție de analizat, se adaugă un exces (20 picături) soluție de amoniac și se agită cu o baghetă de sticlă. Amestecul se încălzește pe baia de apă 2-3 min. după care se centrifughează.

În precipitat (I) va cădea sarea bazică  $\text{CoOHCl}$  și clorura de mercuramoniu  $[\text{HgNH}_2]\text{Cl}$ . Centrifugatul (I) v-a putea conține amoniacații:  $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ,  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ . La precipitatul (I) se adaugă 5-6 picături soluție  $\text{H}_2\text{SO}_4$  diluată, care duce la dizolvarea sării  $\text{CoOHCl}$ , iar  $[\text{HgNH}_2]\text{Cl}$  v-a rămâne în precipitat (II). Precipitatul (II) se separă, iar în centrifugatul (II) se verifică prezența ionilor de  $\text{Co}^{2+}$  cu soluția rodanurii de amoniu. Precipitatul (II) se dizolvă în 5 picături soluție acid azotic, unde se mai adaugă 6-8 picături de apă distilată și în soluția primită se poate identifica ionul  $\text{Hg}^{2+}$  cu soluția KI.

2. Din centrifugatul (I) se i-au într-o eprubetă 10 picături, unde se adaugă cu picătura soluție  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (tot timpul agitând cu bagheta), până la mediul acid după hârtia de lacmus. După aceasta se mai adaugă 1-2 picături de acid și 2-3 cristale de tiosulfat de sodiu, încălzind pe baia de apă 3-4 min. Cationul de cupru v-a cădea în sediment sub formă de  $\text{CuS}$ , iar în soluție vor rămâne cationii  $\text{Ni}^{2+}$  și  $\text{Cd}^{2+}$ . Precipitatul se separă prin centrifugare și se dizolvă în 4-5 picături de  $\text{HNO}_3$  diluat la temperatură. În soluția primită se poate identifica ionul  $\text{Cu}^{2+}$  cu soluția de amoniac concentrată. Centrifugatul, după separarea  $\text{CuS}$  poate conține ionii  $\text{Ni}^{2+}$  și  $\text{Cd}^{2+}$ , de acea se împarte în două eprubete unde respectiv cu dimetilgloxima se identifică  $\text{Ni}^{2+}$  și cu soluția  $\text{H}_2\text{S}$  ionul de  $\text{Cd}^{2+}$ .



**Fig. 4** Schema analizei sistematice a amestecului de cationi din grupa VI analitică

## Lucrare de laborator № 7

### *Analiza amestecului de cationi din grupele I – VI analitice*

#### Cercetări preliminare

La efectuarea analizei amestecului de cationi în primul rând se va atrage atenția la culoarea și mediul soluției. Lipsa colorației ne dă posibilitatea de a presupune, că în soluție lipsesc cationii  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ .

Reacția neutră a soluției arată că pot lipsi din amestec cationii  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$  și  $\text{Hg}^{2+}$ . Apoi în probe separate de soluție de analizat se controlează reacțiile cu HCl și  $\text{H}_2\text{SO}_4$  diluați, de asemenea și cu soluția de  $\text{SnCl}_2$ .

Dacă la adăugarea acidului sulfuric la o probă separată de soluție de analizat precipitatul nu se formează, atunci în soluție lipsesc cationii  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  și probabil cationul de  $\text{Ca}^{2+}$ . Dacă la proba cu soluție HCl nu se observă sediment, atunci se poate de presupus, că cationii de  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$  și, probabil, cationul de  $\text{Pb}^{2+}$  lipsesc din amestec.

Adăugând la alte porții de soluție de analizat NaOH și clorură de staniu (II) nu se observă formarea precipitatului negru, atunci în soluție lipsesc cationii  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ .

**1. Analiza amestecului de cationi, când soluția de analizat conține precipitat**

#### a) Analiza amestecului cu separarea precipitatului

Separăți precipitatul și analizați aparte precipitatul și soluția. Pentru aceasta luați 2-3 ml soluție de analizat primită (o parte se lasă pentru repetarea sau controlul analizei), agitați conținutul și centrifugați-l (filtrați-l).

#### Identificarea cationului de $\text{Pb}^{2+}$

Precipitatul se spală cu 6-8 picături de apă distilată fierbinte, se centrifughează și la centrifugat se adaugă soluție KI.

#### Identificarea ionului Sb(III)

Precipitatul după separarea ionului de  $\text{Pb}^{2+}$  se spală cu 8-10 picături soluție HCl (2M).

Centrifugatul atent cu pipeta se trece în altă eprubetă și se diluează cu 5 volume de apă distilată. Dacă în acest caz apare precipitat, atunci el se filtrează și pe filtru se tratează cu 2-3 picături  $\text{Na}_2\text{S}$ .

Dacă este prezent cationul  $\text{Sb(III)}$ , atunci apare o colorație portocalie.

Detectarea cationilor  $\text{Ag}^+$  și  $\text{Hg}_2^{2+}$

După separarea clorurii de plumb și oxoclorurii de stibiu (III) cationii de  $\text{Ag}^+$  și  $\text{Hg}_2^{2+}$  se identifică cu reacțiile individuale (specifice).

Identificarea cationilor  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  și  $\text{Pb}^{2+}$

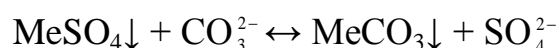
Acești cationi se detectează în precipitat după înlăturarea cationilor de  $\text{Ag}^+$  și  $\text{Hg}_2^{2+}$ . Pentru aceasta, după prelucrarea cu soluție de amoniac, precipitatul se spală de două ori a câte 4-5 picături de apă distilată. După aceasta precipitatul de câteva ori se spală cu soluție  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (30%) fierbinte până la înlăturarea completă a cationului de  $\text{Pb}^{2+}$  și a clorurii de mercuramoniu.

După separarea cationilor grupei II și  $\text{Pb}^{2+}$  se va trece la detectarea cationilor grupei III analitice.

Pentru aceasta la 2-3 picături de suspensie (precipitat) se adaugă aceeași cantitate de soluție  $\text{HCl}$  (2M). Dacă precipitatul se dizolvă, atunci se efectuează analiza amestecului conform punctului 6 din lucrarea de laborator nr. 2.

Dacă precipitatul nu se dizolvă în  $\text{HCl}$ , atunci la 10-15 picături de suspensie de analizat se adaugă exces soluție  $\text{H}_2\text{SO}_4$  diluat, se încălzește și se centrifughează. Precipitatul (sulfatii cationilor grupei III) se separă și la el se adaugă 10-15 picături soluție saturată de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , se amestecă bine și se încălzește pe baia de apă timp de 5-7 min.

Amestecul se centrifughează, centrifugatul se aruncă, iar precipitatul se tratează încă de câteva ori cu soluție saturată de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . În urma acestui procedeu are loc deplasarea echilibrului reacției:



Precipitatul de carbonați se spală bine cu apă și se dizolvă în acid acetic. O mică parte de precipitat ce nu s-a dizolvat (rămășița de sulfatii) se centrifughează și se

aruncă, iar centrifugatul, în care sunt prezenți cationii grupei III, se analizează în modul expus în punctul 6 (lucrarea № 2).

b) Analiza amestecului fără separarea precipitatului

Soluția cu precipitat se agită și o parte din ea (2-3 ml) se analizează, iar altă parte se lasă pentru control.

Prin cercetări prealabile se poate detecta ionul  $\text{NH}_4^+$  la încălzire cu NaOH, cationul de  $\text{Fe}^{2+}$  în mediu acid cu  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  și  $\text{Fe}^{3+}$  tot în mediu acid cu  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ .

După cercetări prealabile la 2 ml amestec se adaugă 6-7 picături soluție  $\text{HNO}_3$  (2M), se amestecă bine și se încălzește pe baia de apă. Amestecul se răcește, se adaugă 5 picături HCl (conc.) și se lasă 2-3 min., după care se centrifughează .

Precipitatul și centrifugatul se analizează după metoda expusă mai sus.

**2. Analiza amestecului când soluția de analizat nu conține precipitat**

Prin cercetări prealabile din probe aparte se detectează cationii de  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  și  $\text{Fe}^{3+}$ .

Separarea și identificarea cationilor  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$  și  $\text{Hg}_2^{2+}$  se efectuează ca și la analiza amestecului de cationi gr. I – III. După separare în centrifugatul (I) vor fi prezenți cationii grupelor I, III, IV, V și VI analitice.

Detectarea cationilor grupei III analitice

Centrifugatul după separarea sărurilor  $\text{PbCl}_2$ ,  $\text{AgCl}$  și  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  se tratează cu 8-10 picături soluție  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (2N), se încălzește 4-5 min. și se lasă puțin timp.

Se centrifughează și se procedează după modelele explicate mai sus.

Identificarea cationilor  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$  și  $\text{Na}^+$

Se ia 1ml centrifugat (după înlăturarea cationilor grupei III), se neutralizează cu soluție  $\text{NH}_3$  (conc.) până la mediu slab bazic, apoi se adaugă  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ .

Precipitatul se separă prin centrifugare, iar soluția se evaporă până la sec (controlați cu reactivul Nessler prezența  $\text{NH}_4^+$ ).

Reziduu călit se dizolvă în 5-6 picături de apă distilată și se identifică cationii  $\text{K}^+$  și  $\text{Na}^+$  cu reactivii individuali.

