

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО**

**Навчально-науковий інститут природничих наук
Кафедра хімії та наноматеріалознавства**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЛАБОРАТОРНИХ
ЗАНЯТЬ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ»
ЧАСТИНА І**

Спеціальність 6.040101 - Хімія

Студента II курсу

Прізвище, ім'я, по-батькові

ВАРІАНТ № _____

Черкаси – 2016

УДК 543 (073)
ББК 24.4 я 73 – 1
М54

Рецензенти:

Кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії та хімічної технології неорганічних речовин Черкаського державного технологічного університету *Т.В. Солодовник*;

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького *О. А. Лут*.

Мінаєва В. О., Шафорост Ю. А. Методичні рекомендації до лабораторних занять з навчальної дисципліни «Аналітична хімія». Частина I: Навчально-методичний посібник для самостійної роботи студентів. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2016. – 139 с.

Навчально-методичний посібник включає теми та плани лабораторних занять, схеми аналізу катіонів та аніонів, завдання для самостійної роботи студентів до кожного заняття та методичні вказівки до їх виконання. Метою даного видання є активізація самостійної роботи студентів.

Навчально-методичний посібник буде корисним для студентів хімічних спеціальностей вищих навчальних закладів, а також його можуть використовувати студенти інших спеціальностей та вчителі шкіл з поглибленим вивченням хімії.

УДК 543 (073)
ББК 24.4 я 73 – 1

Рекомендовано до друку Вченою радою Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького (протокол № 6 від 25 квітня 2016 р.)

© ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2016
© В.О. Мінаєва
© Ю.А. Шафорост

ПЕРЕЛІК ХАРАКТЕРНИХ АНАЛІТИЧНИХ РЕАКЦІЙ, ЯКІ ВИВЧАЮТЬСЯ В КУРСІ АНАЛІТИЧНОЇ ХІМІЇ

КАТІОНИ

I аналітична група катіонів (K^+ , Na^+ , NH_4^+)

1. Окремі реакції на K^+ -катіон:

- а) дія натрій гексанітрокобальтату(III) $Na_3[Co(NO_2)_6]$;
- б) дія натрій гідрогентартрату $NaHC_4H_4O_6$;
- в) забарвлення полум'я.

2. Окремі реакції на Na^+ -катіон:

- а) дія калій гексагідроксостибату(V) $K[Sb(OH)_6]$ (теоретично);
- б) дія діоксоуран(VI) діацетату (уранілацетату) $UO_2(CH_3COO)_2$ або магній уранілацетату $Mg(UO_2)_3(CH_3COO)_8$ (теоретично);
- в) забарвлення полум'я.

3. Окремі реакції на NH_4^+ -катіон:

- а) дія лугів (калій гідроксиду або натрій гідроксиду);
- б) дія реактива Неслера $K_2[HgI_4]$;
- в) дія натрій гексанітрокобальтату(III) $Na_3[Co(NO_2)_6]$;
- г) дія натрій гідрогентартрату $NaHC_4H_4O_6$.

II аналітична група катіонів (Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+})

Загальні реакції:

- а) дія хлоридної кислоти та її розчинних солей;
- б) дія сульфатної(VI) кислоти та її розчинних солей;
- в) дія солей лужних металів карбонатної кислоти;
- г) дія лугів (калій гідроксиду або натрій гідроксиду);
- д) дія амоніаку.

1. Окремі реакції на Ag^+ -катіон:

- а) дія хлоридної кислоти та її розчинних солей;
- б) дія калій йодиду KI ;
- в) дія дикалій тетраоксохромату(VI) K_2CrO_4 ;
- г) дія формальдегіду $HCHO$ (демонстр.).

2. Окремі реакції на Pb^{2+} -катіон

- а) дія сульфатної(VI) кислоти та її розчинних солей;
- б) дія калій йодиду KI ;
- в) дія дикалій тетраоксохромату K_2CrO_4 .

3. Окремі реакції на Hg_2^{2+} -катіон:

- відновлення димеркурій(I)-катіону міддю;
- реакція самоокиснення-самовідновлення (диспропорціювання).

III аналітична група катіонів (Ba^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+})

Загальні реакції:

- а) дія сульфатної(VI) кислоти;
- б) дія діамоній сульфату(VI) $(NH_4)_2SO_4$;
- в) дія діамоній карбонату $(NH_4)_2CO_3$;
- г) дія діамоній оксалату $(NH_4)_2C_2O_4$;
- д) дія дикалій хромату(VI) K_2CrO_4 .

1. Окремі реакції на Va^{2+} -катіон:

- а) дія дикалій хромату(VI) K_2CrO_4 і дикалій дихромату(VI) $K_2Cr_2O_7$;
- б) забарвлення полум'я.

2. Окремі реакції на Ca^{2+} -катіон:

- а) дія сульфатної(VI) кислоти (пробірочним і мікрокристалоскопічним способами);
- б) дія діамоній оксалату $(NH_4)_2C_2O_4$;
- в) забарвлення полум'я.

3. Окремі реакції на Sr^{2+} -катіон:

- а) дія гіпсової води $CaSO_4 \cdot 2H_2O$;
- б) забарвлення полум'я.

IV аналітична група катіонів (Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} , Sn^{2+} , $Sn(IV)$)

Загальні реакції:

- а) дія їдких лугів;
- б) дія амоній гідроксиду;
- в) дія динатрій гідрогенфосфату;
- г) дія дигідрогенпероксиду в лужному середовищі;

1. Окремі реакції на Al^{3+} -катіон:

- а) дія алізарину;
- б) дія їдких лугів;
- в) дія амоній гідроксиду;
- г) взаємодія з 8-оксихіноліном.

2. Окремі реакції на Cr^{3+} , CrO_4^{2-} , $Cr_2O_7^{2-}$ -іони:

- а) окиснення Cr^{3+} -іону в CrO_4^{2-} -іон у лужному середовищі дією бромної води або дигідрогенпероксиду;
- б) окиснення Cr^{3+} -іону в $Cr_2O_7^{2-}$ -іон у кислому середовищі дією $KMnO_4$ або $(NH_4)_2S_2O_8$;
- в) дія дигідрогенпероксиду на $Cr_2O_7^{2-}$ -іон у кислому середовищі;
- г) дія йодид-іонів на $Cr_2O_7^{2-}$ -іон у кислому середовищі;
- д) дія Va^{2+} -, Pb^{2+} -, Ag^{1+} -іонів на CrO_4^{2-} -іон.

3. Окремі реакції на Zn^{2+} -катіон:

- а) дія калій гексаціаноферату(II) $K_4[Fe(CN)_6]$;
- б) дія дитизону;
- в) дія калій гексаціаноферату(III) $K_3[Fe(CN)_6]$.

4. Окремі реакції на Sn^{2+} -катіон:

- а) відновлення солі бісмуту до металічного бісмуту солями стануму(II);
- б) відновлення ферум(III)-іону солями стануму(II) до ферум(II)-іону.

5. Окремі реакції на $Sn(IV)$ -катіон:

- а) дія металічного заліза, цинка;
- б) дія сульфід-іону.

V аналітична група катіонів (Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Sb^{3+} , $Sb(V)$, Bi^{3+})

Загальні реакції:

- а) дія їдких лугів;
- б) дія амоній гідроксиду;
- в) дія натрій гідрогенфосфату;
- г) дія карбонатів.

1. Окремі реакції на Mg^{2+} -катіон:

- а) дія натрій гідрогенфосфату в присутності $NH_3 \cdot H_2O$ та NH_4Cl (пробірочним та мікрористалоскопічним способами);
- б) дія 8-оксихіноліну C_9H_6NOH .

2. Окремі реакції на Mn^{2+} -катіон:

- а) окиснення Mn^{2+} -іону в MnO_4^{1-} -іон дією діамоній персульфату (гексаоксопероксодисульфату $(NH_4)_2S_2(O_2)O_6$) або плюмбум діоксиду, або натрій бісмутату;
- б) окиснення Mn^{2+} -йону в $MnO(OH)_2$ в лужному середовищі дією бромної води або дигідрогенпероксиду;
- в) краплинна реакція з бензидином.

3. Окремі реакції на Fe^{3+} -катіон:

- а) дія калій гексаціаноферату(II) $K_4[Fe(CN)_6]$;
- б) дія калій тіоціанату або амоній тіоціанату.

4. Окремі реакції на Fe^{2+} -катіон:

дія калій гексаціаноферату(III).

5. Окремі реакції на Sb^{3+} - та $Sb(V)$ -іони:

- а) гідроліз стибій(III) хлориду;
- б) відновлення Sb^{3+} -іону і $Sb(V)$ -іону до металічного стибію дією металічного цинку (алюмінію, магнію, заліза).

6. Окремі реакції на Bi^{3+} -катіон:

- а) гідроліз бісмут(III) хлориду;
- б) дія калій йодиду;
- в) відновлення солі бісмуту до металічного бісмуту солями стануму(II).

VI аналітична група катіонів (Ni^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+})

Загальні реакції:

- а) дія їдких лугів;
- б) дія амоній гідроксиду;
- в) дія карбонатів;
- г) дія динаатрій гідрогенфосфату.

1. Окремі реакції на Ni^{2+} -катіон:

дія реактиву Чугаєва (H_2Dm).

2. Окремі реакції на Co^{2+} -катіон:

- а) дія амоній або калій тіоціанату;
- б) окиснення та комплексоутворення з α -нітросо- β -нафтолом.

3. Окремі реакції на Cu^{2+} -катіон:

- а) дія амоній гідроксиду;
- б) дія натрій тіосульфату $Na_2S_2O_3$;
- в) відновлення Cu^{2+} -йону до вільної міді активними металами;
- г) дія калій гексаціаноферату(II) $K_4[Fe(CN)_6]$.

4. Окремі реакції на Cd^{2+} -катіон:

- а) дія сульфідної води H_2S .

5. Окремі реакції на Hg^{2+} -катіон:

- а) дія калій йодиду KI ;
- б) відновлення Hg^{2+} -йона міддю.

АНІОНИ

I аналітична група аніонів (SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SiO_3^{2-})

Загальні реакції:

дія розчинних солей барію.

1. Окремі реакції на SO_4^{2-} -аніон:

дія Pb^{2+} -, Ba^{2+} -катіонів.

2. Окремі реакції на CO_3^{2-} -аніон:

дія розведених мінеральних кислот.

3. Окремі реакції на SO_3^{2-} -аніон:

- а) дія розведених мінеральних кислот;
- б) взаємодія з окисниками (I_2 , Br_2 , KMnO_4).

4. Окремі реакції на PO_4^{3-} -аніон:

- а) дія магнезійної суміші;
- б) дія діамоній молібдату(VI) $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$;
- в) взаємодія з Ba^{2+} -, Ag^{1+} -, Pb^{2+} -катіонами.

5. Окремі реакції на SiO_3^{2-} -аніон:

- а) гідроліз йону SiO_3^{2-} у присутності амоній хлориду;
- б) дія мінеральних кислот.

II аналітична група аніонів (Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-})

Загальні реакції:

дія аргентум нітрату.

1. Окремі реакції на Cl^- -аніон:

- а) дія плюмбум діоксиду або манган діоксиду;
- б) дія концентрованої сульфатної(VI) кислоти.

2. Окремі реакції на Br^- -аніон:

- а) дія окисників;
- б) взаємодія з Ag^{1+} -катіоном.

3. Окремі реакції на I^- -аніон:

дія хлорної води або калій перманганату.

4. Окремі реакції на S^{2-} -аніон:

- а) дія розведених кислот;
- б) дія солей кадмію;
- в) взаємодія з Ag^{1+} -, Pb^{2+} -катіонами.

III аналітична група аніонів (NO_3^- , NO_2^- , CH_3COO^-)

1. Окремі реакції на NO_3^- -аніон:

- а) дія концентрованої сульфатної кислоти і металічної міді;
- б) дія активних металів (алюмінію або цинку) у сильнолужному розчині;
- в) реакція з ферум(II) сульфатом у присутності конц. H_2SO_4 ;
- г) реакція з дифеніламіном $\text{C}_6\text{H}_5\text{-NH-C}_6\text{H}_5$.

2. Окремі реакції на NO_2^- -аніон:

- а) дія калій йодиду;
- б) дія концентрованої або розведеної сульфатної(VI) кислоти.

3. Окремі реакції на CH_3COO^- -аніон:

- а) дія концентрованої сульфатної кислоти;
- б) утворення складного ефіру (естеру) – взаємодія з етиловим (аміловим) спиртом у присутності концентрованої сульфатної кислоти;
- в) дія ферум(III) хлориду.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №1

Тема: „Предмет, завдання та методи якісного аналізу”, „Перша аналітична група катіонів”.

Мета: засвоїти правила роботи в лабораторії аналітичної хімії, техніку безпеки. Вивчити сучасні системи якісного аналізу, взаємозв'язок між кислотно-лужною класифікацією катіонів у якісному аналізі та періодичною системою елементів Д.І. Менделєєва у світлі сучасних уявлень про будову атома і природу хімічного зв'язку. Набути знання про показники чутливості аналітичних реакцій, характерні реакції катіонів I аналітичної групи.

Лабораторне обладнання і реактиви: штатив з набором реактивів, штатив з пробірками, промивалка, тримач пробірок, лійка, скляна паличка, предметне скельце, водяна баня, електроплитка, пісчана баня, мікроскоп, фільтрувальний папір, універсальний індикаторний папірець, ножиці, банка для зливання.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Предмет, завдання та методи аналітичної хімії.
2. Аналітичні реакції і вимоги до них.
3. Чутливість аналітичних реакцій, показники чутливості.
4. Методика розрахунків показників чутливості.
5. Системи якісного аналізу катіонів. Поділ катіонів на аналітичні групи за кислотно-лужною класифікацією.
6. Перша аналітична група катіонів. Загальна характеристика групи, її зв'язок із періодичною системою елементів Д.І. Менделєєва. Характерні реакції катіонів I аналітичної групи.
7. Хід аналізу суміші катіонів I аналітичної групи (мисленнєвий експеримент). Способи видалення або маскування солей амонію перед відкриттям катіону K^+ .
8. Апаратура і техніка лабораторних робіт, техніка безпеки в лабораторії аналітичної хімії.

II. Практична частина:

Характерні реакції катіонів I аналітичної групи.

III. Письмовий контроль знань із тем:

„Чутливість аналітичних реакцій”, „I аналітична група катіонів”.

Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:
 - 1.1. Робота з підручником: [1] Р. 2, §2.1–2.2, с. 17–43, §6, с. 225–241; [25] §1–12, с. 5–39; [7, 8, 10].
 - 1.2. Опрацювати лекційний матеріал з тем: «Аналітична хімія як наукова дисципліна. Методи і об'єкти хімічного аналізу», «Якісний хімічний аналіз» (лекція 1 і 2).
 - 1.3. Самостійно опрацювати питання з лекції 1: «Історія розвитку аналітичної хімії» (реферат підготувати до заняття №8), «Методологічні аспекти аналітичної хімії», «Значення аналітичної хімії в народному господарстві, в розвитку природознавства, техніки»; питання з лекції 2: «Схема систематичного ходу

аналізу катіонів за сульфідною класифікацією, її зв'язок з Періодичною системою елементів Д. І. Менделєєва».

1.4. Оформити в робочому зошиті практичну частину роботи „Характерні реакції катіонів I аналітичної групи”.

«Характерні реакції катіонів I аналітичної групи»

Катіон	Аналітичний реагент	Спостереження	Рівняння реакції у йонно-молекулярному вигляді
	Назва аналітичного реагенту		
Окремі реакції на K^+-іон			
K^+	$Na_3[Co(NO_2)_6]$		
	Умови:		
	$NaHC_4H_4O_6$	в пробірці	
		на предметному скельці (замалювати форму кристалів)	
	Умови (пробірочним способом):		
	Умови (мікрокристалоскопічно):		
	Забарвлення полум'я	Спостереження:	

	Умови:		
Окремі реакції на Na⁺-катіон:			
Na⁺	K[Sb(OH) ₆]		
	Умови:		
	Mg(UO ₂) ₃ (CH ₃ COO) ₈	в пробірці	
		на предметному скельці (замалювати форму кристалів)	
	Умови (пробірочним способом):		
	Умови (мікрокристалоскопічно):		
	Забарвлення полум'я	Спостереження:	
	Умови:		
NH₄⁺	NaOH		
	Умови:		

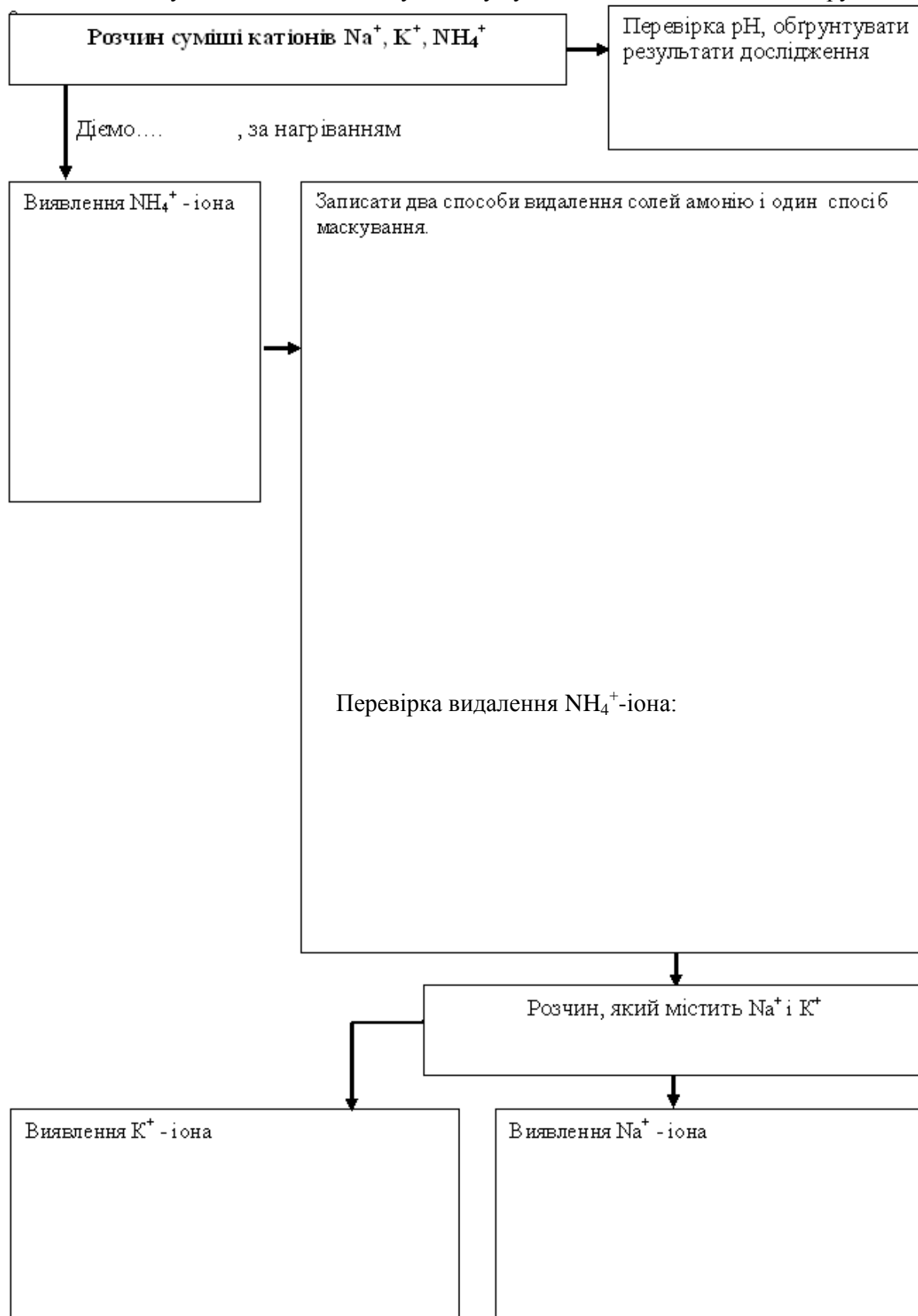
	$K_2[HgI_4]$		
	Умови:		

1.5. Оформити в зошиті загальну характеристику I аналітичної групи катіонів відповідно плану.

Загальна характеристика аналітичної групи катіонів

1. Валентність.
2. Ступінь окиснення.
3. Заряд йонів.
4. Електронна конфігурація йонів.
5. Поляризує дія йонів.
6. Тип хімічного зв'язку в сполуках.
7. Хімічний характер гідроксидів.
8. Розчинність солей. Використання здатності йонів утворювати нерозчинні (і забарвлені) сполуки в якісному аналізі.
9. Гідроліз солей. Використання здатності йонів піддаватися гідролізу в аналізі.
10. Окисно-відновні властивості йонів та їх використання в якісному аналізі.
11. Здатність йонів до комплексоутворення та її використання в якісному аналізі.
12. Груповий реагент.

1.6. Скласти схему систематичного ходу аналізу суміші катіонів I аналітичної групи



Примітка: при виявленні йонів необхідно вказати умови, аналітичний ефект і записати рівняння реакції в йонно-молекулярному вигляді.

- 1.7. Робота над рефератом «Історія розвитку аналітичної хімії. Основні проблеми аналітичної хімії в наш час».
- 1.8. Підготовка до колоквиуму 1 з теми «Теорії кислот і основ».
- 1.9. Оформити в зошиті сульфідну класифікацію катіонів.

2. Самостійна індивідуальна робота:

2.1. Розв'язати задачі відповідного варіанту з тем:

„Чутливість аналітичних реакцій”, „Способи вираження кількісного складу розчинів”

№ варіанту	Збірник задач		№ варіанту	Збірник задач	
	[7]	[8]		[7]	[8]
1	13, 33	170 (1), 237	8	20, 40	170 (8), 250
2	14, 34	170 (2), 239	9	21, 41	170 (9), 252
3	15, 35	170 (3), 240	10	22, 42	170 (10), 279
4	16, 36	170 (4), 241	11	23, 43	170 (11), 321
5	17, 37	170 (5), 244	12	24, 44	170 (12), 341
6	18, 38	170 (6), 245	13	25, 45	170 (13), 343
7	19, 39	170 (7), 249	14	26, 46	170 (14), 345

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №2

Тема: „Закон дії мас як теоретична основа якісного аналізу”

Мета: набути знання про стан сильних і слабких електролітів у розчинах.

Лабораторне обладнання: роздаткові матеріали (таблиця констант іонізації слабких кислот та основ; таблиця наближених значень коефіцієнтів активності).

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Застосування закону дії мас при дослідженні слабких електролітів.
2. Розв’язування задач на розрахунки ступеню та константи дисоціації, рН розчинів.
3. Стан сильних електролітів у розчинах.
4. Розв’язування задач на розрахунки активності, коефіцієнту активності йонів, йонної сили розчину.
5. Буферні розчини, їх значення в аналізі. Виведення формул для розрахунку рН буферних розчинів.

II. Письмовий контроль знань із теми заняття: «Стан сильних та слабких електролітів у розчинах» (теорія)

1. Самостійна робота:

- 1.1. Робота з підручником: [1] Р. 3, с. 60–85; [25] §13–22, с. 39–86, 94–99; [7, 8, 10].
- 1.2. Опрацювати лекційний матеріал з тем: «Загальні теоретичні основи аналітичної хімії», «Застосування закону дії мас до процесу йонізації слабких електролітів», «Вплив однойменних йонів на зміщення йонних рівноваг. Буферні розчини та їх значення в хімічному аналізі» (лекції 3, 4, 5).
- 1.3. Опрацювати тему «Теорії кислот і основ» (тему підготувати до колоквиуму 1, заняття № 7).
- 1.4. Самостійно опрацювати питання з лекції 3: «Умова електронейтральності і умова матеріального балансу», питання з лекції 4: «Способи визначення рН розчинів», питання з лекції 5: «Розрахунок рН буферних розчинів (розрахунок рН амоніачної буферної суміші)».

2. Самостійна індивідуальна робота:

- 2.1. Робота над рефератом «Історія розвитку аналітичної хімії. Основні проблеми аналітичної хімії в наш час».
- 2.2. Підготовка до колоквиуму 1 з теми «Теорії кислот і основ».
- 2.3. Розв’язати задачі відповідного варіанту з тем:

„Застосування закону дії мас при дослідженні слабких електролітів”,
„Стан сильних електролітів у розчинах”, „Буферні розчини”

№ варіанту	Збірник задач		№ варіанту	Збірник задач	
	[7]	[8]		[7]	[8]
1	61, 144, 76	420, 425	8	68, 137, 83	430, 454
2	62, 143, 77	421, 438	9	69, 136, 84	431, 455
3	63, 142, 78	422, 445	10	70, 135, 85	432, 456
4	64, 141, 79	423, 446	11	71, 134, 86	434, 457
5	65, 140, 80	424, 447	12	72, 133, 87	435, 458
6	66, 139, 81	428, 449	13	73, 132, 88	426, 437
7	67, 138, 82	429, 453	14	74, 131, 89	427, 441

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №3

Тема: „Друга аналітична група катіонів”

Мета: вивчити характерні реакції катіонів II аналітичної групи та умови їх проходження. Опанувати хід аналізу суміші катіонів I-II аналітичних груп.

Лабораторне обладнання і реактиви: штатив з набором реактивів, штатив з пробірками, промивалка, тримач пробірок, лійка, скляна паличка, предметне скельце, водяна баня, електроплитка, пісчана баня, мікроскоп, фільтрувальний папір, універсальний індикаторний папірець, ножиці, банка для зливання, таблиці, схеми.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Друга аналітична група катіонів. Загальна характеристика групи, її зв'язок з періодичною системою Д. І. Менделєєва. Загальні та окремі характерні реакції катіонів другої аналітичної групи.
2. Хід аналізу суміші катіонів I-II аналітичних груп.

II. Практична частина:

Загальні та окремі реакції катіонів II аналітичної групи.

III. Письмовий контроль знань із тем:

„Стан сильних та слабких електролітів у розчинах (розв'язування задач)”, „I-II аналітичні групи катіонів”.

Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:
 - 1.1. Робота з підручником: [1] Р. 2 §7, с. 242–262; [25] §13–22, с. 39–86, 94–99; [10].
 - 1.2. Опрацювати лекційний матеріал з теми: «Якісний хімічний аналіз» (лекція 2).
 - 1.3. Оформити в робочому зошиті практичну частину роботи „Загальні й окремі характерні реакції катіонів II аналітичної групи” відповідно до зразку та переліку реакцій.

