

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДВНЗ «УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Я.Р.БАЗЕЛЬ, Р.С.ШКУМБАТЮК, О.Ю.СУХАРЕВА, О.Г.ВОРОНИЧ

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК З КУРСУ
«АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ»**

для студентів фармацевтичних спеціальностей

Частина 1. Якісний хімічний аналіз

Ужгород
2010

УДК 543 (075.8)
ББК 24.4 я 73

Рецензенти:

Балог Йосиф Степанович

Д-р. хім. наук., професор кафедри хімії Ниредьгазької вищої школи (Угорщина)

Кормош Жолт Олександрович

Канд. хім. наук., професор, завідувач кафедри аналітичної хімії Волинського національного університету ім. Лесі Українки, м. Луцьк

Вайс Василь Михайлович

Канд. мед. наук., доцент, завідувач кафедри фармацевтичних дисциплін Ужгородського національного університету

У першій частині навчального посібника розглядаються основи якісного хімічного аналізу. Посібник складається з передмови, вступу, чотирьох розділів, у який розглянуто принципи та методи якісного хімічного аналізу, важливіші реакції виявлення неорганічних та органічних речовин. Особлива увага приділяється вивченню реакцій виявлення, які включені до Фармакопеї України (фармацевтичні).

Навчальний посібник розрахований на студентів, які навчаються на фармацевтичних спеціальностях вищих навчальних закладів III та IV рівнів акредитації, але може бути використаний і студентами інших спеціальностей, для яких аналітична хімія є базовою дисципліною (хімічні, біологічні, екологічні напрямки). Навчальний посібник підготовлено для вивчення предмету Аналітична хімія за кредитно-модульною системою навчання. Тому окрім великого вибору лабораторних завдань тут подається програма курсу «Аналітична хімія», завдання колоквіумів, питання для самопідготовки студентів, типові задачі, рейтингова система контролю знань.

Рекомендовано Редакційно-видавничою радою УжНУ для студентів фармацевтичних спеціальностей (протокол № 1 від 28 квітня 2010 р.)

Базель Я.Р., Шкумбатюк Р.С., Сухарева О.Ю., Воронич О.Г. Навчальний посібник з курсу «Аналітична хімія». Частина 1. Якісний хімічний аналіз. – Ужгород: в-во УжНУ, 2010. – ч. 1. -116 с.

Для студентів фармацевтичних спеціальностей вищих навчальних закладів III та IV рівнів акредитації. Може бути використаний студентами інших спеціальностей, для яких аналітична хімія є базовою дисципліною (хімічні, біологічні, екологічні напрямки).

ISBN

©Базель Я.Р., Шкумбатюк Р.С.,
Сухарева О.Ю., Воронич О.Г.
2010

ЗМІСТ

Передмова	4
Вступ	6
Розділ 1. Кредитно-модульна система вивчення предмету	7
1.1. Структура програми навчальної дисципліни «Аналітична хімія»	7
1.2. Структура організації навчального процесу з курсу «Аналітична хімія»	10
1.3. Тематичний план лабораторних занять з курсу «Аналітична хімія»	12
1.4. Зміст самостійної та індивідуальної роботи з курсу «Аналітична хімія»	15
1.5. Форми контролю	16
1.6. Рейтингова система контролю знань студентів	18
1.7. Перелік питань для підготовки до екзамену	19
Розділ 2. Основи якісного хімічного аналізу	23
2.1. Загальні положення	23
2.2. Класифікація йонів на аналітичні групи	25
2.3. Обладнання необхідне для проведення якісного аналізу	27
2.4. Техніка виконання аналітичних реакцій виявлення	29
2.5. Загальні вказівки щодо виконання лабораторних робіт	33
2.6. Правила поведінки студентів у лабораторії	34
2.7. Правила охорони праці та техніки безпеки	34
2.8. Перша допомога при нещасних випадках	35
2.9. Вимоги до оформлення лабораторного журналу	36
Розділ 3. Реакції виявлення неорганічних речовин	37
3.1. Якісний аналіз катіонів	37
3.1.1. Катіони 1 аналітичної групи	37
3.1.2. Катіони 2 аналітичної групи	42
3.1.3. Катіони 3 аналітичної групи	47
3.1.4. Катіони 4 аналітичної групи	52
3.1.5. Катіони 5 аналітичної групи	58
3.1.6. Катіони 6 аналітичної групи	66
3.2. Аналіз аніонів	71
3.2.1. Аніони 1 аналітичної групи	71
3.2.2. Аніони 2 аналітичної групи	79
3.2.3. Аніони 3 аналітичної групи	84
Розділ 4. Реакції виявлення органічних речовин	87
4.1. Якісний аналіз органічних речовин	87
4.2. Якісний елементний аналіз	89
4.3. Якісний функціональний аналіз	92
Питання та завдання для самостійної роботи	102
Список рекомендованої літератури	107
Додатки	108

Передмова

Курс аналітичної хімії є базовим і вивчається у вищих навчальних закладах України різного профілю. Окрім класичних університетів – це фармацевтичні, медичні, біологічні, сільськогосподарські, хіміко-технологічні та інші. Зрозуміло, що різними є вимоги до змісту предмету, а тому програми курсу аналітичної хімії у вузах різного профілю відрізняються.

При підготовці фахівців у галузі фармацевтики аналітична хімія займає особливе місце. Це обумовлено перш за все тим, що ця дисципліна безпосередньо пов'язана з вивченням цілого ряду інших обов'язкових предметів, серед яких «Фармацевтична хімія», «Метрологія», «Стандартизація лікарських форм», «Технологія виробництва ліків», «Фізичні методи аналізу» та ін. По друге, саме аналітичні методи є важливішими при контролі якості різноманітних лікарських форм, створенні та виготовленні нових препаратів, дослідженнях впливу ліків на організм людини тощо. Фармакопея України використовує найбільш ефективні методи аналізу. Тому важко уявити собі фахівця в галузі фармацевтики, необізнаного з важливішими теоретичними уявленнями та практичними навичками в галузі аналітичної хімії.

Аналітична хімія – фундаментальна наука з чітко вираженою практичною спрямованістю. Тому робота в лабораторії, практичне засвоєння основ різних методів аналізу – важливіша складова підготовки висококваліфікованих фахівців. Вивчення студентами практичного курсу аналітичної хімії вимагає від них вміння зосередитись на детальному вивченні властивостей хімічних елементів та їх сполук, стану речовини у розчинах, засвоєнні теоретичних основ найважливіших типів хімічних перетворень, що є основою різних методів аналізу. При виконанні лабораторних робіт з аналітичної хімії студенти набувають навичок виконання найважливіших хімічних операцій. Їх знання, інтелект, здібності проявляються при виконанні контрольних робіт з аналізу як модельних, так і реальних об'єктів. Предмет «Аналітична хімія» складається з двох важливіших частин. В першій частині навчального посібника розглядаються методи якісного хімічного аналізу (методи виявлення та ідентифікації речовин). Засвоєння цього матеріалу неможливе без вивчення теоретичних основ важливіших типів хімічних рівноваг, що використовуються в аналітичній хімії – кислотно-основні, окисно-відновні, осаджувальні та комплексотворні. Особлива увага приділяється вивченню реакцій виявлення, які включені до Фармакопеї України (фармацевтичні). В другій частині навчального посібника будуть розглянуті методи кількісного аналізу (хімічні та фізико-хімічні). Перелік лабораторних робіт складений так, щоб студенти могли засвоїти практичні аспекти як класичних, так і сучасних методів аналізу, передусім тих, що пропонуються у Фармакопеї України.

Навчальний посібник підготовлений групою викладачів, які мають чималий досвід викладання аналітичної хімії, в тому числі і для студентів фармацевтичного профілю. Вивчення предмету рекомендується проводити за кредитно-модульною системою навчання, КМСН. В даному посібнику подається програма курсу «Аналітична хімія», програма лабораторних завдань,

завдання колоквиумів, питання для самопідготовки студентів, типові задачі. Ступінь засвоєння студентами теоретичних основ предмету оцінюється затвердженою системою рейтингового контролю, яка включає 4 контрольні модульні роботи, 20 колоквиумів, вміння розв'язувати задачі. Не менш важливою є і практична складова підготовки – засвоєння студентами основ якісного та кількісного аналізу. Студенти індивідуально вирішують завдання з аналізу модельних та реальних взірців за допомогою важливіших хімічних та інструментальних методів аналізу.

Автори висловлюють вдячність рецензентам Йосипу Степановичу Балогу, доктору хімічних наук, професору, завідувачу кафедри хімії Ниредьгазької вищої школи (Угорщина), Жолту Олександровичу Кормошу, кандидату хімічних наук, професору, завідувачу кафедри аналітичної хімії Волинського національного університету імені Лесі Українки, Василю Михайловичу Вайсу, доценту, завідувачу кафедри фармацевтичних дисциплін Ужгородського національного університету за висловлені зауваження та поради при підготовці даного навчального посібника.

Я. Базель

Вступ

Якісний хімічний аналіз є першою сходинкою при вивченні студентами курсу аналітичної хімії. Його метою є ідентифікація досліджуваних речовин, виявлення присутності в них основних компонентів чи домішок. Для цілей якісного аналізу використовуються передусім ефекти хімічних реакцій за участю досліджуваної речовини та реагенту. В останні роки завдання якісного аналізу вирішуються і інструментальними методами досліджень. Якісний хімічний аналіз залишається фундаментом підготовки кваліфікованого фахівця в галузі фармацевтики. Він заставляє студента зосередитись на детальному вивченні властивостей хімічних елементів та їх сполук, стану речовин у розчинах, теоретичних основ важливіших типів хімічних перетворень (реакцій кислотно-основних, осадження, комплексоутворення, окисно-відновних). При виконанні лабораторних робіт із якісного хімічного аналізу студенти набувають навичок виконання важливіших хімічних операцій. Особлива увага приділяється вивченню реакцій виявлення, які включені до Фармакопеї України (фармацевтичні). Контрольні роботи з аналізу модельних сумішей чи реальних об'єктів вимагають вибору аналітичних реагентів, найбільш ефективних у тому чи іншому випадку. Це заставляє студентів глибше вивчати теорію аналітичної хімії, сприяє розвитку логічного хімічного мислення.

При вивченні курсу аналітичної хімії рекомендуємо студентам повторити окремі розділи загальної, неорганічної, фізичної, органічної хімії (теорію електrolітичної дисоціації, амфотерність, кислотно-основні, окисно-відновні реакції, комплексні сполуки та ін.). Важливими також є знання основ фізики, математики, інформатики.

Головним методом засвоєння курсу є самостійна робота студента з підручниками та посібниками з аналітичної хімії (список рекомендованої літератури додається) та робота в хіміко-аналітичній лабораторії.

РОЗДІЛ 1.
КРЕДИТНО-МОДУЛЬНА СИСТЕМА ВИВЧЕННЯ ПРЕДМЕТУ
«Аналітична хімія»

1.1. Структура програми навчальної дисципліни

Курс: другий, семестри: третій і четвертий	Кількість кредитів ECTS: 9 Модулів (змістових модулів): 4 (включаючи навчальну і науково-практичну роботу, які супроводжуються самостійною - 134) Загальна кількість кредитів: 9 Загальна кількість годин: 324
Напрямок, освітньо-кваліфікаційний рівень	Напрямок підготовки: 1102 – Фармація, Фармацевт. Спеціальність: 7.110201 – Фармація. Кваліфікація – Провізор.
Характеристики навчальної дисципліни	Нормативна, II курс Аудиторна, активна навчальна діяльність (лекції, лабораторні, консультативні заняття та ін.): 190 год. Самостійна навчальна і наукова діяльність (пошук і обробка літератури, рішення задач): 134 год. Вид контролю: IV семестр – екзамен

Мета навчальної навчальної дисципліни «Аналітична хімія»:

Мета викладання дисципліни “Аналітична хімія” полягає у вивченні основних важливіших хімічних і фізико-хімічних методів аналізу, зокрема тих, знання яких необхідне для розв’язання практичних завдань у фармацевтиці; розвитку у студентів логічного мислення, глибокого засвоєння теоретичних основ аналітичної хімії та вміння застосовувати на практиці набуті знання.

Пояснювальна записка

Розвиток аналітичної хімії в значній мірі визначається вимогами практики, запитами народного господарства і економіки країни. Створення нових технологій, підвищення чистоти використовуваних матеріалів, посилення охорони навколишнього середовища та контролю якості фармацевтичних

препаратів, інтенсифікація контролю виробництва, а також багато інших факторів зумовлюють не тільки розвиток фундаментальних хімічних дисциплін. Вони також вимагають вдосконалення специфічних прикладних напрямів хіміко-аналітичних досліджень.

Аналітична хімія використовує великий набір сучасних методів дослідження, часто на стику з іншими науками – фізикою, біологією, медициною. Тому вкрай важливим є розширення світогляду студентів, розвиток їх здібностей для формування своєї тактики наукового пошуку. І як результат цього – неодмінне підвищення якості хіміко-аналітичної освіти, її розширення і поглиблення.

Аналітична хімія як навчальна дисципліна базується:

- а) на знаннях основ фізики, математики, інформатики, біології,
- б) на попередньому вивченні студентами основ загальної та неорганічної хімії (теорії електролітичної дисоціації, амфотерності, кислотно-основних, окисно-відновних реакції, комплексних сполук та ін.)
- в) на вмінні студентів вибрати метод, який в найбільшій мірі відповідає вимогам, серед яких важливішими є точність, правильність, чутливість, селективність, експресність.
- г) є фундаментом для подальшого засвоєння студентами знань з профільних дисциплін.

Цілі: Розглянути загальні питання механізму хімічних реакцій, що складають основу аналітичної хімії. Буде звернено увагу на методи визначення важливіших констант, розрахунки різних рівноваг. Подати студентам дані про теоретичні основи класичних хімічних, а також сучасних інструментальних методів аналізу, зокрема тих, знання яких необхідне для розв'язання практичних завдань у фармацевтиці. Навчити їх особливостям аналізу різних реальних об'єктів. Підготувати студентів до самостійної роботи в області аналітичної хімії фармацевтичних продуктів.

Кваліфікаційні вимоги до знань, умінь та навичок студента

Студент повинен:

а) знати:

Основи важливіших методів виявлення та ідентифікації, розділення та концентрування речовин. Теоретичні основи аналітичної хімії. Загальні питання механізмів протікання важливіших хімічних реакцій, що використовуються в аналітичній хімії (кислотно-основні, осаджувальні, окисно-відновні, комплексоутворюючі). Метрологічні основи хімічного аналізу. Класифікацію методів кількісного аналізу. Методи титриметрії та гравіметрії. Переваги та недоліки хімічних методів аналізу. Методологію фізико-хімічних

методів аналізу (електрохімічні та оптичні методи). Переваги та недоліки важливіших методів аналізу. Приклади практичного використання методів аналізу зокрема тих, знання яких необхідне для розв'язання практичних завдань у фармацевтиці.

б) вміти:

Виконувати важливіші операції хімічного аналізу. Проводити якісний хімічний аналіз штучних сумішей і нескладних реальних зразків. Способи підвищення чутливості та селективності аналітичних реакцій. Відбирати та проводити пробопідготовку зразків. Виконувати кількісний аналіз хімічними та фізико-хімічними методами. Обробляти та інтерпретувати результати аналізу.

1.2. Структура організації навчального процесу курсу «Аналітична хімія»:

№ модуля	Тематика змістових модулів, теми лекцій	Лабораторні роботи (по підгрупах)
Модуль 1. Теоретичні основи аналітичної хімії. Основи якісного хімічного аналізу.	Змістовий модуль 1.1. Методи виявлення та ідентифікації речовин Змістовий модуль 1.2. Методи розділення і концентрування речовин Змістовий модуль 1.3. Якісний аналіз катіонів та аніонів дробним та систематичним методами Змістовий модуль 1.4. Рівноваги в гомогенних системах Змістовий модуль 1.5. Кислотно-основні (протолітичні) рівноваги Змістовий модуль 1.6. Рівноваги в гетерогенних системах Змістовий модуль 1.7. Реакції комплексоутворення в аналітичній хімії Змістовий модуль 1.8. Окисно-відновні реакції в аналізі	Лабораторні роботи №1-10
Модуль 2. Основи кількісного хімічного аналізу.	Змістовий модуль 2.1. Метрологічні основи хімічного аналізу Змістовий модуль 2.2. Основні поняття титриметрії Змістовий модуль 2.3. Кислотно-основне титрування Змістовий модуль 2.4. Окисно-відновне титрування Змістовий модуль 2.5. Осаджувальне титрування Змістовий модуль 2.6. Комплексонометричне титрування Змістовий модуль 2.7. Гравіметрія	Лабораторні роботи №11-21.
Модуль 3. Основні принципи оптичних методів аналізу.	Змістовий модуль 3.1. Спектрофотометрія, фотометрія Змістовий модуль 3.2. Люмінесцентні методи аналізу Змістовий модуль 3.3. Загальна характеристика методів рефракто-, інтерферо-, поляри-метрії, їх використання в фарманалізі.	Лабораторні роботи №22-24.