Detectarea și identificarea cationilor grupelor IV–VI analitice

Centrifugatul după separarea gr. III se neutralizează cu soluție NaOH până la pH=10-12, cu soluție H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> încălzește pe baia de apă 2-3 min. și se centrifughează. În precipitat se găsesc hidroxizii cationilor din grupele V și VI, iar în centrifugat rămân cationii grupei IV sub formă de hidroxocomplecși (Na<sub>3</sub>[Al(OH)<sub>6</sub>], Na<sub>2</sub>[Sn(OH)<sub>6</sub>], Na<sub>2</sub>[Zn(OH)<sub>4</sub>], Na<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>).

Precipitatul se separă de centrifugat și se analizează aparte, iar centrifugatul se tratează cu soluție HCl pentru a transforma hidroxocomplecșii în cationi de Al<sup>3+</sup> și Zn<sup>2+</sup>.

Compușii cromului rămân în soluție sub formă de Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> (culoare portocalie).

Analiza centrifugatului în care pot fi prezenți ionii Al<sup>3+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>, Sn(II).

Prealabil într-o porțiune de soluție de analizat se identifică ionul Sn<sup>2+</sup>, deoarece el poate fi oxidat pe parcurs în Sn(IV).

Separarea ionilor de Sn<sup>2+</sup> și Al<sup>3+</sup> de ionii Cr<sup>3+</sup> și Zn<sup>2+</sup>

La 10-15 picături de centrifugat se adaugă o cantitate echivalentă de NH<sub>3</sub>(conc.) și 5-6 picături soluție H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, se încălzește pe baia de apă apoi se centrifughează.

În precipitatul (I) poate fi posibilă prezența Al(OH)<sub>3</sub> și Sn(OH)<sub>4</sub>, iar în centrifugat (I) ionii Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> și [Zn(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup>.

Precipitatul (I) se spală cu apă distilată, apoi se dizolvă în HCl. Soluția obținută se împarte în două părți. În prima se identifică ionul de Al<sup>3+</sup> cu alizarina sau pe cale uscată cu Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, iar Sn(IV) poate fi redus cu fierul până la Sn<sup>2+</sup>, care apoi poate fi identificat cu Bi(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> (consultați reacția 4.3.5).

Centrifugatul (I) obținut după separarea ionilor de Al<sup>3+</sup> și Sn<sup>2+</sup> poate avea culoarea galbenă (prezența ionului Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>) sau poate fi incolor. La 7-10 picături centrifugat se adaugă exces de CH<sub>3</sub>COOH și se fierbe până la înlăturarea excesului de acid acetic, apoi se adaugă soluție Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (conc.) și se încălzește pe baia de apă. Precipitatul (II) alb (ZnOH)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> se separă de centrifugat (II), care se dizolvă într-o cantitate minimă de HCl și ionul de Zn<sup>2+</sup> se identifică cu Na<sub>2</sub>S sau K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>].



Dacă centrifugatul (II) este de culoare galbenă, atunci se identifică ionul  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  cu  $\text{H}_2\text{O}_2$  în mediu acid cu formare de acid perchromic de culoare albastră. Precipitatul rămas (hidroxizii cationilor grupelor V-VI analitice) după separarea hidroxocomplecșilor cationilor grupei IV se tratează cu  $\text{HNO}_3$  diluat la încălzire. Acea parte mică a precipitatului care nu s-a dizolvat în  $\text{HNO}_3$  se separă și se aruncă.

La centrifugat se adaugă un volum triplu soluție  $\text{NH}_3(\text{conc.})$  și  $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{conc.})$  și se încălzește pe baia de apă 5-7 min. după care precipitatul se separă prin centrifugare. Precipitatul care conține hidroxizii cationilor din grupa V analitică se dizolvă în acid clorhidric și se identifică prin metoda fracționată, folosind pentru identificarea cationilor reacțiile specifice cele mai sensibile (consultați punctul 5, lucrarea de laborator № 3).

Centrifugatul obținut după separarea grupei V de cationi include cationul  $\text{Mg}^{2+}$  și cationii grupei VI sub formă de amoniacați solubili. Într-o porțiune aparte de centrifugat se identifică ionul de  $\text{Mg}^{2+}$  cu  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (reacția microcristaloscopică). Cealaltă parte a centrifugatului se acidulează cu sol.  $\text{HCl}$ , unde are loc transformarea cationilor  $[\text{Me}(\text{NH}_3)_n]^{2+}$  în  $\text{Me}^{2+}$  și se identifică fiecare cation prin metoda fracționată (consultați punctul 6, lucrarea de laborator № 3).

Soluția incoloră indică lipsa cationilor  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  și  $\text{Co}^{2+}$ .

- De repetat reacțiile de identificare ale cationilor grupelor I – VI analitice.

## **Lucrare de laborator № 8**

### ***Reacțiile de identificare ale anionilor grupelor I, II, III analitice***

#### **Clasificarea anionilor. Reactivii de grupă**

În funcție de comportarea față de reactivii  $\text{AgNO}_3$  și  $\text{BaCl}_2$ , toți anionii se împart în trei grupe analitice.

**Grupa I de anioni:**  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$ .

Reactivul de grupă este soluția diluată de  $\text{BaCl}_2$  în mediu neutru sau slab bazic. În aceste condiții reactivul de grupă precipită toți cationii enumerați (anionul  $\text{SO}_4^{2-}$  poate fi precipitat și în mediu acid).

Grupa II de anioni:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{IO}_3^-$ . Reactivul de grupă este soluția diluată de  $\text{AgNO}_3$  în mediu de acid azotic. Toți anionii enumerați formează cu  $\text{AgNO}_3$  săruri insolubile în acid azotic diluat ( $\text{Ag}_2\text{S}$  – solubil la încălzire).

Nitratul de argint formează săruri insolubile în apă și cu anionii grupei I analitice, însă în prezența acidului azotic el precipită numai anionii grupei II.

Grupa III de anioni:  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ . Lipsește reactivul de grupă.

La analiza amestecului de anioni deseori sunt folosiți și alți reactivi comuni (de grupă), care ne permit să determinăm prezența sau lipsa anumitor grupe de anioni. De exemplu:

a) Soluția diluată de  $\text{KMnO}_4$  în prezența acidului sulfuric se decolorează la acțiunea anionilor reducători  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ .

b) Soluția de iod în KI e decolorată de următorii anioni reducători (puternici):  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ .

c) Soluția de KI reduce următorii anioni oxidanți  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  până la NO, rezultând iod elementar.

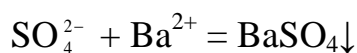
d) Soluția diluată de HCl descompune sărurile acizilor volatili, formând acizi liberi ce se degajă ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) sau acizi instabili, care se descompun cu formare de gaze ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ). Deci, soluția de HCl poate fi folosită ca reactiv de grupă pentru anionii  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$  și  $\text{CO}_3^{2-}$ .

e) Sărurile solubile de plumb formează compuși puțin solubili cu anionii grupelor analitice I și II și nu precipită anionii din grupa III analitică.

### 1. Reacțiile de identificare ale anionului $\text{SO}_4^{2-}$

#### 1.1. Reacția cu clorura de bariu $\text{BaCl}_2$ (sau $\text{CaCl}_2$ )

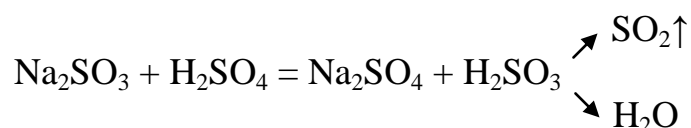
La 2-3 picături soluție a unei sări a acidului sulfuric se adaugă același volum de soluție  $\text{BaCl}_2$ . Încercați solubilitatea precipitatului alb obținut în HCl,  $\text{HNO}_3$ . Reacția poate fi efectuată și în prezența lui  $\text{KMnO}_4$ . Care va fi efectul analitic?



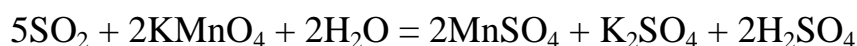
1.2. Reacția cu acetatul de plumb  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 

Acetatul de plumb precipită anionul  $\text{SO}_4^{2-}$  sub formă de sulfat de plumb, alb cristalin, solubil în exces de NaOH, acizi minerali și  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ .

Efectuați experiențele respective și scrieți ecuațiile reacțiilor.

1.1. Reacțiile de identificare ale anionului  $\text{SO}_3^{2-}$ 1.1.1. Reacția cu acizii  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (HCl)

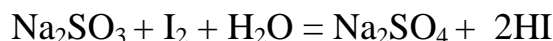
Oxidul de sulf (IV) ce se elimină se recunoaște ușor după mirosul caracteristic de sulf ars și după proprietatea lui de a decolora soluțiile de iod și  $\text{KMnO}_4$ .



## 1.1.2. Reacția de oxidare cu apa de iod

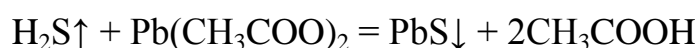
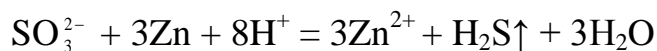
La 5-6 picături soluție diluată de iod în KI acidulată cu același volum de HCl diluat se adaugă cu picătura soluție de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ .

Se observă decolorarea soluției de iod.