Загальні реакції катіонів II аналітичної групи

Катіон	Аналітичний реагент	Спостереження	Рівняння реакції у йонно-молекулярному вигляді
	Назва аналітичного реагенту		
Загальні реакції катіонів II аналітичної групи			
Ag ⁺	HCl Назва:		Використовується і як окрема реакція
Pb ²⁺			
Hg ₂ ²⁺			
	Умови:		

Ag^+	H_2SO_4 Назва:		
Pb^{2+}			Використовується і як окрема реакція
Hg_2^{2+}			
	УМОВИ:		
Ag^+	Na_2CO_3 Назва:		
Pb^{2+}			
Hg_2^{2+}			
	УМОВИ:		
Ag^+	NaOH Назва:		
Pb^{2+}			
Hg_2^{2+}			
	УМОВИ:		
Ag^+	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ Назва:		
Pb^{2+}			
Hg_2^{2+}			
	УМОВИ:		

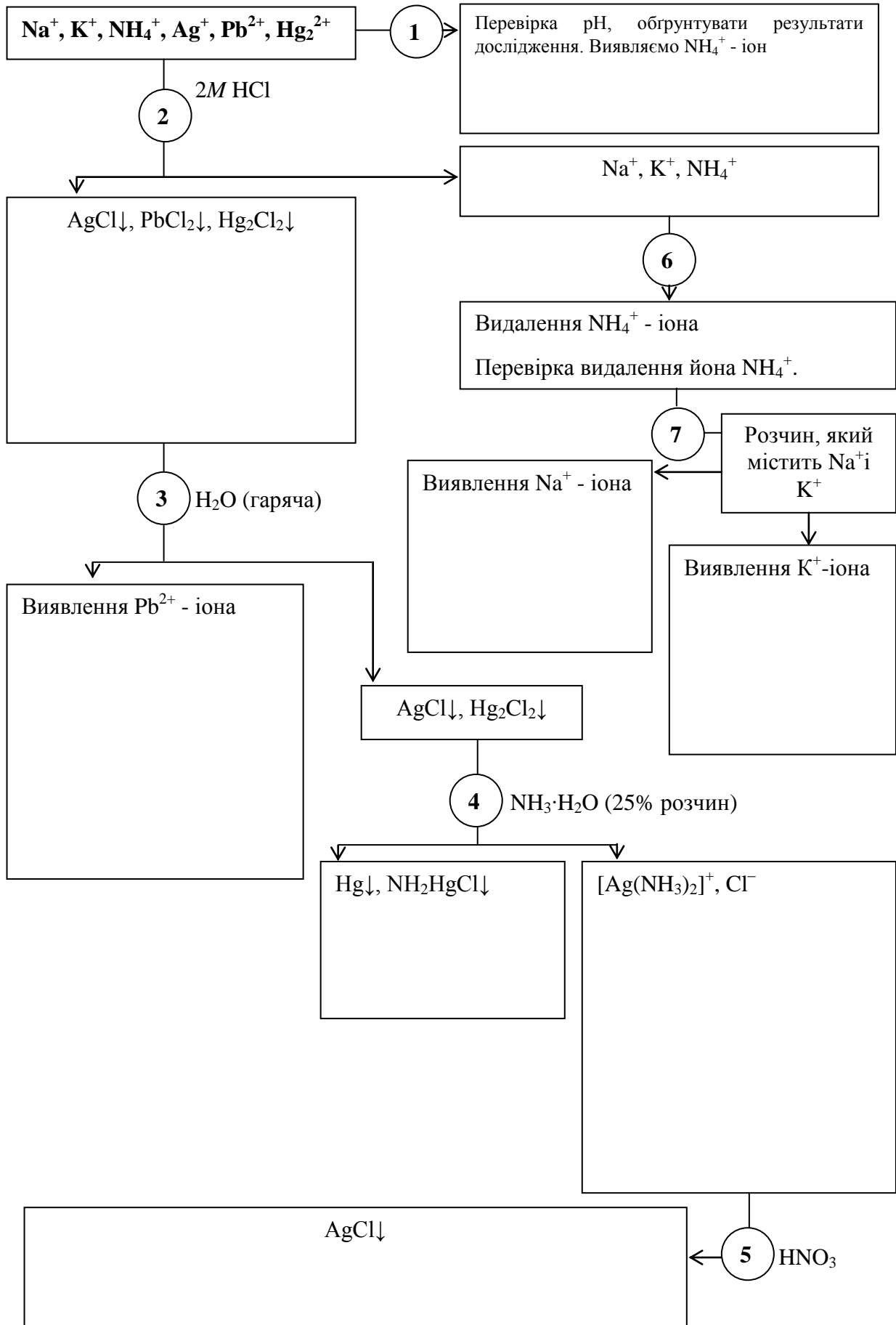
Окремі характерні реакції катіонів II аналітичної групи

Катіон	Аналітичний реагент	Спостереження	Рівняння реакції у йонно-молекулярному вигляді
	Назва аналітичного реагенту		
Окремі реакції на Ag⁺- катіон			
Ag ⁺	HCl		
	Умови:		
	KI		
	Умови:		
	K ₂ CrO ₄		
Умови:			
	HCOH		
Умови:			
Окремі реакції на Pb²⁺- катіон:			
Pb ²⁺	H ₂ SO ₄		
	Умови:		

	KI		
	Умови:		
	K ₂ CrO ₄		
Умови:			
Окремі реакції на Hg₂²⁺ - катіон:			
Hg ₂ ²⁺	Cu		
	Умови:		
	Дія NH ₃ ·H ₂ O на Hg ₂ Cl ₂ ↓		<p>Hg₂Cl₂↓ + NH₃·H₂O →</p> <p>3[HgNH₂]Cl↓ + 3Hg↓ + 14HNO₃ → 6Hg(NO₃)₂ + 2NO↑ + 3NH₄Cl + 4H₂O;</p> <p>Виявляємо Hg²⁺ дією KI або K₂CrO₄:</p>
Умови:			

1.4. Оформити в зошиті загальну характеристику II аналітичної групи катіонів.

1.5. Скласти схему систематичного ходу аналізу суміші катіонів I–II аналітичних груп.



2. Самостійна індивідуальна робота.

2.1. Продовжити роботу над рефератом «Історія розвитку аналітичної хімії. Основні проблеми аналітичної хімії в наш час».

2.2. Продовжити підготовку до колоквіуму 1 з теми «Теорії кислот і основ».

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №4

Тема: „Рівновага в гетерогенній системі осад–насичений розчин”

Мета: набути знання про стан динамічної рівноваги в системі осад–насичений розчин.

Лабораторне обладнання і реактиви: роздаткові матеріали (таблиця добутоків розчинності малорозчинних речовин, таблиця молярних мас речовин).

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Рівновага в гетерогенній системі осад–насичений розчин. Виведення правила добутоку розчинності та його значення.
2. Вплив сторонніх йонів на розчинність малорозчинних електролітів. Сольовий ефект.
3. Осадження. Фактори, які впливають на повноту осадження.
4. Розчинність осадів. Перетворення одних малорозчинних осадів у інші.
5. Дробне осадження.
6. Методика розв’язування задач із теми: “Рівновага в гетерогенній системі осад–насичений розчин”.

II. Письмовий контроль знань із теми:

“Рівновага в гетерогенній системі осад–насичений розчин”.

Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:

1.1. Робота з підручником: [1] Р. 3, §3.2, с. 111–131; [25] §28–34, с. 100–133; [7, 8, 10].

1.2. Опрацювати лекційний матеріал з теми: «Рівновага в гетерогенній системі осад – насичений розчин» (лекція 6).

1.3. Самостійно опрацювати питання з лекції 6: «Застосування процесів осадження в хімічному аналізі», «Вплив різних факторів на повноту осадження».

2. Самостійна індивідуальна робота:

2.1. Продовжити роботу над рефератом «Історія розвитку аналітичної хімії. Основні проблеми аналітичної хімії в наш час».

2.2. Продовжити підготовку до колоквіуму 1 з теми «Теорії кислот і основ».

2.3. Розв’язати задачі відповідного варіанту з теми:

„Рівновага в гетерогенній системі осад–насичений розчин”

№ варіанту	Збірник задач		№ варіанту	Збірник задач	
	[7]	[8]		[7]	[8]
1	145, 161	510, 528, 582	8	152, 168	520, 552, 614
2	146, 162	511, 529, 592	9	153, 169	521, 53, 615
3	147, 163	512, 530, 593	10	154, 170	522, 554, 652
4	148, 164	513, 531, 594	11	155, 171	523, 571, 653
5	149, 165	514, 534, 595	12	156, 172	524, 575, 654
6	150, 166	515, 535, 612	13	157, 173	525, 577, 657
7	151, 167	516, 536, 613	14	158, 174	526, 578, 660

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №5

Тема: „Третя аналітична група катіонів”

Мета: вивчити характерні реакції катіонів III аналітичної групи. Порівняти подібність та відмінність хіміко-аналітичних властивостей катіонів I–III аналітичних груп. Опанувати хід аналізу суміші катіонів I–III аналітичних груп.

Лабораторне обладнання і реактиви: штатив з набором реактивів, штатив з пробірками, промивалка, тримач пробірок, лійка, скляна паличка, предметне скельце, водяна баня, електроплитка, пісчана баня, мікроскоп, фільтрувальний папір, універсальний індикаторний папірець, ножиці, банка для зливання, таблиці і схеми.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Третя аналітична група катіонів. Загальна характеристика групи, її зв'язок із періодичною системою Д. І. Менделєєва.
2. Загальні і окремі реакції катіонів третьої аналітичної групи.
3. Хід аналізу суміші катіонів III аналітичної групи.
4. Хід аналізу суміші катіонів I–III аналітичних груп.

II. Практична частина:

Загальні і окремі реакції катіонів III аналітичної групи.

III. Письмовий контроль знань із теми:

„III аналітична група катіонів”.

Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:
 - 1.1. Робота з підручником: [1] Р. 2, §8, с. 262–286; [25] §28–34, с. 100–133.
 - 1.2. Опрацювати лекційний матеріал з теми: «Якісний хімічний аналіз» (лекція 2).
 - 1.3. Оформити в зошиті практичну частину роботи „Загальні й окремі характерні реакції катіонів III аналітичної групи” відповідно до зразку та переліку реакцій.

Загальні характерні реакції катіонів III аналітичної групи

Катіон	Аналітичний реагент	Спостереження	Рівняння реакції у йонно-молекулярному вигляді
	Назва аналітичного реагенту		
Загальні реакції катіонів III аналітичної групи			
Ba ²⁺	H ₂ SO ₄ Назва:		
Ca ²⁺			
Sr ²⁺			
	Умови:		

Ba²⁺	(NH₄)₂SO₄		
Ca²⁺			В еквівалентній кількості: В надлишку реагента:
Sr²⁺			
	Умови:		
Ba²⁺	(NH₄)₂CO₃		
Ca²⁺			
Sr²⁺			
	Умови:		
Ba²⁺	(NH₄)₂C₂O₄		Осад BaC ₂ O ₄ розчиняється в гарячій CH ₃ COOH.
Ca²⁺			Осад CaC₂O₄ не розчиняється в гарячій CH₃COOH!!!
Sr²⁺			Осад SrC ₂ O ₄ розчиняється в гарячій CH ₃ COOH.
	Умови:		

Ba²⁺	K₂CrO₄		Осад BaCrO ₄ не розчиняється в CH ₃ COOH.
Ca²⁺			Осад CaCrO ₄ утворюється з концентрованих розчинів.
Sr²⁺			Осад SrCrO ₄ розчиняється в CH ₃ COOH.
	Умови:		

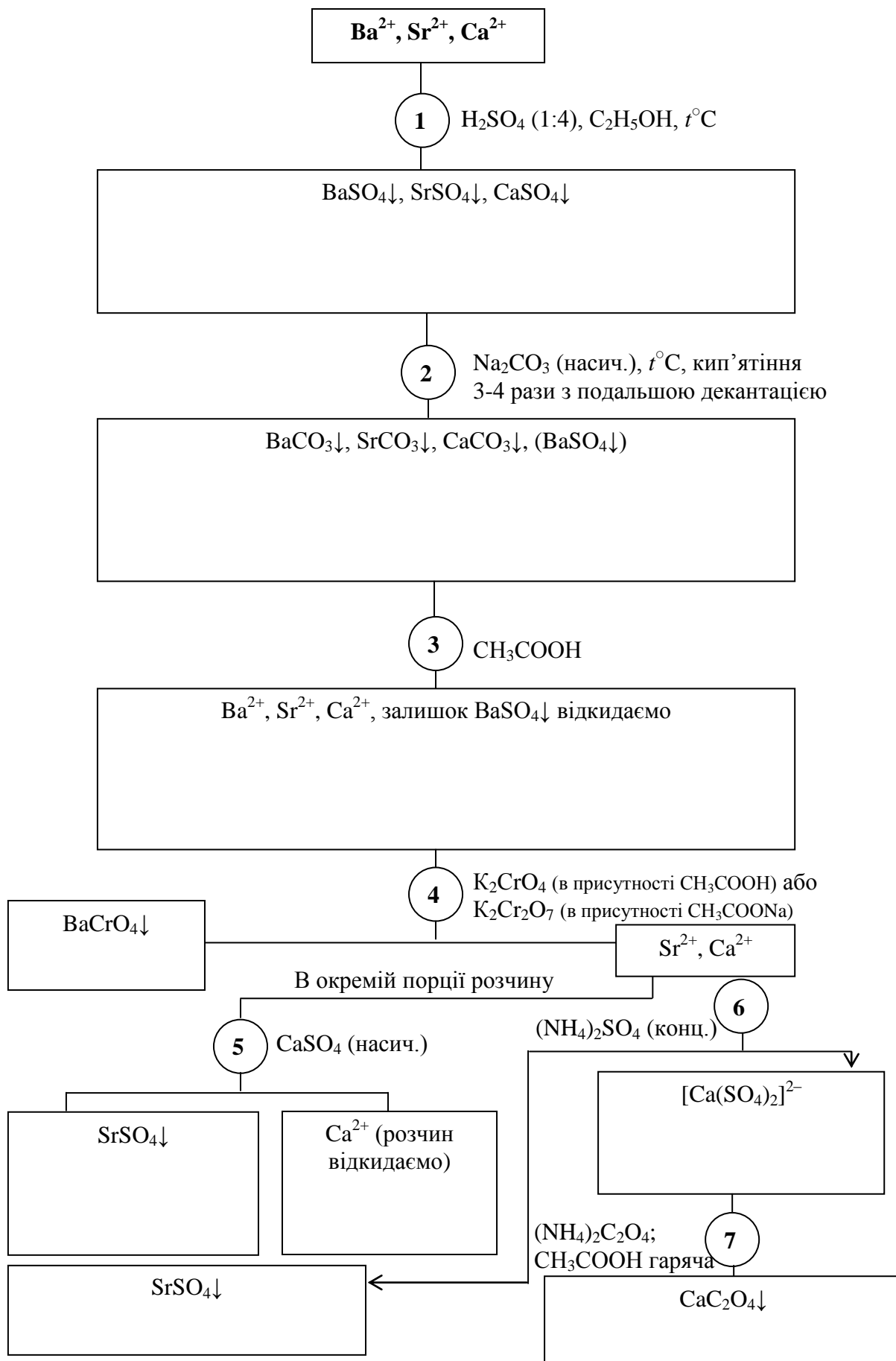
Окремі характерні реакції катіонів III аналітичної групи

Катіон	Аналітичний реагент	Спостереження	Рівняння реакції у йонно-молекулярному вигляді
	Назва аналітичного реагенту		
Окремі реакції на Ba²⁺ - катіон			
Ba²⁺	K₂CrO₄		
	Умови:		
	K₂Cr₂O₇		
	Умови:		
	Забарвлення полум'я	Спостереження:	
Умови:			

Окремі реакції на Ca^{2+} - катіон:			
Ca^{2+}	H_2SO_4 (пробірочним способом)		
	Умови:		
	H_2SO_4 (мікрокристало- скопично)		
	Умови:		
	$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$		
	Умови:		
	Забарвлення полум'я	Спостереження:	
Умови:			
Окремі реакції на Sr^{2+} - катіон:			
Sr^{2+}	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$		
	Умови:		
	Забарвлення полум'я	Спостереження:	
	Умови:		

1.4. Оформити в зошиті загальну характеристику III аналітичної групи катіонів.

1.5. Опанувати схему систематичного ходу аналізу суміші катіонів III аналітичної групи.



2. Самостійна індивідуальна робота:

2.1. Продовжити роботу над рефератом «Історія розвитку аналітичної хімії. Основні проблеми аналітичної хімії в наш час».

2.2. Продовжити підготовку до колоквиуму 1 з теми «Теорії кислот і основ».

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №6

Тема: „Рівновага в гомогенних і гетерогенних системах. Аналіз суміші катіонів I–III аналітичних груп”

Мета: перевірити засвоєння теми: “Рівновага в гомогенних і гетерогенних системах”. Перевірити знання схеми якісного аналізу суміші катіонів I–III аналітичних груп.

План заняття

I. Модульна контрольна робота №1 із тем:

“Стан сильних і слабких електролітів у розчинах”,

“Рівновага в гетерогенній системі осад–насичений розчин”, “I–III аналітичні групи катіонів”.

II. Аналіз суміші катіонів I–III аналітичних груп.

1. Співбесіда.

III. Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:

1.1. Робота з підручником: [1], с. 111–131, 225–286.

1.2. Повторити матеріал лекцій із тем:

“Стан сильних електролітів у розчинах” (лекція 3);

“Застосування закону дії мас при дослідженні слабких електролітів” (лекція 4); “Буферні розчини” (лекція 5); “Рівновага в гетерогенній системі осад–насичений розчин” (лекція 6).

1.3. Повторити характерні реакції катіонів I–III аналітичних груп.

1.4. Вивчити схему аналізу суміші катіонів I–III аналітичних груп.

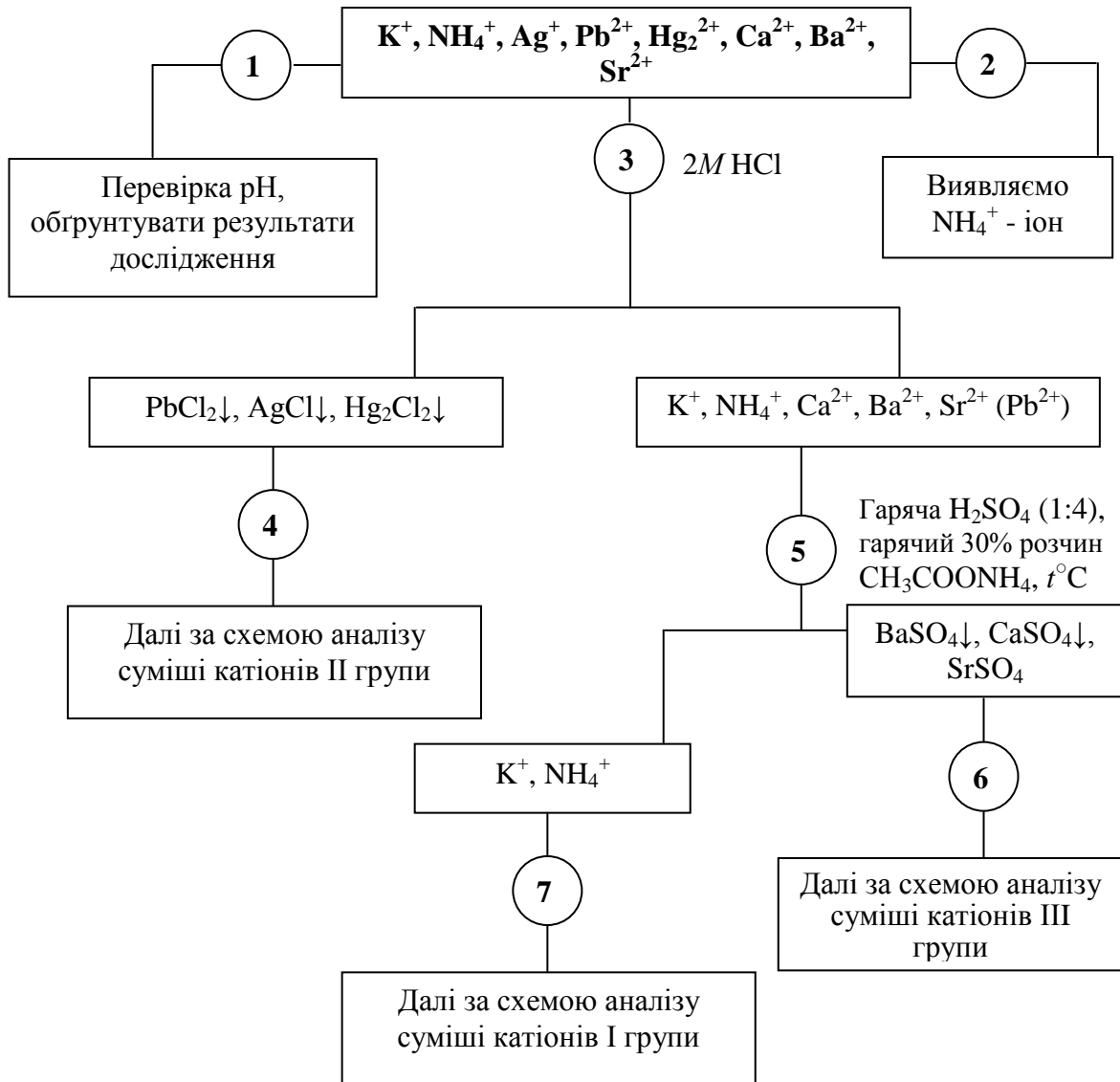
1.5. Засвоїти методику аналізу суміші катіонів I–III аналітичних груп (Додаток 1).

2. Самостійна індивідуальна робота.

2.1. Продовжити роботу над рефератом «Історія розвитку аналітичної хімії. Основні проблеми аналітичної хімії в наш час».

2.2. Продовжити підготовку до колоквиуму 1 з теми «Теорії кислот і основ».

Схема аналізу суміші катіонів I–III аналітичних груп



ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №7

Тема: „Аналіз суміші катіонів I–III аналітичних груп” (експериментальна контрольна робота).

Мета: перевірити вміння проводити якісний аналіз суміші катіонів I–III аналітичних груп за схемою.

Лабораторне обладнання і реактиви: штатив з набором реактивів, штатив з пробірками, промивалка, тримач пробірок, лійка, скляна паличка, предметне скельце, водяна баня, електроплитка, пісчана баня, мікроскоп, фільтрувальний папір, універсальний індикаторний папірець, ножиці, банка для зливання.

План заняття

I. Виконання експериментальної контрольної роботи:
„Аналіз суміші катіонів I–III аналітичних груп”.

II. Оформлення звіту.

Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:

1.1. Робота з підручником: [1], с. 280–286.

1.2. Повторити характерні реакції катіонів I–III аналітичних груп.

1.3. Повторити схему аналізу суміші катіонів I–III аналітичних груп (Додаток 1).

2. Самостійна індивідуальна робота.

2.1. Закінчити роботу над рефератом «Історія розвитку аналітичної хімії. Основні проблеми аналітичної хімії в наш час». Звернути увагу на правильність оформлення списку використаних джерел.

2.2. Колоквіум №1 з теми: «Протолітична теорія кислот і основ».

ОФОРМЛЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ
„АНАЛІЗ СУМІШІ КАТІОНІВ І-ІІІ АНАЛІТИЧНИХ ГРУП (K^+ , NH_4^+ , Ag^+ , Pb^{2+} , Va^{2+} , Ca^{2+})”

Номер виданого розчину: _____ Дата: _____

№	Об'єкт аналізу	Операція, що проводиться	Реактив, яким діємо, та умови проведення операції	Ефект, що спостерігається	Рівняння реакції в йонно-молекулярному виді	Висновок
1	Контрольний розчин	3 Перемішують для одержання однорідної суміші	4	5	6	7
2	0,5 см ³ контрольного розчину	Виявляємо NH_4^+ -іон	0,5 см ³ 2 М NaOH			
3	1/2 контрольного розчину	Відокремлення Визначаємо присутність катіонів II групи	та відкриття 2 М HCl	катіонів II	групи	

1	2	3	4	5	6	7
4	У тій же пробі	Проводимо осадження катіонів II групи	2 МНСІ			
5	У тій же пробі	Перевіряємо на повноту осадження	Обережно по стінках пробірки додаємо 1 краплю 2 МНСІ			
6	У тій же пробі	Відокремлюємо осад від розчину	Фільтруємо			
7	Осад №1 на воронці	Видаляємо домішки	Промиваємо 2-3 рази холодною водою			
8	Осад №1 на воронці	Переводимо пломбум (II) хлорид в розчин	Промиваємо 3-5 рази гарячою водою (по 2 см ³)			
9	Фільтрат №2	Виявляємо Рb ²⁺ - іони	Розчин KI			

1	2	3	4	5	6	7
10	Осад №1 на лійці	Повністю розчиняємо $PbCl_2$	Промиваємо гарячою водою			
11	Осад №1 на лійці	Переводимо в розчин аргентум хлорид	$2M NH_3 \cdot H_2O$			
12	Амоніачний розчин	Виявляємо Ag^+ -іони	$2M HNO_3$			
13	0,5 см ³ фільтрату №1	Відокремлення Визначення присутності катіонів III групи	та відкриття Нагриваємо до 70 °С, додаємо гарячу H_2SO_4 (1:4), гарячий 30% розчин CH_3COONH_4 (для розчинення $PbSO_4$)	катіонів III групи		
14	Фільтрат №1	Проводимо осадження катіонів III групи	Те ж саме, що в п.13, залишаємо стояти 10-15 хв.			

1	2	3	4	5	6	7
15	Фільтрат №1 з осадом	Перевіряємо на повноту осадження	Обережно по стінці пробірки додаємо краплю 1 М H_2SO_4			
16	Фільтрат №1 з осадом	Відокремлюємо осад від розчину	Фільтруємо через фільтр з синього стрічкою			
17	Осад №2 на воронці	Видаляємо домішки	Промиваємо 2-3 рази холодною водою			
18	Осад №2 на воронці	Переводимо сульфати в карбонати	Кип'ятимо з насиченим розчином Na_2CO_3 , зливаємо маточний розчин з осаду (3-4 рази)			

1	2	3	4	5	6	7
19	Содовий розчин з осадом карбонатів	Відокремлюємо осад від розчину	Фільтруємо, фільтрат не досліджуємо			
20	Осад №3 карбонатів BaCO_3 та CaCO_3 на фільтрі	Видаляємо домішки	Промиваємо 2-3 рази холодною водою			
21	Осад №3 карбонатів на фільтрі або в чашці	Розчиняємо карбонати III групи катіонів	CH_3COOH			
22	$\frac{1}{2}$ ацетатного розчину	Визначаємо Ba^{2+} -іони	Розчин K_2CrO_4			
23	У тій же пробі	Перевіряємо на повноту осадження Ba^{2+} -іонів	1 краплю K_2CrO_4 обережно по стінці пробірки			

1	2	3	4	5	6	7
24	У тій же пробі	Відокремлюємо розчин від осаду, осад відкидаємо	Фільтруємо			
25	½ фільтрату №4	Визначаємо Ca^{2+} - іони	Розчин $(NH_4)_2C_2O_4$			
26	1 краплю фільтрату №4 поміщаємо на предметне скло	Виявляємо Ca^{2+} - іони	1 краплю 2 н. H_2SO_4 , нагріти до появи білого кола по краю краплі			
27	½ фільтрату №3	Видаляємо NH_4^+ - іони	Виявлення Кип'ятимо з NaOH	катіонів I		

1	2	3	4	5	6	7
28	1 краплю розчину фільтрату №3 після кип'ятіння з NaOH	Перевіряємо на повноту видалення NH_4^+ -іонів	1 краплю реактиву Неслера			
29	$\frac{1}{2}$ розчину фільтрату №3 після видалення NH_4^{1+} -іонів	Відкриваємо K^+ -іони	$\text{NaN}_2\text{H}_4\text{O}_6$, нейтральне або слабкокисло середовище, охолодження, потирання склянкою паличкою			
30	$\frac{1}{2}$ розчину фільтрату №3 після видалення NH_4^{1+} -іонів	Відкриваємо K^+ -іони	$\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$, нейтральне або слабкокисло середовище, потирання склянкою паличкою			

Висновок: У контрольному розчині № ___ присутні катіони

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №8

Тема: „Гідроліз солей. Амфотерність гідроксидів”

Мета: з'ясувати суть процесів гідролізу солей, методика обчислення кількісних характеристик гідролізу, застосування гідролізу та амфотерності в якісному аналізі.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Сутність гідролізу солей. Застосування закону дії мас до оборотного процесу гідролізу. Константа гідролізу.
2. Методика обчислення константи гідролізу, ступеня гідролізу, рН у розчинах солей, що гідролізують.
3. Практичні прийоми посилення та послаблення гідролізу. Застосування гідролізу в якісному аналізі.
4. Амфотерність гідроксидів та її використання в якісному аналізі.