Модуль 4. Основи електрохімічних методів аналізу. Хроматографія.	Змістовий модуль 4.1. Потенціометричний метод аналізу Змістовий модуль 4.2. Кулонометрія та електрогравіметрія Змістовий модуль 4.3. Вольтамперометрія Змістовий модуль 4.4. Кондуктометрія Змістовий модуль 4.5. Основи хроматографії	Лабораторні роботи №25-27.
---	---	----------------------------

1.3. Тематичний план лабораторних занять з курсу «Аналітична хімія»:

1. Основи якісного хімічного аналізу.		
№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1.1.	Правила техніки безпеки при роботі в лабораторії. Кислотно-основна класифікація катіонів на аналітичні угруповання. Реакції виявлення катіонів 1 групи. Контрольна робота №1 «Аналіз суміші катіонів 1 групи»	4
1.2.	Дія групових реагентів на катіони 2 групи. Реакції виявлення катіонів 2 групи. . <u>Колоквіум №1</u> . Контрольна робота №2 «Аналіз суміші катіонів 2 групи»	4
1.3.	Дія групових реагентів на катіони 3 групи. Реакції виявлення катіонів 3 групи. Розв'язування задач. <u>Колоквіум №2</u> . Контрольна робота №3 «Аналіз суміші катіонів 3 групи»	4
1.4	Дія групового реагенту на катіони 4 групи. Реакції виявлення катіонів 4 групи. Розв'язування задач. Контрольна робота №4 «Аналіз суміші катіонів 4 групи»	4
1.5	Дія групового реагенту на катіони 5 групи. Реакції виявлення катіонів 5 групи. <u>Колоквіум №3</u> . Контрольна робота №5 «Аналіз суміші катіонів 5 групи»	4
1.6	Розв'язування задач. Реакції виявлення катіонів 6 групи. Контрольна робота №6 «Аналіз суміші катіонів 6 групи» . <u>Колоквіум №5</u> .	4
1.7	Аналітична класифікація аніонів на групи. Реакції виявлення аніонів 1 групи. Розв'язування задач. Контрольна робота №7 «Аналіз суміші аніонів 1 групи» . <u>Колоквіум №6</u> .	4
1.8	Реакції виявлення аніонів 2 групи. Розв'язування задач. Контрольна робота №8 Аналіз суміші аніонів 2 групи» .	4
1.9.	Реакції виявлення аніонів 3 групи. Контрольна робота №9 Аналіз суміші аніонів 3 групи» . <u>Колоквіум №7</u> .	4
1.10	Підсумкова контрольна робота №10 НДРС «Аналіз невідомої речовини» .	8
1.11	Підсумкове заняття-семінар з якісного аналізу.	6

2. Основи кількісного хімічного аналізу.		
2.1.	Правила техніки безпеки при роботі в лабораторії. Метод кислотно-основного титрування. Розрахунки в титриметрії. Розв'язування задач. Приготування робочих розчинів бури, хлоридної кислоти, лугу.	4
2.2.	Розв'язування задач. Стандартизація розчинів кислоти та лугу.	4
2.3.	Контрольна робота №11 «Визначення карбонатів та бікарбонатів у соді».	4
2.4	Контрольна робота №12 «Визначення аміаку в солях методом заміщення». Колоквіум №8.	4
2.5	Метод окисно-відновного титрування. Розв'язування задач. Перманганатометрія. Приготування робочих розчинів оксалатної кислоти, калій перманганату.	4
2.6	Стандартизація розчину калій перманганату. Контрольна робота №13 «Визначення вмісту оксалатної кислоти». Тестовий контроль знань №9.	4
2.7	Колоквіум. Контрольна робота №14 «Визначення вмісту гідроген пероксиду у фармпрепараті»	4
2.8	Йодометрія. Розв'язування задач. Приготування та стандартизація робочих розчинів.	4
2.9	Розв'язування задач. Контрольна робота №15 «Визначення сполук Купруму (II) в зразку».	4
2.10	Контрольна робота №16 «Визначення аскорбінової кислоти»	4
2.11	Хроматометрія. Контрольна робота №17 «Визначення Феруму (II) в солі Мора». Статистична обробка результатів визначення Феруму. Колоквіум №10.	4
2.12	Методи осаджувального титрування. Аргентометрія. Приготування робочих розчинів. Контрольна робота №18 «Визначення хлоридів у фармпрепараті».	4
2.13	Сульфатометрія. Контрольна робота №19 «Визначення вмісту барію у фармпрепараті». Колоквіум №11.	4
2.14	Комплексонометрія. Розв'язування задач. Контрольна робота №20 «Визначення твердості води». Колоквіум №12.	4
2.15	Основи гравіметричних визначень. Контрольна робота №21 «Визначення вологості зразків». Колоквіум №13.	8

3. Основи інструментальних (фізико-хімічних) методів аналізу		
2.16	Спектрофотометрія. Контрольна робота №22 «Визначення вмісту Феруму »	4
2.17	Колоквіум №14. Контрольна робота №23 «Визначення вмісту калій перманганату в фармпрепараті».	4
2.18	Спектрофлуориметрія. Контрольна робота №24 «Визначення вмісту флуоресцеїну». Колоквіум №15. Розв'язування задач.	4
2.19	Потенціометрія. Контрольна робота №25 «Потенціометричне визначення рН»	4
2.20	Контрольна робота №26 «Визначення вмісту нітратів за допомогою іоноселективного електроду». Розв'язування задач. Колоквіум №16.	4
2.21	Кулонометрія. Колоквіум №17. Контрольна робота №27 «Визначення вмісту хлоридів у фізрозчині методом кулонометричного титрування».	4
2.22	Підсумкове заняття з кількісного аналізу.	2

1.4. Зміст самостійної та індивідуальної роботи з курсу «Аналітична хімія»:

№ модуля	Зміст	Кількість годин	Літера- тура
1.	Підготовка до лабораторних занять - теоретична підготовка та обробка отриманих результатів експерименту	20	[1-22]
1.	Методи виявлення та ідентифікації речовин	10	[1-22]
1.	Буферні розчини та їх властивості	10	[1-22]
2.	Осаджувальне титрування	10	[1-22]
2.	Гравіметрія	10	[1-22]
3.	Кулонометрія	10	[12-22]
4.	Спектрофлуориметрія	10	[12-22]
1-4	Підготовка до підсумкового контролю засвоєння модулів 1-4	54	[1-22]

1.5. Форми контролю

Схема системи оцінки знань студентів з курсу «Аналітична хімія»:

№ п/п	Вид роботи		Загальна кількість балів
1.	Лабораторний практикум		300
	Номер лабораторної роботи	Кількість балів за:	
		а) колоквиум	б) виконання експерименту
	1-27	170	130
2.	Практичні заняття (Розв'язування задач)		100
3.	Модульна контрольна робота №1		50
4.	Модульна контрольна робота №2		50
5.	Модульна контрольна робота №3		50
6.	Модульна контрольна робота №4		50
Всього:			600

Кількість балів, яку набрав студент з курсу «Аналітична хімія», визначається як середнє арифметичне кількості балів з відповідних модулів дисципліни. Загальна кількість балів складає 100%. Переведення кількості набраних балів в оцінку здійснюється згідно схеми:

Оцінка (%)	Екзаменаційна оцінка	ECTS	
		Оцінка	Характеристика
85-100	Відмінно	A	Відмінно
76-84	Добре	B	Дуже добре
65-75		C	Добре
55-64	Задовільно	D	Задовільно
50-54		E	Достатньо
30-49	Незадовільно	Fx	Незадовільно з можливістю перескладання
0-29		F	Незадовільно з обов'язковим повторним начанням

За результатами контролю знань студентів, дозволяється виставлення екзаменаційної оцінки (без екзаменів) – «відмінно», «добре», та «задовільно» (D). Студент має право підвищити оцінку, складаючи екзамен.

Залік виставляється (без складання) у випадку набору кількості балів, що відповідає мінімальній оцінці «задовільно» (D).

Оцінки Fx, F ("2") виставляються студентам, яким не зараховано хоча б один модуль з дисципліни після завершення її вивчення.

Студенту з оцінкою Fx дозволяється складати підсумковий модульний контроль. У випадку повторного одержання ним незадовільної оцінки, студент має право на повторне складання підсумкового модульного контролю (заліку або екзамену) не більше 2-х разів, згідно затвердженого графіка.

Студенти, які одержали оцінку F по завершенню вивчення дисципліни (не виконали навчальну програму хоча б з одного модуля, або не набрали за поточну навчальну діяльність з модуля мінімальну кількість балів), повинні пройти повторне навчання за індивідуальним навчальним планом.

1.6. Схема рейтингової системи оцінки знань студентів 2 курсу медичного факультету з «Аналітичної хімії» (спеціальність «Фармація»)

<i>№п/п</i>	Види робіт	Теми	Бали
1.	Лекторська контрольна робота №1	1-8	50
	Лекторська контрольна робота №2	9-15	50
	Лекторська контрольна робота №3	17-19	50
	Лекторська контрольна робота №4	21-24	50
2.	Колоквіум №1	1,2	10
	№2	3	10
	№3	4	10
	№4	5	10
	№5	6	10
	№6	7	10
	№7	8	10
	№8	11,12	10
	№9	13	10
	№10	13	10
	№11	14	10
	№12	15	10
	№13	10	10
	№14	17,18	10
	№15	19	10
	№16	21-23	10
	№17		10
3.	Розв'язування задач		100
4.	Лабораторні роботи з якісного та кількісного аналізу		130

Всього – 300 балів.

Примітка: Критерії оцінок контрольних лабораторних робіт

1. В якісному аналізі одна помилка при відкритті іонів знижує оцінку на 1 бал.
2. В кількісному аналізі відносна похибка визначення від 3 до 5% знижує оцінку на 1 бал, від 5 до 7% - на 2 бали, від 7 до 10% - на 3 бали.

1.7. Перелік питань для підготовки до екзамену

1. Класифікація хімічних методів аналізу.
2. Важливіші види аналізу.
3. Поняття про аналітичний сигнал.
4. Основні характеристики аналітичних реакцій – чутливість та селективність.
5. Основні методи виявлення речовин “сухим” шляхом.
6. Основні методи виявлення речовин “мокрим” шляхом.
7. Поняття групових та характерних реакцій.
8. Класифікація катіонів на групи сірководневим способом.
9. Класифікація катіонів на групи кислотно-основним способом.
10. Класифікація катіонів на групи аміачно-фосфатним способом.
11. Класифікація аніонів на групи.
12. Основні методи розділення.
13. Загальна характеристика методів концентрування.
14. Дробний та систематичний аналіз.
15. Стан електролітів у розчині.
16. Поняття концентрації та активності.
17. Кислотно-основна теорія Бренстеда-Лоурі.
18. Кислотно-основна теорія Ареніуса та Льюїса.
19. Нівелююча та диференціююча дія розчинників.
20. Йонний добуток води.
21. Поняття про рН та рОН.
22. Доведення розрахунку рН водного розчину сильної кислоти.
23. Доведення розрахунку рН водного розчину слабкої кислоти.
24. Доведення розрахунку рН водного розчину сильної основи.
25. Доведення розрахунку рН водного розчину слабкої основи.
26. Буферні розчини, буферна ємність.
27. Розрахунок рН буферних розчинів.
28. Використання кислотно-основних реакцій в аналізі.
29. Добуток розчинності, добуток активності.
30. Розрахунок розчинності солей.
31. Розчинність осадів у кислотах.
32. Властивості та будова колоїдних частинок.
33. Співосадження.
34. Використання реакцій осадження в аналізі.
35. Уявлення про будову комплексів.
36. Класифікація комплексів.
37. Приклади використання комплексів в аналізі.
38. Константа рівноваги реакцій комплексоутворення.
39. Поняття окисно-відновного потенціалу. Рівняння Нернста.
40. Константа рівноваги реакції окислення-відновлення.
41. Використання реакцій окислення-відновлення в аналізі.

42. Органічні реагенти, їх переваги.
43. Використання реакцій комплексоутворення в аналізі.
44. Попередні дослідження при аналізі аніонів.
45. Аналіз сплаву.
46. Аналіз невідомої речовини.
47. Аналіз зразку стічної води.
48. Схема аналізу катіонів 1 групи.
49. Схема аналізу катіонів 2 групи.
50. Схема аналізу катіонів 3 групи.
51. Схема аналізу аніонів 1 групи.
52. Схема аналізу аніонів 2 групи.
53. Схема аналізу аніонів 3 групи.
54. Реакції виявлення аніонів-відновників.
55. Реакції виявлення аніонів-окисників.
56. Наведіть 2-3 рівняння реакцій виявлення різних йонів.
57. Основні стадії аналітичного процесу.
58. Відбір і підготовка проб.
59. Класифікація похибок аналізу.
60. Систематичні та випадкова похибки.
61. Правильність аналізу, перевірка правильності.
62. Статистична обробка результатів аналізу.
63. Основи кількісного хімічного аналізу.
64. Поняття фармацевтичного аналізу.
65. Класифікація титриметричних методів аналізу.
66. Вимоги до реакцій в методі.
67. Точки еквівалентності та кінця титрування.
68. Індикатори, їх класифікація.
69. Види титриметричних визначень.
70. Концентрація розчинів (масова та об'ємна частки, молярна, молярна еквіваленту).
71. Розрахунки в титриметрії.
72. Титранти. Первинні та вторинні стандарти.
73. Способи приготування первинних стандартів.
74. Встановлення концентрації вторинних стандартів.
75. Важливіші операції титриметрії.
76. Загальна оцінка методу кислотно-основного титрування.
77. Важливіші представники кислотно-основних індикаторів.
78. Інтервал переходу, показник титрування індикатору.
79. Криві титрування, їх призначення.
80. Побудова кривих титрування сильної кислоти сильною основою.
81. Побудова кривих титрування слабкої кислоти сильною основою.
82. Побудова кривих титрування сильної кислоти слабкою основою.
83. Побудова кривих титрування слабкої кислоти слабкою основою.
84. Вплив різних факторів на величину стрибка титрування.
85. Підбір індикаторів у методі титриметрії.

86. Первинні стандарти методу кислотно-основного титрування.
87. Титранти методу кислотно-основного титрування. Встановлення їх концентрації.
88. Визначення вмісту карбонатів та гідрокарбонатів в зразку соди.
89. Визначення вмісту аміаку.
90. Принцип та особливості методу окисно-відновного титрування.
91. Класифікація методу окисно-відновного титрування.
92. Способи фіксування кінцевої точки титрування в методах окисно-відновного титрування.
93. Важливіші представники окисно-відновних індикаторів. Інтервал переходу, показник титрування індикатору.
94. Криві титрування в методі окисно-відновного титрування, їх призначення.
95. Вплив різних факторів на величину стрибка титрування в методі окисно-відновного титрування.
96. Попередня обробка проб в редоксиметрії.
97. Загальна характеристика та особливості методу перманганатометрії.
98. Перманганатометричне визначення феруму.
99. Перманганатометричне визначення гідроген пероксиду.
 100. Загальна характеристика та особливості методу хроматометрії.
 101. Хроматометричне визначення феруму
 102. Загальна характеристика та особливості методу йодометрії.
 103. Йодометричне визначення купруму.
 104. Йодометричне визначення активного хлору.
 105. Йодометричне визначення аскорбінової кислоти.
 106. Принцип та особливості методу осаджувального титрування.
 107. Побудова кривих в методі осаджувального титрування.
 108. Вплив різних факторів на величину стрибка в методі осаджувального титрування.
 109. Безіндикаторні методи аргентометрії.
 110. Індикаторні методи аргентометрії.
 111. Аргентометрія за методом Мора.
 112. Аргентометрія за методом Фольгарда.
 113. Аргентометрія за методом Фаянса.
 114. Загальна характеристика та особливості методу меркурометрії.
 115. Загальна характеристика та особливості методу сульфатометрії.
 116. Поняття про комплексо́ни. Особливості та переваги комплексонів.
 117. Принцип та особливості методу комплексонометрії.
 118. Металохромні індикатори, принцип дії.
 119. Інтервал переходу, показник титрування металохромного індикатору.
 120. Криві титрування методу комплексонометрії, їх призначення.
 121. Вплив різних факторів на величину стрибка титрування в методі комплексонометрії.
 122. Основні способи комплексонометричного титрування.