## 1.1.3. Reacția de reducere cu Zn metalic

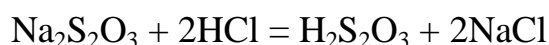
Zincul metalic în mediu de acid HCl reduce anionul  $\text{SO}_3^{2-}$  până la  $\text{H}_2\text{S}$ . Gazul eliminat se depistează cu ajutorul unei hârtii de filtru îmbibată cu acetat de plumb, care fiind ținută deasupra eprubetei se înnegrește.

1.1.4. Reacția cu clorura de stronțiu  $\text{SrCl}_2$ 

Clorura de stronțiu sedimentează sulfiții sub formă de precipitat alb  $\text{SrSO}_3$ . Efectuați reacția și verificați solubilitatea precipitatului în baze și acizi, scrieți ecuațiile reacțiilor corespunzătoare.

## 1.2. Reacțiile de identificare ale anionului $S_2O_3^{2-}$

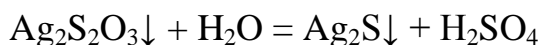
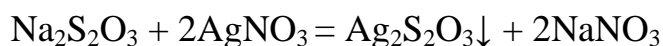
### 1.2.1. Reacția cu acizii minerali ( $H_2SO_4$ , $HCl$ )



Ce se petrece peste în timp cu soluția? Cum poate fi depistat gazul ce se elimină?

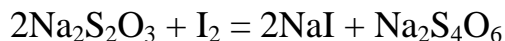
### 1.2.2. Reacția cu nitratul de argint $AgNO_3$

Nitratul de argint formează cu sărurile acidului tiosulfuric precipitat alb, solubil în exces de  $Na_2S_2O_3$ , care treptat se întunecă la culoare:



### 1.2.3. Reacția de oxidare cu apa de iod

Soluția de iod este decolorată de tiosulfați, formându-se săruri ale acidului tetracionic  $H_2S_4O_6$ :

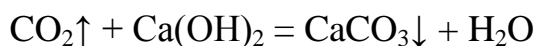


Anionul  $S_2O_3^{2-}$  este oxidat analogic și de  $Fe^{3+}$ . Oxidanții mai puternici ( $Cl_2$ ,  $K_2CrO_4$ ,  $KMnO_4$ ) oxidează tiosulfații până la sulfați.

## 1.3. Reacțiile de identificare ale anionului $CO_3^{2-}$

### 1.3.1. Reacția cu acizii $HCl$ ( $H_2SO_4$ )

Acizii minerali descompun carbonații și hidrogenocarbonații cu eliminarea gazului  $CO_2$ :



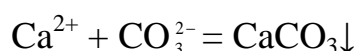
Prezența ionilor  $SO_3^{2-}$  și  $S_2O_3^{2-}$  în soluția de analizat împiedică reacția de identificare a ionului  $CO_3^{2-}$  cu acizii minerali, deoarece  $SO_2$  eliminat, de asemenea duce la tulburarea apei de var. Pentru a evita acest lucru, anionii  $SO_3^{2-}$  și  $S_2O_3^{2-}$  se oxidează în prealabil cu un exces de soluție  $H_2O_2$  sau  $KMnO_4$ , după care se adaugă acid mineral (la încălzire).

### 1.3.2. Reacția cu sulfatul de magneziu $MgSO_4$

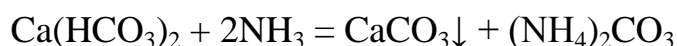
Sulfatul de magneziu formează cu soluțiile de carbonați precipitat alb solubil în acizi. Hidrogenocarbonații formează așa fel de precipitat numai la încălzire până la fierbere. Scrieți ecuațiile reacțiilor.

### 1.3.3. Identificarea anionului $HCO_3^-$ în prezența $CO_3^{2-}$

În soluția de analizat se adaugă exces soluție  $CaCl_2$ , unde se precipită anionul de carbonat:



Precipitatul alb  $CaCO_3$ , după verificarea plenitudinii sedimentării, se separă prin centrifugare și la centrifugat se adaugă soluție de amoniac. În prezența ionului  $HCO_3^-$  în centrifugat se formează precipitatul alb  $CaCO_3$ :



### 1.4. Reacțiile de identificare ale anionului $C_2O_4^{2-}$

#### 1.4.1. Reacția cu clorura de calciu $CaCl_2$

Clorura de calciu precipită ionii de oxalat în precipitat alb, insolubil în acid acetic și amoniac, dar solubil în acizi minerali. Scrieți ecuațiile reacțiilor.

#### 1.4.2. Reacția cu permanganatul de potasiu $KMnO_4$

Permanganatul de potasiu în prezența acidului sulfuric, la o încălzire slabă, oxidează ionul oxalat la  $CO_2$ , care decolorează soluția de permanganat.



Pentru identificarea ionului  $C_2O_4^{2-}$  în prezența ionilor  $CO_3^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$ , și  $S_2O_3^{2-}$ , soluția de analizat mai întâi se acidulează și se încălzește puțin. Astfel se îndepărtează  $CO_2$  și  $SO_2$  obținuți din  $CO_3^{2-}$  și respectiv  $SO_3^{2-}$  și  $S_2O_3^{2-}$ . Apoi, iar se adaugă acid sulfuric și  $KMnO_4$  și se urmărește decolorarea soluției și degajarea  $CO_2$ .

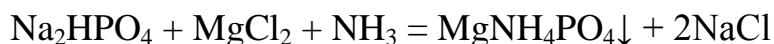
### 1.5. Reacțiile de identificare ale anionului $PO_4^{3-}$

#### 1.5.1. Reacția cu nitratul de argint $AgNO_3$

Nitratul de argint precipită ionul  $PO_4^{3-}$  în precipitat galben, solubil în acid azotic și amoniac, insolubil în acid acetic. Efectuați și scrieți ecuațiile reacțiilor.

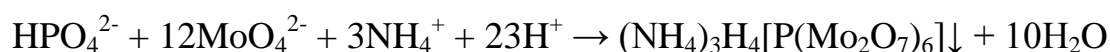
### 1.5.2. Reacția cu mixtura magneziană (microcristaloscopică)

Amestecul de  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  și  $\text{NH}_3$  formează cu anionii  $\text{HPO}_4^{2-}$  și  $\text{PO}_4^{3-}$  un precipitat alb cristalin de fosfat de magneziu și amoniu (cercetați forma cristalelor la microscop).



### 1.5.3. Reacția cu molibdatul de amoniu $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$

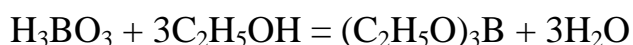
Molibdatul de amoniu în prezența acidului azotic, la încălzire formează cu ionii  $\text{HPO}_4^{2-}$  sau  $\text{PO}_4^{3-}$  un precipitat galben cristalin de fosfomolibdat de amoniu, solubil în bază alcalină și amoniac. Precipitarea va fi mai completă, dacă la soluția încălzită a reactivului se adaugă cu picătura soluție de analizat și nu invers (de ce?). Reacția este jenată de anionii  $\text{SO}_3^{2-}$  și  $\text{S}^{2-}$ .



## 1.6. Reacțiile de identificare ale anionului $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$

### 1.6.1. Reacția de colorare a flăcării

Borații și acidul boric în prezența acidului sulfuric concentrat formează cu alcoolul etilic esterul acidului boric, care este o substanță volatilă și arde cu o flăcără verde.



### 1.6.2. Reacția cu hârtia de curcumă (indicator)

Soluția acidă a boraților colorează hârtia indicatoare de curcumă în roșu-brun. Are loc transformarea colorantului galben de curcumă într-un complex al acidului boric de culoare brună-roșietică. Pe o hârtie de curcumă se aplică o picătură de soluție de borax acidulată cu HCl. Hârtia se usucă și se umezește cu o picătură de bază alcalină. Modificarea culorii roșii în albastru-cenușiu sau negru-verzui, indică prezența borat-anionului. Complecși colorați cu acidul boric formează și alizarina (culoare roșie).

## 1.7. Reacțiile de identificare ale anionului $\text{CrO}_4^{2-}$

Consultați reacțiile din compartimentul 4.2.6. (lucrarea de laborator № 3).

## 2. Reacțiile de identificare ale anionului Cl<sup>-</sup>

### 2.1. Reacția cu nitratul de argint AgNO<sub>3</sub>

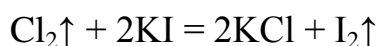
Nitratul de argint precipită ionul Cl<sup>-</sup> sub formă de AgCl, precipitat alb, cazeinic, insolubil în acid azotic și solubil în exces de amoniac sau (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> cu formează complecșilor solubili.

Spre deosebire de AgCl precipitatele sărurilor de argint ale celorlalți anioni din grupa II sunt mai greu solubile și nu se dizolvă în (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (conc.) – de exemplu AgBr și AgSCN se dizolvă parțial în soluție de NH<sub>3</sub>.

Aceasta înlesnește identificarea anionului Cl<sup>-</sup> în prezența celorlalți anionii ai grupei II analitice, folosind reactivul de grupă și (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Scrieți ecuațiile reacțiilor.

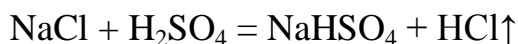
### 2.2. Reacția cu oxidanții (KMnO<sub>4</sub>, MnO<sub>2</sub>, PbO<sub>2</sub>)

Într-o eprubetă se iau 5-6 picături clorură de potasiu și tot atâtea de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (conc.), se adaugă același volum de KMnO<sub>4</sub> (sau puțin MnO<sub>2</sub> solid) și se încălzește atent. Se observă o decolorare parțială sau totală a soluției de KMnO<sub>4</sub> și o degajare de Cl<sub>2</sub> recunoscut după colorarea hârtiei de amidon îmbibată cu KI (în albastru).