II. Письмовий контроль знань із тем:

„Гідроліз солей”, „Амфотерність гідроксидів”.

Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:
 - 1.1. Робота з підручником: [1] Р. 3, § 3.3, с. 149–163; [25] §35–38, с. 136–175; [7, 8, 10].
 - 1.2. Опрацювати лекційний матеріал з теми: «Гідроліз солей. Амфотерність гідроксидів» (лекція 7).
 - 1.3. Самостійно опрацювати питання з лекції 7: «Гідроліз солей, утворених сильною основою і слабкою кислотою».
2. Самостійна індивідуальна робота:
 - 2.1. Здати реферат „Історія розвитку аналітичної хімії”, „Основні проблеми аналітичної хімії в наш час”.
 - 2.2. Розв'язати задачі відповідного варіанту з теми: „Гідроліз солей”.

№ варіанту	Збірник задач		№ варіанту	Збірник задач	
	[7]	[8]		[7]	[8]
1	181, 196	716	8	188	748, 760
2	182, 197	717	9	189	750, 763
3	183, 198	726	10	190	752, 767
4	184, 199	744	11	191	753, 773
5	185, 200	745	12	192	754, 774
6	186, 201	746	13	193	755, 780
7	187	747, 759	14	194	756, 781

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №9

Тема: „Четверта аналітична група катіонів – катіонів амфотерних гідроксидів”

Мета: вивчити характерні реакції катіонів IV аналітичної групи. Опанувати хід аналізу суміші катіонів IV групи.

Лабораторне обладнання і реактиви: штатив з набором реактивів, штатив з пробірками, промивалка, тримач пробірок, лійка, скляна паличка, предметне скельце,

водяна баня, електроплитка, пісчана баня, мікроскоп, фільтрувальний папір, універсальний індикаторний папірець, ножиці, банка для зливання.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Четверта аналітична група катіонів. Загальна характеристика групи, її зв'язок із періодичною системою Д.І. Менделєєва.
2. Характерні реакції катіонів IV аналітичної групи.
3. Хід аналізу суміші катіонів IV аналітичної групи.

II. Практична частина:

Характерні реакції катіонів IV аналітичної групи.

III. Письмовий контроль знань із теми:

„IV аналітична група катіонів”.

Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:
 - 1.1. Робота з підручником: [1] Р. 2, §9, с. 287–324; [25] §35–38, с. 136–175.
 - 1.2. Опрацювати лекційний матеріал з теми: «Якісний хімічний аналіз» (лекція 2).
 - 1.3. Оформити в зошиті практичну частину роботи „Загальні й окремі характерні реакції катіонів IV аналітичної групи” відповідно до зразку та переліку реакцій.

Загальні характерні реакції катіонів IV аналітичної групи

Катіон	Аналітичний реагент	Спостереження	Рівняння реакції у йонно-молекулярному вигляді
	Назва аналітичного реагенту		
Загальні реакції катіонів IV аналітичної групи			
Al^{3+}	NaOH Назва:		В еквівалентній кількості:
			В надлишку реагента:
			В надлишку при кип'ятінні:
Cr^{3+}			В еквівалентній кількості:
			В надлишку реагента:
			В надлишку при кип'ятінні: $[Cr(OH)_6]^{3+} + 3H_2O \rightarrow$ $[Cr(OH)_3(H_2O)_3] \downarrow + 3OH^-$

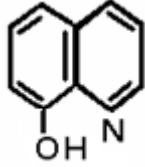
Zn^{2+}			В еквівалентній кількості: В надлишку реагента: В надлишку при кип'ятінні:
Sn^{2+}			В еквівалентній кількості: В надлишку реагента: В надлишку при кип'ятінні
$Sn(IV)$			В еквівалентній кількості: В надлишку реагента: В надлишку при кип'ятінні
Al^{3+}			
Cr^{3+}			
Zn^{2+}	$NH_3 \cdot H_2O$ Назва:		$Zn(OH)_2$ розчиняється в солях амонію з утворенням....
Sn^{2+}			
$Sn(IV)$			
	УМОВИ:		

Al^{3+}	Na_2HPO_4 Назва:		
Cr^{3+}			
Zn^{2+}			
Sn^{2+}			$\text{Sn}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SnOH}^+ + \text{H}^+$ $\text{SnOH}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Sn}(\text{OH})_2\downarrow + \text{H}^+$ $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^-$ $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{OH}^-$ Гідроліз HPO_4^{2-} посилює гідроліз Sn^{2+} $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ $\text{Sn}^{2+} + \text{HPO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons$ $\text{Sn}(\text{OH})_2\downarrow + \text{H}_3\text{PO}_4$
Sn(IV)			Записати аналогічно гідролізу Sn^{2+}
Умови:			
Al^{3+}	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH}$		
Cr^{3+}			Записати рівняння окисно-відновної реакції
Zn^{2+}			

Sn²⁺	$\text{Sn}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{OH})_2\downarrow$ $\text{Sn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{OH}^- \rightarrow [\text{Sn}(\text{OH})_4]^{2-}$ $[\text{Sn}(\text{OH})_4]^{2-} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow [\text{Sn}(\text{OH})_6]^{2-}$ $[\text{Sn}(\text{OH})_4]^{2-} + 2\text{OH}^- - 2\bar{e} \rightarrow [\text{Sn}(\text{OH})_6]^{2-}$ $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\bar{e} \rightarrow 2\text{OH}^-$	
Sn(IV)		Спостереження: $\text{Sn}^{\text{IV}} + 6\text{OH}^- \rightarrow [\text{Sn}(\text{OH})_6]^{2-}$
Умови:		

Окремі характерні реакції катіонів IV аналітичної групи

Катіон	Аналітичний реагент	Спостереження	Рівняння реакції у йонно-молекулярному вигляді
	Назва аналітичного реагенту		
Окремі реакції на Al³⁺ - катіон			
Al³⁺	H ₂ Alis Написати структурну формулу		
	Умови:		
	NaOH		В еквівалентній кількості:
	Умови:		
	NH ₃ ·H ₂ O		

	Умови:	
		
	Умови:	
Окремі реакції на Cr³⁺ - катіон:		
Cr ³⁺	H ₂ O ₂ + NaOH	
	Умови:	
	KMnO ₄ (в кислому середовищі)	
	Умови:	
(NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ (в кислому середовищі)		

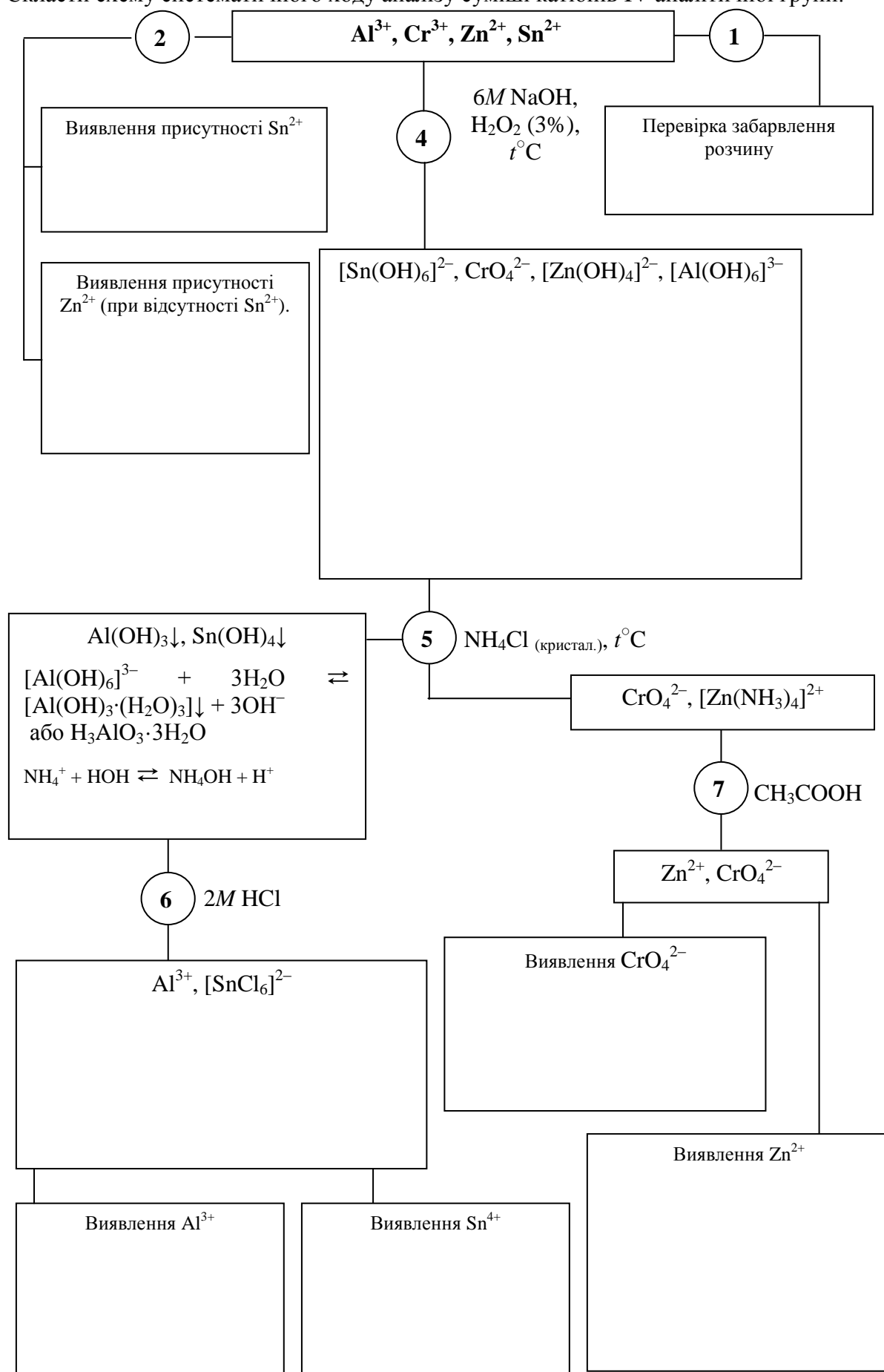
	Умови:		
Окремі реакції на CrO_4^{2-} - іон:			
CrO_4^{2-}	$\text{Ba}^{2+}, \text{Pb}^{2+}, \text{Ag}^+$		
Окремі реакції на $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ - іон:			
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	H_2O_2 (в кислому середовищі)		Утворення хрому(VI) монооксиду дипероксиду
	Умови:		
	KI (в кислому середовищі)		
Умови:			
Окремі реакції на Zn^{2+} - катіон:			
Zn^{2+}	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$		
	Умови:		

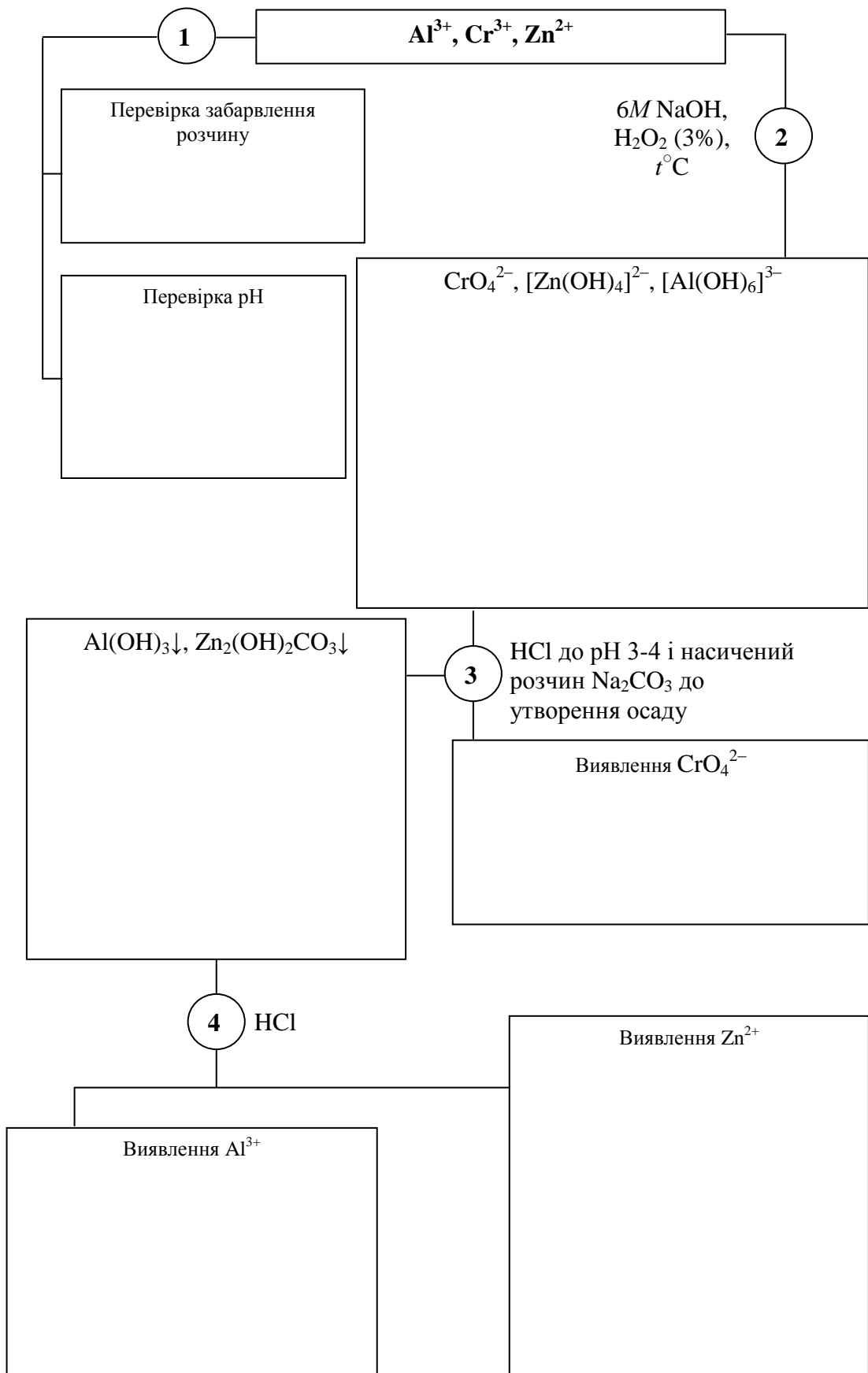
	$\begin{array}{c} \text{NH-NH-C}_6\text{H}_5 \\ \diagdown \\ \text{SC} \\ \diagup \\ \text{N=N-C}_6\text{H}_5 \end{array}$		
	Умови:		
	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$		
	Умови:		
Окремі реакції на Sn^{2+}- катіон:			
	Bi^{3+} (в лужному середовищі)		
	Умови:		
Sn^{2+}	FeCl_3		
			Перевірка на утворення Fe^{2+} -іона дією....
	Умови:		

Окремі реакції на Sn(IV) - іон:			
Sn(IV)	Fe або Zn		
	Умови:		
	S ²⁻		
	Умови:		

1.4. Оформити в зошиті загальну характеристику IV аналітичної групи катіонів.

1.5. Скласти схему систематичного ходу аналізу суміші катіонів IV аналітичної групи.





2. Самостійна індивідуальна робота:

2.1. Продовжити підготовку до колоквіуму 2 з тем:

1. «Основні етапи аналітичного дослідження».
2. «Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі».

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №10

Тема: „Окисно-відновні процеси в якісному аналізі”

Мета: засвоїти теоретичні основи окисно-відновних процесів та їх використання в якісному аналізі.

Навчально-лабораторне обладнання: таблиця зі стандартними окисно-відновними потенціалами.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Константа рівноваги окисно-відновного процесу. Зв'язок константи рівноваги зі стандартними окисно-відновними потенціалами.
2. Використання редокс-потенціалів для визначення напрямку проходження окисно-відновних реакцій.
3. Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі. Підбір найбільш ефективних окисників (відновників) для конкретних випадків аналізу.
4. Складання рівнянь окисно-відновних реакцій йонно-електронним методом (методом напівреакцій).

II. Письмовий контроль знань із теми:

„Окисно-відновні процеси в якісному аналізі”.

Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:
 - 1.1. Робота з підручником: [1] Р. 3, §3.4, с. 174–183; [25] §39–45, с. 176–206; [7, 8, 10, 30].
 - 1.2. Опрацювати лекційний матеріал з теми: «Окисно-відновні реакції в аналізі» (лекція 8).
 - 1.3. Самостійно опрацювати питання з лекції 8: «Класифікація окисно-відновних реакцій», «Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі».
2. Самостійна індивідуальна робота:
 - 2.1. Продовжити підготовку до колоквиуму 2 з тем:
 1. «Основні етапи аналітичного дослідження».
 2. «Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі».
 - 2.2. Розробити два тестових завдання з чотирьма відповідями.
 - 2.3. Розв'язати задачі відповідного варіанту з теми:

„Окисно-відновні реакції в аналізі”

№ варіанту	Збірник задач		№ варіанту	Збірник задач	
	[7]	[8]		[7]	[8]
1	202, 213 (1, 17)	796	8	210, 213 (9, 25)	804
2	203, 213 (2, 18)	797	9	211, 213 (10, 26)	805
3	204, 213 (3, 19)	798	10	212а, 213 (11, 27)	806(1)
4	205, 213 (4, 20)	799	11	212б, 213 (12, 28)	806(2)
5	206, 213 (5, 21)	800	12	212в, 213 (13, 29)	806(7)
6	207, 213 (6, 22)	801	13	212г, 213 (14, 30)	806(16)
7	208, 213 (7, 23)	802	14	212д, 213 (15, 31)	806(17)

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №11

Тема: „П'ята аналітична група катіонів”

Мета: вивчити характерні реакції катіонів V аналітичної групи. Опанувати хід аналізу суміші катіонів V аналітичної групи.

Лабораторне обладнання і реактиви: штатив з набором реактивів, штатив з пробірками, промивалка, тримач пробірок, лійка, скляна паличка, предметне скельце, водяна баня, електроплитка, пісчана баня, мікроскоп, фільтрувальний папір, універсальний індикаторний папірець, ножиці, банка для зливання.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. П'ята аналітична група катіонів. Загальна характеристика групи, характерні реакції катіонів V аналітичної групи.
2. Хід аналізу суміші катіонів V аналітичної групи.

II. Практична частина:

Характерні реакції катіонів V аналітичної групи.

III. Письмовий контроль знань із теми:

„V аналітична група катіонів”.

Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:
 - 1.1. Робота з підручником: [1] Р. 2, §10, с. 325–350; [25] §39–45, с. 176–206.
 - 1.2. Опрацювати лекційний матеріал з теми: «Якісний хімічний аналіз» (лекція 2)
 - 1.3. Оформити в зошиті практичну частину роботи „Загальні й окремі характерні реакції катіонів V аналітичної групи” відповідно до зразку та переліку реакцій.

Загальні характерні реакції катіонів V аналітичної групи

Катіон	Аналітичний реагент	Спостереження	Рівняння реакції у йонно-молекулярному вигляді
	Назва аналітичного реагенту		
Загальні реакції катіонів V аналітичної групи			
Mg ²⁺	NaOH Назва:		
Mn ²⁺			
Fe ²⁺			

Fe³⁺			
Sb³⁺			
Sb(V)			
Bi³⁺			
Mg²⁺			Mg(OH) ₂ розчиняється в солях амонію
Mn²⁺			Mn(OH) ₂ розчиняється в солях амонію
Fe²⁺			Fe(OH) ₂ розчиняється в солях амонію
Fe³⁺	NH ₃ ·H ₂ O Назва:		
Sb³⁺			
Sb(V)			
Bi³⁺			
	Умови:		

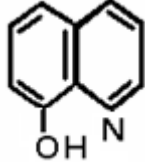
Mg²⁺			
Mn²⁺			
Fe²⁺			
Fe³⁺			
Sb³⁺	<p>Назва: Na₂HPO₄</p>		<p>I. $\text{Sb}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SbOH}^{2+} + \text{H}^+$</p> <p>II. $\text{SbOH}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Sb}(\text{OH})_2^+ + \text{H}^+$</p> <p>III. $\text{Sb}(\text{OH})_2^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Sb}(\text{OH})_3\downarrow + \text{H}^+$</p> <p>$\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^-$</p> <p>Гідроліз HPO_4^{2-} посилює гідроліз Sb^{3+}</p> <p>$\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$</p> <p>Сумарне рівняння реакції при повному гідролізі:</p> <p>$\text{Sb}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} + \text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{Sb}(\text{OH})_3\downarrow + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}^+$</p>
Sb(V)			<p>$\text{Sb}^{5+} + 6\text{H}_2\text{O} + \text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{H}[\text{Sb}(\text{OH})_6]\downarrow + 3\text{H}^+ + \text{H}_3\text{PO}_4$</p> <p>Сумарне рівняння реакції при повному гідролізі в молекулярному і йонно-молекулярному вигляді:</p> <p>$\text{SbCl}_5 + \text{Na}_2\text{HPO}_4 + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}[\text{Sb}(\text{OH})_6]\downarrow + 3\text{HCl} + \text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{NaCl}$</p>

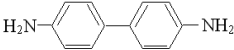
Bi³⁺			
	УМОВИ:		
Mg²⁺	Na_2CO_3 Назва:		
Mn²⁺			
Fe²⁺			
Fe³⁺			
Sb³⁺			
Sb(V)			

Bi³⁺			
	Умови:		

Окремі характерні реакції катіонів V аналітичної групи

Катіон	Аналітичний реагент	Спостереження	Рівняння реакції у йонно-молекулярному вигляді
	Назва аналітичного реагенту		
Окремі реакції на Mg²⁺ - катіон			
Mg²⁺	Na ₂ HPO ₄ (в присутності NH ₃ ·H ₂ O та NH ₄ Cl) Пробірочним способом		
	Умови:		
	Na ₂ HPO ₄ (в присутності NH ₃ ·H ₂ O та NH ₄ Cl) Мікрокристало-скопічно	Хід роботи: До краплини досліджуваного розчину на предметному склі додають краплину NH ₄ Cl. Предметне скло перевертають краплиною вниз і тримають протягом 1-2 хв. Над склянкою з розчином амоніаку. Після цього в краплину вносять кристалик Na ₂ HPO ₄ або краплину розчину цієї солі. Утворюються кристалики у формі призм і трапецій (з розведених розчинів). З концентрованих розчинів кристали виділяються у вигляді зірочок або дендритів.	
Умови:			

			
	Умови:		
Окремі реакції на Mn²⁺- катіон:			
Mn²⁺	(NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ (в кислому середовищі)		
	Умови:		
	PbO ₂ (в кислому середовищі)		
Умови:			
	NaBiO ₃ (в кислому середовищі)		

Умови:		
Br ₂ (в лужному середовищі)		
Умови:		
H ₂ O ₂ (в лужному середовищі)		
 Бензидин C ₁₂ H ₈ (NH ₂) ₂	Спостереження:	
Умови: крапельна реакція; $\text{Mn}^{2+} \xrightarrow{\text{NH}_3} \text{Mn}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{O}_2} \text{MnO}(\text{OH})_2.$		
Хід роботи: Краплину досліджуваного розчину наносять на смужку фільтрувального паперу, додають 2-3 краплі 6 н. розчину їдкого лугу і через 2-3 хв. додають краплину оцтовокислого розчину бензидину.		

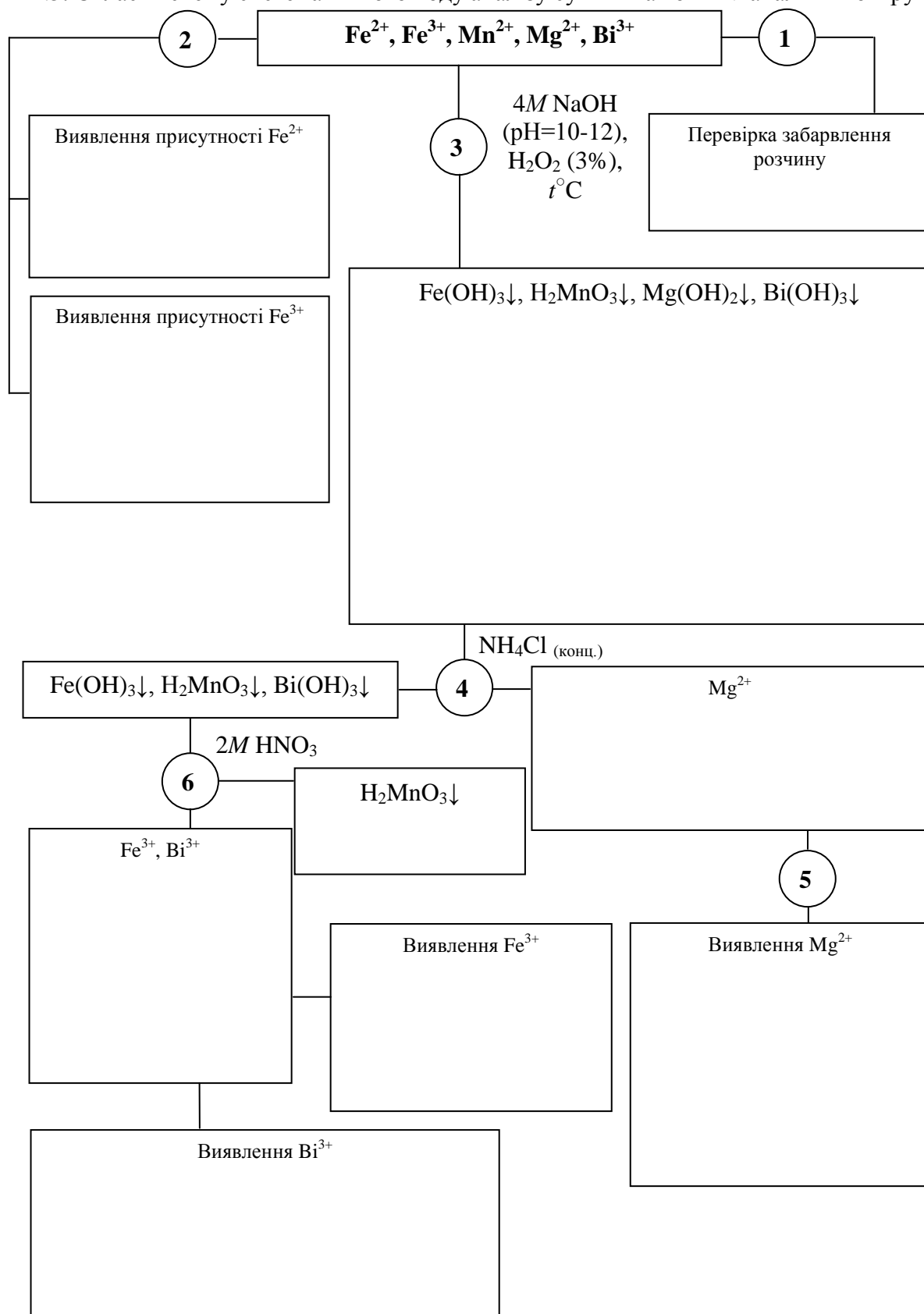
Окремі реакції на Fe^{3+} - катіон:			
Fe^{3+}	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$		
	Умови:		
	NH_4SCN		
	Умови:		
Окремі реакції на Fe^{2+} - катіон:			
Fe^{2+}	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$		
	Умови:		
Окремі реакції на Sb^{3+} - катіон:			
Sb^{3+}	Гідроліз SbCl_3		I стадія гідролізу:
			II стадія гідролізу: Розклад $\text{Sb}(\text{OH})_2\text{Cl}$

	Умови:	
	Zn (Al, Mg,Fe)	
	Умови:	
Sb(V)	Zn (Al, Mg,Fe)	
	Умови:	
Окремі реакції на Bi^{3+} - катіон:		
Bi^{3+}	Гідроліз BiCl_3	I стадія гідролізу:
		II стадія гідролізу:
		Розклад $\text{Bi}(\text{OH})_2\text{Cl}$
	Умови:	
	KI	В еквівалентній кількості:
		В надлишку реагенту:

	Умови:		
	Sn^{2+} (в лужному середовищі)		
	Умови:		

1.4. Оформити в зошиті загальну характеристику V аналітичної групи катіонів.