123. Визначення твердості води.
124. Суть гравіметрії і загальна схема аналізу.
125. Вимоги до осаджувальної та вагової (гравіметричної) форми..
126. Методи виникаючих реагентів (гомогенне осадження).
127. Йодометричне визначення Важливіші операції гравіметрії.
128. Приклади гравіметричних визначень.
129. Переваги та недоліки фізико-хімічних методів аналізу.
130. Абсолютні та відносні методи аналізу.
131. Класифікація фізико-хімічних методів аналізу.
132. Поняття аналітичного сигналу. Обсяг інформації в аналітичному сигналі.
133. Способи встановлення концентрації речовин за величиною аналітичного сигналу.
134. Прямі та непрямі методи аналізу.
135. Загальна характеристика та особливості використання у фарманалізі методу рефрактометрії.
136. Загальна характеристика та особливості використання у фарманалізі методу інтерферометрії.
137. Загальна характеристика та особливості використання у фарманалізі методу поляриметрії.
138. Загальна характеристика та особливості використання у фарманалізі методу спектрофотометрії.
139. Загальна характеристика та особливості використання у фарманалізі методу спектрофлуориметрії.
140. Загальна характеристика та особливості використання у фарманалізі методу нефелометрії.
141. Загальна характеристика та особливості використання у фарманалізі методу турбидиметрії.
142. Загальна характеристика та особливості використання у фарманалізі методу потенціометрії.
143. Загальна характеристика та особливості використання у фарманалізі методу кондуктометрії.
144. Загальна характеристика та особливості використання у фарманалізі методу кулонометрії.
145. Загальна характеристика та особливості використання у фарманалізі методу вольтамперометрії.
146. Уявлення про хроматографічні методи аналізу.
147. Класифікація хроматографічних методів аналізу.
148. Коротка характеристика методу тонкошарової хроматографії. Приклади визначень при аналізі фармпрепаратів.
149. Коротка характеристика методу газової хроматографії. Приклади визначень при аналізі фармпрепаратів.
150. Коротка характеристика методу рідинної хроматографії. Приклади визначень при аналізі фармпрепаратів.

РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ЯКІСНОГО ХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ

2.1. Загальні положення

Для виявлення та ідентифікації речовин можна скористатися різними хімічними, фізико-хімічними та фізичними методами. В даному курсі розглядаються переважно хімічні методи: на речовину, яку аналізують, діють різними аналітичними реагентами так, щоб одержати нові речовини, які можна легко розпізнати (ідентифікувати) і склад яких є відомим. Іншими словами – хімічні методи якісного аналізу зводяться до вивчення реакцій речовини, яку аналізують, з певними реагентами. Такі реакції називаються аналітичними і їх поділяють на реакції виявлення (ідентифікації) та розділення (відділення). Мета реакцій виявлення – встановити присутність того чи іншого йону в розчині. Якщо одні йони заважають виявленню інших (присутніх у суміші), то їх слід розділити і тоді використовують реакції розділення (відділення).

Основними вимогами до аналітичних реакцій є чутливість і селективність. Важливими є також простота виконання, відтворюваність, експресність, надійність реєстрації аналітичного сигналу та ін.

Чутливість аналітичної реакції найчастіше характеризують такими параметрами:

- m – відкриваний мінімум (найменша кількість (маса) речовини, яку можна виявити даною реакцією); мікрограм, мкг (1 мкг=10 г), нанограм, нг (1нг=10⁻⁹ г), пікограм, пг (1пг=10⁻¹² г).

- W – граничне розведення (число мілілітрів розчину, що містить 1 г речовини, при якому дану речовину ще можна виявити)

- C_{\min} – мінімальна концентрація речовини, при якій ще спостерігається ефект аналітичної реакції виявлення, г/см³, г/мл.

Знаючи один із способів вираження чутливості, можна вираховувати інші:

$$m = C_{\min} \cdot V \cdot 10^6$$

де V – найменший об'єм досліджуваного розчину; см³.

Так як $C_{\min}=1: W$, то

$$W = V \cdot 10^6 / m.$$

Проте для повної характеристики чутливості реакції слід враховувати дуже велику кількість факторів (концентрації та об'єми розчинів реагентів та визначуваних компонентів, кислотність середовища, температуру, йонну силу розчину, наявність і концентрація сторонніх йонів та ін.).

Методи аналізу в залежності від кількості досліджуваної речовини, об'єму розчину й техніки виконання класифікують наступним чином (табл. 1):

Крім того, речовини, що входять до складу аналізованого зразку, в залежності від їх вмісту, ділять на макро-(> 0,01%) та мікро-(< 0,01%) компоненти.

Таблиця 1

Класифікація методів аналізу

Назва (прийнята раніше і рекомендована ІУРАС)	Маса досліджуваної речовини, г	Об'єм досліджуваної речовини, см ³
Макро-(Грам)-метод	1-10	10-100
Напівмікро-(Сантіграм)-метод	0,05-0,5	1-10
Мікро-(Міліграм)-метод	10^{-6} - 10^{-3}	10^{-4} - 10^{-1}
Ультрамікро-(Мікрограм)-метод	10^{-9} - 10^{-6}	10^{-6} - 10^{-4}
Субмікро-(Нанограм)-метод	10^{-12} - 10^{-9}	10^{-10} - 10^{-6}
Субультрамікро-(Пікограм)-метод	$< 10^{-12}$	-

Селективність реакції визначається загальним числом йонів, які здатні давати схожий аналітичний ефект з одним і тим же реагентом. Чим із меншим числом йонів взаємодіє реагент, тим вищою вважається його селективність. Реакції, в яких реагент взаємодіє лише з одним йоном, називають специфічними. На жаль, таких реакцій дуже мало. Але, застосовуючи різні прийоми, селективність реакцій можна суттєво збільшити й наблизити їх до специфічних. Якщо це зробити не вдається, то для відділення сторонніх йонів від визначуваних (чи навпаки) слід використовувати реакції розділення (відділення). Основна вимога до таких реакцій – селективність і ефективність (повнота розділення).

Складність досліджуваної суміші та наявність селективних реакцій виявлення йонів визначають два можливі принципи побудови якісного аналізу: дрібний та систематичний. При дрібному аналізі кожний йон відкривають в окремій порції розчину на фоні інших супутніх компонентів. Реакції виявлення проводять з такими реагентами і за таких умов, коли з реактивом взаємодіє лише один із компонентів суміші – той, присутність якого виявляють. В даному методі аналізу супутні компоненти не відділяються, але допускається їх маскування введенням спеціальних (маскуючих) реагентів.

Систематичний аналіз побудований на послідовному застосуванні реагентів, за допомогою яких досліджувана суміш розділяється на групи аж до тих пір, доки не залишаються компоненти, що не заважають виявленню один одному.

Кожен із принципів якісного аналізу має свої переваги та недоліки. Так, дрібний аналіз набагато простіший, швидший, але передбачає попередні відомості про складність досліджуваного об'єкта, можливу присутність того чи іншого йону. Дослідник, що проводить аналіз цим способом, повинен досконало знати властивості визначуваних речовин, можливості реакції виявлення, мати певні навички експериментальної роботи, а інколи – і хімічну інтуїцію. Систематичний аналіз здебільшого значно складніший і довготриваліший; він вимагає непростих попередніх операцій розділення (відділення) компонентів досліджуваної суміші. Проте результати, отримані таким чином, гарантують правильність аналізу (при умові виконання всіх

рекомендованих процедур). Рекомендовані схеми виконання якісного аналізу сумішей йонів наводяться в даному посібнику.

2.2. Класифікації йонів на аналітичні групи (угруповання)

При проведенні систематичного аналізу студентам слід знати найбільш поширені схеми класифікацій катіонів та аніонів на групи (угруповання).

Класичною вважається сульфідна (сірководнева) класифікація катіонів на групи. Вона логічна, тісно пов'язана з Періодичною системою елементів, базується на використанні властивостей різних сполук елементів – сульфідів, карбонатів, хлоридів, аміакатів, полісульфідів тощо. Проте фактичний час, потрібний для глибокого засвоєння якісного аналізу катіонів за такою системою, не відповідає реальній кількості годин, що плануються навчальними програмами курсу для студентів хімічного, а тим паче, нехімічних і біологічного факультетів. Тому ми пропонуємо більш широке використання дробних методів якісного аналізу, що базуються на необхідності достатньо глибокого засвоєння студентами як теоретичних питань курсу, так і практичних навичок. Нижче приводяться три найбільш поширені класифікації катіонів на групи – сульфідна, аміачно-фосфатна та кислотно-основна (табл. 2-4). Досвід викладання курсу аналітичної хімії в умовах обмеженої кількості годин показує на доцільність використання останньої. Вона економить час аналізу, забезпечуючи одночасно достатню глибину й розуміння завдань якісного аналізу. Фундаментом якісного аналізу аніонів є класифікація їх на групи, що базується на різній розчинності відповідних солей барію чи аргентуму (табл. 5).

Таблиця 2

Сірководнева (сульфідна) класифікація катіонів на групи

Номер групи	Катіони	Груповий реагент	Продукти реакції, їх властивості
1	$\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{NH}_4^+, \text{Mg}^{2+}$	Відсутній	Відсутні
2	$\text{Ca}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Ba}^{2+}, (\text{Pb}^{2+})$	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (у присутності $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{Cl}$)	Осади ($\text{CaCO}_3, \text{SrCO}_3, \text{BaCO}_3$) розчиняються в кислотах, не розчиняються в лугах, розчині амоніаку
3	$\text{Zn}^{2+}, \text{Al}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}$	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$ (у присутності $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{Cl}$)	Осади ($\text{ZnS}, \text{MnS}, \text{NiS}, \text{CoS}, \text{FeS}, \text{Fe}_2\text{S}_3, \text{Al}(\text{OH})_3, \text{Cr}(\text{OH})_3$) розчиняються в кислотах
4	$\text{Cu}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Hg}^{2+}, \text{Bi}^{3+}, \text{Sb}^{3+}, \text{Sn}^{2+}, \text{Sn}^{4+}, \text{As}^{3+}$	H_2S (у присутності HCl)	Осади ($\text{CuS}, \text{CdS}, \text{HgS}, \text{Bi}_2\text{S}_3, \text{Sb}_2\text{S}_3, \text{SnS}, \text{SnS}_2, \text{As}_2\text{S}_3$) не розчиняються в кислотах. Сульфід Sb_2S_3 розчиняється в амонію полісульфіді $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$
5	$\text{Ag}^+, \text{Pb}^{2+}, \text{Hg}_2^{2+}$	HCl	Осади ($\text{AgCl}, \text{PbCl}_2, \text{Hg}_2\text{Cl}_2$) не розчиняються в розведених кислотах

Таблиця 3

Аміачно-фосфатна класифікація катіонів на групи

Номер групи	Катіони	Груповий реагент	Продукти реакції, їх властивості
1	$\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{NH}_4^+$	Відсутній	Відсутні
2	$\text{Li}^+, \text{Mg}^{2+}, \text{Ca}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Ba}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Al}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Bi}^{3+}$	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (у присутності $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	Осади розчиняються в ацетатній кислоті (крім $\text{AlPO}_4, \text{CrPO}_4, \text{FePO}_4, \text{BiPO}_4$)
3	$\text{Zn}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Hg}^{2+}$	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (у присутності $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	В надлишку амоніаку осади фосфатів розчиняються з утворенням комплексних іонів $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}, [\text{Co}(\text{NH}_3)_4]^{2+}, [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}, [\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}, [\text{Hg}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$
4	$\text{Sb}^{3+}, \text{Sn}^{2+}, \text{Sn}^{4+}, \text{As}^{3+}$	HNO_3 (при кип'ятінні)	Утворюються осади $\text{H}_2\text{SnO}_3, \text{H}_3\text{SbO}_4, \text{H}_3\text{AsO}_4$
5	$\text{Ag}^+, \text{Pb}^{2+}, \text{Hg}_2^{2+}$	HCl	Осади ($\text{AgCl}, \text{PbCl}_2, \text{Hg}_2\text{Cl}_2$) не розчиняються в розведених кислотах

Таблиця 4

Кислотно-основна класифікація катіонів на групи

Номер групи	Катіони	Груповий реагент	Продукти реакції, їх властивості
1	$\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{NH}_4^+$	Відсутній	Відсутні
2	$\text{Ag}^+, \text{Pb}^{2+}, \text{Hg}_2^{2+}$	HCl	Осади ($\text{AgCl}, \text{PbCl}_2, \text{Hg}_2\text{Cl}_2$) не розчиняються в розведених кислотах
3	$\text{Ca}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Ba}^{2+}$ (Pb^{2+})	H_2SO_4	Осади ($\text{CaSO}_4, \text{SrSO}_4, \text{BaSO}_4$) не розчиняються в кислотах, лугах, розчині амоніаку
4	$\text{Zn}^{2+}, \text{Al}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Sn}^{2+}, \text{Sn}^{4+}, \text{As}^{3+}$	NaOH (надлишок)	В надлишку луку осади гідроксидів розчиняються з утворенням іонів $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}, \text{Al}(\text{OH})_6^{3-}, \text{Cr}(\text{OH})_6^{3-}, \text{SnO}_2^{2-}, \text{SnO}_3^{2-}, \text{AsO}_3^{3-}, \text{AsO}_4^{3-}$
5	$\text{Mg}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Bi}^{3+}, \text{Sb}^{3+}$	NaOH	Осади ($\text{Mg}(\text{OH})_2, \text{Mn}(\text{OH})_2, \text{Fe}(\text{OH})_2, \text{Fe}(\text{OH})_3, \text{Bi}(\text{OH})_3, \text{Sb}(\text{OH})_3$) не розчиняються в надлишку луку та амоніаку
6	$\text{Ni}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Hg}^{2+}$	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (надлишок)	В надлишку амоніаку осади гідроксидів розчиняються з утворенням іонів $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}, [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}, [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}, [\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}, [\text{Hg}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$

Класифікація аніонів на групи

Номер групи	Аніони	Груповий реагент	Продукти реакції, їх властивості
1	SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, CO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, PO_4^{3-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, AsO_3^{3-} , AsO_4^{3-} , SiO_3^{2-} , F^-	BaCl_2	Осади барієвих солей мають різну розчинність у кислотах: BaSO_4 не розчинний у сильних (мінеральних) кислотах; BaSO_3 , BaC_2O_4 , BaF_2 не розчинні в ацетатній кислоті; інші солі добре розчинні у кислотах
2	Cl^- , Br^- , I^- , CN^- , SCN^- , S^{2-}	AgNO_3 (у присутності HNO_3)	Солі аргентуму не розчинні у воді та нітратній кислоті
3	NO_3^- , NO_2^- , CH_3COO^-	Відсутній	Відсутні

2.3. Обладнання, необхідне для проведення якісного аналізу.**2.3.1. Реактивні склянки.**

Найзручніше користуватись невеликими склянками місткістю 20-50 мл, в яких зберігаються розчини всіх потрібних реагентів. Зручно такі склянки використовувати в комплекті з піпетками, поміщеними в щільну гумову пробку. Таким чином вміст склянок досить надійно ізолюється від повітря, пилу, бруду тощо. Відбирати вміст склянки можна лише за допомогою піпетки. Не слід наливати розчин прямо зі склянки. Після відбору розчину піпеткою її треба повернути на місце, щоб не переплутати пробок із піпетками з різних склянок. Останнє може призвести до забруднення реактивів. Не слід також торкатися піпеткою стінок пробірки, предметного скла і т.п., так як при цьому також можливе забруднення.

Склянки з реактивами розміщуються у визначеному порядку в штативі для реактивів. Кожен штатив встановлюється на робочому столі і служить для індивідуальної роботи. Категорично забороняється виймати склянки з штатива, так як це може призвести до порушення порядку в їх, розміщенні. Склянки з недостатньо стійкими, отруйними, дурнопахнучими, сухими речовинами, а також концентровані кислоти та основи зберігаються у витяжній шафі і служать для загального користування.

2.3.2. Пробірки.

Для індивідуальної роботи студенту надається комплект пробірок – як звичайних, так і центрифужних (рис. 1), які зберігаються в штативі. Пробірки

перед використанням ретельно миють, а тоді ополіскують дистильованою водою. В деяких випадках вимиті пробірки сушать.

При дослідженні реакцій, що супроводжуються виділенням газів (CO_2 , SO_2 , H_2S), отвір пробірки закривають пробкою з газовідвідною трубкою. Кінець останньої занурюють у розчин реагенту.

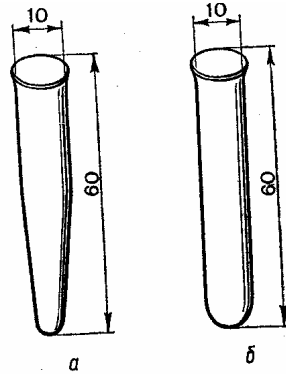


Рис. 1. Центрифужна (а) і звичайна (б) пробірки

2.3.3. Стакани та тиглі.

Випаровування розчинів зразків, висушування препаратів, їх розчинення зручно проводити в хімічних стаканах (рис. 2) чи фарфорових чашках (тиглях). Скляні стакани не можна нагрівати на відкритому вогні. Краще це робити на електричній плитці, попередньо поклавши на нагрівник шматок азбестової матерії. Прожарювання, плавлення зразків проводять лише у фарфорових тиглях у муфельних печах.