### 2.3. Reacția cu acidul sulfuric H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrat

Acidul sulfuric concentrat reacționează cu sărurile solide ale acidului clorhidric, degajând gazul HCl, care se recunoaște cu ajutorul hârtiei de turnesol umezită, care fiind ținută deasupra eprubetei se înroșește:



## 2.1. Reacțiile de identificare ale anionului Br<sup>-</sup>

### 2.1.1. Reacția cu nitratul de argint AgNO<sub>3</sub>

Se formează un precipitat gălbui, cazeinic. AgBr este solubil în soluție de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> și parțial în NH<sub>3</sub> cu formare de complecși solubili Na<sub>3</sub>[Ag(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>3</sub>] și [Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]Br, dar insolubil în (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (conc.).

Scrieți ecuațiile reacțiilor corespunzătoare.

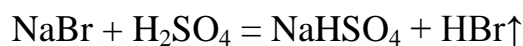
### 2.1.2. Reacția cu oxidanții (Cl<sub>2</sub>, PbO<sub>2</sub>, KMnO<sub>4</sub>, MnO<sub>2</sub>)

Apa de clor și alți oxidanți, în mediu acid oxidează bromurile până la brom elementar:  $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- = 2\text{Cl}^- + \text{Br}_2$

Bromul elementar colorează soluția apoasă în brun. Dacă se adaugă solvenți organici (cloroform, benzen, CCl<sub>4</sub>) și se agită bine, atunci stratul de solvent organic se colorează în galben-brun datorită extragerii Br<sub>2</sub> în solventul organic. În exces de reactiv (Cl<sub>2</sub>), Br<sub>2</sub> se oxidează până la BrCl de culoare gălbuie.

### 2.1.3. Reacția cu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrat

Acidul sulfuric concentrat reacționează cu bromurile solide, degajând gazul HBr:



Spre deosebire de HCl, bromura de hidrogen parțial se oxidează până la Br<sub>2</sub>, dând o colorație brună gazului ce se degajă:



## 2.2. Reacțiile de identificare ale anionului I<sup>-</sup>

### 2.2.1. Reacția cu nitratul de argint AgNO<sub>3</sub>

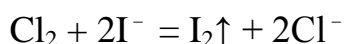
Nitratul de argint precipită ionul I<sup>-</sup> în AgI – precipitat galben, insolubil în HNO<sub>3</sub> și amoniac, dar solubil în tiosulfat de sodiu. Scrieți ecuațiile reacțiilor.

### 2.2.2. Reacția cu acetatul de plumb

A se vedea reacția ionului de Pb<sup>2+</sup> cu KI (p. 2.1.5., lucrarea de laborator № 1).

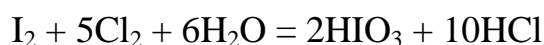
### 2.2.3. Reacția cu oxidanții (Cl<sub>2</sub>, KMnO<sub>4</sub>, PbO<sub>2</sub>)

Apa de clor și alți oxidanți, în mediu acid, oxidează iodurile până la iod molecular de culoare brună:



Iodul molecular se recunoaște cu amidonul (colorație albastră) sau prin agitarea soluției cu un solvent organic (colorație violetă).

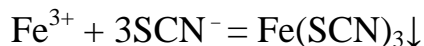
La adăugarea unui surplus de apă de clor, culoarea dispare, deoarece iodul elementar se oxidează până la acid iodic incolor (HIO<sub>3</sub>):





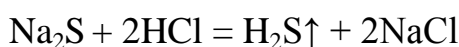
2.3. Reacțiile de identificare ale anionului  $\text{SCN}^-$ 2.3.1. Reacția cu clorura de fier (III)  $\text{FeCl}_3$ 

Clorura de fier (III) în mediu acid colorează soluțiile tiocianatilor în roșu intens:



Încercați solubilitatea în baze și acizi. Scrieți ecuațiile reacțiilor.

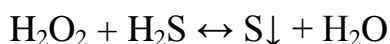
2.3.2. Reacția cu sărurile de cobalt (II) (vezi p. 6.3.1., lucrarea de laborator № 3).

2.4. Reacțiile de identificare ale anionului  $\text{S}^{2-}$ 2.4.1. Reacția cu acizii minerali ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

Cum poate fi identificat gazul ce se degajă? Scrieți ecuația reacției.

## 2.4.2. Reacția cu sărurile de cadmiu

Sărurile de cadmiu formează cu ionul  $\text{S}^{2-}$  un precipitat de culoare galbenă, insolubil în  $\text{Na}_2\text{S}$ . Încercați alte metale cum reacționează cu  $\text{S}^{2-}$ . Scrieți ecuațiile reacțiilor.

2.4.3. Reacțiile cu oxidanții ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )

De efectuat reacțiile și de stabilit coeficienții.

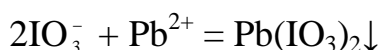
2.5. Reacțiile de identificare ale anionului  $\text{IO}_3^-$ 

## 2.5.1. Reacția cu sulfatul de fier (II)

Ionii de Fe (II) în mediu acid reduc anionii  $\text{IO}_3^-$  la iod molecular, care poate fi recunoscut după culoarea proprie, colorația violetă a unui solvent organic sau cu ajutorul amidonului.

2.5.2. Reacția cu acetatul de plumb  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 

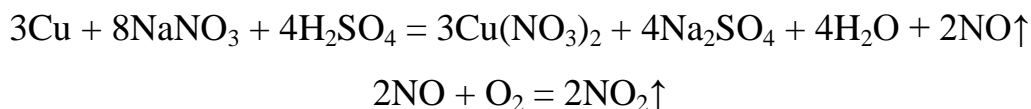
Acetatul de plumb precipită anionul  $\text{IO}_3^-$  sub formă de precipitat alb, puțin solubil în  $\text{HNO}_3$  diluat:



### 3. Reacțiile de identificare ale anionului $\text{NO}_3^-$

#### 3.1. Reacția de reducere cu cuprul metalic

Cuprul metalic în prezența acidului sulfuric reduce anionul  $\text{NO}_3^-$  la NO, care este un gaz incolor și sub acțiunea oxigenului din aer formează  $\text{NO}_2$  de culoare brună-roșcată (în nișă!).



#### 3.2. Reacția de reducere cu Al sau Zn

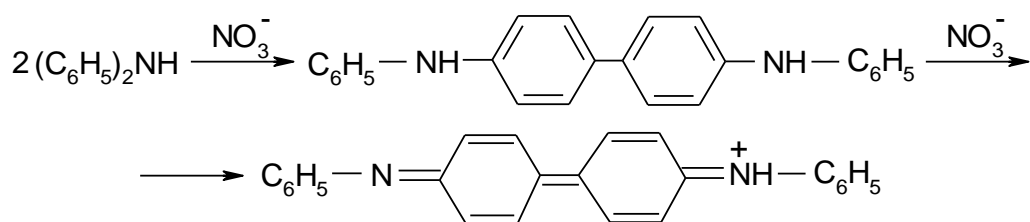
Aluminiul și zincul în mediu alcalin reduc anionul  $\text{NO}_3^-$  până la  $\text{NH}_3$ :



Demonstrați câteva metode de identificare a amoniacului. Ionii  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{SCN}^-$  împiedică reacția, de aceea prealabil ei trebuie să fie înlăturați ( $\text{SCN}^-$  se precipită cu  $\text{AgCH}_3\text{COO}$  în mediu de acid acetic;  $\text{NO}_2^-$  se descompune la fierbere cu  $\text{NH}_4\text{Cl}$  sau  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ; iar ionul  $\text{NH}_4^+$  – cu bază alcalină).

#### 3.3. Reacția cu difenilamina

Difenilamina este oxidată de azotați în mediu acid, formând un compus chinoidic de culoare albastră-închis.



Analogic difenilamina poate fi oxidată și de anionii  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{IO}_3^-$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^-$ . Reducătorii puternici ( $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ), care sunt oxidați de amestecul  $\text{HNO}_3$  și  $\text{H}_2\text{SO}_4$  împiedică reacția.

#### 3.4. Reacția cu sulfatul de Fe (III)

Se iau într-o eprubetă 2-3 picături soluție  $\text{NaNO}_3$  și 1-2 cristale  $\text{FeSO}_4$ , apoi se adaugă atent pe pereții eprubetei o picătură  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (conc.). În locul de contact al celor două lichide se formează un inel brun. Un efect analogic reflectă și ionul  $\text{NO}_2^-$ .

Reacția este jenată și de anionii  $I^-$  și  $Br^-$  (din cauza oxidării lor de către  $H_2SO_4$  (conc.) la iod și brom molecular).

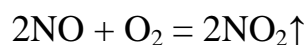
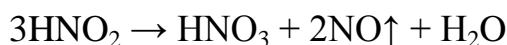
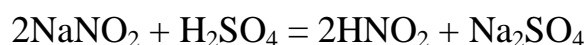


### 3.1. Reacțiile de identificare ale anionului $NO_2^-$

#### 3.1.1. Reacția cu acidul sulfuric $H_2SO_4$

Acidul sulfuric diluat, chiar la rece, substituie din azotiți acidul azotos, care se descompune în  $NO$ ,  $NO_2$  și  $H_2O$ .