1.5. Скласти схему систематичного ходу аналізу суміші катіонів V аналітичної групи.



2. Самостійна індивідуальна робота:

2.1. Продовжити підготовку до колоквиуму 2 з тем:

1. «Основні етапи аналітичного дослідження».

2. «Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі».

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №12

Тема: „Утворення та руйнування комплексних сполук. Застосування органічних реагентів у якісному аналізі”

Мета: засвоїти теоретичні основи процесів утворення та руйнування комплексних сполук, їх застосування в якісному аналізі. Засвоїти застосування органічних реагентів у аналізі.

Навчально-лабораторне обладнання: таблиця загальних констант нестійкості комплексних сполук; таблиця констант утворення комплексних сполук; таблиця молярних мас речовин.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Дисоціація комплексних йонів. Ступінчасті та загальні константи нестійкості комплексних сполук.
2. Розрахунки концентрації йонів комплексоутворювача і лігандів за константою нестійкості.
3. Використання комплексоутворення та дисоціації комплексних сполук в аналізі.
4. Переваги використання органічних реагентів у аналізі порівняно з неорганічними. Внутрішньокмлексні сполуки. Комплексокси.

II. Письмовий контроль знань із теми:

„Дисоціація комплексних сполук”.

Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:
 - 1.1. Робота з підручником: [1] Р. 3, §3.5, с. 191–200; [25] §46–49, с. 206–233; [7, 8, 10].
 - 1.2. Опрацювати лекційний матеріал з теми: «Комплексні сполуки в аналізі» (лекція 9).
 - 1.3. Самостійно опрацювати питання з лекції 9: «Праці вітчизняних та зарубіжних хіміків в галузі комплексних сполук», «Класифікації комплексних сполук», «Комплексні сполуки і подвійні солі»).
2. Самостійна індивідуальна робота:
 - 2.1. Продовжити підготовку до колоквиуму 2 з тем: «Основні етапи аналітичного дослідження» та «Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі».
 - 2.2. Розв'язати задачі відповідного варіанту з теми:
„Утворення та руйнування комплексних сполук”

№ варіанту	Збірник задач		№ варіанту	Збірник задач	
	[7]	[8]		[7]	[8]
1	214, 230	821(1,16,32), 825	8	221, 237	821(8,23,39), 839
2	215, 231	821(2,17,33), 826	9	222, 238	821(9,24,40), 841
3	216, 232	821(3,18,34), 827	10	223, 230	821(10,25,41), 842
4	217, 233	821(4,19,35), 828	11	224, 231	821(11,26,42), 843
5	218, 234	821(5,20,36), 829	12	225, 232	821(12,27,43), 844
6	219, 235	821(6,21,37), 830	13	226, 233	821(13,28,44), 846
7	220, 236	821(7,22,38), 836	14	227, 234	821(14,29,45), 847

2.3. Оформити таблицю «Деякі органічні реагенти, що використовуються в якісному аналізі для виявлення і маскуванню йонів».

Назва реагенту	Формула реагенту	Приклад ВКС і аналітичний ефект
8-Оксихінолін		
Дитизон		
Алізарин		
α -Нітрозо β -нафтол		
Диметилглюксим		
ЕДТА		

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №13

Тема: „Шоста аналітична група катіонів”

Мета: вивчити характерні реакції катіонів VI аналітичної групи. Опанувати хід аналізу суміші катіонів VI аналітичної групи.

Лабораторне обладнання і реактиви: штатив з набором реактивів, штатив з пробірками, промивалка, тримач пробірок, лійка, скляна паличка, предметне скельце, водяна баня, електроплитка, пісчана баня, мікроскоп, фільтрувальний папір, універсальний індикаторний папірець, ножиці, банка для зливання.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Шоста аналітична група катіонів. Загальна характеристика групи.
2. Характерні реакції катіонів VI аналітичної групи.
3. Хід аналізу суміші катіонів VI аналітичної групи.

II. Практична частина:

Характерні реакції катіонів VI аналітичної групи.

III. Письмовий контроль знань із тем:

- „Утворення та руйнування комплексних сполук”,
- „VI аналітична група катіонів”,
- „Характерні реакції катіонів VI групи”.

Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:
 - 1.1. Робота з підручником: [1] Р. 5, §11, с. 350–374; [25] §46–49, с. 206–233.
 - 1.2. Опрацювати лекційний матеріал з теми: «Якісний хімічний аналіз» (лекція 2).
 - 1.3. Оформити в зошиті практичну частину роботи „Загальні й окремі характерні реакції катіонів VI аналітичної групи” відповідно до зразку та переліку реакцій.

Загальні характерні реакції катіонів VI аналітичної групи

Катіон	Аналітичний реагент	Спостереження	Рівняння реакції у йонно-молекулярному вигляді
	Назва аналітичного реагенту		
Загальні реакції катіонів VI аналітичної групи			
Ni^{2+}	NaOH		
Co^{2+}	Назва:		

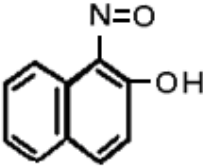
Cu^{2+}			
Hg^{2+}			
	Умови:		
Ni^{2+}	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ Назва:		В еквівалентній кількості: В концентрованому розчині:
Co^{2+}			В еквівалентній кількості: В концентрованому розчині:
Cu^{2+}			В еквівалентній кількості: В концентрованому розчині:
Hg^{2+}			В еквівалентній кількості: В концентрованому розчині:
		Умови:	

Ni^{2+}	Na_2CO_3 Назва:		
Co^{2+}			
Cu^{2+}			
Hg^{2+}			
	УМОВИ:		
Ni^{2+}	Na_2HPO_4 Назва:		
Co^{2+}			
Cu^{2+}			

Hg^{2+}			
	Умови:		

Окремі характерні реакції катіонів VI аналітичної групи

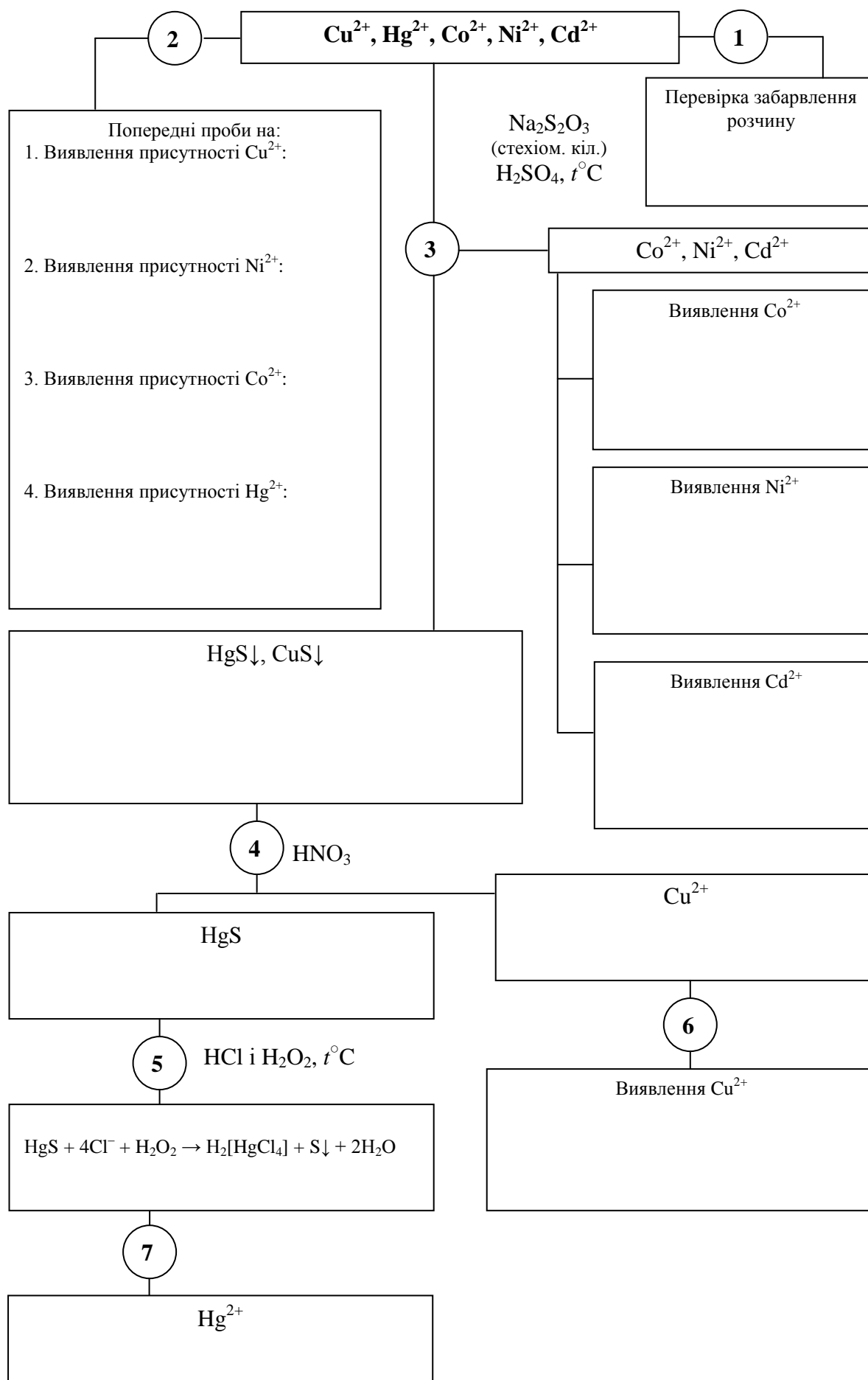
Катіон	Аналітичний реагент	Спостереження	Рівняння реакції у йонно-молекулярному вигляді
	Назва аналітичного реагенту		
Окремі реакції на Ni^{2+} - катіон			
Ni^{2+}	Реактив Чугуєва $ \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} = \text{N} \\ \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} = \text{N} \\ \\ \text{OH} \end{array} $		
	Умови:		
Окремі реакції на Co^{2+} - катіон:			
Co^{2+}	NH_4SCN		
	Умови:		

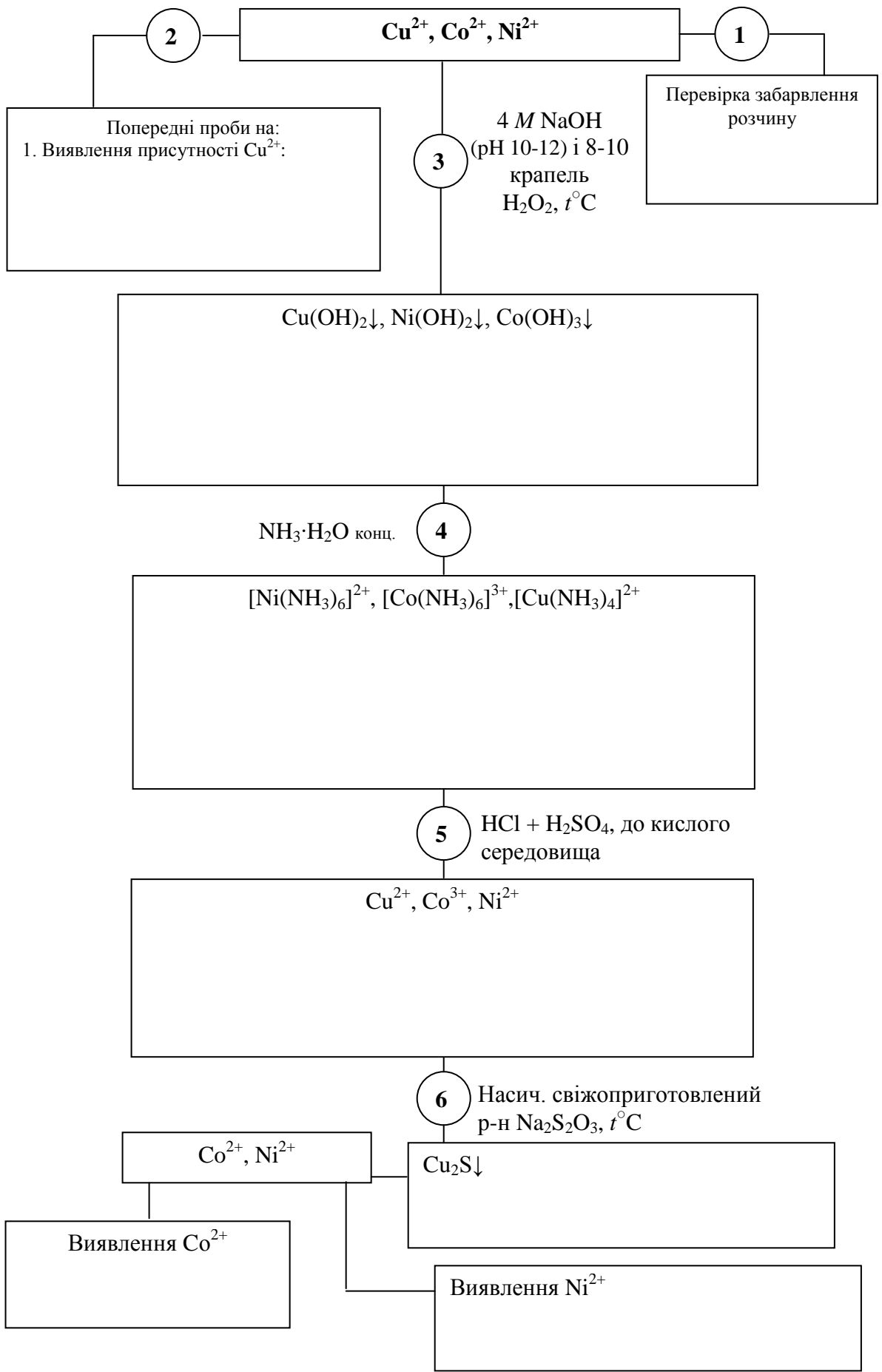
	<p>α-Нітрозо β-нафтол</p> 		
	Умови:		
Окремі реакції на Cu^{2+}- катіон:			
	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ конц.		
	Умови:		
Cu^{2+}	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		При недостатчі або еквівалентній кількості $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$:
			При надлишку реактиву $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$:
	Умови:		

	Fe		
	Умови:		
	K ₄ [Fe(CN) ₆]		
Окремі реакції на Cd²⁺ - катіон:			
Cd ²⁺	H ₂ S		
Умови:			
Hg ²⁺	KI		В еквівалентній кількості:
			В надлишку реагента:
	Cu		
Умови:			

1.4. Оформити в зошиті загальну характеристику VI аналітичної групи катіонів.

1.5. Скласти схеми систематичного ходу аналізу суміші катіонів VI аналітичної групи.





2. Самостійна індивідуальна робота:

2.1. Продовжити підготовку до колоквиуму 2 з тем: «Основні етапи аналітичного дослідження» та «Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі».

2.2. Розробити два тестових завдання з чотирьма відповідями.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №14

Тема: „Аналіз суміші катіонів IV–VI аналітичних груп”

Мета: перевірити вміння проводити якісний аналіз суміші катіонів IV–VI аналітичних груп.

Навчально-лабораторне обладнання і реактиви: таблиця добутоків розчинності малорозчинних сполук, таблиця загальних констант нестійкості комплексних сполук; таблиця констант утворення комплексних сполук, таблиця періодичної системи хімічних елементів Д.І. Менделєєва, схема аналізу IV–VI аналітичних груп катіонів.

Штатив з набором реактивів, штатив з пробірками, промивалка, тримач пробірок, лійка, скляна паличка, предметне скельце, крапельна фарфорова пластинка, водяна баня, електроплитка, пісчана баня, мікроскоп, фільтрувальний папір, універсальний індикаторний папірець, ножиці, банка для зливання.

План заняття

I. Експериментальна контрольна робота з теми:

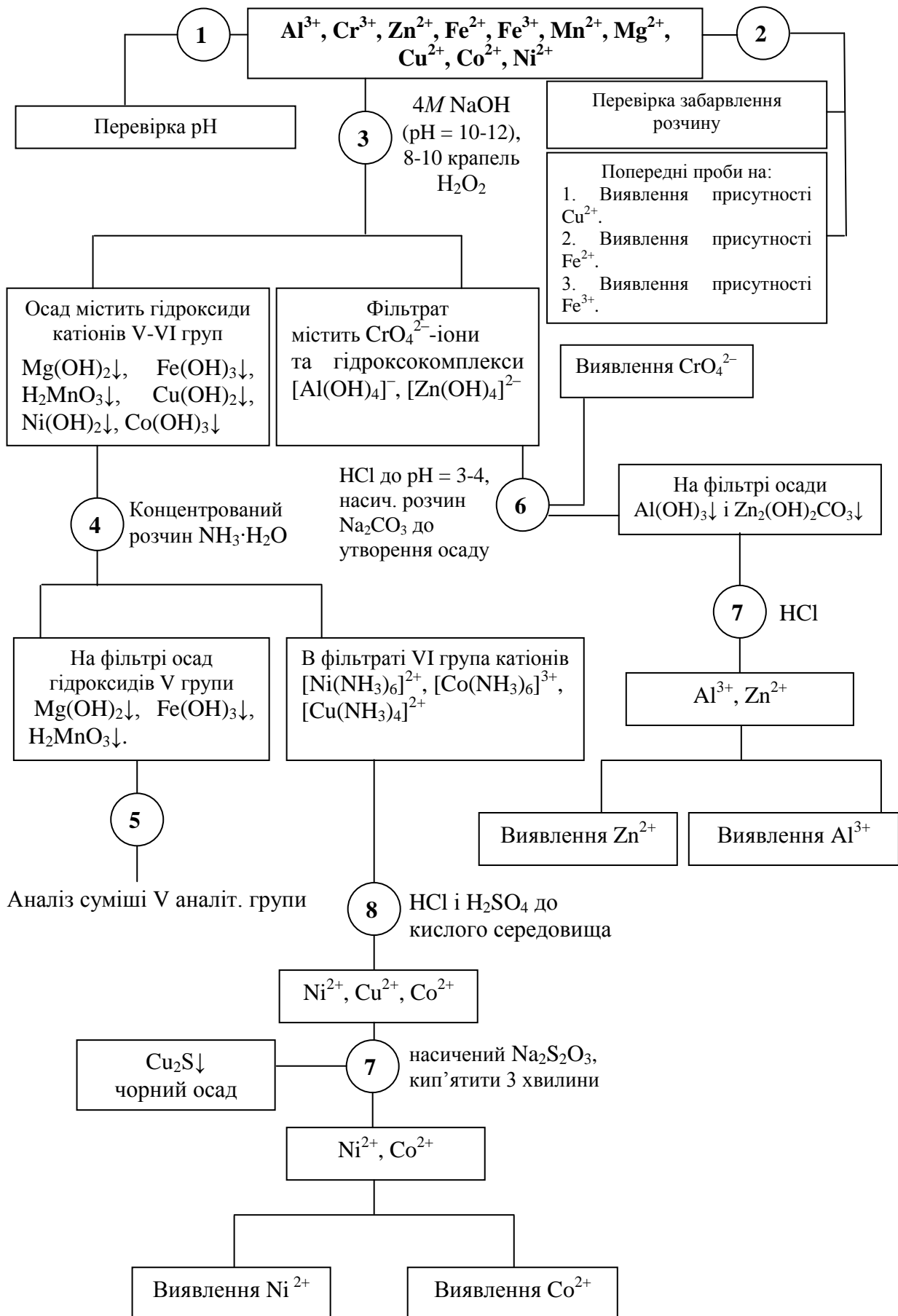
„Аналіз суміші катіонів IV–VI аналітичних груп”.

1. Співбесіда.
2. Виконання експериментальної контрольної роботи.

II. Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:
 - 1.1. Робота з підручником: [1], с. 375-376.
 - 1.2. Опрацювати лекційний матеріал з теми: «Якісний хімічний аналіз» (лекція 2).
 - 1.3. Повторити характерні реакції катіонів IV–VI аналітичних груп.
 - 1.4. Опанувати схему аналізу суміші катіонів IV–VI аналітичних груп.
 - 1.5. Засвоїти методику аналізу суміші катіонів IV–VI аналітичних груп (Додаток 2).
2. Самостійна індивідуальна робота:
 - 2.1. Продовжити підготовку до колоквиуму 2 з тем:
 1. «Основні етапи аналітичного дослідження».
 2. «Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі».

Схема аналізу суміші катіонів IV–VI аналітичних груп



ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №15

Тема: „Гідроліз солей. Окисно-відновні процеси. Утворення та руйнування комплексних сполук. Аналіз суміші катіонів IV–VI аналітичних груп”

Мета: перевірити засвоєння тем: “Гідроліз солей. Окисно-відновні процеси. Утворення та руйнування комплексних сполук”.

Навчально-лабораторне обладнання і реактиви: таблиця добутоків розчинності малорозчинних сполук, таблиця загальних констант нестійкості комплексних сполук; таблиця констант утворення комплексних сполук, таблиця періодичної системи хімічних елементів Д.І. Менделєєва, схема аналізу IV–VI аналітичних груп катіонів, таблиця молярних мас речовин.

Штатив з набором реактивів, штатив з пробірками, промивалка, тримач пробірок, лійка, скляна паличка, предметне скельце, крапельна фарфорова пластинка, водяна баня, електроплитка, пісчана баня, мікроскоп, фільтрувальний папір, універсальний індикаторний папірець, ножиці, банка для зливання.

План заняття

I. Модульна контрольна робота №2 з тем:

- “Гідроліз солей”;
- “Окисно-відновні процеси в якісному аналізі”;
- “Утворення та руйнування комплексних сполук”.

II. Продовження виконання експериментальної контрольної роботи з теми:

„Аналіз суміші катіонів IV–VI аналітичних груп”.

Оформлення звіту.

III. Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:
 - 1.1. Робота з підручником: [7, 8, 10, 30].
 - 1.2. Повторити матеріал лекцій із тем: “Гідроліз солей” (лекція 7); “Окисно-відновні процеси в якісному аналізі” (лекція 8); “Комплексні сполуки в аналітичній хімії”(лекція 9).
 - 1.3. Повторити характерні реакції катіонів IV–VI аналітичних груп.
 - 1.4. Повторити схему аналізу суміші катіонів IV–VI аналітичних груп.
2. Самостійна індивідуальна робота:
 - 2.1. Продовжити підготовку до колоквиуму 2 з тем: «Основні етапи аналітичного дослідження» та «Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі».
 - 2.2. Розв’язати задачі відповідного варіанту з тем: „Гідроліз солей”, „Окисно-відновні реакції”, „Утворення та руйнування комплексних сполук”.

№ варіанту	Збірник задач		№ варіанту	Збірник задач	
	[7]	[8]		[7]	[8]
1	186	809(1,16,31)	8	187	809(8,23,38)
2	187	809(2,17,32)	9	188	809(9,24,39)
3	188	809(3,18,33)	10	189	809(10,25,40)
4	189	809(4,19,34)	11	181	809(11,26,41)
5	190	809(5,20,35)	12	182	809(12,27,42)
6	191	809(6,21,36)	13	183	809(13,28,43)
7	186	809(7,22,37)	14	184	809(14,29,44)

**ОФОРМЛЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ
«АНАЛІЗ СУМІШІ КАТІОНІВ ІV–VI АНАЛІТИЧНИХ ГРУП»**

Дата: _____

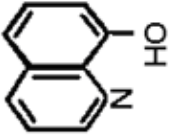
Номер виданого розчину: _____

№	Об'єкт аналізу	Операція, що проводиться	Реактив, яким діємо, та умови проведення операції	Ефект, що спостерігається	Рівняння реакції в йонно-молекулярному виді	Висновок
1	2	3	4	5	6	7
1	Контрольний розчин перемішуємо					
2	Контрольний розчин	Спостерігаємо забарвлення	Попередні	випробування		
3	Контрольний розчин	Визначення рН	Універсальний індикаторний папір			

1	2	3	4	5	6	7
4	Окрема порція контрольного розчину	Відкриваємо Fe^{2+} -іони	Розчин $K_3[Fe(CN)_6]$			
5	Окрема порція контрольного розчину	Відкриваємо Fe^{3+} -іони	Розчин $K_4[Fe(CN)_6]$			
6	Окрема порція контрольного розчину	Cu^{2+} -іони	Розчин $K_4[Fe(CN)_6]$	катионів	IV аналітичної групи	
	Контрольний розчин	Перемішуємо для одержання однорідної суміші	Відокремлення			
7	1/3 контрольного розчину	Розчинення осаду	$2M HNO_3$			

1	2	3	4	5	6	7
8	1/3 контроль-ного розчину після дії HNO_3	Осаджуємо гідроксиди V-VI груп	Осаджуємо гідроксиди доданням по краплям 4 М NaOH (рН 10-12) і 8-10 крапель H_2O_2 . Ретельно перемішуємо та нагріваємо до повного видalenня надлишку H_2O_2 . Якщо після нагрівання бульбашки кисню не виділяються, то надлишок H_2O_2 видалено.			
9	1/3 контроль-ного розчину з осадом	Відокремлюємо осад від розчину	Фільтруємо			

1	2	3	4	5	6	7
10	Осад гідроксидів катіонів V–VI груп на фільтрі	Видаляємо домішки	Промиваємо водою	катіонів VI групи		
11	Осад гідроксидів катіонів V–VI груп на фільтрі	Відокремлюємо VI групу катіонів від V групи	Обробляємо осад конц розчином $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$			
12	Осад на фільтрі	Видаляємо домішки	Промиваємо водою			
13	Осад гідроксидів катіонів V групи на фільтрі	Розчиняємо $\text{Mg}(\text{OH})_2$	Аналіз Обробляємо осад конц розчином NH_4Cl	суміші	катіонів V групи	

	1	2	3	4	5	6
14	Фільтрат №3	Відкриття Mg^{2+} -іонів	1) $Na_2HPO_4 + NH_3 \cdot H_2O$ 2) оксигінолін $pH \Rightarrow$ 			
15	Осад гідроксидів катіонів V групи на фільтрі $(Fe(OH)_3, H_2MnO_3)$	Розчиняємо $Fe(OH)_3$	2. $M HNO_3$			
16	Осад на фільтрі	Видаляємо домішки	Промиваємо водою			
17	Фільтрат №4, окрема порція	Відкриття Fe^{3+} -іонів	$KSCN$ $K_4[Fe(CN)_6]$			

1	2	3	4	5	6
Аналіз суміші катіонів IV аналітичної групи					
18	Фільтрат №1 Відокремлення SrO_4^{2-} -іонів від йонів Алюмінію і Цинку	НСІ до рН 3-4 і насичений р-н Na_2CO_3 до утворення осаду			
19	Осад на фільтрі $\text{Al}(\text{OH})_3$ і $\text{Zn}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$	НСІ			
20	Окрема порція фільтрату №6	Дитизон $\begin{array}{c} \text{NH-NH-C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{SC} \\ \\ \text{N=N-C}_6\text{H}_5 \end{array}$			

	1	2	3	4	5	6
21	Окрема порція фільтрату №6	Відкриття Al^{3+} -іонів	Алізарин в амоніачному середовищі. Умови: [1] с. 302 $C_{14}H_6O_2(OH)_2$			
22	Фільтрат №5	Відкриття CrO_4^{2-} -іонів	2 н. $H_2SO_4 + H_2O_2$ + ефір $BaCl_2$, нейтральне або слабкокислое середовище			
Аналіз суміші катіонів VI аналітичної групи						
23	Фільтрат №2	Руйнуємо комплекси	Додаємо $HCl + H_2SO_4$ до кислого середовища			
24	Фільтрат №2 (1/2 порції)	Відкриття та відокремлення Cu^{2+} -іонів	Насичений свіжо-приготовлений розчин $Na_2S_2O_3$, кляти 3 хв.			