Рис. 2. Хімічний стакан

2.3.4. Піпетки.

Піпетки (рис. 3) використовуються для відбору певної частини (аліквоти) розчинів досліджуваної речовини чи реагенту, інколи – для відділення розчину над осадом. Гумовою грушею заповнюють піпетку, попередньо занурену носиком у відповідний розчин. Невірне користування піпеткою може бути причиною багатьох неправильних висновків стосовно складу досліджуваної речовини. Тому слід пам'ятати й дотримуватись найпростіших правил:

- ✓ Піпетки перед використанням ретельно миють, а тоді промивають дистильованою водою.
- ✓ Після роботи не слід класти піпетку на стіл чи штатив, а негайно її вимити й помістити в чисту пробірку.

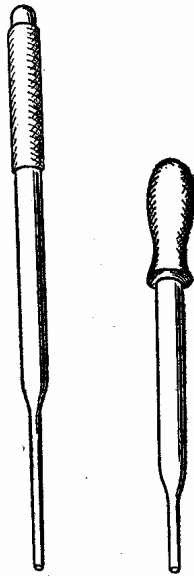


Рис. 3. Піпетки для якісного аналізу

Миття посуду. Хімічний посуд повинен бути чистим. Його миють йоржиками розчинами соди, лугу, миючими засобами. Полоскання здійснюють теплою, тоді холодною та дистильованою водою. *Посуд вважається чистим, якщо з внутрішньої частини вода витікає, не залишаючи краплин.* При наявності краплин посуд слід мити знову.

Іноді для миття використовують хромову суміш, якою заливають посуд. Залишки хромової суміші добре промивають водою. **При роботі з хромовою сумішшю слід бути дуже обережним.** Висушують посуд у сушильній шафі.

2.4. Техніка виконання аналітичних реакцій виявлення.

Мета реакцій виявлення – встановити присутність того чи іншого йону в зразку. В залежності від агрегатного стану, в якому перебувають аналізуємі речовини – змінюється методика проведення якісних реакцій, які можуть виконуватись з твердими речовинами та в розчинах. Аналітичні реакції виявлення можна проводити з речовинами, що перебувають у твердому, рідкому, рідше – газоподібному стані. В першому випадку говорять про аналіз “сухим шляхом”, який проводять пірохімічним методом (забарвлення полум’я чи утворення забарвлених перлів). Реакції з речовинами у розчиненому стані (аналіз “мокрим шляхом”) зручніші і використовуються набагато частіше. Це можуть бути будь-які перетворення, що супроводжуються зміною фізичних властивостей речовин, які можна фіксувати або візуально, або за допомогою якогось приладу (спектральний, люмінесцентний аналіз).

2.4.1. Реакції виявлення, що проявляються у зміні, появи чи зникненні кольору.

Кольорові реакції є одними з основних типів реакцій виявлення речовин. Колір може з’являтися внаслідок поглинання квантів світла у видимій області

спектра. Такими поглинанням володіють багато комплексних й органічних сполук:

1. Забарвленими є багато катіонів *d*- і *f*-елементів, що перебувають у розчинах у вигляді сольватоконплексів.
2. Інтенсивно забарвленими є комплекси металів з переносом заряду. Наприклад, галогенідні комплекси кобальту забарвлені завдяки переходу електронів від галогенід -йонів на вакантні *d*-орбіталі атома кобальту.
3. Забарвлення з'являється або змінюється в тому випадку, якщо в молекулі речовини з'являються хромофорні групи, які представляють собою систему сполучених π -зв'язків. Наприклад, наявністю хромофорних груп зумовлено забарвлення азо- і нітросполук.
4. Забарвлення також виникає або змінюється при поляризації електронних оболонок великих аніонів або катіонів під дією іона протилежного знака. Так, безбарвні Ag^+ і Γ утворюють осад AgI жовтого кольору.
5. Забарвленими є ряд аніонів (MnO_4^- , CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$). Залежно від типу аніона забарвлення катіонів може змінюватися. Наприклад, CuSO_4 утворює розчини синього кольору, CuCl_2 — зеленого, $\text{Cu}(\text{BrO}_3)_2$ — синьо-зеленого.

За технікою виконання розрізняють декілька видів кольорових реакцій:

1. Кольорові реакції, які проводяться методом розтирання сухих порошків та реактивів. У фарфоровий тигель (можна скористатись також фарфоровими чашкою чи пластинкою) поміщають кілька кристалів досліджуваної речовини й реагенту, а тоді добре розтирають суміш фарфоровою паличкою чи ступкою. Спостерігають появу чи зміну кольору суміші і роблять висновок про присутність (відсутність) визначуваного компонента в досліджуваній речовині.

Приклади деяких реакцій виявлення методом розтирання порошку приводяться в таблиці 6.

Таблиця 6

Виявлення йонів методом розтирання порошку

Йон	Реактив	Продукт реакції	Колір
Fe^{3+}	NH_4SCN	$\text{Fe}(\text{NCS})_3$	Червоний
Cd^{2+}	Na_2S	CdS	Жовтий
Hg^{2+}	KI	HgI_2	Оранжевий
Ba^{2+}	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	BaCrO_4	Жовтий
Br^-	AgNO_3	AgBr	Жовтий
Γ	$\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$	HgI_2	Оранжевий

2. Кольорові реакції, що проводяться в розчинах. При цьому до розчину досліджуваної речовини додають розчин (чи сухий) реактиву. Спостерігають

аналітичний ефект (зміни, появи чи зникнення кольору), по якому роблять висновок про присутність (відсутність) визначуваного компоненту.

3. Кольорові реакції, які супроводжуються появою кольорового осаду. Спостерігають аналітичний ефект появи муті чи осаду, по якому роблять висновок про присутність (відсутність) визначуваного компоненту. При необхідності суміш переносять у центрифужну пробірку, останню ставлять у гніздо центрифуги і центрифугують протягом 1-3 хвилин (не забути зрівноважити іншою пробіркою з відповідним об'ємом води!). Після повної зупинки центрифуги пробірку виймають, розчин над осадом зливають, осад промивають і досліджують (колір, розчинність тощо).

4. Екстракційні кольорові реакції виконують, додаючи до розчину органічний реагент, який не змішується з водою.

5. Хроматографічні кольорові реакції проводять на папері, тонкому шарі (паперова чи тонкошарова хроматографія) чи в хроматографічній колонці, пропускаючи через колонку розчин реактиву.

2.4.2. Реакції з виділенням газу.

Такі реакції проводять у пробірці або газовій камері.

2.4.2.1. У пробірку вносять невеликий об'єм (до 1 мл) розчину досліджуваної речовини піпеткою, не торкаючись при цьому стінок пробірки. Тоді добавляють рівний об'єм розчину реагенту і спостерігають аналітичний ефект (виділення газу). Ідентифікацію газу проводять за його фізичними (колір, запах) чи хімічними властивостями. В останньому випадку пробірку закривають пробкою з газовідвідною трубкою, кінець якої занурюють у пробірку з розчином відповідного реагенту. В деяких випадках наносять розчин реагенту на фільтрувальний папір, який підносять до отвору пробірки.

2.4.2.2. Іноді зручніше такі реакції проводити в газовій камері. Складають газову камеру з двох однакових скляних посудин (чашки Петрі, годинникові скла). На внутрішню частину одної посудини ставлять папірці, змочені розчином реагенту (або індикаторні папірці). На нижню частину другої посудини вносять розчини досліджуваної речовини та реагенту. Складають камеру і спостерігають аналітичний ефект на фільтрувальному (чи індикаторному) папері.

2.4.3. Мікрокристалоскопічна реакція.

По одній краплині розчинів досліджуваної речовини та реагенту наносять на предметне скло за допомогою піпеток чи скляних паличок. Тоді краплини з'єднують, не перемішуючи, скляною паличкою і через кілька хвилин спостерігають під мікроскопом аналітичний ефект (форму та колір утворених кристалів осаду).

2.4.4. Екстракційна реакція.

Такі реакції найзручніше проводити в пробірці з пришліфованою пробкою чи ділильній лійці (рис. 4). Для цього вносять невеликий об'єм розчину досліджуваної речовини піпеткою і, при необхідності, створюють кисле чи

лужне середовище. Тоді додають близький об'єм розчину реагенту й суміш перемішують. Після цього доливають органічного розчинника (екстрагента), закривають посудину пробкою і струшують. Фіксують зміну кольору однієї з фаз. При необхідності фази розділяють у ділильній лійці.

2.4.5. Метод забарвлення полум'я.

Платинову чи ніхромову дротинку (рис. 5) з спіраллю опускають в концентровану хлоридну кислоту і прокалюють в полум'ї пальника. Тоді на петлю розпаленої дротинки поміщають порошок аналізованої речовини і вносять її у мало забарвлене (аналітичне) полум'я пальника (спиртівки). Фіксують зміну забарвлення полум'я, по чому судять про присутність (відсутність) визначуваного компонента в досліджуваній речовині.



Рис. 4. Ділительна лійка

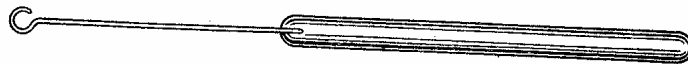


Рис. 5. Дротина для дослідження речовин методом забарвлення полум'я

Приклади визначення деяких речовин таким методом приводяться в таблиці 7.

Таблиця 7

Виявлення речовин за їх здатністю забарвлювати полум'я

Елемент	Забарвлення полум'я	Елемент	Забарвлення полум'я
Li	Коричнево-червоне	Ba	Жовто-зелене
Na	Жовте	Cu	Зелене
K	Фіалкове	Bi	Зелене
Ca	Цегляно-червоне	Pb	Блакитне
Sr	Карміново-червоне	As	Блакитне
Sb	Блакитне	B	Зелене

2.4.6. Метод забарвлення перлів.

Платинову чи ніхромову дротинку із спіраллю опускають в розчин концентрованої хлоридної кислоти і прокалюють у полум'ї пальника. Тоді на

петлю розпаленої дротинки поміщають небагато сухої бури (можна гідрофосфату натрію-амонію) і визначуваної речовини і нагрівають у полум'ї пальника (спиртівки) до розплавлення й утворення склоподібної маси (перла). Фіксують колір перла й роблять висновок про присутність (відсутність) визначуваного компоненту в досліджуваній речовині.

Колір перлів сполук деяких елементів приводиться в табл. 8.

Таблиця 8

Колір перлів сполук деяких елементів.

Елемент	Гарячий перл	Холодний перл
Cu	Зелений	Блакитний
Co	Блакитний	Блакитний
Fe	Жовтий	Жовто-червоний
Cr	Зелений	Зелений
Ni	Жовтий	Коричневий
Mn	Фіалковий	Фіалковий
Bi, Sb	Жовтий	Безбарвний

2.5. Загальні вказівки щодо виконання лабораторних робіт.

Робота в лабораторії буде ефективною та успішною лише тоді, коли студент, крім знання важливіших теоретичних положень методу та вміння виконувати хіміко-аналітичні операції, буде дотримуватись таких основних правил:

- ✓ Порядок у лабораторії повинен підтримуватись з початку і до закінчення заняття всіма присутніми. Всі предмети, якими користувались, повинні бути повернуті на своє місце.
- ✓ Запорука успіху – чистота та акуратність у роботі. Кожен працюючий повинен слідкувати за чистотою реагентів як загального, так і індивідуального користування, а також чистотою посуду та робочого місця. Слід пам'ятати, що основна причина можливих помилок при виконанні аналізу – це брудні реактиви та посуд.
- ✓ Студенти працюють в лабораторії у халатах. За загальний порядок у лабораторії, наявність необхідних реагентів та посуду відповідає черговий.
- ✓ Роботи з якісного аналізу потребують чіткого розуміння процесів, на яких базується виявлення того чи іншого компоненту. Механічна робота, хай навіть виконана дуже сумлінно, не принесе ніякої користі.
- ✓ Слід ретельно дотримуватись вимог щодо методики виконання тієї чи іншої операції (виявлення, розділення тощо). Результати спостережень потрібно негайно фіксувати в робочому журналі, не покладаючись на пам'ять. Це дуже важливо, оскільки може допомогти виявити помилку аналізу.
- ✓ Зразок, отриманий для досліджень, ніколи не витрачають повністю. Достатньо відібрати певну його частину, а інше залишити для контролю чи повторного аналізу (у разі необхідності).

- ✓ Здебільшого достовірний результат можна отримати, якщо провести не менше двох реакцій виявлення з чітким аналітичним сигналом.
- ✓ При роботі в лабораторії необхідно дотримуватись правил техніки безпеки.

2.6. Правила поведінки студентів у лабораторії.

- ✓ Працювати в лабораторії слід у халаті.
- ✓ Будьте дуже обережними й зосередженими. Неохайність, необережність, неуважність, незнання властивостей речовин може не лише призвести до помилок у роботі, але і до нещасного випадку.
- ✓ Підтримувати чистоту й порядок у лабораторії, на своєму робочому місці. Не залишати за собою сміття, збирати й викидати його в спеціальні урни.
- ✓ Не тримати на лабораторному столі нічого зайвого.
- ✓ Старатись виконувати всі дослідження самостійно, але не забувати продумати схему й послідовність робіт. Під час роботи дотримуватись тиші.
- ✓ Всі отримані результати занотовувати у лабораторний зошит негайно після виконання досліду. Не робити ніякі позначки на окремих листках паперу.
- ✓ Не відкривати без необхідності крани водопроводу чи газу, не вмикати без необхідності електроприлади.
- ✓ Проаналізувати місце знаходження протипожежних засобів, аптечки. Навчитися користуватись ними.

2.7. Правила охорони праці та техніки безпеки

В хімічній лабораторії приходиться мати справу з багатьма отруйними, вибухо- та вогнебезпечними речовинами, робота з якими потребує особливої уваги.

- ✓ Випаровування летких сполук слід проводити лише у витяжній шафі. Не можна залишати без нагляду водяні бані, електричні плитки та інші електронагрівальні прилади.
- ✓ Концентровані розчини кислот, лугів, а також токсичні речовини набирають спеціальними піпетками (із грушею).
- ✓ При нагріванні розчинів у пробірці слід користуватись пробіротримачем. Ефект реакції спостерігають збоку, тримаючи пробірку на рівні очей. Нагріваючи рідину в пробірці, слід тримати її отвором у глибину витяжної шафи. При цьому слід уникати місцевого перегріву, внаслідок чого рідину може викинути з пробірки.
- ✓ Для набирання рідини піпеткою бажано користуватись грушею, а не засмоктувати рідину ротом.
- ✓ Неприпустимо працювати з вибухо- та вогнебезпечними речовинами поблизу пальника з відкритим вогнем чи нагрівального приладу.
- ✓ Категорично забороняється пробувати реактиви на смак. Нюхати будь-які речовини слід з обережністю, не нахилиючись над посудиною, а спрямовуючи до себе пару чи газ рухами руки.

- ✓ Гарячі предмети ставлять на керамічну плитку чи спеціальну підставку.
- ✓ Ніколи не вживайте їжу в лабораторії. Після закінчення роботи ретельно вимийте руки.

2.8. Перша допомога при нещасних випадках.

Втрата свідомості. Потрібно покласти людину горизонтально і забезпечити доступ свіжого повітря. Можна піднести водний розчин амоніаку, направляючи долонею повітря від склянки до людини. Тоді змочити шию та частину голови холодною водою. При стані коми чи шоку терміново викликають швидку допомогу.

Поранення. Краї рани слід промити водою, присипати порошком стрептоциду і накладити пов'язку. Якщо пошкодження серйозне, слід перетягнути руку чи ногу вище місця пошкодження гумовою трубкою чи джгутом. При *пораненні очей* необхідно добре промити їх водою і викликати лікаря.

Опіки термічні та хімічні. Виділяють опіки трьох ступенів. При опіках першого ступеню ушкоджується тільки верхній шар клітин шкіри. Спостерігається почервоніння шкіри, біль, іноді невеликий набряк. Такі опіки не становлять небезпеки, проте є болючими. Для опіків другого ступеню характерні глибші ушкодження шкіри, які охоплюють частину дерми. У результаті утворюються пухирі, водянки або помітний сильний набряк. Такі опіки не є небезпечними, якщо вони охоплюють незначну площу шкіри. Опіки третього ступеня небезпечні для життя. Ушкоджена шкіра стає червоною, білою, коричневою або чорною. Пухирі не утворюються, проте відзначається сильний набряк. Шкіра втрачає здатність захищати організм від хвороботворних мікробів. В цьому випадку необхідна негайна кваліфікована допомога.