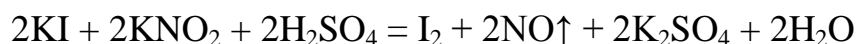
Reacția nu este împiedicată de prezența în soluția de analizat a anionului  $NO_3^-$ .



De ce această reacție nu poate fi utilizată pentru separarea ionului  $NO_2^-$  la analiza sistematică a amestecului de anioni?

#### 3.1.2. Reacția cu iodura de potasiu $KI$

Iodura de potasiu în mediu acid este oxidată de azotiți până la iod elementar, care poate fi recunoscut după una din metodele descrise mai înainte.



Reacția este jenată de anionul  $NO_3^-$ .

#### 3.1.3. Reacția cu permanganatul de potasiu $KMnO_4$

Permanganatul de potasiu în mediu de acid sulfuric diluat la încălzire este decolorat de sărurile acidului azotos. Reacția este împiedicată de alți reducători, însă în lipsa lor, ea poate fi aplicată pentru identificarea anionului  $NO_2^-$  în prezența  $NO_3^-$ .



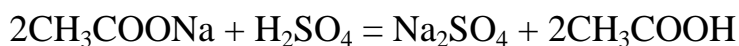
#### 3.1.4. Reacția cu sulfatul de fier (II) $FeSO_4$

Consultați compartimentul 3.4. (reacția  $NO_3^-$  cu  $FeSO_4$ ). Spre deosebire de anionul  $NO_3^-$ , azotiții pot fi reduși cu  $FeSO_4$  și în prezența acidului acetic diluat (recunoașterea anionului  $NO_2^-$  în prezența ionului  $NO_3^-$ ).

### 3.2. Reacțiile de identificare ale anionului $\text{CH}_3\text{COO}^-$

#### 3.2.1. Reacția cu acidul sulfuric $\text{H}_2\text{SO}_4$

Acidul sulfuric diluat substituie la încălzire acidul acetic din sărurile lui, care este recunoscut după mirosul lui caracteristic.



#### 3.2.2. Reacția cu alcoolul etilic $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

Se iau într-o eprubetă 10 picături soluție  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , 15 picături de alcool etilic și tot atâta  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (conc.). După 2-3 min. de încălzire, conținutul eprubetei se varsă într-o ceașcă de porțelan cu apă rece. Esterul format are miros de fructe verzi.

Scrieți ecuațiile reacțiilor corespunzătoare.

#### 3.2.3. Reacția cu clorura de fier (III) $\text{FeCl}_3$

La 10 picături soluție acetat de sodiu se adaugă 2 picături soluție de  $\text{FeCl}_3$ . Apare o colorație roșie, care după diluare cu apă și fierbere, trece în precipitat roșu-brun.

Interferențe prezintă anionii  $\text{I}^-$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ . Acești anioni pot fi înlăturați din soluția de analizat cu reactivii  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  și  $\text{AgNO}_3$ .



## Lucrare de laborator № 9

### *Analiza amestecului de anioni din grupele I – III analitice*

#### **I. Cercetări preliminare**

##### 1. Stabilirea mediului soluției de analizat

Reacția mediului se determină cu hârtie indicatoare universală. Reacția acidă ( $\text{pH} < 2$ ) a soluției de analizat indică prezența acizilor tari liberi și lipsa în ea a anionilor  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$  și  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ . Dacă soluția acidă nu are miros, înseamnă că în ea lipsesc anionii  $\text{S}^{2-}$  și  $\text{NO}_2^-$ .

În mediu acid, de regulă, nu pot fi prezenți concomitent reducători și oxidanți ( $\text{I}^-$  și  $\text{NO}_2^-$ ;  $\text{I}^-$  și  $\text{IO}_3^-$ ;  $\text{S}^{2-}$  și  $\text{BrO}_3^-$  etc.). În cazul când reacția soluției de analizat este neutră sau alcalină e posibilă prezența diferitor anioni.

## 2. Proba pentru anionii din grupa I

La 3-4 picături de soluție neutră sau slab alcalină se adaugă 4-5 picături soluție BaCl<sub>2</sub>. Formarea precipitatului indică prezența anionilor din grupa I analitică.

Dacă la adăugarea sol. BaCl<sub>2</sub> la soluția neutră de analizat nu se formează precipitat, reiese că majoritatea anionilor grupei I lipsesc. Excepție face anionul S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>, care poate fi totuși, prezent în soluție, deoarece cu ionul de Ba<sup>2+</sup>, formează precipitat numai în soluții concentrate.

## 3. Proba pentru anionii din grupa II

La 2-3 picături soluție de analizat se adaugă câteva picături soluție diluată de HNO<sub>3</sub> până la pH=1-2 și 4-5 picături soluție de AgNO<sub>3</sub>. Formarea precipitatului – prezența anionilor din grupa II analitică. Culoarea lui atestă prezența sau lipsa S<sup>2-</sup>.

## 4. Proba pentru anionii-oxidanți

Trei-patru picături soluție de analizat se acidulează cu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> diluat și la amestecul obținut se adaugă mai întâi 1-2 picături KI, apoi câteva picături soluție de amidon. În prezența anionilor-oxidanți (IO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) soluția se va colora în albastru (în urma eliminării iodului molecular).

## 5. Proba pentru anionii-reducători

Câteva picături soluție de analizat se acidulează cu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> diluat și se încălzește ușor, după care se adaugă cu picătura soluție diluată de KMnO<sub>4</sub>. Decolorarea acesteia este un semn al prezenței anionilor-reducători (S<sup>2-</sup>, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>, I<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, C<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>2-</sup>, SCN<sup>-</sup>) în soluția de analizat.

## 6. Proba pentru anionii-reducători puternici

La câteva picături soluție de analizat în mediu neutru sau slab acid se adaugă cu picătura soluție diluată de I<sub>2</sub> în KI. Decolorarea acesteia indică prezența în soluția de analizat a anionilor-reducători puternici (SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>, S<sup>2-</sup>).

## 7. Proba pentru anionii acizilor volatili sau care ușor se descompun.

La 5-6 pic. sol. de analizat se toarnă 8-10 pic. sol. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dil., eliminarea bulelor – prezența anionilor CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>, S<sup>2-</sup> și posibil CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>.

Dacă soluția acidulată încălzită nu are miros specific, reiese că în ea lipsesc anionii  $S^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$ ,  $S_2O_3^{2-}$ ,  $NO_2^-$  și  $CH_3COO^-$ .

Eliminarea  $I_2$  și  $Br_2$  la încălzirea soluției cu acid sulfuric diluat poate fi cauzată de oxidarea anionilor  $I^-$  și  $Br^-$  de anionii-oxidanți sau reducerea anionilor  $IO_3^-$  și  $BrO_3^-$  de unii reducători.

## **II. Identificarea anionilor**

Depistarea anionilor în amestec se efectuează prin metoda fracționată.

### Identificarea anionului $SO_4^{2-}$

Anionul  $SO_4^{2-}$  se depistează dintr-o probă aparte de soluție de analizat prin acțiunea clorurii de bariu în mediu acid ( $HNO_3$  sau  $HCl$ ).

### Identificarea anionului $SO_3^{2-}$

Anionul  $SO_3^{2-}$  se determină prin reacția de descompunere cu  $H_2SO_4$  la încălzire. Gazul sur ce se degajă se trece prin soluția de  $KMnO_4$ .

Dacă în soluție sunt prezenți anionii  $NO_2^-$ , atunci ei trebuie înlăturați, deoarece ei împiedică la depistarea anionului  $SO_3^{2-}$  (la încălzire cu  $NH_4Cl$  solid sau cu ureea), sau la 4 picături soluție de analizat se adaugă 4 picături soluție  $BaCl_2$ . Sedimentul se separă prin centrifugare, se spală cu apă distilată și se prelucrează cu 2-3 picături soluție de  $HCl$ . Se determină gazul eliminat.

### Identificarea anionului $CO_3^{2-}$

Acest anion se determină prin reacția cu acizii minerali. (vezi compart. 1.3., lucrarea de laborator № 8).

### Identificarea anionului $PO_4^{3-}$

Anionul  $PO_4^{3-}$  se identifică din probă aparte cu mixtura magneziană sau molibdatul de amoniu. Dacă în soluție sunt prezenți anionii grupei II analitice și anionul  $SO_3^{2-}$ , atunci identificarea  $PO_4^{3-}$  se efectuează în felul următor:

La 5-6 picături soluție de analizat se adaugă același volum de soluție  $BaCl_2$ . Precipitatul se înlătură prin centrifugare (filtrare) se spală cu apă distilată, după care se dizolvă în soluție de  $HCl$  (2N). Soluția acidulată primită se neutralizează cu

amoniac până la pH=7–8, apoi se adaugă câteva cristale de NH<sub>4</sub>Cl și puțin se încălzește. În soluția primită se determină anionul PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>.

Identificarea anionului C<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>2-</sup>

La o porțiune de soluție de analizat se adaugă CaCl<sub>2</sub> în mediu de acid acetic. Anionii grupei II și III rămân în soluție, iar în precipitat se vor afla aproape toți anionii grupei I.

Precipitatul se spală, apoi se tratează cu acid sulfuric diluat. La o ușoară încălzire se adaugă cu picătura soluție diluată de KMnO<sub>4</sub>, care ar trebui să se decoloreze în prezența lui C<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

Ionii SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> și S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> în mediu de CH<sub>3</sub>COOH, și apoi de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se descompun și nu împiedică reacția.