	1	2	3	4	5	6
25	Фільтраг №2 з осадом (1/2 порції)	Відокремлюємо осад Cu_2S від розчину	Фільтруємо			
26	Окрема порція фільтрату №7	Визначення Co^{2+} -іонів	$\text{KSCN}_{\text{крисст.}}$ + ефір, перемшати			
27	Окрема порція фільтрату №7	Визначення Ni^{2+} -іонів	Диметил-глюксим, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}_{\text{конц.}}$ (2-3 крапл.) $\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} = \text{N} \\ \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} = \text{N} \\ \\ \text{OH} \end{array}$			

Висновок: у контрольному розчині № ____ присутні катіони _____

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №16

Тема: „Характерні реакції аніонів першої, другої та третьої аналітичних груп”

Мета: вивчити характерні реакції аніонів I–III аналітичних груп.

Навчально-лабораторне обладнання і реактиви: таблиця перетворення дифеніламіну, штатив з набором реактивів, штатив з пробірками, промивалка, тримач пробірок, лійка, скляна паличка, предметне скельце, водяна баня, електроплитка, пісчана баня, мікроскоп, фільтрувальний папір, універсальний індикаторний папірець, ножиці, банка для зливання.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Особливості якісного аналізу аніонів.
2. Класифікації аніонів.

2.1. Класифікація аніонів за розчинністю солей Барію і Аргентуму

№ групи	Груповий реагент	Аніони групи	Загальна характеристика групи
I	BaCl ₂ або Ba(NO ₃) ₂ в нейтральному або слабколужному середовищі	SO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ , CrO ₄ ²⁻ , CO ₃ ²⁻ , SO ₃ ²⁻ , Cr ₂ O ₇ ²⁻ , SiO ₃ ²⁻ , S ₂ O ₃ ²⁻ , C ₂ O ₄ ²⁻ , AsO ₄ ³⁻ , AsO ₃ ³⁻ , F ⁻ .	Барієві солі малорозчинні у воді, але розчиняються в розбавлених мінеральних кислотах (за винятком BaSO ₄).
II	AgNO ₃ в присутності розбавленої нітратної кислоти (HNO ₃).	Cl ⁻ , Br ⁻ , I ⁻ , CN ⁻ , S ²⁻ , SCN ⁻ , ClO ⁻ , C ₆ H ₅ COO ⁻ , [Fe(CN) ₆] ⁴⁻ , [Fe(CN) ₆] ³⁻	Солі Аргентуму малорозчинні у воді і розбавленій HNO ₃ (виняток Ag ₂ S, який розчиняється в HNO ₃ при нагріванні).
III	Групового реагенту немає	NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , MnO ₄ ⁻ , CH ₃ COO ⁻ , ClO ₄ ⁻ , BrO ₃ ⁻ .	Солі Барію і Аргентуму розчинні у воді.

2.2. Класифікація аніонів за розчинністю солей Барію

№ групи	Груповий реагент	Аніони групи	Загальна характеристика групи
I	–	Cl ⁻ , Br ⁻ , I ⁻ , CN ⁻ , S ²⁻ , SCN ⁻ , NO ₃ ⁻ , CH ₃ COO ⁻ , NO ₂ ⁻ , [Fe(CN) ₆] ⁴⁻ , [Fe(CN) ₆] ³⁻ .	Солі Барію розчинні у воді.
II	BaCl ₂	SO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ , CrO ₄ ²⁻ , CO ₃ ²⁻ , SO ₃ ²⁻ , Cr ₂ O ₇ ²⁻ , SiO ₃ ²⁻ , S ₂ O ₃ ²⁻ , C ₂ O ₄ ²⁻ , AsO ₄ ³⁻ , AsO ₃ ³⁻ , F ⁻ .	Аніони, що утворюють солі Барію, які малорозчинні у воді.

2.3. Класифікація аніонів за окисно-відновними властивостями

№ групи	Груповий реагент	Аніони групи	Загальна характеристика групи
I	1) Розчин KI в кислому середовищі; 2) Розчин дифеніламіну в конц. H ₂ SO ₄ .	MnO ₄ ⁻ , CrO ₄ ²⁻ , Cr ₂ O ₇ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , ClO ⁻ , ClO ₃ ⁻ , ClO ₄ ⁻ , SO ₃ ²⁻ , S ₂ O ₈ ²⁻ .	Аніони окисники 1) Аніони окиснюють йодид-іони в кислому середовищі до вільного йоду; 2) Аніони забарвлюють дифеніламін в синьо-фіолетовий колір.
II	0,01 н. розчин KMnO ₄ в сульфатно-кислому середовищі.	S ₂ O ₃ ²⁻ , S ²⁻ , Cl ⁻ , Br ⁻ , I ⁻ , NO ₂ ⁻ , C ₂ O ₄ ²⁻ , SO ₃ ²⁻ .	Аніони відновники Аніони знебарвлюють розчин KMnO ₄ (Cl ⁻ -іони знебарвлюють тільки при нагріванні).
III	Групового реагенту немає	CH ₃ COO ⁻ , PO ₄ ³⁻ , CO ₃ ²⁻ , SiO ₃ ²⁻ , SO ₄ ²⁻ .	Індиферентні аніони, тобто не проявляють окисно-відновних властивостей в слабкокислому середовищі.

2.4. Аніони, що утворюють газуваті продукти при дії сильних кислот

Аніон, який знаходиться в розчині	Газ або пари, що виділяються (продукт)	Способи виявлення
CO ₃ ²⁻ , HCO ₃ ⁻	CO ₂	Помутніння вапнякової води
SO ₃ ²⁻ , S ₂ O ₃ ²⁻	SO ₂	Запах палаючої сірки
NO ₂ ⁻	NO ₂	Червоно-бурий газ
S ²⁻ , SO ₃ ²⁻ , S ₂ O ₃ ²⁻	H ₂ S	Запах тухлих яєць
CH ₃ COO ⁻	CH ₃ COOH	Запах оцту
Br ⁻ (з окисником)	Br ₂	Червоно-бурі пари
Cl ⁻	Cl ₂	Задушливий газ, помутніння розчину AgNO ₃

II. Практична частина:

Характерні реакції аніонів I–III аналітичних груп.

Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:

1.1. Робота з підручником: [1] Р. 3, § 14–16, с. 383–412; [25] §50–51, с. 234–252; [7, 8, 10, 30].

1.2. Опрацювати лекційний матеріал з теми: «Якісний хімічний аналіз» (лекція 2).

1.3. Самостійно опрацювати питання з лекції 2: «Якісний аналіз аніонів».

1.4. Самостійно опрацювати методрозробку «Якісний аналіз аніонів».

1.5. Оформити в зошиті практичну частину роботи „Характерні реакції аніонів I–III аналітичних груп”.

Загальні характерні реакції I аналітичної групи аніонів

Аніон	Аналітичний реагент	Спостереження	Рівняння реакції у йонно-молекулярному вигляді
	Назва аналітичного реагенту		
Загальні реакції аніонів I аналітичної групи			
SO_4^{2-}	BaCl ₂ Назва:		
SO_3^{2-}			
CO_3^{2-}			
PO_4^{3-}			
SiO_3^{2-}			
	Умови:		

Окремі характерні реакції I аналітичної групи аніонів

Аніон	Аналітичний реагент	Спостереження	Рівняння реакції у йонно-молекулярному вигляді
	Назва аналітичного реагенту		
Окремі реакції на SO_4^{2-} - аніон			
SO_4^{2-}	Pb ²⁺		
	Умови:		
	Ba ²⁺		

	Умови:		
Окремі реакції на CO_3^{2-} - аніон:			
CO_3^{2-}	HCl		
	Умови:		
Окремі реакції на SO_3^{2-} - аніон:			
SO_3^{2-}	H_2SO_4		
	Умови:		
	I_2		
	Умови:		
	Br_2		
Умови:			

	KMnO_4		
Окремі реакції на PO_4^{3-} - аніон:			
PO_4^{3-}	дія магнезіальної суміші (суміш $\text{MgCl}_2 +$ $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{Cl}$)		
	Умови:		
	$(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$		
	Умови:		
	Ba^{2+}		
	Умови:		
	Ag^{1+}		

	Умови:		
	Pb^{2+}		
	Умови:		
Окремі реакції на SiO_3^{2-} - аніон:			
SiO_3^{2-}	Гідроліз йону у присутності NH_4Cl		
	Умови:		
	HCl		
	Умови:		

Загальні характерні реакції II аналітичної групи аніонів

Аніон	Аналітичний реагент	Спостереження	Рівняння реакції у йонно-молекулярному вигляді
	Назва аналітичного реагенту		
Загальні реакції аніонів II аналітичної групи			
Cl^-	$AgNO_3$ Назва:		

Br^-			
I^-			
S^{2-}			
	Умови:		

Окремі характерні реакції II аналітичної групи аніонів

Аніон	Аналітичний реагент	Спостереження	Рівняння реакції у йонно-молекулярному вигляді
	Назва аналітичного реагенту		
Окремі реакції на Cl^- - аніон			
Cl^-	PbO_2		
	Умови:		
	MnO_2		
	Умови:		
	H_2SO_4 (конц.)		
Умови:			

Окремі реакції на Br^- - аніон:			
Br^-	Cl_2		
	Умови:		
	KMnO_4		
	Умови:		
	Ag^+		
	Умови:		
	Окремі реакції на I^- - аніон:		
	Cl_2		
	Умови:		
	KMnO_4		

	Умови:		
Окремі реакції на S^{2-} - аніон:			
S^{2-}	HCl		
	Умови:		
	Cd^{2+}		
	Умови:		
	Ag^{1+}		
	Умови:		
	Pb^{2+}		
	Умови:		

Окремі характерні реакції III аналітичної групи аніонів

Аніон	Аналітичний реагент	Спостереження	Рівняння реакції у йонно-молекулярному вигляді
	Назва аналітичного реагенту		
Окремі реакції на NO₃⁻ - аніон			
NO ₃ ⁻	H ₂ SO ₄ (конц.) + Cu		
	Умови:		
	Al або Zn (сильнолужне середовище)		
	Умови:		
	FeSO ₄ + H ₂ SO ₄ (конц.)		
	Умови:		
	C ₆ H ₅ -NH-C ₆ H ₅		Прописати окиснення дифеніламіну

	Умови:		
Окремі реакції на NO_2^- - аніон:			
NO_2^-	КІ		
	Умови:		
	H_2SO_4 (конц.) або H_2SO_4 (розв.)		
	Умови:		
	$\text{C}_6\text{H}_5\text{-NH-C}_6\text{H}_5$		Прописати окиснення дифеніламіну
Умови:			
Окремі реакції на CH_3COO^- - аніон:			
CH_3COO^-	H_2SO_4 (конц.)		

	Умови:	
	$C_2H_5OH + H_2SO_4$	
	Умови:	
	$FeCl_3$	
Умови:		

2. Самостійна індивідуальна робота:

2.1. Продовжити підготовку до колоквиуму 2 з тем:

1. «Основні етапи аналітичного дослідження».

2. «Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі».

2.2. Розв'язати задачі відповідного варіанту з теми:

„Окисно-відновні реакції” (повторення)

№ варіанту	Збірник задач		№ варіанту	Збірник задач	
	[7]	[8]		[7]	[8]
1	213 (37)	814	8	213 (44)	802
2	213 (38)	813	9	213 (45)	801
3	213 (39)	812	10	213 (46)	800
4	213 (40)	811	11	213 (47)	799
5	213 (41)	805	12	213 (48)	798
6	213 (42)	804	13	213 (49)	797
7	213 (43)	803	14	213 (50)	796

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №17

Тема: „Аналіз суміші аніонів”

Мета: перевірити знання характерних реакцій аніонів I–III аналітичних груп, уміння аналізувати суміш аніонів.

Лабораторне обладнання і реактиви: штатив з набором реактивів, штатив з пробірками, промивалка, тримач пробірок, лійка, скляна паличка, предметне скельце, водяна баня, електроплитка, пісчана баня, мікроскоп, фільтрувальний папір, універсальний індикаторний папірець, ножиці, банка для зливання.

План заняття

I. Письмовий контроль знань із теми:

„Характерні реакції аніонів I–III аналітичних груп”.

II. Експериментальна контрольна робота з теми:

„Аналіз суміші аніонів I–III аналітичних груп”.

Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:

1.1. Робота з підручником: [1] Р. 3, § 17, с. 414–418; [25] §50–51, с. 235–251.

1.2. Опанувати схему ходу аналізу суміші аніонів I–III аналітичних груп [6], с. 56–61.

1.3. Самостійно опрацювати методрозробку «Якісний аналіз аніонів».

1.4. Оформити в зошиті звіт до експериментальної роботи „Аналіз суміші аніонів I–III аналітичних груп”.

Аналіз суміші аніонів I–III аналітичних груп

№ етапу	Операція, що проводиться	Реактив, яким діємо, та умови проведення операції	Ефект, що спостерігається	Рівняння реакції в йонно-молекулярному вигляді	Висновок
Попередні дослідження					
1.	Проба на аніони першої групи	BaCl ₂ або Ba(NO ₃) ₂			
2.	Проба на аніони другої групи	AgNO ₃ в присутності розбавленої HNO ₃			
3.	Перевірка рН розчину	Універсальний індикаторний папірець			
4.	Проба на присутність аніонів-окисників	2 н. розчин H ₂ SO ₄ і декілька крапель KI			
5.	Проба на присутність аніонів-відновників	2 н. розчин H ₂ SO ₄ і KMnO ₄			
6.	Проба на виділення газів	2 н. розчин H ₂ SO ₄ (злегка струшують або нагрівають)			
Виявлення окремих аніонів дробним методом					
7.	Виявлення сульфат-аніону	BaCl ₂ або Ba(NO ₃) ₂ в кислому середовищі			
8.	Виявлення силкат-аніону	NH ₄ Cl при нагріванні			

9.	Виявлення нітрат(III)-аніону	Дією кислот або калій йодидом				
10.	Виявлення сульфід-аніону	$Cd(NO_3)_2$				
Виявлення сульфат(IV)-аніону						
11.	При відсутності сульфід- і нітрат(III)-аніонів	Дією H_2SO_4 (при нагріванні). Газ, що виділяється, пропускають крізь розчин $KMnO_4$.				
	Якщо в розчині присутній нітрат(III)-аніон	$BaCl_2$, осад $BaSO_3$ відфільтровують і розчиняють в HCl . Газ, що виділяється, досліджують на наявність SO_2 .				
12.	Якщо в розчині присутній сульфід-аніон	$Cd(NO_3)_2$. Осад CdS відфільтровують і у фільтраті виявляють сульфат(IV)-аніон дією йоду.				
	Виявлення карбонат-аніону	Дією $2 M HCl$. Виділений газ карбон діоксид виявляють за допомогою вапняної або баритової води				

	Якщо в розчині присутні сульфат(IV)-аніон і сульфід-аніон	8% розчин H_2O_2 і нагрівають на водяній бані. Після цього розчин досліджують на наявність карбонат-аніону. Магнезійна суміш ($MgCl_2 + NH_3 \cdot H_2O + NH_4Cl$).			
13.	Виявлення фосфат-аніону	Молібденова рідина (розчин діамоній молібдату(VI) у нітратній(V) кислоті при нагріванні).			
	Якщо в досліджуваному розчині присутні аніони другої групи і сульфат(IV)-аніон	$BaCl_2$ осад відфільтровують і розчиняють в 2 М НСІ. Одержаний кислий розчин нейтралізують $NH_3 \cdot H_2O$ і відкривають фосфат-аніон магnezіальною сумішшю або молібденовою рідиною.			
14.	Виявлення нітрат-аніону (при відсутності нітрат(III)-аніона)	Дифеніламін			

	Якщо в розчині присутній нітрат(III)-аніон	Нітрат(III)-аніон відновлюють до азоту амоній хлоридом або сечовиною $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ при нагріванні. Потім у цьому розчині виявляють нітрат-аніон дифеніламіном.			
		H_2SO_4 конц., при нагріванні.			
15.	Виявлення ацетат-аніону.	H_2SO_4 конц. і $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$			
		FeCl_3 Умови: розбавлення водою і нагрівання.			
	Відкриття ацетат-іонів цією реакцією заважають карбонат-, йодид-, сульфат(IV)-, фосфат-, сульфід-аніони. Їх необхідно осадити розчином барій дихлориду та аргентум нітрату.				

Висновок: у контрольному розчині _____ присутні аніони: _____.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №18

Тема: „Основні етапи аналітичного дослідження”, „Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі”(колоквиум №2)

Мета: перевірити знання теоретичного матеріалу з тем “Основні етапи аналітичного дослідження”, „Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі”.

Навчально-лабораторне обладнання: таблиця добутоків розчинності малорозчинних сполук, таблиця загальних констант нестійкості комплексних сполук; таблиця констант утворення комплексних сполук, таблиця періодичної системи хімічних елементів Д.І. Менделєєва, таблиця молярних мас речовин.

Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:

1.1. Робота з підручником: [1]; [5]; [3]; [17].

1.2. Опрацювати методрозробки*:

1.2.1. Мінаєва В. О. Основні етапи аналітичного дослідження. Метод. розробка. – Черкаси: ЧДУ, 2001. [32].

1.2.2. Мінаєва В. О. Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі. Метод. розробка. – Черкаси: ЧДУ, 2001. [30].

*Примітка: Метод. розробки [30, 31, 32, 33] включені до навчального посібника: Мінаєва В. О. Аналітична хімія: курс лекцій та матеріали для самостійної роботи (Частина 1) / В. О. Мінаєва. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2015. – 280 с.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №19

Тема: „Якісний аналіз суміші солей”

Мета: засвоїти хід систематичного аналізу суміші солей сухих неорганічних речовин.

Лабораторне обладнання і реактиви: штатив з набором реактивів, штатив з пробірками, промивалка, тримач пробірок, лійка, скляна паличка, предметне скельце, водяна баня, електроплитка, пісчана баня, мікроскоп, фільтрувальний папір, універсальний індикаторний папірець, ножиці, банка для зливання.

План заняття

I. Співбесіда:

1. Попередні дослідження.
2. Переведення суміші солей сухих речовин у розчин.
3. Якісний систематичний аналіз суміші катіонів I–VI аналітичних груп.
4. Визначення аніонів.

II. Практична частина:

Експериментальна контрольна робота з теми: ”Якісний аналіз суміші двох-трьох солей, розчинних у воді”.

Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:

1.1. Робота з підручником: [1] Р. 4, с. 419–431..

- 1.2. Опрацювати лекційний матеріал з теми: «Якісний хімічний аналіз» (лекція 2).
- 1.3. Повторити з методозробки «Основні етапи аналітичного дослідження» питання: «Попередні дослідження», «Обробка проби з урахуванням перетворення її в придатну для визначення форму».
- 1.4. Повторити схему аналізу суміші катіонів I–IV аналітичних груп і аналіз суміші аніонів.
- 1.5. Оформити в зошиті звіт до експериментальної роботи «Якісний аналіз суміші солей».
- 1.6. Виконання курсової роботи.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №20

Тема: *„Якісний аналіз мінеральних добрив. Якісний аналіз металів та сплавів”*

Мета: *опанувати методикою якісного аналізу мінеральних добрив та сплавів*

Лабораторне обладнання і реактиви: штатив з набором реактивів, штатив з пробірками, промивалка, тримач пробірок, лійка, скляна паличка, предметне скельце, водяна баня, електроплитка, пісчана баня, мікроскоп, фільтрувальний папір, універсальний індикаторний папірець, ножиці, банка для зливання.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Мінеральні добрива, їх роль у житті рослин. Класифікації мінеральних добрив.
2. Методика якісного аналізу мінеральних добрив.
3. Якісний аналіз металів та сплавів:
 - 3.1. Основні типи сплавів.
 - 3.2. Відношення сплавів до дії розчинників.
 - 3.3. Попередні дослідження для виявлення типу сплаву.
 - 3.4. Якісний аналіз сплавів безстружковим методом.

II. Практична частина:

1. Експериментальна контрольна робота з теми: „Якісний аналіз мінерального добрива”.
2. Експериментальна контрольна робота з теми: „Якісний аналіз сплаву безстружковим методом”.

III. Письмовий тестовий контроль знань із тем:

„Якісний аналіз мінеральних добрив”.
„Якісний аналіз металів та сплавів”.

Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:
 - 1.1. Робота з підручником: [1], Р. 4, §22, 23, с. 432–450.
 - 1.2. Опрацювати методичні розробки:
 - 1.2.1. «Аналіз мінеральних добрив»;
 - 1.2.2. «Сплави. Якісний аналіз сплавів» [33].

Схема аналізу мінеральних добрив

Зовнішній вигляд і окремі особливості	Розчинність у воді	Реакція в одного розчину на лакмус	Прожарювання на вугіллі	Взаємодія насиченого розчину			Інші характерні реакції	Добриво Хімічний склад
				З лугом при нагріванні	З BaCl ₂ та CH ₃ COOH	AgNO ₃		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I. Азотні добрива (нітрогеновмісні добрива)								
Білі або жовтуваті гігроскопічні кристали (злежуються в грудочки) або гранули	Дуже добра	Нейтральна або слабко-кисла	Спалахує або топиться, утворюючи білий «дим»	Виділяється амоніак	Не взаємодіють, але домішки можуть дати слабке помутніння	Не взаємодіють, але домішки можуть дати слабке помутніння	Якщо до сухої солі в пробірці додати 2 см ³ конц. H ₂ SO ₄ , 3-4 краплі 10% розчину FeSO ₄ і нагріти, то виділяються бурі оксиди Нітрогену	Амонійна селітра NH ₄ NO ₃
Біла або сірувата кристалічна речовина, гігроскопічна і злежування в грудочки менше, ніж у NH ₄ NO ₃	Добра	Нейтральна	Плавиться, спалахує	Не взаємодіє	—	—		Натрієва селітра NaNO ₃
Білий і світло-сірий кристалічний порошок, слабо гігроскопічний і мало злежується	Добра	Кисла або нейтральна	Злегка темніє, плавиться і виділяє білий «дим»	Виділяється амоніак	Білий осад, не розчинний в кислотах	Невелике помутніння	Розчини солей Пломбуму з розчинами даної солі утворюють білий осад	Амоній сульфат (NH ₄) ₂ SO ₄

Дрібні рожево-бурі кристали з домішками червоних	Добра	Нейтральна	Потріскує, не плавиться і не горить	Не взаємодіє	Може утворювати слабку каламуть	Білий сирнистий осад, розчинний в NH_4OH і не розчинний в HNO_3	Сильніт $\text{mKCl} + \text{nNaCl}$ (глина, гіпс)	
Білі кристали з домішками жовтуватого червоних і рожевих	Добра	Нейтральна	Потріскує, не плавиться і не горить	Не взаємодіє	Може утворювати слабку каламуть	Білий сирнистий осад, розчинний в NH_4OH і не розчинний в HNO_3	Калійна сіль $(\text{KCl}) +$ сильвініт $(\text{mKCl} + \text{nNaCl})$	
III. Фосфорні добрива								
Порошок, грудочки або гранули від світло-сірого до темно-сірого забарвлення з запахом кислоти, подвійний суперфосфат світліший	Розчинний, але гіпс і домішки практично нерозчинні	Кисла	Не плавиться і не горить, виділяється запах паленої гуми	Від великої кількості луку утворюється осад, розчинний в кислотах	Сильна каламуть, помітно розчинна в ацетагній кислоті і інших кислотах (крім H_2SO_4)	Жовте забарвлення розчину і жовтий осад Ag_3PO_4 , розчинний в HNO_3 і NH_4OH	1 чайну ложечку добрива розчинити в 1 столовій ложці води і додати 0,5 чайної ложечки крейди, суміш буде шпигти і пінитися	а) суперфосфат простий $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2\text{CaSO}_4$. б) суперфосфат подвійний $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Домішки, що є в простому суперфосфаті, значно менше гіпсу

Тонкий негіроскопичний білий або сірий порошок	Практично не розчинний у воді (розчинний в кислотах)	Нейтральна	Майже не змінюється (ледве темніє)	Не взаємодіє	Може з'явитися каламуть	До приготування розчину додати кілька краплин розведеної ацетатної кислоти, утворюється осад, який жовтіє	При збовтуванні у воді з амоніачними сполуками, виділяється амоніак, який відчується за запахом	Преципітат $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (інші фосфати) (Ca , Al , Fe)
Білий або світло-сірий порошок, який не злежується	Не розчинний (у кислотах розчинний)		Темніє, запах паленого рога або шерсті	Не взаємодіє	Не взаємодіє	У присутності CH_3COOH слабе пожовтіння	При збовтуванні у воді з амоніачними сполуками виділяється амоніак, який відчується за запахом	Кісткове борошно $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{CaCO}_3$ (органічні речовини)
Землистий пилевидний порошок, який не злежується	Не розчинний у кислотах		Не змінюється	Не взаємодіє	Не взаємодіє	У присутності CH_3COOH слабе пожовтіння	При збовтуванні у воді з амоніачними сполуками, виділяється амоніак, який відчується за запахом	Фосфоритне борошно $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3$ (CaF_2 та ін.)