При термічних опіках для зменшення болі місце опіку поміщають у холодну воду, тоді роблять примочки 3-5% розчином таніну і змазують маззю від опіків. Для збереження антисептики можна скористатись 0,1% розчином пікринової кислоти, перманганату калію. Ні в якому разі не користуйтеся мазями на жировій основі. Не варто проколювати пухирі, знімати ушкоджену шкіру: в рану може проникнути інфекція.

При *опіках кислотами* спочатку добре промивають місце опіку водою, тоді накладають компрес з 2-3% розчину соди чи амоніаку, а потім пов'язку з вати, змоченої 3-5% розчином таніну чи перманганату.

При *опіках лугами* місце опіку добре промивають водою, доки не відчувається лужність, 1% розчином ацетатної кислоти, а тоді ставлять пов'язку з вати, змоченої розчином таніну чи перманганату.

Особливо небезпечними можуть бути хімічні опіки очей. Якщо в очі попала кислота, їх слід негайно промити великою кількістю води, а тоді - 2-3% розчином соди. При опіці лугом після води для промивання використовують 2% розчин борної кислоти.

Отруєння. Допомога при отруєнні визначається типом отрути, але є і загальні методи допомоги.

Коли отрута потрапила в шлунок, слід негайно викликати штучне блювання. Для цього потерпілому дають 3-4 стакани мильної води, півстакана розчину мідного купоросу (0,5 г на стакан води). Далі отруту треба по можливості знешкодити. При отруєнні кислотою дають потерпілому паленої магнезії (2 столових ложки на стакан води), при отруєнні лугом – 1% розчин ацетатної кислоти.

Якщо отруєння викликане газом, то потерпілого слід винести на свіже повітря. Особливо небезпечними є отруєння, викликані попаданням в організм солей важких металів, що мають здатність акумулюватись життєво-важливими людськими органами.

В лабораторії має бути аптечка з усіма необхідними препаратами та розчинами. При отруєнні необхідно обов'язково звернутись до лікаря.

2.9. Вимоги до оформлення лабораторного журналу.

Лабораторний журнал є єдиним документом, в якому відображено всю роботу студента. Журнал заповнюється ручкою, ведеться чітко та акуратно. Студент обов'язково повинен мати запис методики виконання лабораторної роботи, ним вносяться записи всіх проведених операцій, реакцій виявлення, розділення речовин, формули, розрахунки та інше.

Для запису реакцій виявлення можна скористатись таблицею, в яку вносять: визначуваний йон, реагент, рівняння реакції виявлення (в йонному чи молекулярному вигляді), умови виконання реакції (рН, температура тощо), аналітичний ефект.

Результати контрольних робіт оформляються згідно протоколу і підписуються викладачем (оцінка, дата, підпис).

РОЗДІЛ 3.

РЕАКЦІЇ ВИЯВЛЕННЯ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

3.1. ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ КАТІОНІВ

3.1.1. Катіони 1 аналітичної групи (NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Li^+)

Представники даної групи відносяться до s^1 – елементів. Всі s^1 – елементи – сильні відновники і легко віддають електрони. У воді катіони s^1 – елементів гідратовані, утворюючи аквакомплекси за рахунок електростатичного притягання дипольних молекул води. Більшість солей утворених катіонами даних металів і аміаку добре розчинні в воді. Групового реагенту, який осаджував би дані катіони, немає. Вони утворюють осади з великими, легко поляризуєчними аніонами. Леткі солі лужних металів (окрім NH_4^+) забарвлюють полум'я пальника.

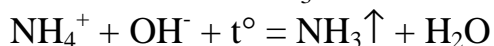
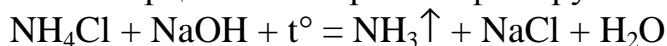
Сполуки лужних металів та аміаку використовуються в медицині як лікарські препарати. Солі літію – LiCl та Li_2CO_3 використовують для лікування психічних захворювань, подагри та сечокам'яної хвороби, солі натрію – для приготування фізіологічних розчинів (NaCl), як проносні засоби (Na_2SO_4), при підвищенні кислотності шлункового соку (NaHCO_3). Більшість препаратів органічних кислот використовують у вигляді натрієвих солей (саліцилати, глюконат, бензоат та ін..). Солі калію (KCl) є регуляторами діяльності серця, KBr володіє заспокійливими властивостями, KI регулює функцію щитовидної залози. Нашатирний спирт – розчин аміаку – використовують при втраті свідомості, NH_4Cl – як діуретичний засіб.

Важливіші реакції виявлення.

1. Реакції йонів NH_4^+ .

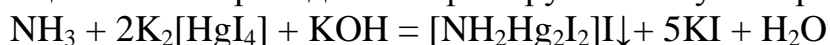
1.1. NaOH (KOH) – натрію чи калію гідроксид (*фармакопейна*).

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі амонію (NH_4Cl), додають 5-6 краплин розчину їдкого натру. Над пробіркою зверху тримають змочений водою лакмусовий папірець або змочену розчином димеркурію динітрату смужку фільтрувального паперу і нагрівають пробірку. Спостерігають посиніння лакмусового папірця або почорніння фільтрувального паперу:



1.2. $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ – дикалію тетраїодомеркурат (реактив Неслера).

У пробірку поміщають 1-3 краплини розчину солі амонію (NH_4Cl), додають 2-3 краплі реактиву Неслера. Фіксують появу червоно-бурого осаду $[\text{NH}_2\text{Hg}_2\text{I}_2]\text{I}$. Реакцію можна проводити на фільтрувальному папері.

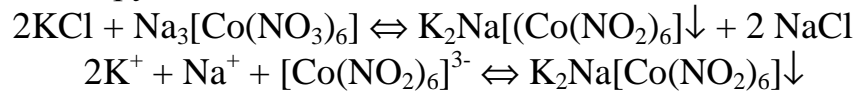


Дана реакція є чутливою (0,25 мкг), тому її використовують, зокрема, для контролю міри видалення аміаку із реакційної суміші. Проведенню реакції заважають Hg^{2+} , Sn^{2+} , Sb^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} .

2. Реакції іонів K^+ .

2.1. $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ – натрію гексанітрокобальтат (III) (*фармакопейна*).

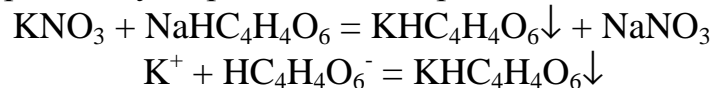
У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі калію (KCl), додають кілька краплин розчину $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$. Спостерігають утворення кристалічного осаду жовтого кольору:



Дана реакція використовується для дробного визначення K^+ після видалення мішаючи іонів дією NaOH чи Na_2CO_3 (осадження в формі гідроксидів чи карбонатів).

2.2. $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ – натрію гідрогентартрат (*фармакопейна*).

У пробірку поміщають 4-6 краплин розчину солі калію (KCl), додають таку ж кількість розчину $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ (чи винну кислоту в присутності ацетату натрія). Пробірку охолоджують, потирають внутрішні стінки скляною паличкою і спостерігають утворення білого кристалічного осаду:



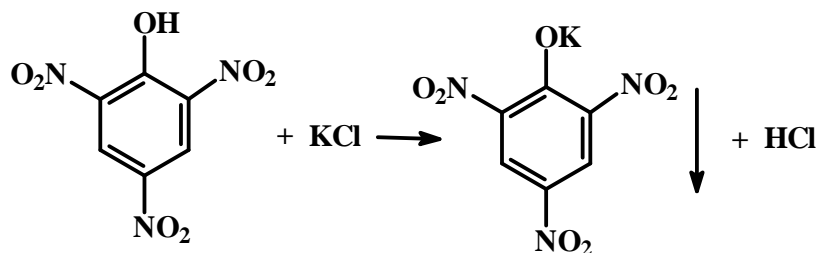
Проведенню реакції заважають NH_4^+ та катіони s^2 -, d -елементів, тому попередньо їх відділяють. Чутливість реакції становить 50 мкг.

2.3. Забарвлення полум'я (*фармакопейна*).

Кілька кристалів солі калію вносять в аналітичну частину полум'я спиртівки і фіксують зміну кольору (появу фіолетового відтінку). В присутності солей натрію фіолетовий відтінок полум'я маскується жовтим кольором, тому полум'я розглядають через синє скло (світлофільтр).

2.4. $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3(\text{OH})$ – 2,4,6-тринітрофенол (пікринова кислота).

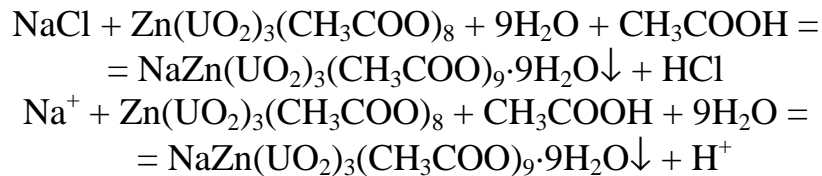
У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі калію (KCl), додають кілька краплин розчину пікринової кислоти. Спостерігають утворення кристалів жовтого кольору:



3. Реакції йонів Na^+ .

3.1. $\text{Zn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_8$ – цинку-триуранілу октаацетат (*фармакопейна*).

На предметне скло помішають 1 краплину розчину солі натрію (NaNO_3) і поряд – 1 краплину розчину $\text{Zn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_8$. Обережно змішують краплини скляною паличкою із загостреним кінцем і через 2-3 хвилини розглядають під мікроскопом форму утворених зелено-жовтих кристалів $\text{NaZn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_9 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$:



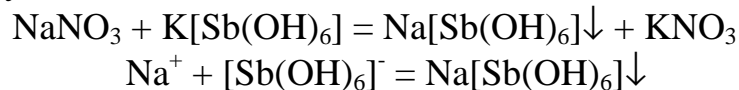
Осад володіє флуоресценцією в УФ-світлі жовто-зеленим кольором.

3.2. Забарвлення полум'я (*фармакопейна*).

Кілька кристалів солі натрію вносять за допомогою платинової дротини в аналітичну частину полум'я спиртівки і фіксують зміну кольору (появу жовтого відтінку) полум'я.

3.3. $\text{KSb}(\text{OH})_6$ – калію гексагідроксостибат (V).

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі натрію (NaNO_3) і 2-3 краплини розчину $\text{KSb}(\text{OH})_6$. Для прискорення реакції суміш охолоджують (можна під струменем води) і потирають внутрішні стінки пробірки скляною паличкою. Спостерігають випадання білого дрібнокристалічного (не аморфного!) осаду $\text{NaSb}(\text{OH})_6$

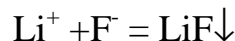


Відкриваємий мінімум – 0,8 мкг. Проведенню реакції заважають NH_4^+ , Na^+ , Mg^{2+} . Реакція більш чутливіша по відношенню до Na^+ , ніж до Li^+ і Mg^{2+} (50 мкг).

4. Реакції йонів Li^+ .

4.1. NH_4F – амонію фторид.

У пробірку поміщають 2-3 краплі розчину солі LiCl , 1 краплю концентрованого розчину $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ і 3-4 краплі розчину NH_4F . Спостерігають виділення білого осаду LiF :

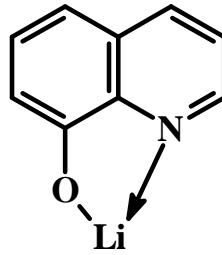


Чутливість реакції складає 50 мкг. Проведенню реакції заважають Ca^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , утворюючи осад фторидів.

4.2. 8 – оксихінолін.

Декілька кристаликів солі LiCl розчиняють в 3-5 краплях 95%-ного етилового спирту і додають 20-25 крапель суміші, що складається з 2 ч. 0,03%-ного

розчину 8-оксихіноліну, 1 ч. 0,12%-ного розчину КОН і 14 ч. 0,08%-ного розчину CH_3COOH . Спостерігають флуоресценцію розчину голубого кольору:



Реакцію можна проводити на фільтрувальному папері.

4.3. Забарвлення полум'я.

Кілька кристалів солі літію вносять за допомогою платинової дротини в аналітичну частину полум'я спиртівки і фіксують зміну кольору через синє скло.

Хід аналізу суміші катіонів першої аналітичної групи

При проведенні дробного аналізу в розчині сумішей солей, що містять катіони I аналітичної групи, попередньо визначають NH_4^+ , Li^+ і якщо вони присутні, проводять їх видалення, так як вони заважають визначенню Na^+ , K^+ .

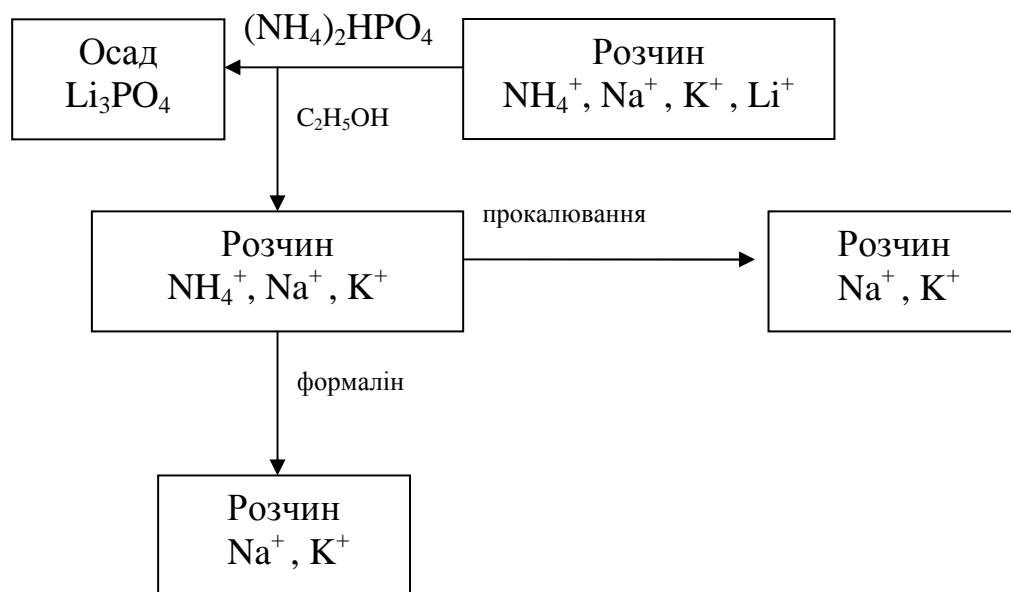
Це можна зробити двома способами.

1 спосіб. Частину досліджуваного розчину переносять у фарфоровий тигель, випарюють насухо, злегка прокалюють до повного видалення йонів NH_4^+ (реакція з реактивом Неслера). Сухий залишок розчиняють у 10-15 краплях води і виявляють йони K^+ , Na^+ , попередньо відділивши Li^+ в вигляді фосфатів.

2 спосіб. Йони NH_4^+ зв'язують з формальдегідом в органічну сполуку гексаметилентетрамін (уротропін)



До аналізуючого розчину додають рівний об'єм 40% водного розчину формальдегіду і подвійний об'єм розчину K_2CO_3 до лужної реакції за фенолфталеїном. Якщо з'являється осад, то суміш нагрівають 1-2 хв., відділяють осад центрифугуванням і відкидають. Центрифугат підкислюють розчином CH_3COOH до зникнення червоного забарвлення й припинення виділення CO_2 , після чого виявляють йони K^+ , Na^+ , попередньо відділивши Li^+ в вигляді фосфатів характерними реакціями. Схема аналізу суміші катіонів I групи приводиться нижче:

Схема систематичного аналізу суміші катіонів першої аналітичної групи

3.1.2. Катіони 2 аналітичної групи (Pb^{2+} , Ag^+ , Hg_2^{2+})

Катіони 2 аналітичної групи (Pb^{2+} , Ag^+ , Hg_2^{2+}) можна відокремити від інших катіонів дією хлоридної кислоти (груповий реагент). Хлориди катіонів 2 групи характеризуються різною розчинністю у воді (11; 0,002; 0,0002 г/л відповідно для PbCl_2 , AgCl , Hg_2Cl_2); при нагріванні до 100°C розчинність плумбуму хлориду зростає в 3 рази, а розчинність інших солей залишається практично незмінною. Цю властивість можна використати для відділення катіонів Pb^{2+} .

Аргентуму хлорид легко розчиняється навіть у розведеному розчині амоніаку на відміну від димеркурію дихлориду, який під дією амоніаку розкладається з утворенням малорозчинних меркурію амідів хлорид (білого кольору) та металічної ртуті (чорного кольору). Це дозволяє відокремити аргентум і меркурій та ідентифікувати їх.

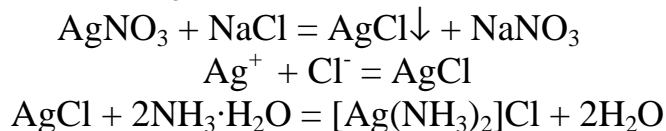
Сполуки аргентуму (протаргол, коларгол) використовують як антисептичні зв'язуючі засоби, AgNO_3 володіє припікаючими властивостями. Hg_2Cl_2 – активний антисептик та протизапальний засіб; сполуки $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ та PbO використовують як протизапальні та дезінфікуючі засоби.