Identificarea anionului S<sup>2-</sup>

Anionul S<sup>2-</sup> se identifică prin reacția acetatului de plumb sau prin oxidarea lui până la sulf liber. Ionul S<sup>2-</sup> împiedică identificarea de mai departe a ionilor de Cl<sup>-</sup>, I<sup>-</sup> și Br<sup>-</sup>, de aceea el trebuie înlăturat.

Pentru aceasta, la 5-6 picături soluție de analizat neutră sau slab alcalină (pH = 7–9) se adaugă sulfat de zinc și se încălzește.

Sulfura de zinc formată se înlătură prin centrifugare și în centrifugat se identifică anionii Cl<sup>-</sup>, I<sup>-</sup> și Br<sup>-</sup>.

Identificarea anionului Cl<sup>-</sup> în prezența celorlalți anioni din grupa II analitică.

Consultați compartimentul 2.1. (reacția anionului Cl<sup>-</sup>, lucr. de laborator № 8).

Identificarea anionului Br<sup>-</sup> în prezența anionului I<sup>-</sup>

La 3-5 picături soluție de analizat, care conține anionii Br<sup>-</sup> și I<sup>-</sup>, se adaugă același volum de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> diluat, 6-8 picături de benzen (cloroform), și agitându-se continuu, se adaugă cu picătura apă de clor. La început stratul de organică se colorează în violet (eliminarea iodului elementar), iar la adăugarea unui exces de reactiv, culoarea violetă dispare (oxidarea I<sub>2</sub> la HIO<sub>3</sub>).

Mărind treptat volumul de apă de clor, atingem momentul când stratul de benzen iarăși se colorează, dar în galben-brun (oxidarea Br<sup>-</sup> în Br<sub>2</sub>).

## *Analiza calitativă*

---

Identificarea anionului  $I^-$  și  $SCN^-$  în cazul prezenței lor concomitente.

Anionul de  $I^-$  se identifică prin reacția de oxidare cu apă de clor la iod elementar, iar anionul  $SCN^-$  cu reactivul  $Co(NO_3)_2$ .

Identificarea  $I^-$  în prezența  $CH_3COO^-$

Ionul de  $I^-$  se oxidează la  $I_2$  liber (numai nu cu  $Fe^{3+}$ ), iar anionul  $CH_3COO^-$  poate fi depistat cu alcoolul etilic în prezența acidului sulfuric (acetatul de etil cu miros plăcut).

Identificarea  $SCN^-$  în prezența  $CH_3COO^-$

Folosirea reactivului  $FeCl_3$  pentru identificarea anionului  $SCN^-$  e imposibilă din cauza obținerii aproximativ a aceluiași efect analitic și cu anionul  $CH_3COO^-$ .

Deci, anionul  $SCN^-$  se identifică folosind reactivul  $Co(NO_3)_2$  sau  $CoCl_2$ , iar  $CH_3COO^-$  prin reacția de esterificare.

Identificarea anionului  $NO_3^-$

Dacă în urma cercetărilor preliminare, ionii  $NO_2^-$  n-au fost depistați, atunci anionul  $NO_3^-$  se identifică cu difenilamina. Dacă în soluție sunt prezenți ionii  $NO_2^-$ , atunci ei trebuie înlăturați cu ajutorul  $NH_4Cl$  sau ureei.

Identificarea anionului  $NO_2^-$

Acest ion se determină prin reacția cu acizii minerali (eliminarea gazului brun), cu iodura de potasiu sau acidul sulfuric.

## **Lucrare de laborator № 10**

### ***Analiza substanței solide***

Prin analiza substanței se determină compoziția ei, adică din ce cationi și anioni este alcătuită, pe baza cărui fapt se alcătuiește formula chimică.

Proba primită de substanță solidă se împarte în trei părți: prima – pentru identificarea cationilor, a doua – pentru anioni și a treia – pentru controlul sau repetarea analizei.

Analiza substanței se începe cu controlul solubilității în diferiți solvenți.



### Controlul solubilității substanței

Câteva cristale de substanță de analiză se prelucrează într-o eprubetă cu 12-14 picături de apă distilată. Dacă nu se dizolvă, atunci se încălzește puțin pe baia de apă.

Dacă substanța nu se dizolvă în apă, atunci în altă eprubetă se tratează cu 10-12 picături soluție HCl (2M); dacă este nevoie se încălzește. Dacă substanța nu se dizolvă, atunci se încearcă solubilitatea în soluție HNO<sub>3</sub> (2M), HNO<sub>3</sub> (conc.), HCl (conc.), apa regală, hidroxid de amoniu.

În dependență de solubilitatea substanței de analiză se deosebesc diferite metode de cercetare.

### **I. Analiza substanței solubile în apă**

Se i-au aproximativ 0,05 g de substanță de analiză și se dizolvă în 4-5 ml de apă distilată. După tabela solubilității faceți concluziile respective, referitor la prezența anumitor săruri în soluție.

La început se atrage atenția la colorația și mediul soluției. După culoarea soluției se poate spune de prezența sau lipsa anumitor ioni, de exemplu: Cu<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Cr<sup>3+</sup>, CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>.

Reacția alcalină a soluției adevărește prezența hidroxizilor sau a sărurilor formate din cationii bazelor puternice și anionii acizilor slabi (Na<sub>2</sub>S, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>COONa etc.).

Mediul acid (pH<7) ne indică prezența în soluție a acizilor liberi, sărurilor acide sau a sărurilor formate din baze slabe și acizi puternici (NH<sub>4</sub>Cl, ZnCl<sub>2</sub>, AlCl<sub>3</sub>).

Reacția neutră a soluției ne indică prezența sărurilor neutre (KCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>).

După cercetările preliminare se poate de identificat prezența cationilor și anionilor.

#### ***1. Identificarea cationilor***

În probe aparte cu ajutorul reactivilor de grupă se determină ce grupe de cationi pot fi prezente în soluție.

### Controlul prezenței cationilor grupei I analitice

La 3-4 picături soluție de analizat se adaugă 2-3 picături soluție  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Dacă sediment nu apare, atunci în soluție pot fi prezenți numai cationii grupei I ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ), deoarece ceilalți cationi formează sedimente. Grupa I se identifică aparte.

### Verificarea prezenței cationilor grupei II analitice

Dacă la adăugarea carbonatului de sodiu sa format precipitat, atunci la altă probă (10-12 picături) se adaugă soluție  $\text{HCl}$  (2-3 picături). În cazul formării precipitatului, se adaugă soluție  $\text{HCl}$  până la sedimentarea completă. Precipitatul se separă prin centrifugare, se spală cu apă și în el se determină cationii  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ .

### Identificarea cationilor grupei III analitice

La 2-3 picături soluție de analizat se adaugă același volum de soluție  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (2N) și se încălzește. Formarea precipitatului ne indică prezența cationilor  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , care sunt identificați cu reacțiile specifice.

### Identificarea cationilor grupei IV analitice

Dacă la acțiunea soluțiilor de  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  precipitate nu se formează, atunci la 2-3 picături soluție de analizat se adaugă exces de  $\text{NaOH}$  (5-6 picături). Dizolvarea precipitatului format la început ne indică prezența cationilor grupei IV. Dacă precipitatul nu se dizolvă în exces de  $\text{NaOH}$ , atunci aceasta ne indică prezența cationilor grupei V.

### Identificarea cationilor grupei VI analitice

Dacă la acțiunea asupra soluției de analizat a unui exces de amoniac, precipitatul se dizolvă, aceasta ne indică prezența cationilor din grupa VI analitică. Grupa de cationi identificată se determină cu ajutorul reacțiilor individuale.

## **2. Identificarea anionilor**

Identificarea anumitor cationi în soluția de analizat, de acum facilitează depistarea anionilor. Folosind tabela solubilității se poate prealabil de prezis prezența anumitor anioni în soluția de analizat. De exemplu: sarea este solubilă în apă și în soluția neutră s-a identificat cationul de  $\text{Ba}^{2+}$ , atunci în soluție nu pot fi prezenți anionii  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Prezența grupelor de anioni în soluție se identifică cu ajutorul reactivilor de grupă. Soluția de  $\text{BaCl}_2$  se folosește pentru depistarea anionilor grupei I analitice. Grupa II de anioni se identifică în soluție acidulată cu  $\text{HNO}_3$  cu nitratul de argint. Dacă în primul și al doilea caz nu se atestă formarea precipitatului, atunci în soluția de analizat pot fi prezenți anionii grupei III analitice.

După identificarea grupei de anioni, fiecare din ei se analizează cu ajutorul reacțiilor individuale.

## **II. Analiza substanței insolubile în apă**

După tabela solubilității se conchide, că substanța de analiză nu poate conține cationi ai grupei I analitice, deoarece sărurile formate de acești cationi sunt solubile.

Câteva cristale de substanță se tratează într-o eprubetă cu soluție  $\text{HCl}$  (2N) la încălzire. Dacă substanța nu se dizolvă în  $\text{HCl}$ , atunci se încearcă dizolvarea în soluții de  $\text{HNO}_3$  (2N) și  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (2N). La un efect negativ, noi porții de substanță se tratează cu aceeași acizi, de acum concentrați – la încălzire sub nișă. Dacă substanța se dizolvă, atunci soluția obținută atent se evaporă, până la înlăturarea completă a excesului de acid. Reziduu se dizolvă la încălzire într-o cantitate mică de apă, acidulată cu  $\text{HCl}$ .