IV. Складні змішані добрива

Білий кристалічний негігроскопічний порошок	Добра	Нейтральна	Плавиться, згорає фіалковим рожевим полум'ям	Не взаємодіє	Не взаємодіє	Каламуть можуть дати домішки	Якщо до сухої солі в пробірці додати 1-2 см ³ конц. H ₂ SO ₄ , 3-4 краплі 10%-го розчину FeSO ₄ і нагріти, то виділяються бури оксиди Нітрогену	Калійна селітра KNO ₃
Білий кристалічний іноді з сірватим або жовтим відтінком негігроскопічний порошок	Добра	Залежить від співвідношення компонентів і домішок. NH ₄ H ₂ PO ₄ має кислу реакцію, (NH ₄) ₂ HPO ₄ – лужну	Плавиться, кипить, запах амоніаку, паленої гуми	Виділяється амоніак	Осад розчинний в ацетатній кислоті	Пожовтіння розчину і жовтий осад, розчинний в HNO ₃ і NaOH		Амофос (суміш (NH ₄) ₂ HPO ₄ + NH ₄ H ₂ PO ₄ в різних співвідношеннях)
Сірий порошок різник відтінків	Значно розчинний	Нейтральна або слабкокисло-	Плавиться, запах амоніаку	Виділяється амоніак	Може утворюватися слабка каламуть, осад нерозчинний в кислотах	Пожовтіння розчину і осад, у присутності NH ₄ Cl осад сирнистий, осад розчинний в NH ₄ OH		Нітрофоска (суміш CaHPO ₄ + NH ₄ NO ₃ + NH ₄ H ₂ PO ₄ + NH ₄ Cl + KNO ₃)

- 1.3. Оформити в зошиті звіт до експериментальної роботи «Якісний аналіз мінеральних добрив».
- 1.4. Оформити в зошиті звіт до експериментальної роботи «Якісний аналіз сплавів безстружковим методом».
- 1.5. Виконання курсової роботи.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №21

Тема: *„Загальні теоретичні основи аналітичної хімії”, „Якісний аналіз катіонів та аніонів”*

Мета: *контроль знань теоретичних основ аналітичної хімії, якісного аналізу різноманітних об'єктів.*

План заняття

I. Модульна контрольна робота №3 з тем:
*„Загальні теоретичні основи аналітичної хімії”.
„Якісний аналіз катіонів та аніонів”.*

Домашнє завдання:

1. Самостійна робота:
 - 1.1. Робота з підручником: [1], [3], [11].
 - 1.2. Повторити матеріал лекцій із курсу „Загальні теоретичні основи аналітичної хімії”, „Якісний аналіз катіонів та аніонів”.
 - 1.3. Повторити теми, винесені на колоквіуми №1, 2.
 - 1.4. Повторити схему якісного аналізу суміші катіонів I–VI аналітичних груп.
 - 1.5. Повторити схему аналізу суміші аніонів.
 - 1.6. Виконання курсової роботи.

**ЗРАЗОК ОФОРМЛЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ
„АНАЛІЗ СУМІШІ КАТІОНІВ І–ІІІ АНАЛІТИЧНИХ ГРУП (K^{1+} , NH_4^{1+} , Ag^{1+} , Rb^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+})”**

Номер виданого розчину: _____ Дата: _____

№	Об'єкт аналізу	Операція, що проводиться	Реактив, який діємо, та умови проведення операції	Ефект, що спостерігається	Рівняння реакції в йонно-молекулярному виді	Висновок
1	2	3	4	5	6	7
1	Контрольний розчин	Перемішують для одержання однорідної суміші				
2	0,5 см ³ контрольного розчину	Виявляємо NH_4^{1+} -йон	0,5 см ³ 2 М NaOH	Запах амоніаку, посилення універсального індикатору	$NH_4^{1+} + OH^{1-} \xrightarrow{t^\circ}$ $t^\circ \longrightarrow NH_3 \uparrow + H_2O$	Присутній NH_4^{1+} -йон
3	1/2 контрольного розчину	Відокремлення	та відкриття	катіонів II групи	$Ag^{1+} + Cl^{1-} = AgCl \downarrow$ $Rb^{2+} + 2Cl^{1-} = RbCl_2 \downarrow$	Катіони II групи присутні

продовження таблиці додатку 1

1	2	3	4	5	6	7
4	У тій же пробі	Проводимо осадження катіонів II групи	2 МНСІ	Утворюється білий осад	$Ag^{1+} + Cl^{-} = AgCl \downarrow$ $Pb^{2+} + 2Cl^{-} = PbCl_2 \downarrow$	
5	У тій же пробі	Перевіряємо на повноту осадження	Обережно по стінках пробірки додаємо 1 краплю 2 МНСІ	Осад не утворюється		Катіони II групи осаджені повністю
6	У тій же пробі	Відокремлюємо осад від розчину	Фільтруємо			Одержали осад №1 і фільтрат №1 (етикетка)
7	Осад №1 на воронці	Виділяємо домішки	Промиваємо 2-3 рази холодною водою			
8	Осад №1 на воронці	Переводимо пломбум (II) хлорид в розчин	Промиваємо 3-5 рази гарячою водою (по 2 см ³)	Часткове розчинення осаду	$PbCl_2 \xrightarrow{t^{\circ}} Pb^{2+} + 2Cl^{-}$	Одержали фільтрат №2
9	Фільтрат №2	Виявляємо Pb^{2+} -йони	Розчин КІ	Жовтий осад	$Pb^{2+} + 2I^{-} = PbI_2 \downarrow$	Pb^{2+} -йони присутні

продовження таблиці додатку 1

1	2	3	4	5	6	7
10	Осад №1 на лійці	Повністю розчиняємо $PbCl_2$	Промиваємо гарячою водою			
11	Осад №1 на лійці	Переводимо в розчин аргентум хлорид	$2 M NH_3 \cdot H_2O$	Повне розчинення осаду	$AgCl + 2 NH_3 \cdot H_2O = [Ag(NH_3)_2]^{1+} + Cl^{1-} + 2H_2O$	
12	Амоніачний розчин	Виявляємо Ag^{1+} -йони	$2 M HNO_3$	Утворення білого осаду	$[Ag(NH_3)_2]^{1+} + Cl^{1-} + 2H^{1+} = AgCl \downarrow + 2NH_4^{1+}$	Ag^{1+} -йони присутні
13	0,5 см ³ фільтрату №1	Відокремлення	та відкриття	катіонів III групи	групи	
		Визначення присутності катіонів III групи	Нагриваємо до 70 °C, додаємо гарячу H_2SO_4 (1:4), гарячий 30% розчин CH_3COONH_4 (для розчинення $PbSO_4$)	Утворюється білий осад	$Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4 \downarrow$ $Ca^{2+} + SO_4^{2-} = CaSO_4 \downarrow$	Присутні катіони III групи
14	Фільтрат №1	Проводимо осадження катіонів III групи	Те ж саме, що в п.13, залишаємо стояти 10-15 хв.	Утворюється білий осад	$Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4 \downarrow$ $Ca^{2+} + SO_4^{2-} = CaSO_4 \downarrow$	

продовження таблиці додатку 1

1	2	3	4	5	6	7
15	Фільтраг №1 з осадом	Перевіряємо на повноту осадження	Обережно по стінці пробірки додаємо краплю 1 М Н ₂ SO ₄	Осад не утворюється		Катіони III групи осаджені повністю
16	Фільтраг №1 з осадом	Відокремлюємо осад від розчину	Фільтруємо через фільтр з синьою стрічкою			Одержали осад №2 сульфатів катіонів III групи та фільтрат №3, який містить катіони I групи
17	Осад №2 на воронці	Видаляємо домішки	Промиваємо 2-3 рази холодною водою			
18	Осад №2 на воронці	Переводимо сульфати в карбонати	Кип'ятимо з насиченим розчином Na ₂ CO ₃ , зливаємо маточний розчин з осаду (3-4 рази)		$BaSO_4 + CO_3^{2-} =$ $BaCO_3 + SO_4^{2-}$ $CaSO_4 + CO_3^{2-} =$ $CaCO_3 + SO_4^{2-}$	Одержали осад №3 карбонатів катіонів III групи

продовження таблиці додатку 1

1	2	3	4	5	6	7
19	Содовий розчин з осадом карбонатів	Відокремлюємо осад від розчину	Фільтруємо, фільтрат не досліджуємо			
20	Осад №3 карбонатів BaCO_3 та CaCO_3 на фільтрі	Видаляємо домішки	Промиваємо 2-3 рази холодною водою			
21	Осад №3 карбонатів на фільтрі або в чашці	Розчиняємо карбонати III групи катіонів	CH_3COOH	Осад розчиняється	$\text{BaCO}_3 + 2\text{CH}_3\text{COOH} = \text{Ba}^{2+} + 2\text{CH}_3\text{COO}^{1-} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ $\text{CaCO}_3 + 2\text{CH}_3\text{COOH} = \text{Ca}^{2+} + 2\text{CH}_3\text{COO}^{1-} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$	Одержали розчин, який вміщує катіони III групи
22	$\frac{1}{2}$ ацетатного розчину	Визначаємо Ba^{2+} -йони	Розчин K_2CrO_4	Жовтий кристалічний осад	$\text{Ba}^{2+} + \text{CrO}_4^{2-} = \text{BaCrO}_4\downarrow$	Ba^{2+} -йони присутні
23	У тій же пробі	Перевіряємо на повноту осадження Ba^{2+} -йонів	1 краплю K_2CrO_4 обережно по стінці пробірки	Осад не утворюється		Ba^{2+} -йони осаджені повністю

продовження таблиці додатку 1

1	2	3	4	5	6	7
24	У тій же пробі	Відокремлюємо розчин від осаду, осад відкидаємо	Фільтруємо			Одержали фільтрат №4, який містить Ca^{2+} -йони
25	$\frac{1}{2}$ фільтрату №4	Визначаємо Ca^{2+} -йони	Розчин $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$	Білий дрібнокристалічний осад	$\text{Ca}^{2+} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} = \text{CaC}_2\text{O}_4\downarrow$	Ca^{2+} -йони присутні
26	1 краплю фільтрату №4 поміщаємо на предметне скло	Виявляємо Ca^{2+} -йони	1 краплю 2н. H_2SO_4 , нагріти до появи білого кола по краю краплі	Під мікроскопом спостерігаємо голчасті кристали, які в деяких місцях утворюють скупчення	$\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}\downarrow$	Ca^{2+} -йони присутні
27	$\frac{1}{2}$ фільтрату №3	Видаляємо NH_4^{1+} -йони	Виявлення Кип'ятимо з NaOH	катіонів I	групи $\text{NH}_4^{1+} + \text{OH}^{1-} \xrightarrow{t^\circ}$ $\xrightarrow{t^\circ} \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$	

продовження таблиці додатку 1

1	2	3	4	5	6	7
28	1 краплю розчину фільтрату №3 після кип'ятіння з NaOH	Перевіряємо на повноту видалення NH_4^{1+} -йонів	1 краплю реактиву Неслера	Червоно-бурий осад не утворюється		NH_4^{1+} -йони видалені повністю
29	$\frac{1}{2}$ розчину фільтрату №3 після видалення NH_4^{1+} -йонів	Відкриваємо K^{1+} -йони	$\text{NaN}_3\text{H}_4\text{O}_6$, нейтральне або слабкокисло-середовище, охолодження, потирання склянкою паличкою	Утворюється білий кристалічний осад	$\text{K}^{1+} + \text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6^{1-} = \text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6\downarrow$	K^{1+} -йони присутні
30	$\frac{1}{2}$ розчину фільтрату №3 після видалення NH_4^{1+} -йонів	Відкриваємо K^{1+} -йони	$\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$, нейтральне або слабкокисло-середовище, потирання склянкою паличкою	Утворюється жовтий кристалічний осад	$2\text{K}^{1+} + \text{Na}^{1+} + [\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-} = \text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]\downarrow$	K^{1+} -йони присутні

Висновок: У контрольному розчині №__ присутні катіони K^{1+} , NH_4^{1+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Ag^{1+} , Pb^{2+} .

**ЗРАЗОК ОФОРМЛЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ
„АНАЛІЗ СУМІШІ КАТІОНІВ ІV–VI АНАЛІТИЧНИХ ГРУП”**

Номер виданого розчину: _____ Дата: _____

№	Об'єкт аналізу	Операція, що проводиться	Реактив, яким діємо, та умови проведення операції	Ефект, що спостерігається	Рівняння реакції в іонно-молекулярному виді	Висновок	
1	1	2	3	4	5	6	7
1	Контрольний розчин перемішуємо						
2	Контрольний розчин	Спостерігаємо забарвлення	Попередні	випробування <i>Забарвлення:</i> синє блакитне жовте рожеве зелене жовтогаряче світло-зелене синьо-зелене		Можлива присутність катіонів Cr^{3+} Cu^{2+} Fe^{3+} Co^{2+} Ni^{2+} або суміш Fe^{3+} і Cu^{2+} суміш Fe^{3+} і Co^{2+} Fe^{2+} суміш Cu^{2+} і Ni^{2+} або Fe^{3+} і Cu^{2+} Fe^{3+} -йони відсутні	
3	Контрольний розчин	Визначення рН	Універсальний індикаторний папір	рН=7 осад відсутній			

продовження таблиці додатку 2

1	2	3	4	5	6	7
4	Окрема порція контрольного розчину	Відкриваємо Fe^{2+} -йони	Розчин $K_3[Fe(CN)_6]$	Синій осад	$K^+ + Fe^{2+} + [Fe(CN)_6]^{3-} = KFe[Fe(CN)_6] \downarrow$	Fe^{2+} -йони присутні
5	Окрема порція контрольного розчину	Відкриваємо Fe^{3+} -йони	Розчин $K_4[Fe(CN)_6]$	Синій осад	$K^+ + Fe^{3+} + [Fe(CN)_6]^{4-} = KFe[Fe(CN)_6] \downarrow$	Fe^{3+} -йони присутні
6	Окрема порція контрольного розчину	Cu^{2+} -йони	Розчин $K_4[Fe(CN)_6]$	Червоно-бурий осад	$2Cu^{2+} + [Fe(CN)_6]^{4-} = Cu_2[Fe(CN)_6] \downarrow$	Cu^{2+} -йони присутні
7	1/3 контрольного розчину	Перемішуємо для одержання однорідної суміші	Відокремлення $2M HNO_3$	Осад повністю розчинився	IV аналітичної групи	групи

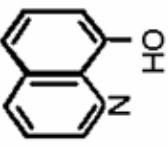
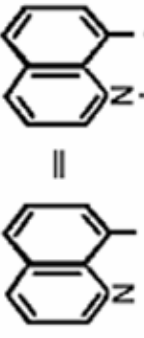
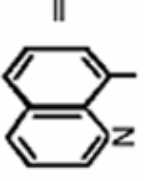
продовження таблиці додатку 2

1	2	3	4	5	6	7
8	1/3 контроль-ного розчину після дії HNO ₃	Осаджуємо гідроксиди V-VI груп	Осаджуємо гідроксиди додаванням по краплям 4 M NaOH (рН 10-12) і 8-10 крапель H ₂ O ₂ . Ретельно перемішуємо та нагріваємо до повного виділення надлишку H ₂ O ₂ . Якщо після нагрівання бульбашки кисню не виділяються, то надлишок H ₂ O ₂ видалено.	Випадає осад	$Mg^{2+} + 2OH^{1-} = Mg(OH)_2$ $2Fe^{2+} + H_2O_2 = 2Fe^{3+} + 2OH^{1-}$ $Fe^{3+} + 3OH^{1-} = Fe(OH)_3 \downarrow$ $Mn^{2+} + H_2O_2 + 2OH^{1-} = H_2MnO_3 \downarrow + H_2O$ $Cu^{2+} + 2OH^{1-} = Cu(OH)_2 \downarrow$ $Ni^{2+} + 2OH^{1-} = Ni(OH)_2 \downarrow$ $Co^{2+} - e \rightarrow Co^{3+}$ $Co^{3+} + 3OH^{1-} \rightarrow Co(OH)_3 \downarrow$ $Al^{3+} + 3OH^{1-} = Al(OH)_3 \downarrow$ $Al(OH)_3 \downarrow + OH^{1-} = [Al(OH)_4]^{1-}$ $Zn^{2+} + 2OH^{1-} = Zn(OH)_2 \downarrow$ $Zn(OH)_2 + 2OH^{1-} = [Zn(OH)_4]^{2-}$ $Cr^{3+} + 3OH^{1-} = Cr(OH)_3 \downarrow$ $2Cr(OH)_3 + 3H_2O_2 + 4OH^{1-} = 2CrO_4^{2-} + 8H_2O$ $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2 \uparrow$	Катіони IV-VI групи присутні. H ₂ O ₂ окиснює Mn ²⁺ до H ₂ MnO ₃ , Cr ³⁺ до CrO ₄ ²⁻ , Fe ²⁺ до Fe ³⁺ , Co ²⁺ до Co ³⁺
9	1/3 контроль-ного розчину з осадом	Відокремлюємо осад від розчину	Фільтруємо			Осад містить гідроксиди катіонів V-VI груп, фільтрат №1 /етикетка/ містить CrO ₄ ²⁻ -йони та гідроксокомплекси [Al(OH) ₄] ¹⁻ , [Zn(OH) ₄] ²⁻

продовження таблиці додатку 2

1	2	3	4	5	6	7
10	Осад гідроксидів катіонів V–VI груп на фільтрі	Видаляємо домішки	Промиваємо водою			
11	Осад гідроксидів катіонів V–VI груп на фільтрі	Відокремлюємо VI групу катіонів від V групи	Відокремлення Обробляємо осад конц. розчином $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	катіонів VI Осад частково розчиняється	групи $\text{Ni}(\text{OH})_2 \downarrow + 6\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} =$ $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+} + 2\text{OH}^{1-} + 6\text{H}_2\text{O};$ $\text{Co}(\text{OH})_2 \downarrow + 6\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} =$ $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+} + 3\text{OH}^{1-} + 6\text{H}_2\text{O};$ $\text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + 4\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} =$ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2\text{OH}^{1-} + 4\text{H}_2\text{O}$	На фільтрі – осад гідроксидів катіонів V групи, в фільтраті №2 (етикетка) – VI група катіонів
12	Осад на фільтрі	Видаляємо домішки	Промиваємо водою			
13	Осад гідроксидів катіонів V групи на фільтрі	Розчиняємо $\text{Mg}(\text{OH})_2$	Аналіз Обробляємо осад конц. розчинном NH_4Cl	суміші Осад частково розчиняється	катіонів V групи $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4^{1+} =$ $\text{Mg}^{2+} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	На фільтрі – осад $\text{Fe}(\text{OH})_3$ і H_2MnO_3 , в фільтраті №3 (етикетка) – Mg^{2+} -йони

продовження таблиці додатку 2

1	2	3	4	5	6
14	Фільтрат №3 Відкриття Mg^{2+} -йонів	1) $Na_2HPO_4 + NH_3 \cdot H_2O$ 2) оксичінолін рН ≈ 9 	Білий кристалічний осад Зеленувато – жовтий кристалічний осад	$Mg^{2+} + HPO_4^{2-} + NH_3 \cdot H_2O = MgNH_4PO_4 \downarrow + H_2O$ $Mg^{2+} +$  $=$  $+ H^+$ магній оксичіноліат $Mg^{2+}/2$ $Fe(OH)_3 + 3H^+ = Fe^{3+} + 3H_2O$	Mg^{2+} -йони присутні
15	Осад гідроксидів катіонів V групи на фільтрі (Fe(OH) ₃ , H ₂ MnO ₃) Розчиляємо Fe(OH) ₃	2 M HNO ₃	Осад частково розчинився	$Fe(OH)_3 + 3H^+ = Fe^{3+} + 3H_2O$	На фільтрі – осад H ₂ MnO ₃ , в фільтраті №4 (етикетка) – Fe ³⁺ -йони
16	Осад на фільтрі Видаляємо домшки	Промиваємо водою	Темно-бурий осад на фільтрі	H ₂ MnO ₃	Mn ²⁺ -йони присутні
17	Фільтрат №4, окрема порція Відкриття Fe ³⁺ -йонів	KSCN K ₄ [Fe(CN) ₆]	Криваво-червоне забарвлення розчину Синій осад	$Fe^{3+} + n SCN^- = [Fe(SCN)_n]^{3-n}$ $Fe^{3+} + K^+ + [Fe(CN)_6]^{4-} = KFe[Fe(CN)_6]$	Fe ³⁺ -йони присутні

1	2	3	4	5	6
Аналіз суміші катіонів IV аналітичної групи					
18	Фільтрат №1 Відокремлення CrO_4^{2-} -йонів від йонів Алюмінію і Цинку	НСІ до рН 3-4 і насичений р-н Na_2CO_3 до утворення осаду	Утворюється осад	$[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + 4\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$ $\text{Al}^{3+} + 3\text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{HCO}_3^{1-}$ $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + 4\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ $2\text{Zn}^{2+} + 3\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Zn}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3 \downarrow + 2\text{HCO}_3^{1-}$	У фільтраті №5 (етикетка) – CrO_4^{2-} -йони, на фільтрі – осад $\text{Al}(\text{OH})_3$ і $\text{Zn}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$
19	Осад на фільтрі $\text{Al}(\text{OH})_3$ і $\text{Zn}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$	НСІ	Осад розчинився	$\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{Zn}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3 + 4\text{H}^+ = 2\text{Zn}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	У фільтраті №6 – Al^{3+} - і Zn^{2+} -катіони
20	Окрема порція фільтрату №6	Дітизон $\text{NH}-\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_5$ SC N=N-C ₆ H ₅	Яскраво-рожеве забарвлення водного розчину	$\text{SC} \begin{cases} \text{NH}-\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_5 \\ \text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5 \end{cases} + \text{Zn}^{2+} =$ $\text{CS} \begin{cases} \text{NH}-\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5 \\ \text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5 \end{cases} \rightarrow \text{Zn}^{2+}/2$ або $\text{CS} \begin{cases} \text{NH}-\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5 \\ \text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5 \end{cases}$ $\text{CS} \begin{cases} \text{NH}-\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5 \\ \text{Zn}^{2+}/2 \end{cases}$ $\text{CS} \begin{cases} \text{NH}-\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5 \\ \text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5 \end{cases}$	Zn^{2+} -йони присутні

продовження таблиці додатку 2

1	2	3	4	5	6	
21	Окрема порція фільтрату №6	Відкриття Al^{3+} -йонів	Алізарин в амоніачному середовищі. Умови: [1] с. 302 $C_{14}H_6O_2(OH)_2$	Оранжево-червоне забарвлення водного розчину		Al^{3+} -йони присутні
22	Фільтрат №5	Відкриття CrO_4^{2-} -йонів	2н. $H_2SO_4 + H_2O_2$ + ефір $VaCl_2$, нейтральне або слабкокислое середовище	Ефірний шар синього кольору Жовтий кристалічний осад	$2CrO_4^{2-} + 2H^{1+} \rightarrow Cr_2O_7^{2-} + H_2O$ $Cr_2O_7^{2-} + 4H_2O_2 + 2H^{1+} \rightarrow 2CrO_5 + 5H_2O$ або $2H_2CrO_6 + 3H_2O$ $Va^{2+} + CrO_4^{2-} \rightarrow VaCrO_4 \downarrow$	CrO_4^{2-} -йони присутні
Аналіз суміші катіонів VI аналітичної групи						
23	Фільтрат №2	Руйнуємо комплекси	Додаємо $HCl + H_2SO_4$ до кислого середовища	Універсальний індикатор червоніє	$[Ni(NH_3)_6]^{2+} + 6H^{1+} = Ni^{2+} + 6NH_4^{1+}$ $[Cu(NH_3)_4]^{2+} + 4H^{1+} = Cu^{2+} + 4NH_4^{1+}$ $[Co(NH_3)_6]^{3+} + 6H^{1+} = Co^{3+} + 6NH_4^{1+}$	Середовище кисле, амоніачні комплекси руйнуються
24	Фільтрат №2 (1/2 порції)	Відкриття та відокремлення Cu^{2+} -йонів	Насичений свіжо-приготовлений розчин $Na_2S_2O_3$, кип'ятити 3 хв.	Чорний осад Cu_2S	$2Cu^{2+} + 4S_2O_3^{2-} = Cu_2S \downarrow + S \downarrow + SO_2 \uparrow$ $+ 3SO_4^{2-} + S_4O_6^{2-}$ $Co^{3+} + \bar{e} \rightarrow Co^{2+}$	Cu^{2+} -йони присутні

продовження таблиці додатку 2

	1	2	3	4	5	6
25	Фільтрат №2 з осадом (1/2 порції)	Відокремлюємо осад Cu_2S від розчину	Фільтратуємо			Фільтрат №7 містить Co^{2+} та Ni^{2+} -йони
26	Окрема порція фільтрату №7	Визначення Co^{2+} -йонів	$\text{KSCN}_{\text{крисст.}}$ + ефір, перемішати	Синє забарвлення	$\text{Co}^{2+} + 4\text{SCN}^- = [\text{Co}(\text{SCN})_4]^{2-}$	Co^{2+} -йони присутні
27	Окрема порція фільтрату №7	Визначення Ni^{2+} -йонів	Диметилглюксим, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}_{\text{конц.}}$ (2-3 крапл.) $\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} = \text{N} \\ \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} = \text{N} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	Червоне забарвлення розчину, при більшій концентрації Ni^{2+} -йонів утворюється червоний осад	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} = \text{N} \\ \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} = \text{N} \\ \\ \text{OH} \end{array} + \text{Ni}^{2+} + 2\text{NH}_3 =$ $\begin{array}{c} \text{O} \dots \text{H} - \text{O} \\ \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} = \text{N} \\ \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} = \text{N} \\ \\ \text{O} - \text{H} \dots \text{O} \end{array} \begin{array}{c} \nearrow \\ \searrow \\ \nearrow \\ \searrow \end{array} \begin{array}{c} \text{Ni} \\ \text{N} = \text{C} - \text{CH}_3 \\ \text{N} = \text{C} - \text{CH}_3 \end{array} + 2\text{NH}_4^+$	Ni^{2+} -йони присутні

Висновок: у контрольному розчині № ___ присутні катіони _____

Константи йонізації найважливіших кислот і основ

Назва кислоти	Формула	Константи йонізації, K_a	pK_a
Ацетатна (етанова)	CH_3COOH	K $1,74 \cdot 10^{-5}$	4,76
Етилендіамінтетраацетатна	H_4Y (EDTA)	K_1 $1,0 \cdot 10^{-2}$ K_2 $2,1 \cdot 10^{-3}$ K_3 $6,9 \cdot 10^{-7}$ K_4 $5,5 \cdot 10^{-11}$	2,00 2,67 6,16 10,26
Карбонатна	H_2CO_3	K_1 $4,5 \cdot 10^{-7}$ K_2 $4,8 \cdot 10^{-11}$	6,35 10,32
Нітритна (нітратна(III))	HNO_2	K $5,1 \cdot 10^{-4}$	3,29
Оксалатна (щавлева)	$H_2C_2O_4$	K_1 $5,6 \cdot 10^{-2}$ K_2 $5,4 \cdot 10^{-5}$	1,25 4,27
Сульфатна(IV) (сульфітна)	H_2SO_3	K_1 $1,4 \cdot 10^{-2}$ K_2 $6,2 \cdot 10^{-8}$	1,85 7,20
Сульфатна(VI)	H_2SO_4	K_2 $1,15 \cdot 10^{-2}$	1,94
Сульфідна	H_2S	K_1 $1,0 \cdot 10^{-7}$ K_2 $2,5 \cdot 10^{-13}$	7,00 12,60
Тартратна (винна)	$H_2C_4H_4O_6$	K_1 $9,1 \cdot 10^{-4}$ K_2 $4,3 \cdot 10^{-5}$	3,04 4,37
Тетраборатна	$H_2B_4O_7$	K_1 $1,8 \cdot 10^{-4}$ K_2 $2,0 \cdot 10^{-8}$	3,74 7,70
Флуоридна	HF	K $6,2 \cdot 10^{-4}$	3,21
Форміатна (метанова)	$HCOOH$	K $1,8 \cdot 10^{-4}$	3,75
Фосфатна(V)	H_3PO_4	K_1 $7,1 \cdot 10^{-3}$ K_2 $6,2 \cdot 10^{-8}$ K_3 $5,0 \cdot 10^{-13}$	2,15 7,21 12,30
Ціанідна	HCN	K $5,0 \cdot 10^{-10}$	9,30
Янтарна (бурштинова)	$H_2C_4H_4O_4$	K_1 $1,6 \cdot 10^{-5}$ K_2 $2,3 \cdot 10^{-6}$	4,21 5,63
Назва основи	Формула	Константи йонізації, K_b	pK_b
Амоній гідроксид	$NH_3 \cdot H_2O$	K $1,76 \cdot 10^{-5}$	4,755
Аргентум(I) гідроксид	$AgOH$	K $5,0 \cdot 10^{-3}$	2,30
Барій дигідроксид	$Ba(OH)_2$	K_2 $2,3 \cdot 10^{-1}$	0,64
Кальцій дигідроксид	$Ca(OH)_2$	K_2 $4,0 \cdot 10^{-2}$	1,40