Важливіші реакції виявлення.

5. Реакції йонів Ag^+

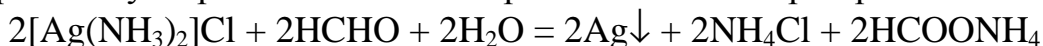
5.1. HCl - хлоридна кислота чи розчинні хлориди (NaCl , KCl) (*фармакопейна*)

В чотири пробірки поміщають по 3-4 краплі розчину солі AgNO_3 і стільки ж 2 М розчину HCl . Визначають розчинність отриманого осаду AgCl у HCl , HNO_3 і концентрованому розчині $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$:



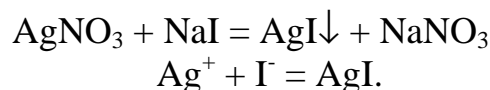
5.2. HCHO – формальдегід (аміачний розчин) (*фармакопейна*)..

У пробірку поміщають 3 - 4 краплі розчину солі AgNO_3 і додають водний розчин амоніаку до розчинення утвореного осаду. До отриманої суміші додають 2-3 краплі розчину формальдегіду і підігрівають на водяній бані. Спостерігають утворення металевого срібла на стінках пробірки:



5.3. KI або KBr – калію йодид або бромід.

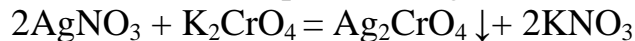
У пробірку поміщають 3 - 4 краплі розчину солі AgNO_3 і 2-3 краплі розчину KI або KBr . Спостерігають випадання жовтого осаду AgI або блідо-жовтого AgBr :



Осад нерозчинний в розчині амоній гідроксиду, кислотах, але розчинний в $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ з утворенням комплексної сполуки $\text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$.

5.4. K_2CrO_4 або $K_2Cr_2O_7$ – дикалію хромат або дикалію дихромат.

У пробірку поміщають 3 - 4 краплини розчину солі $AgNO_3$ і 2-3 краплини розчину K_2CrO_4 або $K_2Cr_2O_7$. Спостерігають утворення відповідно цеглисто-червоного осаду Ag_2CrO_4 або темно-червоного $Ag_2Cr_2O_7$:

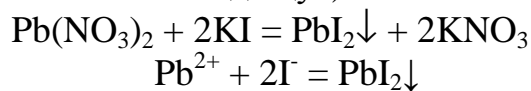


Осад розчинний в нітратній кислоті та розчині амоній гідроксиду.

6. Реакції іонів Pb^{2+} .

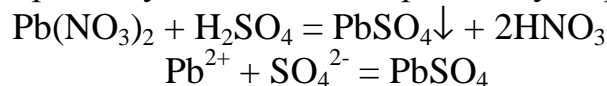
6.1. KI – калію йодид (*фармакопейна*).

У пробірку поміщають 3 - 4 краплини розчину солі плюмбуму, додають стільки ж крапель 2 М розчину KI . Спостерігають утворення жовтого осаду PbI_2 (реакція відома під назвою “золотого дощу”):



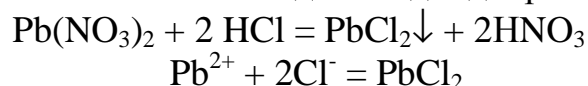
6.2. H_2SO_4 – сульфатна кислота та розчинні сульфати лужних металів.

У пробірку поміщають 3 - 4 краплини розчину солі плюмбуму, додають стільки ж крапель 2 М розчину H_2SO_4 . Спостерігають утворення осаду $PbSO_4$:



6.3. HCl - хлоридна кислота та розчинні хлориди ($NaCl$, KCl)..

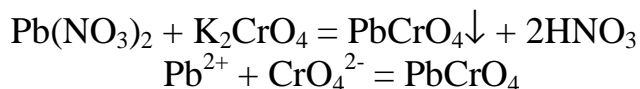
У пробірку поміщають 3 - 4 краплини розчину солі плюмбуму, додають стільки ж крапель 2 М розчину $NaCl$. Спостерігають утворення білого осаду $PbCl_2$, який погано розчиняється в холодній воді і добре – в гарячій:



Виявленню іонів Pb^{2+} заважають йони Ag^+ , Hg^{2+} .

6.4. K_2CrO_4 – дикалію хромат.

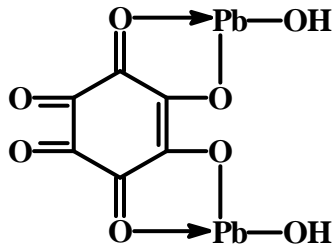
У пробірку поміщають 5 - 6 краплин розчину солі плюмбуму, додають стільки ж крапель розчину K_2CrO_4 . Спостерігають утворення жовтого осаду $PbCrO_4$, який добре розчиняється в їдких лугах (з утворенням плюмбітів), погано – в розведеній нітратній кислоті. Виявленню іонів Pb^{2+} заважають йони Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ag^+ , Hg^{2+} .



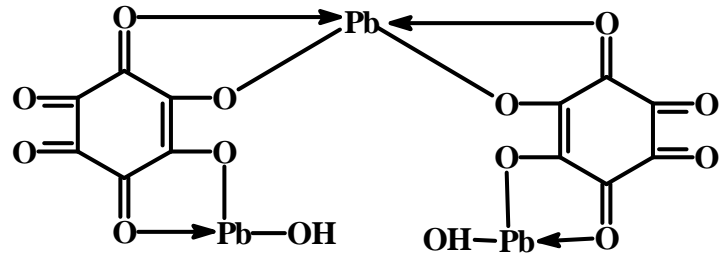
Проведенню реакції заважають Ba^{2+} , Hg^{2+} , Bi^{3+} та ін.

6.5. Родизанат натрію

Родизанат натрію на фільтрувальному папері з солями плюмбуму дає фіалково-синій комплекс, колір якого в слабо кислому середовищі при додаванні тартратного буферного розчину (рН 2,8) переходить в червоний:



Синій комплекс

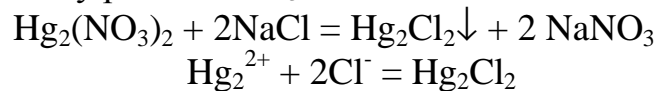


Червоний комплекс

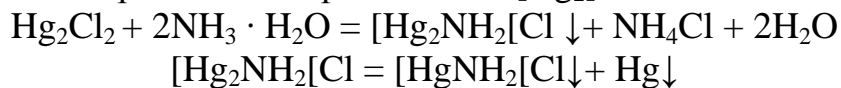
7. Реакції йонів Hg_2^{2+} .

7.1. HCl - хлоридна кислота чи розчинні хлориди (NaCl , KCl).

В чотири пробірки поміщають по 3-4 краплі розчину солі $\text{Hg}_2[\text{NO}_3]_2$ і стільки ж розчину 2 М HCl . Визначають розчинність отриманого осаду Hg_2Cl_2 у HCl , HNO_3 і концентрованому розчині $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$:

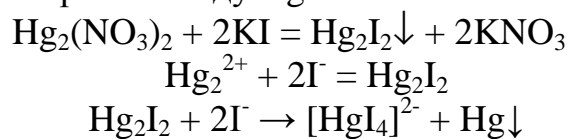


Меркурію хлорид у розведених кислотах не розчиняється, зате специфічно розчиняється в розчинах амоній гідроксиду з утворенням осаду димеркурію амід хлориду, який розкладається на малорозчинний меркурію амід хлорид білого кольору і металеву ртуть чорного кольору. Цю властивість використовують для дробного відкриття йонів $[\text{Hg}_2]^{2+}$:



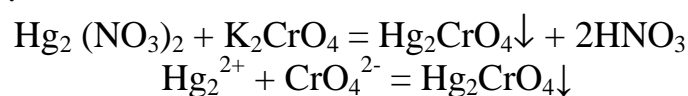
7.2. KI – калію йодид.

У пробірку поміщають 3 - 4 краплини розчину солі меркурію (I), додають одну краплю 2 М розчину KI . Спостерігають утворення зеленого осаду Hg_2I_2 , який розчиняється в надлишку KI з утворенням розчинної комплексної сполуки $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ та виділенням чорного осаду Hg :



7.3. K_2CrO_4 – дикалію хромат.

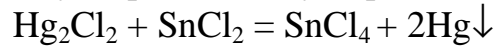
У пробірку поміщають 3-4 краплини розчину солі меркурію (I), додають 1-2 краплі розчину K_2CrO_4 . Спостерігають утворення осаду Hg_2CrO_4 цегляно-червоного кольору:



Виявленню йонів Hg_2^{2+} заважають йони Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ag^+ .

7.4. SnCl₂ – стануму(II) хлорид.

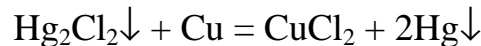
У пробірку поміщають 2-3 краплини розчину солі меркурію (I), додають 3-4 краплі розчину SnCl₂. Спостерігають утворення осаду Hg₂Cl₂, який швидко змінює свій колір внаслідок утворення осаду чорного кольору металеві ртуті:



Реакції заважають йони Hg²⁺.

7.5. Металева мідь.

На мідну пластинку наносять 1-2 краплі розчину солі меркурію (I) і краплю розчину HNO₃. Через 2-3 хвилини пластинку протирають фільтрувальним папером і фіксують колір плями на мідній пластинці. (Дослід виконується у витяжній шафі!):



Хід аналізу суміші катіонів другої аналітичної групи.

Для аналізу катіонів другої групи потрібно поступово виділити кожний катіон із суміші, бо жодним реактивом не можна виявити той чи інший катіон у присутності інших катіонів.

1. У пробірку виливають невелику кількість досліджуваного розчину, додають 2 М розчин HCl до повного осадження хлоридів. Утворений осад відділяють центрифугуванням і промивають холодною водою. Центрифугат і промивні води не використовують.

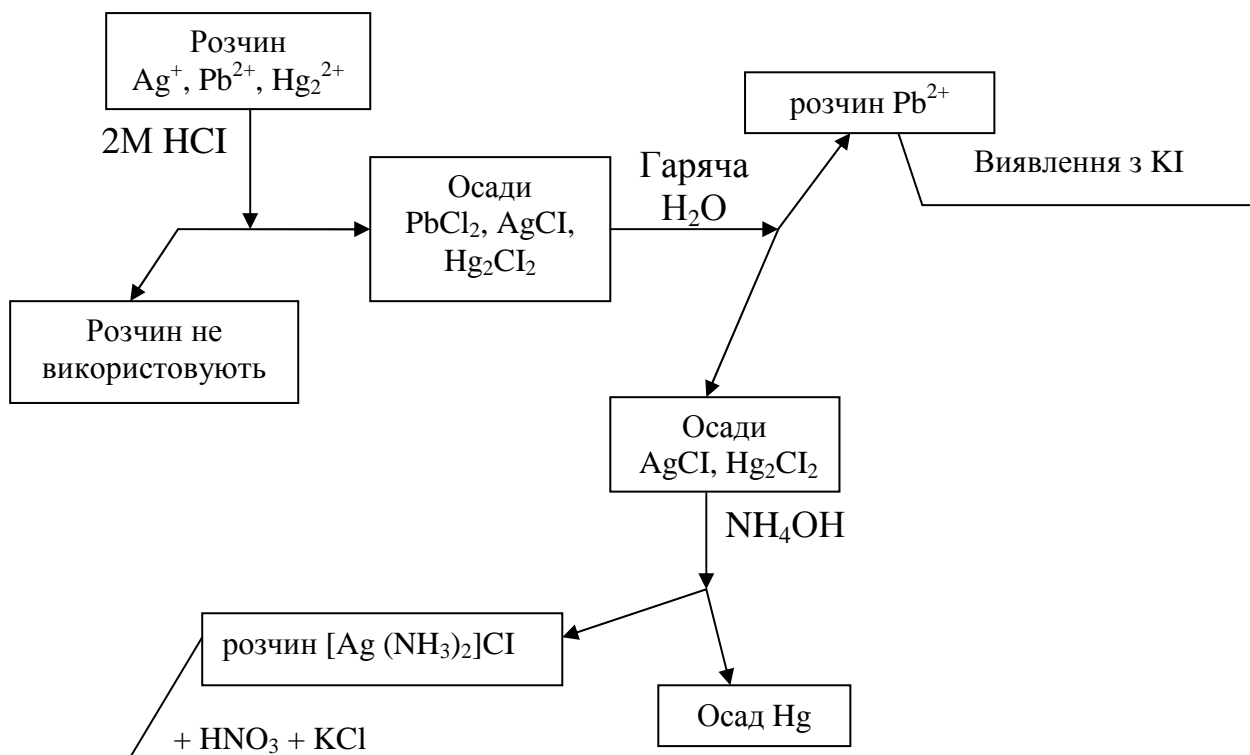
2. Промитий осад обробляють гарячою водою: плюмбуму хлорид переходить у розчин, а аргентуму і меркурію(I) хлориди залишаються в осаді, який відцентрифугують.

3. Залишок розчину після центрифугування й відділення від твердої фази може містити йони плюмбуму, присутність яких можна виявити відповідними характерними реакціями.

4. В осаді виявляють катіони Ag⁺, Hg₂²⁺. Для цього до осаду вливають краплями розчин амоніаку. Якщо присутні катіони Hg₂²⁺, осад почорніє. Аргентуму хлорид під дією амоніаку переходить у розчин у вигляді комплексного аміакату [Ag(NH₃)₂]Cl, а сіль [HgNH₂]Cl і вільна ртуть залишаються в осаді. Осад відокремлюють.

5. Центрифугат розділяють на дві пробірки, до однієї добавляють калій йодид, а до другої – нітратну кислоту. При наявності йонів Ag⁺ у першій пробірці випадає блідо-жовтий осад аргентум йодиду AgI, у другій – білий осад аргентум хлориду AgCl. Схему аналізу суміші катіонів 2 аналітичної групи приводимо нижче.

Схема аналізу суміші катіонів 2 аналітичної групи



3.1.3. Катіони 3 аналітичної групи (Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+}).

Груповим реагентом на катіони 3 аналітичної групи є розведена сульфатна кислота, яка утворює з ними осаді білого кольору. Найбільш розчинним є кальцію сульфат, найменш розчинний – барію сульфат.

До групових реагентів на катіони 3 аналітичної групи можна віднести і розчин амонію (натрію) карбонату, який осаджує катіони з нейтральних розчинів у вигляді білих осадів.

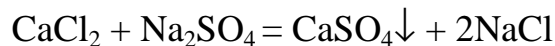
Хлорид кальцію $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, глюконат кальцію $\text{Ca}(\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_7)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, лактат кальцію $\text{Ca}(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ є регуляторами обміну кальція, володіють протиалергічними, кровоспинюючими та протизапальними властивостями. CaCO_3 використовують при підвищеній кислотності шлункового соку.

Важливіші реакції виявлення.

8. Реакції йонів Ca^{2+}

8.1. H_2SO_4 – сульфатна кислота чи розчинні сульфати (Na_2SO_4) (*фармакопейна*).

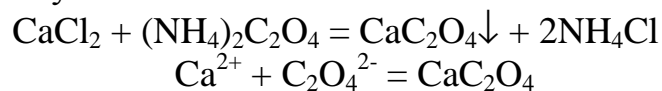
У пробірку поміщають 3 - 4 краплини розчину солі кальцію. Додають 2-3 краплі 2 М розчину Na_2SO_4 та 3-4 краплі розчину $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Спостерігають утворення осаду CaSO_4 . Реакцію можна провести мікрокристалоскопічним способом, спостерігаючи під мікроскопом утворення кристалів гіпсу $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, які мають форму голок:



Для збільшення повноти осадження до реакційної суміші додають рівну кількість етилового спирту.

8.2. $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ – діамонію оксалат (*фармакопейна*).

У пробірку поміщають 3-4 краплини розчину солі CaCl_2 , додають стільки ж краплин розчину $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$. Спостерігають утворення білого кристалічного осаду кальцію оксалату:



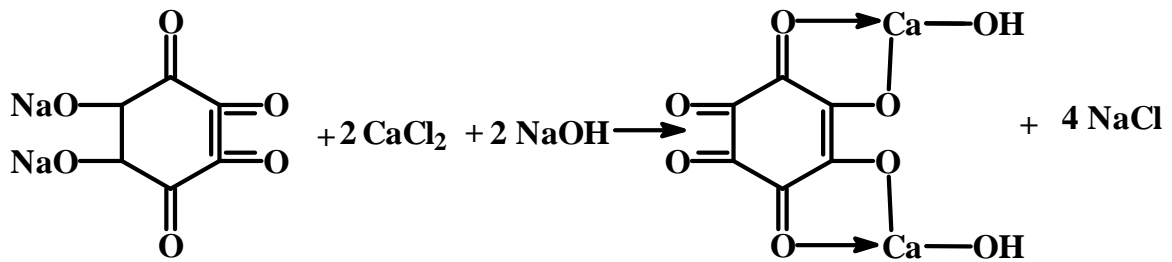
Проведенню реакції заважають Sr^{2+} , Ba^{2+} та сильні окисники (типу KMnO_4).