Găsind solventul corespunzător, metoda de analiză de mai departe este aceeași ca și la substanța solubilă în apă.

Trebuie de ținut cont de faptul că soluțiile acide obținute trebuie neutralizate. Dacă substanța se dizolvă în soluție de  $\text{HCl}$ , atunci în soluție lipsesc cationii  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ ; dacă se dizolvă în soluție de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – atunci lipsesc cationii  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  și posibil  $\text{Pb}^{2+}$ . Eliminarea bulelor de gaz la tratarea cu acid ne denotă prezența unei sări a unui acid volatil sau care ușor se descompune.

Dacă substanța de analiză nu s-a dizolvat în apă, acizi sau „apă regală”, atunci ea poate fi  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$ ,  $\text{AgI}$  sau  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{SrSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{PbSO}_4$ .

### **Dizolvarea sulfatului de plumb**

La o probă de substanță de analiză se adaugă exces de soluție  $\text{NaOH}$ . În soluția primită se identifică cationul de plumb cu reacțiile individuale.

### *Analiza calitativă*

---

#### Dizolvarea sulfatilor BaSO<sub>4</sub>, SrSO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>

Sulfatii se trec în carbonați, se dizolvă în acid acetic și în soluția primită se identifică cationii Ba<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup> și Ca<sup>2+</sup> cu reacțiile individuale specifice.

#### Dizolvarea clorurilor AgCl și AgBr

La o probă se adaugă exces soluție de amoniac. În soluția primită se identifică ionul Ag<sup>+</sup>.

#### Dizolvarea iodurii de argint AgI

O porțiune aparte se tratează cu soluție de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. În soluția primită se identifică anionul I<sup>-</sup> cu reacțiile caracteristice.

- De repetat reacțiile caracteristice de identificare ale cationilor și anionilor.

## Constante de disociere a bazelor (25°C)

Denumirea bazei	Formula	$K_{dis.}$
soluție de amoniac	$NH_3 + H_2O$	$1,79 \cdot 10^{-5}$
anilină	$C_6H_5NH_2$	$4,2 \cdot 10^{-10}$
hidroxilamină	$NH_2OH$	$9,6 \cdot 10^{-9}$
uree	$CO(NH_2)_2$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
tiouree	$CS(NH_2)_2$	$1,35 \cdot 10^{-13}$
hidroxid de argint	$AgOH$	$5,0 \cdot 10^{-3}$
hidroxid de calciu	$Ca(OH)_2$	$K_2 = 4 \cdot 10^{-2}$
hidroxid de plumb	$Pb(OH)_2$	$K_1 = 9,55 \cdot 10^{-4}$ $K_2 = 3,0 \cdot 10^{-8}$
hidroxid de zinc	$Zn(OH)_2$	$K_2 = 1,5 \cdot 10^{-9}$
hidroxid de magneziu	$Mg(OH)_2$	$K_1 = 3,0 \cdot 10^{-3}$ $K_2 = 4,1 \cdot 10^{-5}$
hidroxid de mangan	$Mn(OH)_2$	$K_2 = 3,0 \cdot 10^{-4}$

## Constante de disociere a acizilor (25°C)

Denumirea acidului	Formula	$K_{dis.}$
hipocloros	$HClO$	$5 \cdot 10^{-8}$
azotos	$HNO_2$	$4 \cdot 10^{-4}$
iodic	$HIO_3$	$1,67 \cdot 10^{-1}$
peroxid de hidrogen	$H_2O_2$	$2,4 \cdot 10^{-12}$
cianhidric	$HCN$	$7,2 \cdot 10^{-10}$
benzoic	$C_6H_5COOH$	$6,3 \cdot 10^{-5}$
malonic	$CH_3CHOHCOOH$	$1,37 \cdot 10^{-4}$
formic	$HCOOH$	$1,77 \cdot 10^{-4}$
acetic	$CH_3COOH$	$1,75 \cdot 10^{-5}$
cloracetic	$CH_2ClCOOH$	$1,4 \cdot 10^{-3}$
fluorhidric	$HF$	$6,8 \cdot 10^{-4}$
sulfuros	$H_2SO_3$	$K_1 = 1,3 \cdot 10^{-2}$ $K_2 = 5 \cdot 10^{-6}$
sulfhidric	$H_2S$	$K_1 = 5,7 \cdot 10^{-8}$ $K_2 = 1,2 \cdot 10^{-15}$
carbonic	$H_2CO_3$	$K_1 = 4,31 \cdot 10^{-7}$ $K_2 = 5,61 \cdot 10^{-11}$
bicromic	$H_2Cr_2O_7$	$K_2 = 2,3 \cdot 10^{-2}$
cromic	$H_2CrO_4$	$K_1 = 1,8 \cdot 10^{-1}$ $K_2 = 3,2 \cdot 10^{-7}$

oxalic	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$K_1 = 5,9 \cdot 10^{-2}$ $K_2 = 6,4 \cdot 10^{-5}$
silicic	$\text{H}_2\text{SiO}_3$	$K_1 = 1 \cdot 10^{-10}$ $K_2 = 2 \cdot 10^{-12}$
tiosulfuric	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	$K_1 = 2,5 \cdot 10^{-1}$ $K_2 = 1,9 \cdot 10^{-2}$
arsenic	$\text{H}_3\text{AsO}_4$	$K_1 = 5,62 \cdot 10^{-3}$ $K_2 = 1,7 \cdot 10^{-7}$ $K_3 = 2,95 \cdot 10^{-12}$
arsenios	$\text{H}_3\text{AsO}_3$	$K_1 = 5,8 \cdot 10^{-10}$ $K_2 = 3 \cdot 10^{-14}$
fosforic	$\text{H}_3\text{PO}_4$	$K_1 = 7,6 \cdot 10^{-3}$ $K_2 = 6,2 \cdot 10^{-8}$ $K_3 = 4,2 \cdot 10^{-13}$
fosforos	$\text{H}_3\text{PO}_3$	$K_1 = 1,6 \cdot 10^{-3}$ $K_2 = 7 \cdot 10^{-7}$

### Anexa 3

#### Produs de solubilitate, solubilitatea (20°C)

Formula	PS	S, mol/l	S, g/100ml (H <sub>2</sub> O)
<b>Bromuri</b>			
AgBr	$7,7 \cdot 10^{-15}$	$8,8 \cdot 10^{-8}$	$1,65 \cdot 10^{-5}$
PbBr <sub>2</sub>	$7,4 \cdot 10^{-5}$	$2,6 \cdot 10^{-2}$	$9,54 \cdot 10^{-1}$
<b>Ioduri</b>			
AgI	$1,5 \cdot 10^{-16}$	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$2,82 \cdot 10^{-7}$
PbI <sub>2</sub>	$8,7 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$5,99 \cdot 10^{-2}$
CuI	$5,06 \cdot 10^{-12}$	$2,35 \cdot 10^{-6}$	$4,38 \cdot 10^{-5}$
<b>Cloruri</b>			
AgCl	$1,6 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$1,86 \cdot 10^{-4}$
PbCl <sub>2</sub>	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$3,9 \cdot 10^{-2}$	1,08
Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$1,1 \cdot 10^{-18}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$7,55 \cdot 10^{-4}$
<b>Sulfuri</b>			
Ag <sub>2</sub> S	$1,6 \cdot 10^{-49}$	$3,4 \cdot 10^{-17}$	$8,43 \cdot 10^{-16}$
Ag <sub>2</sub> CNS	$7,1 \cdot 10^{-18}$	$8,45 \cdot 10^{-7}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$
PbS	$1,1 \cdot 10^{-29}$	$3,3 \cdot 10^{-15}$	$7,9 \cdot 10^{-14}$
HgS	$4 \cdot 10^{-53}$	$6,3 \cdot 10^{-27}$	$1,47 \cdot 10^{-25}$
NiS	$3 \cdot 10^{-21}$	$5,5 \cdot 10^{-11}$	$4,99 \cdot 10^{-10}$
CoS	$7 \cdot 10^{-23}$	$8,4 \cdot 10^{-12}$	$7,64 \cdot 10^{-11}$
CuS	$8,5 \cdot 10^{-45}$	$9,2 \cdot 10^{-23}$	$8,8 \cdot 10^{-22}$
<b>Sulfati</b>			
Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$7,7 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$8,42 \cdot 10^{-1}$
PbSO <sub>4</sub>	$2,2 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$4,55 \cdot 10^{-3}$