**Добутки розчинності (ДР) деяких малорозчинних у воді сполук
(за температури 25 °С)**

Сполука <i>1</i>	Назва сполуки <i>2</i>	ДР <i>3</i>
AgBr	Аргентум бромід	$5,3 \cdot 10^{-13}$
AgCH ₃ COO	Аргентум ацетат (етаноат)	$4,0 \cdot 10^{-3}$
Ag ₂ CO ₃	Аргентум карбонат	$1,2 \cdot 10^{-12}$
Ag ₂ C ₂ O ₄	Діаргентум оксалат	$3,5 \cdot 10^{-11}$
AgCl	Аргентум хлорид	$1,78 \cdot 10^{-10}$
Ag ₂ CrO ₄	Діаргентум хромат(VI)	$1,1 \cdot 10^{-12}$
Ag ₂ Cr ₂ O ₇	Діаргентум дихромат(VI)	$1,0 \cdot 10^{-10}$
AgI	Аргентум йодид	$8,3 \cdot 10^{-17}$
Ag ₃ PO ₄	Аргентум фосфат(V)	$1,3 \cdot 10^{-20}$
Ag ₂ S	Діаргентум сульфід	$6,3 \cdot 10^{-50}$
AgSCN	Аргентум тіоціанат	$1,1 \cdot 10^{-12}$
Ag ₂ SO ₃	Аргентум сульфат(IV)	$1,5 \cdot 10^{-14}$
Ag ₂ SO ₄	Аргентум сульфат(VI)	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Al(OH) ₃ (Al ³⁺ , 3OH ¹⁻) (AlOH ²⁺ , 2OH ¹⁻) (H ¹⁺ , AlO ₂ ¹⁻)	Алюміній тригідроксид	$3,2 \cdot 10^{-34}$ $3,2 \cdot 10^{-25}$ $1,6 \cdot 10^{-13}$
AlPO ₄	Алюміній фосфат(V)	$5,75 \cdot 10^{-19}$
Ba(OH) ₂	Барій дигідроксид	$5,0 \cdot 10^{-3}$
BaCO ₃	Барій карбонат	$4,0 \cdot 10^{-10}$
BaC ₂ O ₄	Барій оксалат	$1,1 \cdot 10^{-7}$
BaCrO ₄	Барій хромат(VI)	$1,2 \cdot 10^{-10}$
Ba ₃ (PO ₄) ₂	Трибарій дифосфат(V)	$6,0 \cdot 10^{-39}$
BaSO ₃	Барій сульфат(IV)	$8,0 \cdot 10^{-7}$
BaSO ₄	Барій сульфат(VI)	$1,1 \cdot 10^{-10}$
BiI ₃	Бісмут(III) йодид	$8,1 \cdot 10^{-19}$
BiOCl (BiO ¹⁺ , Cl ¹⁻)	Бісмут(III) оксид хлорид	$7,0 \cdot 10^{-9}$
CaCO ₃	Кальцій карбонат	$3,8 \cdot 10^{-9}$
CaC ₂ O ₄	Кальцій оксалат	$2,3 \cdot 10^{-9}$
CaCrO ₄	Кальцій хромат(VI)	$7,1 \cdot 10^{-4}$
CaF ₂	Кальцій дифлуорид	$4,0 \cdot 10^{-11}$
CaHPO ₄ (Ca ²⁺ , HPO ₄ ²⁻)	Кальцій гідрогенфосфат(V)	$2,7 \cdot 10^{-7}$
Ca(H ₂ PO ₄) (Ca ²⁺ , H ₂ PO ₄ ⁻)	Кальцій дигідрогенфосфат(V)	$1,0 \cdot 10^{-3}$

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Ca(OH) ₂ (Ca ²⁺ , 2OH ¹⁻) (CaOH ¹⁺ , OH ¹⁻)	Кальцій дигідроксид	6,5·10 ⁻⁶ 9,1·10 ⁻⁵
Ca ₃ (PO ₄) ₂	Трикальцій дифосфат(V)	2,0·10 ⁻²⁹
CaSO ₃	Кальцій сульфат(IV)	3,2·10 ⁻⁷
CaSO ₄	Кальцій сульфат(VI)	2,5·10 ⁻⁵
Cd(OH) ₂ (Cd ²⁺ , 2OH ¹⁻) (свіжоосаджений) Cd(OH) ₂ (Cd ²⁺ , 2OH ¹⁻) (після старіння Cd(OH) ₂) (H ¹⁺ , HCdO ₂ ¹⁻)	Кадмій дигідроксид	2,2·10 ⁻¹⁴ 5,9·10 ⁻¹⁵ 2,0·10 ⁻¹⁹
CdS	Кадмій сульфід	1,6·10 ⁻²⁸
Co(OH) ₂ (блакитний)	Кобальт дигідроксид	6,3·10 ⁻¹⁵
Co(OH) ₂ (рожевий, свіжоосаджений)		1,6·10 ⁻¹⁵
Co(OH) ₃	Кобальт тригідроксид	4,0·10 ⁻⁴⁵
Cr(OH) ₃ (Cr ³⁺ , 3OH ¹⁻) (CrOH ²⁺ , 2OH ¹⁻) (H ¹⁺ , H ₂ CrO ₃ ¹⁻)	Хром тригідроксид	6,3·10 ⁻³¹ 7,9·10 ⁻²¹ 4,0·10 ⁻¹⁵
CuCO ₃	Купрум(II) карбонат	2,5·10 ⁻¹⁰
CuCrO ₄	Купрум(II) хромат(VI)	3,6·10 ⁻⁶
Cu ₂ [Fe(CN) ₆]	Купрум(II) гексаціаноферат(II)	1,3·10 ⁻¹⁶
CuI	Купрум(I) йодид	1,1·10 ⁻¹²
Cu(OH) ₂ (Cu ²⁺ , 2OH ¹⁻) (CuOH ¹⁺ , OH ¹⁻) (H ¹⁺ , HCuO ₂ ¹⁻)	Купрум дигідроксид	8,3·10 ⁻²⁰ 8,3·10 ⁻¹² 1,0·10 ⁻¹⁹
Cu ₂ (OH) ₂ CO ₃ (малахіт)	Дикупрум дигідроксид карбонат	1,7·10 ⁻³⁴
Cu ₂ S	Дикупрум сульфід	2,5·10 ⁻⁴⁸
CuSCN	Купрум(I) тіоціанат	4,8·10 ⁻¹⁵
CuS	Купрум(II) сульфід	6,3·10 ⁻³⁶
FeCO ₃	Ферум(II) карбонат	3,5·10 ⁻¹¹
Fe(OH) ₂ (Fe ²⁺ , 2OH ¹⁻) (FeOH ¹⁺ , OH ¹⁻) (H ¹⁺ , HFeO ₂ ¹⁻)	Ферум дигідроксид	7,2·10 ⁻¹⁶ 2,2·10 ⁻¹¹ 8,0·10 ⁻²⁰

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Fe(OH) ₃ (Fe ³⁺ , 3OH ¹⁻) (свіжоосаджений) (Fe ³⁺ , 3OH ¹⁻) (після старіння)	Ферум тригідроксид	6,3·10 ⁻³⁸ 3,2·10 ⁻⁴⁰
Fe(OH) ₃ (Fe(OH) ₂ ¹⁻ , OH ¹⁻) (Fe(OH) ₂ ²⁺ , 2OH ¹⁻)	Ферум тригідроксид	6,8·10 ⁻¹⁸ 2,0·10 ⁻²⁸
FePO ₄	Ферум(III) фосфат	1,3·10 ⁻²²
FeS	Ферум(II) сульфід	5,0·10 ⁻¹⁸
FeS ₂ (Fe ²⁺ , S ₂ ²⁻)	Ферум(II) дисульфід	6,3·10 ⁻³¹
Hg ₂ Cl ₂ (Hg ₂ ²⁺ , 2Cl ¹⁻)	Димеркурій дихлорид	1,3·10 ⁻¹⁸
Hg ₂ CrO ₄ (Hg ₂ ²⁺ , CrO ₄ ²⁻)	Димеркурій хромат(VI)	5,0·10 ⁻⁹
Hg ₂ I ₂ (Hg ₂ ²⁺ , 2I ¹⁻)	Димеркурій дийодид	4,5·10 ⁻²⁹
HgS (чорний) HgS (червоний)	Меркурій(II) сульфід	1,6·10 ⁻⁵² 4,0·10 ⁻⁵³
Hg ₂ (SCN) ₂ (Hg ₂ ²⁺ , 2SCN ¹⁻)	Димеркурій дитіоціанат	3,0·10 ⁻²⁰
Hg ₂ SO ₄ (Hg ₂ ²⁺ , SO ₄ ²⁻)	Димеркурій сульфат(VI)	6,8·10 ⁻⁷
K ₃ [Co(NO ₂) ₆] (3K ¹⁺ , [Co(NO ₂) ₆] ³⁻)	Калій гексанітрокобальтат(III)	4,3·10 ⁻¹⁰
K ₂ Na[Co(NO ₂) ₆] (2K ¹⁺ , Na ¹⁺ , [Co(NO ₂) ₆] ³⁻)	Дикалій натрій гексанітрокобальтат(III)	2,2·10 ⁻¹¹
MgNH ₄ PO ₄	Амоній магній фосфат(V)	2,5·10 ⁻¹³
Mg(OH) ₂ (свіжоосаджений) Mg(OH) ₂ (Mg ²⁺ , 2OH ¹⁻) (MgOH ¹⁺ , OH ¹⁻) (після старіння)	Магній дигідроксид	6,0·10 ⁻¹⁰ 7,1·10 ⁻¹² 2,6·10 ⁻⁹
Mg ₃ (PO ₄) ₂	Тримагній дифосфат	1,0·10 ⁻¹³
MgCO ₃	Магній карбонат	2,1·10 ⁻⁵
MnCO ₃	Манган карбонат	1,8·10 ⁻¹¹
Mn(OH) ₂ (Mn ²⁺ , 2OH ¹⁻) (MnOH ¹⁺ , OH ¹⁻) (H ¹⁺ , HMnO ₂ ¹⁻)	Манган дигідроксид	1,9·10 ⁻¹³ 4,9·10 ⁻¹⁰ 1,0·10 ⁻¹⁹

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
MnS (тілесного кольору) MnS (зелений)	Манган(II) сульфід	$2,5 \cdot 10^{-10}$ $2,5 \cdot 10^{-13}$
$(\text{NH}_4)_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$	Амоній гексанітрокобальтат(III)	$7,6 \cdot 10^{-6}$
$\text{Na}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ $(\text{Na}^{1+}, [\text{Sb}(\text{OH})_6]^{1-})$	Натрій гексагідроксо-стибат(VI)	$4,8 \cdot 10^{-8}$
$\text{Ni}(\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_2\text{N}_2)_2$	Нікель(II) диметилглюксимат	$2,3 \cdot 10^{-25}$
NiCO_3	Нікель(II) карбонат	$1,3 \cdot 10^{-7}$
$\text{Ni}(\text{OH})_2$ (свіжоодержаний) $\text{Ni}(\text{OH})_2$ (після старіння)	Нікель дигідроксид	$2,0 \cdot 10^{-15}$ $6,3 \cdot 10^{-18}$
$\text{NiS } \alpha$ $\text{NiS } \beta$ $\text{NiS } \gamma$	Нікель(II) сульфід	$3,2 \cdot 10^{-19}$ $1,0 \cdot 10^{-24}$ $2,0 \cdot 10^{-26}$
PbCO_3	Плюмбум(II) карбонат	$7,5 \cdot 10^{-15}$
PbCl_2	Плюмбум дихлорид	$1,6 \cdot 10^{-5}$
PbCrO_4	Плюмбум(II) хромат(VI)	$1,8 \cdot 10^{-14}$
PbI_2	Плюмбум дийодид	$1,1 \cdot 10^{-9}$
PbO_2 $(\text{Pb}^{4+}, 4\text{OH}^{1-})$	Плюмбум диоксид	$3,0 \cdot 10^{-66}$
$\text{Pb}(\text{OH})_2$ $(\text{Pb}^{2+}, 2\text{OH}^{1-})$ (жовтий) $(\text{Pb}^{2+}, 2\text{OH}^-)$ (червоний) $(\text{PbOH}^{1+}, \text{OH}^{1-})$ $(\text{H}^{1+}, \text{HPbO}_2^{1-})$	Плюмбум дигідроксид	$7,9 \cdot 10^{-16}$ $5,0 \cdot 10^{-16}$ $1,0 \cdot 10^{-9}$ $3,2 \cdot 10^{-16}$
$\text{Pb}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$	Диплюмбум дигідроксид Карбонат	$3,5 \cdot 10^{-46}$
$\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$	Триплюмбум дифосфат(V)	$7,9 \cdot 10^{-43}$
PbS	Плюмбум(II) сульфід	$2,5 \cdot 10^{-27}$
PbSO_4	Плюмбум(II) сульфат(VI)	$1,6 \cdot 10^{-8}$
$\text{Sn}(\text{OH})_2$ $(\text{Sn}^{2+}, 2\text{OH}^{1-})$ $(\text{SnOH}^{1+}, \text{OH}^{1-})$ $(\text{H}^{1+}, \text{HSnO}_2^{1-})$	Станум дигідроксид	$6,3 \cdot 10^{-27}$ $2,5 \cdot 10^{-16}$ $1,3 \cdot 10^{-15}$
$\text{Sn}(\text{OH})_4$	Станум тетрагідроксид	$1,0 \cdot 10^{-57}$
SnS	Станум(II) сульфід	$2,5 \cdot 10^{-27}$
SrCO_3	Стронцій карбонат	$1,1 \cdot 10^{-10}$
SrC_2O_4	Стронцій оксалат	$1,6 \cdot 10^{-7}$
SrCrO_4	Стронцій хромат(VI)	$3,6 \cdot 10^{-5}$
$\text{Sr}(\text{OH})_2$	Стронцій дигідроксид	$3,2 \cdot 10^{-4}$

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Sr ₃ (PO ₄) ₂	Тристронцій дифосфат(V)	1,0·10 ⁻³¹
SrSO ₄	Стронцій сульфат(VI)	3,2·10 ⁻⁷
ZnCO ₃	Цинк карбонат	1,45·10 ⁻¹¹
Zn ₂ [Fe(CN) ₆]	Цинк гексаціаноферат(II)	2,1·10 ⁻¹⁶
Zn[Hg(SCN) ₄] (Zn ²⁺ , [Hg(SCN) ₄] ²⁻)	Цинк тетратіоціанато- меркурат(II)	2,2·10 ⁻⁷
Zn(OH) ₂ (Zn ²⁺ , 2OH ¹⁻) (ZnOH ¹⁺ , OH ¹⁻)	Цинк дигідроксид	1,4·10 ⁻¹⁷ 1,4·10 ⁻¹¹
Zn ₃ (PO ₄) ₂	Трицинк дифосфат	9,1·10 ⁻³³
ZnS (сфалерит)	Цинк сульфід	1,6·10 ⁻²⁴
ZnS (вюрцит)		2,5·10 ⁻²²

Стандартні електродні потенціали деяких систем у водних розчинах

Рівняння процесу	<i>E</i> ⁰ , В
<i>1</i>	<i>2</i>
АРГЕНТУМ	
Ag ²⁺ + e = Ag ¹⁺	2,00
АЛЮМІНІЙ	
Al ³⁺ + 3e = Al	-1,66
АРСЕН	
AsO ₄ ³⁻ + 2H ₂ O + 2e = AsO ₂ ¹⁻ + 4OH ¹⁻	-0,710
H ₃ AsO ₄ + 2H ¹⁺ + 2e = HAsO ₂ + 2H ₂ O	0,560
АУРУМ	
Au ³⁺ + 2e = Au ¹⁺	1,410
Au ³⁺ + 3e = Au	1,500
Au ¹⁺ + e = Au	1,680
БІСМУТ	
NaBiO ₃ + 4H ¹⁺ + 2e = BiO ¹⁺ + Na ¹⁺ + 2H ₂ O	1,800
БРОМ	
2BrO ¹⁻ + 2H ₂ O + 2e = Br ₂ + 4OH ¹⁻	0,450
2BrO ₃ ¹⁻ + 6H ₂ O + 10e = Br ₂ + 12OH ¹⁻	0,500
CrO ₃ ¹⁻ + 3H ₂ O + 6e = Br ¹⁻ + 6OH ¹⁻	0,610
BrO ¹⁻ + H ₂ O + 2e = Br ¹⁻ + 2OH ¹⁻	0,760
Br ₂ + 2e = 2Br ¹⁻	1,087
BrO ₃ ¹⁻ + 6H ¹⁺ + 6e = Br ¹⁻ + 3H ₂ O	1,450
2BrO ₃ ¹⁻ + 12H ¹⁺ + 10e = Br ₂ + 6H ₂ O	1,520
2HBrO + 2H ¹⁺ + 2e = Br ₂ + 2H ₂ O	1,600

<i>1</i>	<i>2</i>
КАРБОН	
$2\text{CO}_2 + 2\text{H}^{1+} + 2\text{e} = \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	-0,490
$\text{CO}_2 + 2\text{H}^{1+} + 2\text{e} = \text{HCOOH}$	-0,200
$\text{CO}_2 + 2\text{H}^{1+} + 2\text{e} = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$	-0,120
$\text{CO}_3^{2-} + 6\text{H}^{1+} + 4\text{e} = \text{C} + 3\text{H}_2\text{O}$	0,475
КАЛЬЦІЙ	
$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e} = \text{Ca}$	-2,866
КАДМІЙ	
$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e} = \text{Cd}$	-0,403
КОБАЛЬТ	
$\text{Co}^{3+} + 3\text{e} = \text{Co}$	0,460
$\text{Co}^{3+} + \text{e} = \text{Co}^{2+}$	1,950
ХЛОР	
$2\text{ClO}^{1-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{Cl}_2 + 4\text{OH}^{1-}$	0,400
$\text{ClO}_3^{1-} + 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{e} = \text{Cl}^{1-} + 6\text{OH}^{-}$	0,630
$\text{ClO}^{1-} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{Cl}^{1-} + 2\text{OH}^{-}$	0,880
$\text{ClO}_4^{1-} + 2\text{H}^{1+} + 2\text{e} = \text{ClO}_3^{1-} + \text{H}_2\text{O}$	1,190
$\text{Cl}_2 + 2\text{e} = 2\text{Cl}^{1-}$	1,359
$\text{ClO}_4^{1-} + 8\text{H}^{1+} + 8\text{e} = \text{Cl}^{1-} + 4\text{H}_2\text{O}$	1,380
$\text{ClO}_3^{1-} + 6\text{H}^{1+} + 6\text{e} = \text{Cl}^{1-} + 3\text{H}_2\text{O}$	1,450
ХРОМ	
$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e} = \text{Cr}$	-0,740
$\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 3\text{e} = \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5\text{OH}^{1-}$	-0,130
$\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}^{1+} + 3\text{e} = \text{CrO}_2^{1-} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,945
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^{1+} + 6\text{e} = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	1,333
$\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}^{1+} + 3\text{e} = \text{Cr}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1,477
КУПРУМ	
$\text{Cu}^{2+} + \text{e} = \text{Cu}^{1+}$	0,159
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e} = \text{Cu}$	0,640
$\text{Cu}^{2+} + \Gamma + \text{e} = \text{CuI}$	0,860
ФЛУОР	
$\text{F}_2 + 2\text{e} = 2\text{F}^{1-}$	2,870
ФЕРУМ	
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e} = \text{Fe}$	-0,473
$\text{Fe}^{3+} + 3\text{e} = \text{Fe}$	-0,058
$\text{Fe}^{3+} + \text{e} = \text{Fe}^{2+}$	0,771
ГІДРОГЕН	
$\text{H}_2 + 2\text{e} = 2\text{H}^{1-}$	-2,250
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{H}_2 + 2\text{OH}^{1-}$	-0,828
$2\text{H}^{1+} (10^{-7} M) + 2\text{e} = \text{H}_2$	-0,414
$2\text{H}^{1+} + 2\text{e} = \text{H}_2$	0,000
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^{1+} + 2\text{e} = 2\text{H}_2\text{O}$	1,770

<i>1</i>	<i>2</i>
МЕРКУРІЙ	
$\text{Hg}_2^{2+} + 2e = 2\text{Hg}$	0,792
$\text{Hg}^{2+} + 2e = \text{Hg}$	0,850
$2\text{Hg}^{2+} + 2e = \text{Hg}_2^{2+}$	0,907
ЙОД	
$\text{I}_2 + 2e = 2\text{I}^{1-}$	0,536
$\text{I}_3^{1-} + 2e = 3\text{I}^{1-}$	0,545
$\text{IO}_3^{1-} + 6\text{H}^+ + 6e = \text{I}^{1-} + 3\text{H}_2\text{O}$	1,080
$2\text{IO}_3^{1-} + 12\text{H}^+ + 10e = \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	1,190
$2\text{IO}_3^{1-} + 6\text{H}_2\text{O} + 10e = \text{I}_2 + 12\text{OH}^{1-}$	0,210
$\text{IO}_3^{1-} + 3\text{H}_2\text{O} + 6e = \text{I}^{1-} + 6\text{OH}^{1-}$	0,260
МАГНІЙ	
$\text{Mg}^{2+} + 2e = \text{Mg}$	-2,370
МАНГАН	
$\text{Mn}(\text{OH})_2 + 2e = \text{Mn} + 2\text{OH}^{1-}$	-1,550
$\text{Mn}^{2+} + 2e = \text{Mn}$	-1,170
$\text{MnO}_4^{1-} + e = \text{MnO}_4^{2-}$	0,558
$\text{MnO}_4^{1-} + 2\text{H}_2\text{O} + 3e = \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^{1-}$	0,600
$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^{1+} + 2e = \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,230
$\text{MnO}_4^{1-} + 8\text{H}^{1+} + 5e = \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1,510
$\text{Mn}^{3+} + e = \text{Mn}^{2+}$	1,510
$\text{MnO}_4^{1-} + 4\text{H}^{1+} + 3e = \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,690
$\text{MnO}_4^{2-} + 4\text{H}^{1+} + 2e = \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	2,257
НІТРОГЕН	
$\text{NO}_2^{1-} + \text{H}_2\text{O} + e = \text{NO} + 2\text{OH}^{1-}$	-0,460
$\text{NO}_3^{1-} + 2\text{H}_2\text{O} + 3e = \text{NO} + 4\text{OH}^{1-}$	-0,140
$\text{NO}_3^{1-} + 7\text{H}_2\text{O} + 8e = \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 9\text{OH}^{1-}$	-0,120
$\text{NO}_3^{1-} + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{NO}_2^{1-} + 2\text{OH}^{1-}$	0,010
$2\text{NO}_2^{1-} + 4\text{H}_2\text{O} + 6e = \text{N}_2 + 8\text{OH}^{1-}$	0,410
$\text{NO}_3^{1-} + 2\text{H}^{1+} + e = \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0,800
$\text{NO}_3^{1-} + 10\text{H}^{1+} + 8e = \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	0,870
$\text{NO}_3^{1-} + 4\text{H}^{1+} + 3e = \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,960
$\text{HNO}_2 + \text{H}^{1+} + e = \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	0,980
$2\text{HNO}_2 + 4\text{H}^{1+} + 4e = \text{N}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}$	1,290
$2\text{HNO}_2 + 6\text{H}^{1+} + 6e = \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	1,440
$2\text{NO} + 4\text{H}^{1+} + 4e = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,680
$\text{N}_2\text{O} + 2\text{H}^{1+} + 2e = \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1,770
$\text{NO}_3^{1-} + 3\text{H}^{1+} + 2e = \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0,94
НІКЕЛЬ	
$\text{Ni}^{2+} + 2e = \text{Ni}$	-0,228

<i>1</i>	<i>2</i>
ОКСИГЕН	
$O_3 + H_2O + 2e = O_2 + 2OH^{1-}$	0,020
$O_2 + 2H_2O + 4e = 4OH^{1-}$	0,401
$O_2 + 2H^{1+} + 2e = H_2O_2$	0,682
$O_2 + 4H^{1+} + 4e = 2H_2O$	1,229
$H_2O_2 + 2H^{1+} + 2e = 2H_2O$	1,770
$O_3 + 2H^{1+} + 2e = O_2 + H_2O$	2,070
ПЛЮМБУМ	
$Pb^{2+} + 2e = Pb$	-0,126
$PbO_2 + H_2O + 2e = PbO + 2OH^{1-}$	0,280
$Pb^{4+} + 4e = Pb$	0,770
$PbO_2 + 4H^{1+} + 2e = Pb^{2+} + 2H_2O$	1,455
$PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^{1+} + 2e = PbSO_4 + 2H_2O$	1,690
$Pb^{4+} + 2e = Pb^{2+}$	1,694
СУЛЬФУР	
$SO_4^{2-} + H_2O + 2e = SO_3^{2-} + 2OH^{1-}$	-0,930
$2SO_4^{2-} + 5H_2O + 8e = S_2O_3^{2-} + 10OH^{1-}$	-0,760
$SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = S + 6OH^{1-}$	-0,660
$2SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = S_2O_3^{2-} + 6OH^{1-}$	-0,580
$S + 2e = S^{2-}$	-0,480
$S_4O_6^{2-} + 2e = 2S_2O_3^{2-}$	0,090
$S + 2H^{1+} + 2e = H_2S$	0,171
$SO_4^{2-} + 10H^{1+} + 8e = H_2S + 4H_2O$	0,310
$SO_4^{2-} + 8H^{1+} + 6e = S + 4H_2O$	0,360
$H_2SO_3 + 4H^{1+} + 4e = S + 3H_2O$	0,450
$S_2O_3^{2-} + 6H^{1+} + 4e = 2S + 3H_2O$	0,500
$S_2O_8^{2-} + 2e = 2SO_4^{2-}$	2,010
$SO_4^{2-} + 4H^{1+} + 2e = H_2SO_3 + H_2O$	0,17
СТИБІЙ	
$Sb + 3H^{1+} + 3e = SbH_3$	-0,510
$SbO_3^{1-} + H_2O + 2e = SbO_2^{1-} + 2OH^{1-}$	-0,430
$Sb^{3+} + 3e = Sb$	0,200
$SbO_2^{1-} + 4H^{1+} + 3e = Sb + 2H_2O$	0,446
СТАНУМ	
$Sn(OH)_6^{2-} + 2e = HSnO_2^{1-} + 3OH^{1-} + H_2O$	-0,930
$SnCl_4^{2-} + 2e = Sn + 4Cl^{1-}$	-0,190
$Sn^{2+} + 2e = Sn$	-0,140
$SnO_2 + 4H^{1+} + 4e = Sn + 2H_2O$	-0,106
$Sn^{4+} + 4e = Sn$	0,010
$Sn^{4+} + 2e = Sn^{2+}$	0,150
ЦИНК	
$Zn^{2+} + 2e = Zn$	-0,764