8.3. Забарвлення полум'я (*фармакопейна*).

Кілька кристалів солі кальцію вносять за допомогою платинової дротини в аналітичну частину полум'я спиртівки і фіксують зміну кольору (поява цегляно-червоного кольору).

8.4. Натрію родизанат

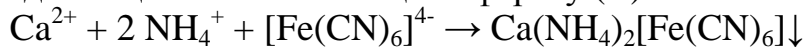
У пробірку поміщають 3-4 краплини розчину солі CaCl_2 , додають декілька крапель NaOH і стільки ж краплин розчину натрію родизанату. Спостерігають утворення фіалкового осаду кальцію родизанату:



Чутливість реакції 1 мкг. Даною реакцією Ca²⁺ може бути визначеним в присутності Sr²⁺, Ba²⁺, які не вступають в реакцію з натрій родизанатом в кислому середовищі.

8.5. K₄[Fe(CN)₆] - калію гексаціаноферат (II).

Калію гексаціаноферат (II) осаджує в присутності амоній гідроксиду та NH₄Cl з концентрованих розчинів або в присутності етилового спирту білий осад кальцій-амоній гексаціаноферату (II):

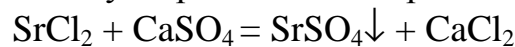


Реакцію проводять при кип'ятінні. Чутливість реакції складає 25 мкг.

9. Реакції йонів Sr²⁺.

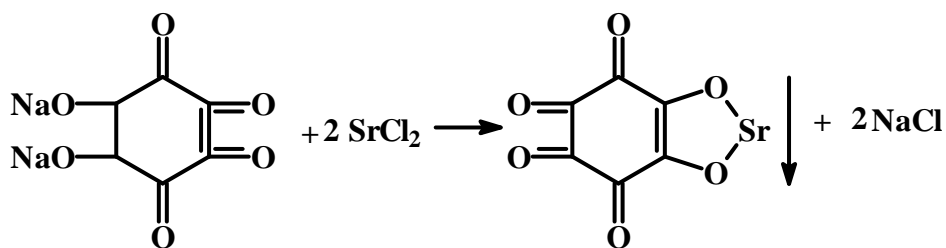
9.1. CaSO₄ - кальцію сульфат.

До 4-5 краплин розчину солі стронцію додають стільки ж насиченого розчину CaSO₄. Спостерігають утворення білого кристалічного осаду:



9.2. C₆O₆Na₂ - натрію родизонат.

На фільтрувальний папір наносять 1 краплю солі стронцію й краплю розчину натрій родизонату. З'являється червоно-буре забарвлення стронцію родизонату, яке зникає при додаванні 1 краплі 2 М розчину HCl:



Чутливість реакції складає 7 мкг.

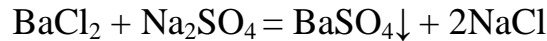
9.3. Забарвлення полум'я.

Кілька кристалів солі стронцію вносять за допомогою платинової дротини в аналітичну частину полум'я спиртівки і фіксують зміну кольору (поява карміново-червоного кольору).

10. Реакції йонів Ba²⁺.

10.1. H₂SO₄ – сульфатна кислота чи розчинні сульфати (*фармакопейна*).

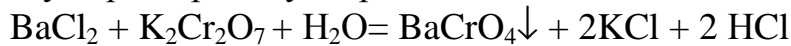
До 4-5 краплин розчину солі барію додають 1 краплю розчину KMnO_4 , 4-5 краплин розчину Na_2SO_4 і прибавляють H_2O_2 і HCl до знебарвлення розчину над осадом. Фіксують зміну кольору та характер осаду:



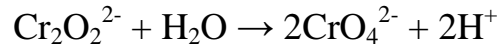
Чутливість реакції складає 5 мкг.

10.2. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – дикалій дихромат.

До 4-5 краплин розчину солі барію додають 3-4 краплини розчину CH_3COONa і 3-4 краплі розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Спостерігають утворення жовтого осаду барію хромату, нерозчинного в ацетатній кислоті:



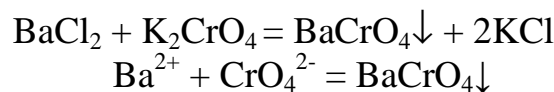
Утворення осаду BaCrO_4 пояснюється існуванням рівноваги між дихромат- та хромат-іонами:



Реакція з $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в присутності ацетатної кислоти специфічна для Ba^{2+} і дозволяє визначати Ba^{2+} в присутності Sr^{2+} , Ca^{2+} .

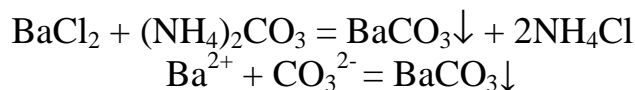
10.3. K_2CrO_4 – дикалію хромат.

До 4-5 краплин розчину солі барію додають 3-4 краплини розчину CH_3COONa і 3-4 краплі розчину K_2CrO_4 . Спостерігають утворення жовтого осаду барію хромату.



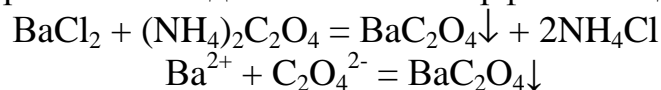
10.4. $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ – амонію (натрію) карбонат.

До 4-5 краплин розчину солі барію додають 3-4 краплини розчину $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. З нейтральних або лужних розчинів солей барію випадає білий аморфний осад барій карбонату:



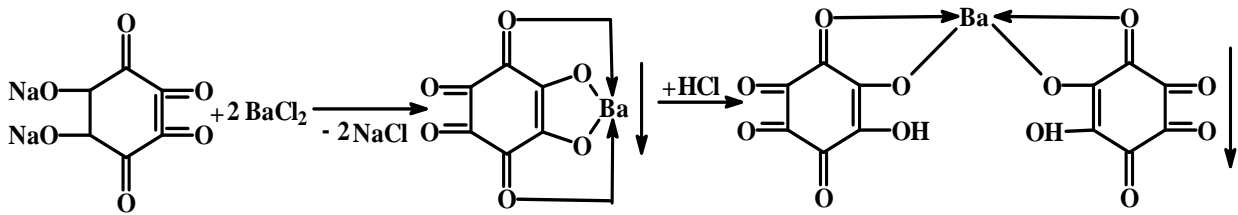
10.5. $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ – діамонію оксалат.

До 4-5 краплин розчину солі барію додають 3-4 краплини розчину $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$. Спостерігають випадання білого аморфного осаду барію оксалату:



10.6. $C_6O_6Na_2$ - натрію родизонат.

На фільтрувальний папір наносять 1 краплю солі барію й краплю розчину натрій родизонату. З'являється червоно-буре забарвлення барій родизонату:



Чутливість реакції складає 0,25 мкг.

10.7. Забарвлення полум'я.

Кілька кристалів солі барію вносять за допомогою платинової дротини в аналітичну частину полум'я спиртівки. Леткі солі барію забарвлюють безбарвне полум'я в жовто-зелений колір.

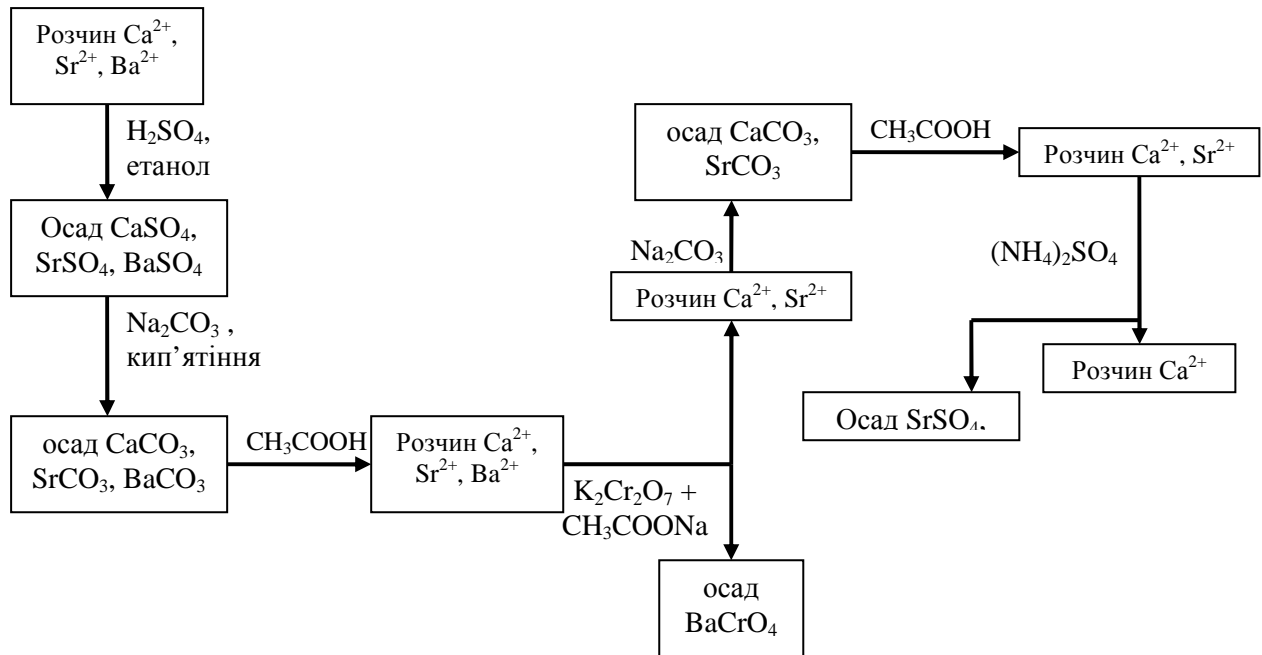
Хід аналізу суміші катіонів третьої аналітичної групи.

У досліджуваному розчині катіони Ba^{2+} відокремлюють від катіонів Sr^{2+} і Ca^{2+} , додаючи ацетатну кислоту й розчин дикалію хромату. При цьому катіони Ba^{2+} переходять в осад $BaCrO_4$, а катіони Sr^{2+} , Ca^{2+} залишаються в розчині. Осад фільтрують і перевіряють повноту осадження катіонів Ba^{2+} . Фільтрат ділять на дві частини.

До однієї частини фільтрату додають гіпсову воду (насичений водний розчин гіпсу $CaSO_4 \cdot 2H_2O$) і нагрівають суміш на водяній бані 7-10 хв.; якщо випадає осад, то це означає, що в розчині присутні катіони Sr^{2+} .

До іншої частини фільтрату додають Na_2CO_3 і відокремлюють осад $CaCO_3$, $SrCO_3$, які промивають дистильованою водою і розчиняють в ацетатній кислоті. До розчину добавляють $(NH_4)_2SO_4$, катіони Sr^{2+} переходять в осад у вигляді $SrSO_4$, а катіони Ca^{2+} залишаються в розчині. Фільтрат розділяють на дві частини, до однієї добавляють $(NH_4)_2C_2O_4$, а до другої – калій гексаціаноферат (II). Поява осаду свідчить про наявність у розчині йонів Ca^{2+} .
Схема аналізу суміші катіонів 3 аналітичної групи приводиться нижче.

Схема аналізу суміші катіонів 3 аналітичної групи



3.1.4. Катіони 4 аналітичної групи (Zn^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , As^{3+} , As^{5+} , Sn^{2+}).

До четвертої аналітичної групи відносять катіони, здатні утворювати амфотерні гідроксиди. Для виявлення і розділення катіонів цієї групи широко використовують реакції утворення і розчинення осадів, одержання комплексних сполук, окиснення та відновлення.

Взаємодія катіонів четвертої аналітичної групи з надлишком лугу (NaOH чи KOH) є груповими реакціями. Катіони 4 групи осаджуються з розчинів натрію гідроксидом, осад розчиняється в надлишку реактиву. При дії NaOH утворюються осад гідроксидів катіонів 4 групи: зелений $Cr(OH)_3$, білі $Al(OH)_3$, $Zn(OH)_2$, $Sn(OH)_2$, $H_2[Sn(OH)_6]$, які володіють амфотерними властивостями та розчиняються в надлишку NaOH, утворюючи солі відповідних кислот: $NaAlO_2$, $NaCrO_2$, Na_2ZnO_2 , Na_2SnO_2 , $Na_2[Sn(OH)_6]$.

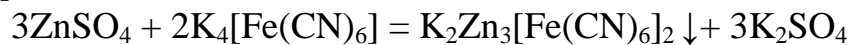
Лікарськими препаратами є наступні солі: $ZnSO_4$ (використовується в розчинах як антисептичний засіб), ZnO (володіє висушувачими та дезінфікуючими властивостями), $Al(OH)_3$ (застосовують при підвищенні кислотності шлункового соку), $KAl(SO_4)_2 \cdot 12$ (застосовують під час запальних захворювань слизових оболонок та шкіри).

Важливіші реакції виявлення.

11. Реакції йонів Zn^{2+} .

11.1. $K_4[Fe(CN)_6]$ – калію гексаціаноферат(II) (*фармакопейна*).

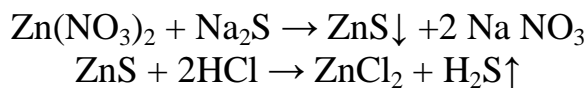
У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі цинку, додають стільки ж краплин розчину $K_4[Fe(CN)_6]$. Спостерігають утворення білого осаду $K_2Zn_3[Fe(CN)_6]_2$:



Дана реакція дозволяє відрізнити Zn^{2+} від Al^{3+} .

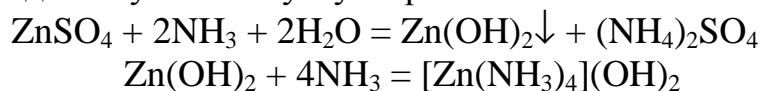
11.2. Натрію сульфід (*фармакопейна*).

У пробірку поміщають 3-4 краплини розчину солі цинку, додають стільки ж краплин розчину натрій сульфід. Спостерігають утворення білого кристалічного осаду ZnS :



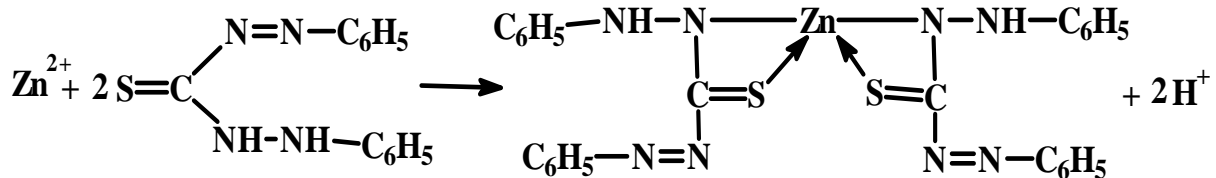
11.3. $NH_3 \cdot H_2O$ – розчин амоніаку.

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі цинку, додають 5-6 краплин розчину $NH_3 \cdot H_2O$. Спостерігають утворення білого осаду цинк гідроксиду, який розчиняється в надлишку амоніаку з утворенням комплексної сполуки:



11.4. Дитизон (дифенілтіокарбазон).

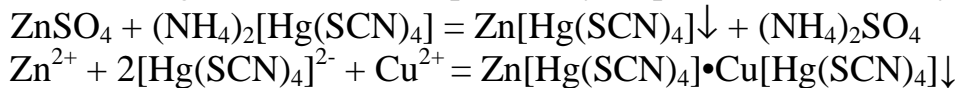
У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі цинку, додають суміш рівних об'ємів розчину ацетатної кислоти й розчину натрій ацетату і 2-4 мл розчиненого в CHCl_3 дитизону. Спостерігають утворення комплексної сполуки червоного кольору, яка добре розчиняється в хлороформі, бензені та інших органічних розчинниках:



Чутливість реакції складає 0,025 мкг.

11.5. $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$ - амонію тетраціанатомеркурат (II).

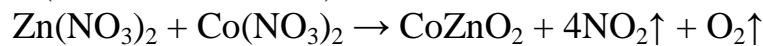
У пробірку поміщають 4-5 крапель розчину солі цинку, додають 2-3 краплі розчину солі $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$ і спостерігають утворення білого осаду:



Реакції заважають йони Co^{2+} та Cu^{2+} . В присутності Cu^{2+} в кислому середовищі утворюється осад оливковозеленого кольору, а присутності Co^{2+} - темно-синього.