BaSO <sub>4</sub>	$1,08 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$2,33 \cdot 10^{-4}$
SrSO <sub>4</sub>	$2,8 \cdot 10^{-7}$	$5,3 \cdot 10^{-4}$	$9,74 \cdot 10^{-3}$
CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$1,34 \cdot 10^{-1}$
<b>Fosfați</b>			
Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	$1,8 \cdot 10^{-18}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$4,19 \cdot 10^{-4}$
Pb <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	$1,5 \cdot 10^{-32}$	$1,7 \cdot 10^{-7}$	$1,38 \cdot 10^{-5}$
MgNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub>	$2,5 \cdot 10^{-13}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	$8,65 \cdot 10^{-4}$
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	$2,1 \cdot 10^{-29}$	$7,2 \cdot 10^{-7}$	$3,56 \cdot 10^{-5}$
Ba <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	$2,8 \cdot 10^{-22}$	$4,9 \cdot 10^{-5}$	$4,9 \cdot 10^{-5}$
<b>Oxalați</b>			
Ag <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$4,25 \cdot 10^{-3}$
PbC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$3,2 \cdot 10^{-11}$	$5,7 \cdot 10^{-6}$	$1,68 \cdot 10^{-4}$
BaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	$1,2 \cdot 10^{-7}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$8,55 \cdot 10^{-1}$
SrC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	$5,61 \cdot 10^{-8}$	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$4,26 \cdot 10^{-3}$
CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	$2,57 \cdot 10^{-9}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$	$7,45 \cdot 10^{-4}$
MgC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$8,57 \cdot 10^{-5}$	$9,2 \cdot 10^{-3}$	$1,03 \cdot 10^{-1}$
<b>Cromați</b>			
Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	$9,0 \cdot 10^{-12}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$4,31 \cdot 10^{-3}$
PbCrO <sub>4</sub>	$1,8 \cdot 10^{-14}$	$1,3 \cdot 10^{-7}$	$4,2 \cdot 10^{-6}$
BaCrO <sub>4</sub>	$2,4 \cdot 10^{-10}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$
SrCrO <sub>4</sub>	$3,5 \cdot 10^{-5}$	$5,9 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-1}$
<b>Carbonați</b>			
Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$6,15 \cdot 10^{-12}$	$1,15 \cdot 10^{-4}$	$3,17 \cdot 10^{-3}$
PbCO <sub>3</sub>	$1,5 \cdot 10^{-13}$	$3,9 \cdot 10^{-7}$	$1,04 \cdot 10^{-5}$
Hg <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$9 \cdot 10^{-17}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$	$1,29 \cdot 10^{-4}$
BaCO <sub>3</sub>	$8,1 \cdot 10^{-9}$	$9 \cdot 10^{-5}$	$1,78 \cdot 10^{-3}$
SrCO <sub>3</sub>	$1,6 \cdot 10^{-9}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$5,91 \cdot 10^{-4}$
CaCO <sub>3</sub>	$4,8 \cdot 10^{-9}$	$6,93 \cdot 10^{-5}$	$6,94 \cdot 10^{-4}$
ZnCO <sub>3</sub>	$2,7 \cdot 10^{-8}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$2,01 \cdot 10^{-3}$
MnCO <sub>3</sub>	$8,8 \cdot 10^{-11}$	$9,4 \cdot 10^{-6}$	$1,08 \cdot 10^{-4}$
FeCO <sub>3</sub>	$2,5 \cdot 10^{-11}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5,79 \cdot 10^{-5}$
<b>Hidroxizi</b>			
Ca(OH) <sub>2</sub>	$3,1 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,48 \cdot 10^{-1}$
Mg(OH) <sub>2</sub>	$5 \cdot 10^{-12}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$6,42 \cdot 10^{-4}$
Cd(OH) <sub>2</sub>	$1,2 \cdot 10^{-14}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$2,04 \cdot 10^{-4}$
Ni(OH) <sub>2</sub>	$4,8 \cdot 10^{-16}$	$5,4 \cdot 10^{-6}$	$5,01 \cdot 10^{-5}$
Fe(OH) <sub>2</sub>	$6,3 \cdot 10^{-16}$	$4,9 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^{-5}$
Co(OH) <sub>2</sub>	$2 \cdot 10^{-16}$	$3,7 \cdot 10^{-6}$	$3,44 \cdot 10^{-5}$
Zn(OH) <sub>2</sub>	$7,1 \cdot 10^{-18}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$1,49 \cdot 10^{-5}$
Cu(OH) <sub>2</sub>	$5,6 \cdot 10^{-20}$	$2,4 \cdot 10^{-7}$	$2,34 \cdot 10^{-6}$
Al(OH) <sub>3</sub>	$1,9 \cdot 10^{-33}$	$2,9 \cdot 10^{-9}$	$2,26 \cdot 10^{-8}$
Fe(OH) <sub>3</sub>	$3,8 \cdot 10^{-38}$	$1,9 \cdot 10^{-9}$	$2,03 \cdot 10^{-8}$

## Intervalul pH de sedimentare a unor hidroxizi

Hidroxidul	Intervalul pH	Hidroxidul	Intervalul pH
Sb(OH) <sub>3</sub>	0,9 – 1,9	Zn(OH) <sub>2</sub>	6,8 – 8,3
Fe(OH) <sub>3</sub>	2,2 – 3,2	Co(OH) <sub>2</sub>	7,2 – 8,7
Sn(OH) <sub>2</sub>	2,3 – 3,2	Pb(OH) <sub>2</sub>	7,2 – 8,7
Al(OH) <sub>3</sub>	3,8 – 4,8	Fe(OH) <sub>2</sub>	7,4 – 8,8
Bi(OH) <sub>3</sub>	4,4 – 5,5	Mn(OH) <sub>2</sub>	7,9 – 9,4
Cr(OH) <sub>3</sub>	4,6 – 5,6	Cd(OH) <sub>2</sub>	8,0 – 9,5
Cu(OH) <sub>2</sub>	5,4 – 6,9	AgOH	8,3 – 11,3
Ni(OH) <sub>2</sub>	6,7 – 8,2	Mg(OH) <sub>2</sub>	9,4 – 10,9

## Densitatea și concentrația unor soluții de baze

Densitatea, g/cm <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> OH		NaOH		KOH	
	Partea de masă, %	Normalitatea, mol·echiv./l	Partea de masă, %	Normalitatea, mol·echiv./l	Partea de masă, %	Normalitatea, mol·echiv./l
0,88	35,0	18,0	–	–	–	–
0,90	28,3	15	–	–	–	–
0,91	25,0	13,4	–	–	–	–
0,92	21,8	11,8	–	–	–	–
0,94	15,6	8,6	–	–	–	–
0,96	9,9	5,6	–	–	–	–
0,98	4,8	2,8	–	–	–	–
1,05	–	–	4,5	1,25	5,5	1,0
1,10	–	–	9,0	2,5	10,9	2,1
1,15	–	–	13,5	3,9	16,1	3,3
1,20	–	–	18,0	5,4	21,2	4,5
1,25	–	–	22,5	7,0	26,1	5,8
1,30	–	–	27,0	8,8	30,9	7,2
1,35	–	–	31,8	10,7	35,5	8,5



## Densitatea și concentrația unor soluții de acizi

Densitatea, g/cm <sup>3</sup>	HCl		HNO <sub>3</sub>		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
	Partea de masă, %	Normalitatea, mol·equiv./l	Partea de masă, %	Normalitatea, mol·equiv./l	Partea de masă, %	Normalitatea, mol·equiv./l
1,02	4,13	1,15	3,70	0,6	–	–
1,04	8,16	2,3	7,26	1,2	–	–
1,04	10,2	2,9	9,0	1,5	7,4	1,6
1,06	12,2	3,5	10,7	1,8	8,8	1,9
1,08	16,2	4,8	13,9	2,4	11,6	2,6
1,10	20,0	6,0	17,1	3,0	14,4	3,2
1,12	23,8	7,3	12,2	3,6	17,0	3,9
1,14	27,7	8,7	23,3	4,2	19,9	4,6
1,15	29,6	9,3	24,8	4,5	20,9	4,9
1,19	37,2	12,2	30,9	5,8	26,0	6,3
1,20	–	–	32,3	6,2	27,3	6,7
1,25	–	–	39,8	7,9	33,4	8,5
1,30	–	–	47,5	9,8	39,2	10,4
1,35	–	–	55,8	12,0	44,8	12,3
1,40	–	–	65,3	14,5	50,1	14,3
1,42	–	–	69,8	15,7	52,2	15,1
1,45	–	–	–	–	55,0	16,3
1,50	–	–	–	–	59,8	18,3
1,55	–	–	–	–	64,3	20,3
1,60	–	–	–	–	68,7	22,4
1,65	–	–	–	–	73,0	24,6
1,70	–	–	–	–	77,2	26,8
1,84	–	–	–	–	95,6	35,9

## **Bibliografie:**

1. Grigore V. Budu. Chimie analitică calitativă. Chișinău, „Știința”, 1994.
2. M. Revenco, P. Chetruș. Metode de identificare și separare a cationilor. Chișinău, 1995.
3. Н. Я. Логинов, А. Г. Воскресенский, И. С. Солодкин. Аналитическая химия. Москва, 1975.
4. А. Г. Воскресенский, И. С. Солодкин. Практическое руководство по качественному полумикроанализу. Москва, 1972.
5. В. Н. Алексеев. Курс качественного химического полумикроанализа. Москва, 1973.
6. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. Москва, 1989.

## CUPRINS

<b>Anotație</b> -----	3
<b>Generalități</b> -----	4
Reacțiile de identificare ale cationilor grupelor I, II, III analitice -----	7
Analiza amestecului de cationi din grupele I-III analitice -----	15
Reacțiile de identificare ale cationilor grupelor IV, V, VI analitice -----	19
Analiza amestecului de cationi din grupa IV analitică -----	31
Analiza amestecului de cationi din grupa V analitică -----	33
Analiza amestecului de cationi din grupa VI analitică -----	35
Analiza amestecului de cationi din grupele I-VI analitice -----	37
Reacțiile de identificare ale anionilor grupelor I, II, III analitice -----	41
Analiza amestecului de anioni din grupele I-III analitice -----	52
Analiza substanței solide -----	56
<b>Anexe</b> -----	61
<b>Bibliografia</b> -----	66