Значення загальних констант нестійкості комплексних йонів (20–25 °С)

Комплексоутворювачі	Йонізація комплексів	Константа нестійкості, K_H
Ag^{1+}	$[Ag(NH_3)_2]^{1+} \rightleftharpoons Ag^{1+} + 2NH_3$	$5,75 \cdot 10^{-8}$
	$[AgCl_2]^{1-} \rightleftharpoons Ag^{1+} + 2Cl^{1-}$	$9,12 \cdot 10^{-6}$
	$[AgI_2]^{1-} \rightleftharpoons Ag^{1+} + 2I^{1-}$	$5,50 \cdot 10^{-12}$
	$[Ag(S_2O_3)_2]^{3-} \rightleftharpoons Ag^{1+} + 2S_2O_3^{2-}$	$3,47 \cdot 10^{-14}$
	$[Ag(S_2O_3)]^{1-} \rightleftharpoons Ag^{1+} + S_2O_3^{2-}$	$1,00 \cdot 10^{-13}$
	$[Ag(CN)_2]^{1-} \rightleftharpoons Ag^{1+} + 2CN^{1-}$	$1,41 \cdot 10^{-20}$
	$[Ag(SCN)_2]^{1-} \rightleftharpoons Ag^{1+} + 2SCN^{1-}$	$5,88 \cdot 10^{-9}$
	$[Ag(NO_2)_2]^{1-} \rightleftharpoons Ag^{1+} + 2NO_2^{1-}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$
Al^{3+}	$[Al(OH)_4]^{1-} \rightleftharpoons Al^{3+} + 4OH^{1-}$	$1,0 \cdot 10^{-33}$
	$[Al(F_6)]^{3-} \rightleftharpoons Al^{3+} + 6F^{1-}$	$2,14 \cdot 10^{-21}$
	$[Al(SO_4)_2]^{1-} \rightleftharpoons Al^{3+} + 2SO_4^{2-}$	$1,26 \cdot 10^{-6}$
	$[Al(C_2O_4)_3]^{3-} \rightleftharpoons Al^{3+} + 3C_2O_4^{2-}$	$5,00 \cdot 10^{-17}$
	$[AlEDTA]^{1-} \rightleftharpoons Al^{3+} + EDTA^{4-}$	$7,41 \cdot 10^{-1}$
Cd^{2+}	$[Cd(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4NH_3$	$2,75 \cdot 10^{-7}$
	$[Cd(CN)_4]^{2-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4CN^{1-}$	$1,76 \cdot 10^{-18}$
	$[CdI_4]^{2-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4I^{1-}$	$7,94 \cdot 10^{-7}$
	$[Cd(S_2O_3)_2]^{2-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 2S_2O_3^{2-}$	$3,31 \cdot 10^{-7}$
Co^{2+} Co^{3+}	$[Co(NH_3)_6]^{2+} \rightleftharpoons Co^{2+} + 6NH_3$	$7,80 \cdot 10^{-6}$
	$[Co(NH_3)_6]^{3+} \rightleftharpoons Co^{3+} + 6NH_3$	$6,16 \cdot 10^{-36}$
	$[Co(CN)_6]^{4-} \rightleftharpoons Co^{2+} + 6CN^{1-}$	$8,13 \cdot 10^{-20}$
	$[Co(CN)_6]^{3-} \rightleftharpoons Co^{3+} + 6CN^{1-}$	$1,00 \cdot 10^{-64}$
	$[CoEDTA]^{2-} \rightleftharpoons Co^{2+} + EDTA^{4-}$	$1,00 \cdot 10^{-17}$
	$[CoEDTA]^{1-} \rightleftharpoons Co^{3+} + EDTA^{4-}$	$1,00 \cdot 10^{-36}$
Cu^{1+}	$[Cu(NH_3)_2]^{1+} \rightleftharpoons Cu^{1+} + 2NH_3$	$1,36 \cdot 10^{-11}$
	$[Cu(CN)_4]^{3-} \rightleftharpoons Cu^{1+} + 4CN^{1-}$	$5,00 \cdot 10^{-31}$
Cu^{2+}	$[Cu(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Cu^{2+} + 4NH_3$	$9,33 \cdot 10^{-13}$
	$[Cu(C_2O_4)_2]^{2-} \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2C_2O_4^{2-}$	$5,00 \cdot 10^{-11}$
	$[CuCl_4]^{2-} \rightleftharpoons Cu^{2+} + 4Cl^{1-}$	$2,40 \cdot 10^{-6}$
	$[CuEDTA]^{2-} \rightleftharpoons Cu^{2+} + EDTA^{4-}$	$1,58 \cdot 10^{-19}$
Fe^{2+} Fe^{3+}	$[Fe(CN)_6]^{4-} \rightleftharpoons Fe^{2+} + 6CN^{1-}$	$1,00 \cdot 10^{-24}$
	$[Fe(CN)_6]^{3-} \rightleftharpoons Fe^{3+} + 6CN^{1-}$	$1,00 \cdot 10^{-31}$
	$[FeF_6]^{3-} \rightleftharpoons Fe^{3+} + 6F^{1-}$	$7,94 \cdot 10^{-17}$
	$[FeEDTA]^{1-} \rightleftharpoons Fe^{3+} + EDTA^{4-}$	$7,94 \cdot 10^{-26}$
	$[Fe(C_2O_4)_3]^{3-} \rightleftharpoons Fe^{3+} + 3C_2O_4^{2-}$	$6,31 \cdot 10^{-21}$
Hg^{2+}	$[Hg(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Hg^{2+} + 4NH_3$	$5,20 \cdot 10^{-20}$
	$[HgCl_4]^{2-} \rightleftharpoons Hg^{2+} + 4Cl^{1-}$	$8,50 \cdot 10^{-16}$
	$[HgBr_4]^{2-} \rightleftharpoons Hg^{2+} + 4Br^{1-}$	$1,00 \cdot 10^{-21}$
	$[HgI_4]^{2-} \rightleftharpoons Hg^{2+} + 4I^{1-}$	$1,48 \cdot 10^{-30}$
	$[Hg(CN)_4]^{2-} \rightleftharpoons Hg^{2+} + 4CN^{1-}$	$3,09 \cdot 10^{-42}$
	$[Hg(SCN)_4]^{2-} \rightleftharpoons Hg^{2+} + 4SCN^{1-}$	$1,70 \cdot 10^{-20}$
Ni^{2+}	$[Ni(NH_3)_6]^{2+} \rightleftharpoons Ni^{2+} + 6NH_3$	$1,23 \cdot 10^{-8}$
	$[Ni(CN)_4]^{2-} \rightleftharpoons Ni^{2+} + 4CN^{1-}$	$1,00 \cdot 10^{-31}$
	$[NiEDTA]^{2+} \rightleftharpoons Ni^{2+} + EDTA^{4-}$	$2,40 \cdot 10^{-19}$
Pb^{2+}	$[Pb(S_2O_3)_2]^{2-} \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2S_2O_3^{2-}$	$6,31 \cdot 10^{-8}$
	$[PbEDTA]^{2-} \rightleftharpoons Pb^{2+} + EDTA^{4-}$	$9,12 \cdot 10^{-19}$
Zn^{2+}	$[Zn(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Zn^{2+} + 4NH_3$	$2,00 \cdot 10^{-9}$
	$[Zn(OH)_4]^{2-} \rightleftharpoons Zn^{2+} + 4OH^{1-}$	$2,19 \cdot 10^{-15}$
	$[Zn(C_2O_4)_3]^{4-} \rightleftharpoons Zn^{2+} + 3C_2O_4^{2-}$	$7,08 \cdot 10^{-9}$
	$[Zn(CN)_4]^{2-} \rightleftharpoons Zn^{2+} + 4CN^{1-}$	$1,00 \cdot 10^{-10}$
	$[ZnEDTA]^{2-} \rightleftharpoons Zn^{2+} + EDTA^{4-}$	$3,16 \cdot 10^{-17}$

Молярні маси речовин та молярні маси речовин еквівалента

Речовина	Молярна маса M , г/моль
<i>1</i>	<i>2</i>
Ag	107,87
AgBr	187,78
AgSCN	165,96
AgCl	143,32
Ag ₂ CrO ₄	331,73
Ag ₂ CO ₃	275,75
AgI	234,77
AgNO ₃	169,88
Ag ₂ O	231,74
Ag ₂ S	247,80
Al	26,98
1/3Al	8,99
2Al	53,96
Al(C ₉ H ₆ ON) ₃ (оксіхінолінат)	459,44
Al ₂ O ₃	101,96
1/6Al ₂ O ₃	16,99
Al(OH) ₃	78,00
Al ₂ (SO ₄) ₃	342,15
Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O	666,42
As	74,92
As ₂ O ₃	197,84
As ₂ S ₃	246,04
1/4As ₂ O ₃	49,46
As ₂ O ₅	229,84
Ba	137,34
1/2Ba	68,67
BaBr ₂	297,16
BaCO ₃	197,35
BaCl ₂	208,25
BaCl ₂ ·2H ₂ O	244,28
BaCrO ₄	253,33
Ba(OH) ₂	171,36
BaSO ₄	233,40
BaSO ₃	217,40
B ₂ O ₃	69,62
Br	79,91
C	12,01

Речовина	Молярна маса M , г/моль
<i>1</i>	<i>2</i>
CO	28,01
CO ₂	44,01
1/2CO ₂	22,01
Ca	40,08
1/2Ca	20,04
CaCO ₃	100,09
1/2CaCO ₃	50,05
CaC ₂ O ₄	128,10
CaC ₂ O ₄ ·H ₂ O	146,12
CaF ₂	78,08
CaCl ₂	110,99
CaCl ₂ ·6H ₂ O	219,08
Ca ₃ (PO ₄) ₂	310,18
Ca(H ₂ PO ₄) ₂	234,04
CaO	56,08
1/2CaO	28,04
Ca(OH) ₂	74,10
1/2Ca(OH) ₂	37,05
Ca(NO ₃) ₂	164,09
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O	252,06
CaSO ₄	136,14
CaSO ₄ ·2H ₂ O	172,17
Cd ₂ P ₂ O ₇	398,74
Cl	35,45
2Cl	70,90
C ₆ H ₅ OH	94,11
Cr ₂ O ₃	151,99
1/2Cr ₂ O ₃	76,01
CrO ₃	100,00
1/3CrO ₃	33,33
Cr(OH) ₃	103,02
Cu	63,55
CuSCN	121,62
Cu ₂ O	143,08
CuO	79,54
1/2CuO	39,77
CuSO ₄	159,60
CuSO ₄ ·5H ₂ O	249,68

<i>I</i>	<i>2</i>
Fe	55,85
2Fe	111,70
FeCO ₃	115,86
FeCl ₂	126,75
FeCl ₃	162,21
FeO	71,85
Fe ₂ O ₃	159,69
Fe(OH) ₃	106,87
1/2Fe ₂ O ₃	79,85
Fe ₃ O ₄	231,54
2Fe(OH) ₃	213,74
FeS	87,91
FeSO ₄	151,91
FeSO ₄ ·7H ₂ O	278,02
Fe ₂ (SO ₄) ₃	399,88
H	1,008
H ₂	2,016
H ₂ O	18,015
1/2H ₂ O	9,008
2H ₂ O	36,030
3H ₂ O	54,045
H ₂ O ₂	34,01
H ₃ BO ₃	61,83
HCOOH	46,03
CH ₃ COOH	60,05
CH ₃ COO-	59,04
H ₂ C ₂ O ₄	90,04
1/2H ₂ C ₂ O ₄	45,02
H ₂ C ₂ O ₄ ·2H ₂ O	126,07
1/2H ₂ C ₂ O ₄ ·2H ₂ O	63,04
1/2H ₂ C ₄ H ₄ O ₄ (янтарна (бурштинова) кислота)	59,05
C ₆ H ₅ COOH (бензойна кислота)	122,13
HCl	36,46
2HCl	72,92
HNO ₃	63,01
H ₃ PO ₃	82,00
H ₃ PO ₄	98,00
1/3H ₃ PO ₄	32,67
1/2H ₃ PO ₄	49,00
H ₂ S	34,08
H ₂ SO ₄	98,08
1/2H ₂ SO ₄	49,04

<i>I</i>	<i>2</i>
Hg	200,59
Hg ₂ Cl ₂	472,09
HgCl ₂	271,50
HgO	216,59
I	126,90
K	39,10
KAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O	474,39
KBr	119,01
KBrO ₃	167,00
1/6KBrO ₃	27,83
KHCO ₃	100,11
K ₂ CO ₃	138,21
1/2K ₂ CO ₃	69,11
KCl	74,56
KClO ₃	122,55
1/6KClO ₃	20,43
K ₂ CrO ₄	194,20
K ₂ Cr ₂ O ₇	294,19
1/6K ₂ Cr ₂ O ₇	49,03
K ₃ [Fe(CN) ₆]	329,23
K ₄ Fe(CN) ₆]	368,33
KI	166,01
KIO ₃	214,00
1/6KIO ₃	35,67
KMnO ₄	158,04
1/5KMnO ₄	31,61
1/3KMnO ₄	52,68
K ₂ O	94,20
1/2K ₂ O	47,10
K ₂ PtCl ₆	486,01
KOH	56,11
K ₂ SO ₄	174,27
Mg	24,31
MgCO ₃	84,32
Mg(NH ₄)PO ₄ ·6H ₂ O	245,43
MgO	40,31
Mg(OH) ₂	58,33
MgC ₂ O ₄	112,33
MgCl ₂ ·KCl·6H ₂ O	277,86
Mg ₂ P ₂ O ₇	222,56
MgSO ₄	120,37
MgSO ₄ ·7H ₂ O	246,48

<i>1</i>	<i>2</i>
MnCO ₃	114,95
MnO ₂	86,94
1/2MnO ₂	43,47
N	14,007
NH ₃	17,03
2NH ₃	34,06
NH ₄ ⁺	18,04
(NH ₄) ₂ Al ₂ (SO ₄) ₄ ·24H ₂ O	906,66
(NH ₄) ₃ PO ₄ ·12MoO ₃	1876,40
NH ₄ Br	97,95
NH ₄ SCN	76,12
(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ ·H ₂ O	142,11
1/2(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ ·H ₂ O	71,06
NH ₄ Cl	53,49
NH ₄ Fe(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O	482,19
(NH ₄) ₂ Fe(SO ₄) ₂ ·6H ₂ O	392,14
NH ₄ H ₂ PO ₄	115,03
(NH ₄) ₂ HPO ₄	132,06
NH ₄ I	144,94
NH ₄ NO ₃	80,00
NH ₄ OH	35,046
(NH ₄) ₂ PtCl ₆	443,88
(NH ₄) ₂ SO ₄	132,14
N ₂ O ₅	108,01
Na	22,99
Na ₂ B ₄ O ₇	201,22
Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	381,37
1/2Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	190,69
NaBr	102,90
Na ₂ CO ₃	105,99
NaHCOO	68,02
1/2Na ₂ CO ₃	53,00
Na ₂ CO ₃ ·10H ₂ O	286,14
1/2Na ₂ CO ₃ ·10H ₂ O	143,07
Na ₂ C ₂ O ₄	134,00
1/2Na ₂ C ₂ O ₄	67,00
Na ₃ AlF ₆	209,94
NaCH ₃ COO	82,03
Na ₂ Cr ₂ O ₇	261,97
1/6Na ₂ Cr ₂ O ₇	43,66

<i>1</i>	<i>2</i>
NaMg(UO ₂) ₃ ·(CH ₃ COO) ₆	1388,94
NaCl	58,44
Na ₂ CrO ₄	161,98
NaHCO ₃	84,01
Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O	358,14
NaPO ₃	101,96
NaI	149,89
NaNO ₂	69,00
NaNO ₃	85,00
Na ₂ O	61,98
1/2Na ₂ O	30,99
Na ₂ O ₂	77,98
NaOH	40,00
Na ₂ S	78,04
1/2Na ₂ S	39,02
Na ₂ S ₂ O ₃	158,11
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O	248,18
Na ₂ SO ₃	126,04
1/2Na ₂ SO ₃	63,02
Na ₂ SO ₃ ·7H ₂ O	252,15
1/2Na ₂ SO ₃ ·7H ₂ O	126,08
Na ₂ SO ₄	142,04
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	322,19
Ni	58,71
NiO	74,71
Ni(C ₄ N ₂ O ₂ H ₇) ₂	288,94
NiSO ₄ ·7H ₂ O	280,88
O	15,999
OH ⁻	17,01
P	30,97
P ₂ O ₅	141,98
P ₂ O ₅ ·24MoO ₃	3596,50
Pb	207,19
PbBr ₂	368,01
Pb(CH ₃ COO) ₂ ·3H ₂ O	379,33
PbCO ₃	267,20
PbCl ₂	278,10
PbCrO ₄	323,18
PbI ₂	461,00
PbO	223,19

<i>1</i>	<i>2</i>
Pb ₃ O ₄	685,57
PbO ₂	239,19
PbS	239,25
PbSO ₄	303,25
Pt	195,09
S	32,06
SO ₂	64,06
SO ₃	80,06
SO ₄ ²⁻	96,06
Sb	121,75
Sb ₂ O ₃	291,50
Si	28,09
SiF ₄	104,08
SiO ₂	60,09
Sn	118,69
SnCl ₂	189,60
SnCl ₂ ·2H ₂ O	225,63

<i>1</i>	<i>2</i>
SnO	134,69
SnO ₂	150,69
Sr	87,62
SrCO ₃	147,63
Sr(OH) ₂ ·8H ₂ O	265,76
Sr(NO ₃) ₂	211,63
SrSO ₄	183,68
Zn	65,37
ZnCO ₃	125,38
ZnCl ₂	136,28
ZnNH ₄ PO ₄	178,40
ZnO	81,37
Zn(OH) ₂	99,39
Zn ₂ P ₂ O ₇	304,68
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	287,54
ZnS	97,43

Додаток 8

Наближені значення коефіцієнтів активності при різній йонній силі розчину

Йонна сила	Коефіцієнти активності йонів			
	одно-зарядних	двох-зарядних	трьох-зарядних	чотирьох-зарядних
1·10 ⁻⁴	0,990	0,950	0,900	0,830
2·10 ⁻⁴	0,980	0,940	0,870	0,770
5·10 ⁻⁴	0,975	0,900	0,800	0,670
1·10 ⁻³	0,960	0,860	0,730	0,560
2·10 ⁻³	0,950	0,810	0,645	0,455
2,5·10 ⁻³	0,945	0,805	0,640	0,450
5,5·10 ⁻³	0,920	0,720	0,510	0,300
1·10 ⁻²	0,890	0,630	0,390	0,190
2·10 ⁻²	0,870	0,570	0,320	0,150
2,5·10 ⁻²	0,855	0,550	0,280	0,120
5·10 ⁻²	0,810	0,450	0,240	0,100
0,1	0,780	0,370	0,180	0,060
0,2	0,700	0,240	0,080	0,030
0,3	0,660	—	—	—
0,5	0,620	—	—	—

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Сегеда А. С. Аналітична хімія. Якісний аналіз / А. С. Сегеда. – К.: ЦУЛ, 2002. – 524 с.
2. Мінаєва В. О. Аналітична хімія. Титриметричний аналіз: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / В. О. Мінаєва, Т. С. Нінова, Ю. А. Шафорост. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2010. – 456 с.
3. Основы аналитической химии. В 2 кн. Под ред. Золотова Ю. А. – М.: Высш. шк., 2004. – Т. 1. – 361 с., Т. 2. – 503 с.
4. Сегеда А. С. Аналітична хімія. Кількісний аналіз / А. С. Сегеда. – Київ: Фітосоціоцентр, 2006. – 544 с.
5. Пилипенко А. Т. Аналитическая химия Т. 1–2 / А. Т. Пилипенко, И. В. Пятницкий. – М.: Химия, 1990. – Т. 1. – 479 с., Т. 2. – 845 с.
6. Мінаєва В.О. Практичний посібник з якісного та кількісного аналізу / В. О. Мінаєва, Т. С. Нінова, В. М. Бочарнікова. – Черкаси: Вид. відділ ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2008. – 174 с.
7. Воскресенский А. Г. Сборник задач и упражнений по аналитической химии / А. Г. Воскресенский, И. С. Солодкин, Г. Ф. Семиколонов. – М.: Просвещение, 1985. – 173 с.
8. Сегеда А. С. Збірник задач і вправ з аналітичної хімії. Якісний аналіз / А. С. Сегеда, Р. Л. Галаган. – Київ: ЦУЛ. Фітосоціоцентр, 2002. – 429 с.
9. Сегеда А. С. Збірник задач і вправ з аналітичної хімії. Кількісний аналіз / А. С. Сегеда. – Київ: Фітосоціоцентр, 2005. – 491 с.
10. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье. – М.: Химия, 1989. – 448 с.

Допоміжна

11. Мінаєва В. О. Математична обробка даних хімічного експерименту : [навч. посібн.] / В. О. Мінаєва, В. М. Бочарнікова, Т. А. Григоренко. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2003. – 208 с.
12. Ярославцев А. А. Сборник задач и упражнений по аналитической химии / А. А. Ярославцев. – М.: Высш. шк., 1979. – 224 с.
13. Кунце У. Основы качественного и количественного анализа / У. Кунце, Г. Швед. – М.: Мир, 1977. – 424 с.
14. Пономарев В. Д. Аналитическая химия (в двух частях). Ч. 2. Количественный анализ / В. Д. Пономарев. – М.: Высшая школа, 1982. – 288 с.
15. Васильев В. П. Аналитическая химия. В 2 ч. Ч. 1. Гравиметрический и титриметрический методы анализа / В. П. Васильев. – М.: Высшая школа, 1989. – 320 с.
16. Бабко А. К. Кількісний аналіз / А. К. Бабко, І. В. П'ятницький. – К.: Вища шк., 1974. – 351 с.
17. Янсон Э. Ю. Теоретические основы аналитической химии / Э. Ю. Янсон. – М.: Высш. шк., 1987. – 304 с.
18. Скуг Д. Основы аналитической химии / Д. Скуг, Д. Уэст; пер. с англ. Е. Н. Дороховой, Г. В. Прохоровой; под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Мир, 1979. – 480 с.

19. Бончев П. Р. Введение в аналитическую химию / П. Р. Бончев. – Л.: Химия, 1978. – 496 с.
20. Петерс Д. Химическое разделение и измерение: Теория и практика аналитической химии. Т. 1–2 / Дж. Хайес, Г. Хифтге. – М.: Химия, 1978. – 816 с.
21. Пиккеринг У. Ф. Современная аналитическая химия / У. Ф. Пиккеринг. – М.: Химия, 1977. – 558 с.
22. Аналитическая химия. Проблемы и подходы. Т. 1, 2 / Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Мир, АСТ, 2004. – Т. 1. – 608 с., Т. 2. – 728 с.
23. Фритц Дж. Количественный анализ / Дж. Фритц, Г. Шенк; пер. с англ. Т. Н. Шеховцовой, О. А. Шпигуна; под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Мир, 1978. – 557 с.
24. Крешков А. П. Основы аналитической химии / А. П. Крешков. Т. 1–3. – М.: Химия, 1976. – Т. 1. – 472 с., Т. 2. – 480 с., Т. 3. – 488 с.
25. Логинов Н. Я. Аналитическая химия / Н. Я. Логинов, А. Г. Воскресенский, И. С. Солодкин. – М.: Просвещение, 1975. – 478 с.
26. Бишоп Э. Индикаторы. Т.1, 2 / Э. Бишоп; пер. с англ. И. В. Матвеевой; под ред. И. Н. Марова. – М.: Мир, 1976. – Т.1. – 496 с. – Т.2. – 446 с.
27. Шварценбах Г. Комплексонометрическое титрование / Г. Шварценбах, Г. Флашка; пер. с нем. Ю.И. Вайнштейн. – М.: Химия, 1970. – 360 с.
28. Волков А. И. Большой химический справочник / А. И. Волков, И. М. Жарский. – Мн.: Современная школа, 2005. – 608 с.
29. Елементи хімічні та речовини прості. Терміни та визначення основних понять. Умовні позначення: ДСТУ 2439–94. – [Чинний від 1995-01-01]. – К. Держстандарт України, 1995. – 17 с.
30. *Мінаєва В. О. Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі. Метод. розробка / В. О. Мінаєва. – Черкаси, ЧДУ, 2001. – 41 с.
31. *Мінаєва В. О. Протолітична теорія кислот і основ Бренстеда-Лоурі. Метод. розробка / В. О. Мінаєва. – Черкаси, ЧДУ, 2001. – 16 с.
32. *Мінаєва В. О. Основні етапи аналітичного дослідження. Метод. розробка / В. О. Мінаєва. – Черкаси, ЧДУ, 2001. – 25 с.
33. *Мінаєва В. О. Аналіз сплавів. Метод. розробка / В. О. Мінаєва. – Черкаси, ЧДУ, 2001. – 14 с.
34. Мінаєва В. О. Якісний аналіз аніонів. Метод. розробка / В. О. Мінаєва. – Черкаси, ЧДУ, 2001. – 13 с.
35. Сабадвари Ф. История аналитической химии / Ф. Сабадвари, А. Робинсон. – М.: Мир, 1984. – 304 с.
36. Файгль Ф. Капельный анализ неорганических веществ. Т. 1–2 / Ф. Файгль, В. Ангер. – М.: Мир, 1976. – Т. 1. – 392 с., Т. 2. – 320 с.

*Примітка: Метод. розробки [30, 31, 32, 33] включені до навчального посібника: Мінаєва В. О. Аналітична хімія: курс лекцій та матеріали для самостійної роботи (Частина 1) / В. О. Мінаєва. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2016. – 281 с.

Навчально-методичне видання

Валентина Олександрівна Мінаєва
Юлія Анатоліївна Шафорост

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ З
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ».**
ЧАСТИНА I

Навчально-методичний посібник
для самостійної роботи студентів

Підписано до друку 25.04.2016. Формат 60×84/8.

Ум. друк. арк. 5,1. Тираж 300 пр.

Видавець

Черкаський національний університет
імені Богдана Хмельницького

Адреса: 18000, м. Черкаси, бул. Шевченка, 81, кімн. 117.

Тел. (0472) 37-13-16, факс (0472) 37-22-33,

e-mail: vydav@cdu.edu.ua, <http://www.cdu.edu.ua>

Свідоцтво про внесення до державного реєстру
суб'єктів видавничої справи ДК №3427 від 17.03.2009 р.

Друк: ФОП Белінська О. Б.

Україна, м. Черкаси, вул. Університетська, 33, оф. 6

Тел/факс: (0472) 33-03-46