11.6. Кобальту нітрат (утворення «зелені Рінмана»)

Після спалювання клаптика фільтрувального паперу змоченого розчином солі цинку та кобальту нітрату одержується зола, забарвлена в зелений колір цинкатором кобальта («зелені Рінмана»):

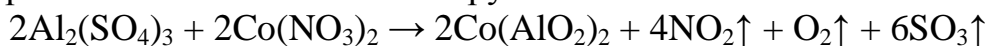


12. Реакції йонів Al^{3+} .

12.1. Кобальту нітрат (фармакопейна).

Нітрат кобальту при прокалюванні з солями алюмінію утворює алюмінат кобальту синього кольору («тенарова синь»).

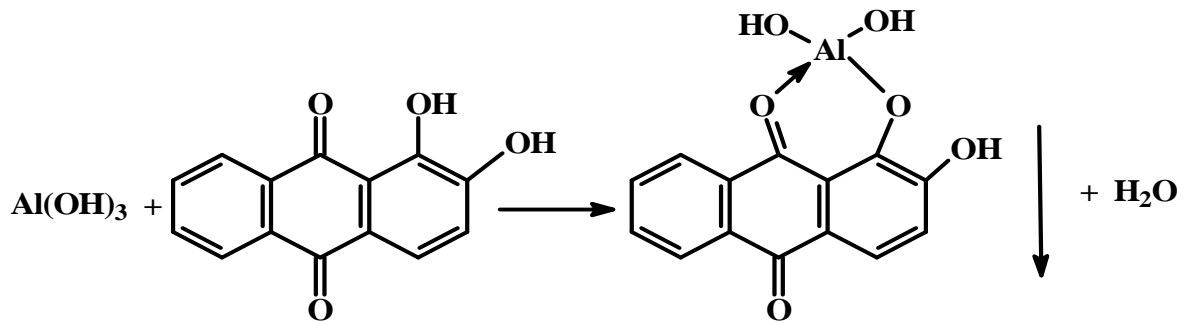
Для проведення реакції використовують розбавлені розчини солей кобальту. Реакцію проводять в тиглі чи на платиновій петлі, прокалюючи сіль алюмінію змочену розчином кобальта, чи на фільтрувальному папері, після спалювання якого утворюється попел синього кольору:



12.2. Алізариновий червоний S (1,2 - диоксіантрахінон).

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі алюмінію, додають розчин натрій гідроксид до сильно лужної реакції. Якщо випадає осад, його відокремлюють і до прозорого розчину додають 1-2 краплі розчину алізарину. Спочатку з'являється фіолетове забарвлення, потім додають краплями розчин

ацетатної кислоти до зникнення фіолетового забарвлення. У присутності йонів алюмінію розчин забарвлюється в червоний колір (алюмінієвий лак):



Осад дає яскраву люмінесценцію жовтого кольору. Реакцію з алізарином дають багато інших катіонів, тому її доцільно проводити крапельним методом в присутності $\text{K}_4[\text{Fe(CN)}_6]$. Заважаючі катіони при цьому зв'язуються в малорозчинні гексаціаноферати та при промиванні плями водою залишаються по-центру, на відміну від Al^{3+} - іонів, які переміщуються по периферії плями.

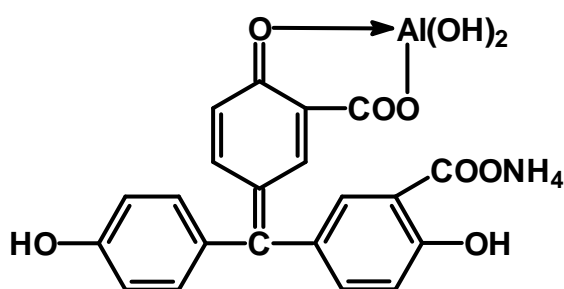
При подальшій обробці плями парами амоніаку та розчину алізарину на периферії плями утворюється рожеве забарвлення алізаріната алюмінію на фоні фіалкового забарвлення алізарину. Фіалкове забарвлення зникає при висушуванні паперу, забарвлення алюмінієвого лаку залишається. Чутливість реакції складає 0,5 мкг.

12.3. Утворення алюмінієвих лаків.

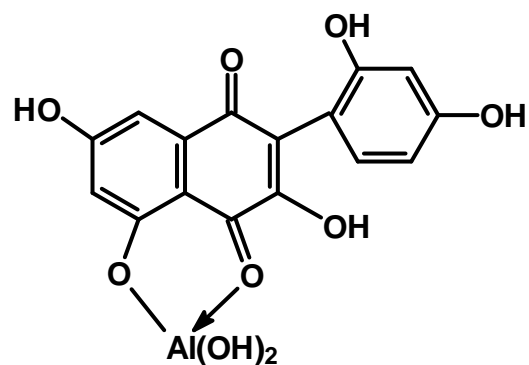
Алюмінієві лаки утворюють багато реагентів, що містять карбонільну та гідроксильну групи в зручному для комплексоутворення положенні. Al^{3+} можна визначити за допомогою реакції з алюміноном чи морином (в ацетатному середовищі).

У пробірку поміщають 3-4 краплі розчину солі алюмінію, додають 2-3 краплі розчину ацетатної кислоти і 3-5 крапель розчину алюмінону. Нагрівають суміш на водяній бані, перемішують, додають розчин амоніаку до лужної реакції (проба на лакмус) і 2-3 краплі амоній карбонату.

У присутності йонів алюмінію, залежно від концентрації, розчин забарвлюється в червоний колір або випадає червоний осад. Дану реакцію можна проводити і на фільтрувальному папері:



Алюміноновий лак, червоний осад

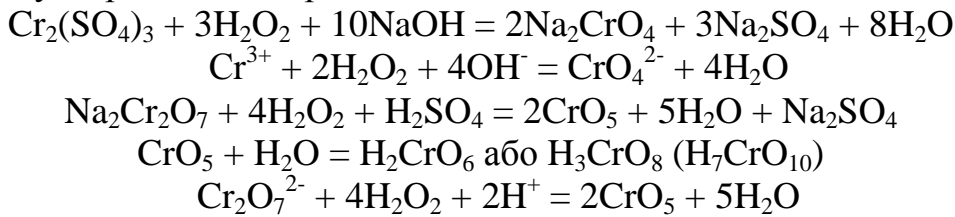


Мориновий лак, зелена флуорисценція

13. Реакції йонів Cr^{3+} .

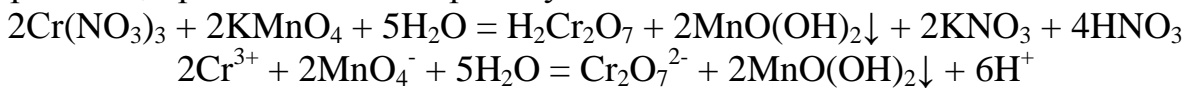
13.1. H_2O_2 – окислення гідроген пероксидом .

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі хрому, додають розчин лугу (до розчинення осаду $\text{Cr}(\text{OH})_3$), 5-7 краплин 3% розчину H_2O_2 . Отриману суміш нагрівають і спостерігають утворення CrO_4^{2-} жовтого кольору. Вміст пробірки охолоджують і додають розведену H_2SO_4 до переходу жовтого забарвлення в оранжеве. У другій пробірці готують суміш із рівних невеликих об'ємів розведеного розчину H_2SO_4 , органічного розчинника (амілового спирту) і 3% розчину H_2O_2 . До отриманої суміші приливають розчин оранжевого кольору з першої пробірки і спостерігають синє забарвлення органічного шару, обумовлене утворенням надхромової кислоти.



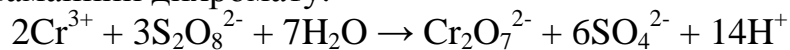
13.2. KMnO_4 – калію перманганат.

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі хрому, додають 3-4 краплі 2 М розчину H_2SO_4 , 3-4 краплі розчину калію тетраоксоманганату, суміш нагрівають. Спостерігають обезбарвлення перманганату, та появу оранжевого забарвлення, притаманного дихромату:



13.3. Діамонію персульфат $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$

У пробірку поміщають 3-4 краплини розчину солі Cr^{3+} , додають стільки ж краплин розчину $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$. Спостерігають зміну забарвлення з зеленого в оранжевий, притаманний дихромату.

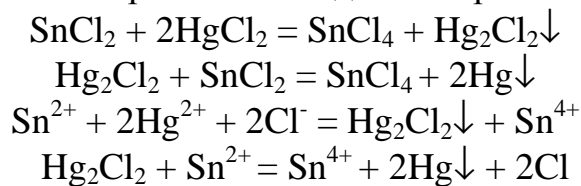


Реакція проходить в присутності каталізатора AgNO_3

14. Реакції йонів Sn^{2+} .

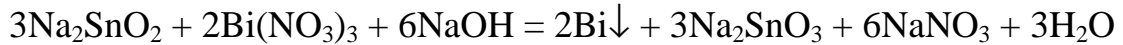
14.1. HgCl_2 – меркурію (II) хлорид.

У пробірку поміщають 4-5 краплини розчину солі стануму(II), додають 1-2 краплі розчину HgCl_2 . Спостерігають випадання чорного осаду Hg :



14.2. $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ – бісмуту(III) нітрат.

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі стануму(II), приливають надлишок NaOH і додають 1-2 краплі розчину $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$. Спостерігають випадання чорного осаду Bi:

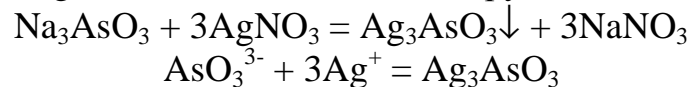


15. Реакції йонів As^{3+} та As^{5+} (Солі арсену отруйні!!!)

В залежності від рН середовища арсен (III) та арсен (V) може знаходитись в розчинах в різних формах, передусім внаслідок виражених амфотерних властивостей. У розчинах, що володіють сильно кислими властивостями, арсен (III) та арсен (V) існують в основному в виді As^{3+} чи As^{5+} , в слабо кислому середовищі – у вигляді аніонів AsO_2^- чи AsO_3^- , в лужному середовищі утворюються солі арсенітної H_3AsO_4 (арсеніти) чи арсенатної H_3AsO_4 (арсенати) кислот. Тому визначення арсену в вигляді катіонів проводять в сильнокислому середовищі, в формі аніонів – в слабо кислому, нейтральному чи лужному середовищах.

15.1. AgNO_3 – аргентуму нітрат (фармакопейна).

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі Na_3AsO_3 (Na_3AsO_4), додають 2-3 краплі розчину AgNO_3 . Спостерігають випадання осаду Ag_3AsO_3 жовтого кольору чи Ag_3AsO_4 шоколадного кольору:



15.2. Реакція з сульфідами (фармакопейна).

Сульфіди в сильно кислому середовищі утворюють з солями арсену осади As_2S_3 чи As_2S_5 жовтого кольору:

Осад As_2S_5 розчинний в надлишку сульфідів чи полісульфідів.

15.3. Магnezіальна суміш ($\text{MgSO}_4 + \text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$) (фармакопейна).

Магnezіальна суміш утворює в розчинах з арсеніт-іонами білий кристалічний осад магнію-амонію арсенату:



Хід аналізу суміші катіонів 4 аналітичної групи.

Хід аналізу катіонів четвертої групи складається з трьох стадій:

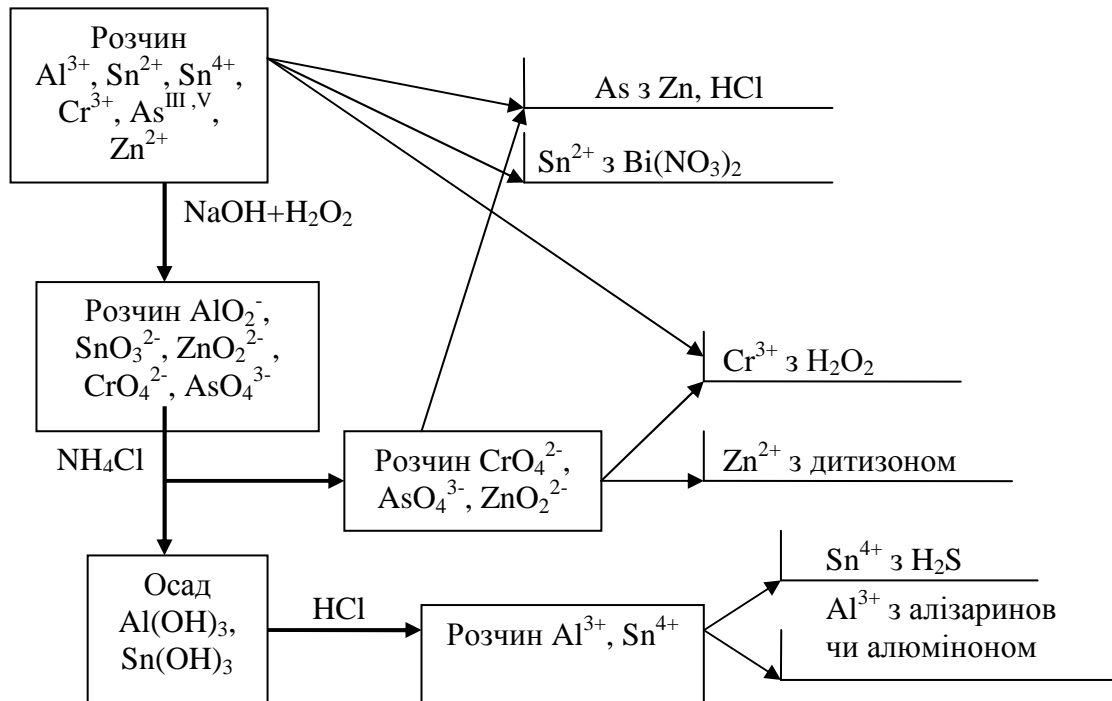
- 1) виявлення та відокремлення катіонів Al^{3+} , $\text{Sn}(\text{IV})$;
- 2) виявлення та відокремлення катіонів цинку;
- 3) виявлення та відокремлення катіонів Cr^{3+} і As^{3+} .

До досліджуваного розчину (об'ємом близько 1 мл) додають 1 мл розчину амоніаку і стільки ж гідроген пероксиду. Суміш нагрівають на водяній бані. Утворений осад алюміній та стануму (IV) гідроксидів відокремлюють центрифугуванням. Осад розчиняють у хлоридній кислоті, розділяють на дві частини і характерними реакціями виявляють йони алюмінію і стануму.

Центрифугат, який може містити йони CrO_4^{2-} , AsO_4^{3-} , $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ нейтралізують ацетатною кислотою, 2-3 хв. нагрівають на водяній бані і додають розчин натрій карбонату для осадження цинку. Осад основної солі $\text{Zn}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ відокремлюють і розчиняють у невеликій кількості ацетатної кислоти. Виявляють Zn^{2+} у добутому розчині за допомогою дитизону або $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$.

Фільтрат після відокремлення основної солі $\text{Zn}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ може містити хромат- і арсенат-аніони. Хромат-аніони виявляють реакцією утворення надхромової кислоти H_2CrO_6 , арсенат-аніон – відновленням до AsH_3 . Схему аналізу катіонів 4 групи приведено нижче:

Схема аналізу катіонів 4 аналітичної групи



3.1.5. Катіони 5 аналітичної групи (Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Sb^{3+} , Sb^{5+} , Bi^{3+}).

Катіони 5 аналітичної групи утворюють атоми Mg, Mn, Fe, Sb, Bi. Для них властиві змінні ступінь окиснення і заряд йонів (за винятком Mg^{2+}), реакції окиснення-відновлення, здатність утворювати комплексні сполуки.

Катіони 5 аналітичної групи взаємодіють з лугами з утворенням гідроксидів, мало розчинних у воді та надлишку лугу, але добре розчинних у мінеральних кислотах (окрім свіжо осадженого стибію гідроксиду, що розчиняється і в надлишку лугу).

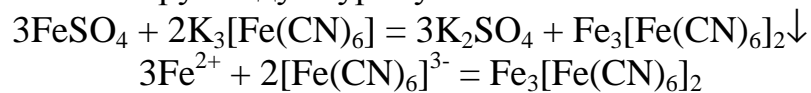
Для лікування захворювань крові використовують ферум (II) сульфат $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$, $(CH_3CH(OH)COO)_2Fe \cdot 3 H_2O$ або аскорбінат $(C_6H_8O_6 \cdot FeO) \cdot FeSO_4 \cdot 4H_2O$ та інші. Сполуки Mn(II) використовуються у медичній практиці при різних захворюваннях: у комплексі з полівітамінами при невритах, із сполуками кобальту та купруму при захворюванні кровотворних організмів. Манган (II) сульфат і хлорид входять до складу полівітамінів як мінеральні добавки. KMO_4 використовують як антисептичний засіб.

Важливіші реакції виявлення.

16. Реакції йонів Fe^{2+} .

16.1. $K_3[Fe(CN)_6]$ – (червона кров'яна сіль), калію гексаціаноферат (III) (*фармакопейна*).

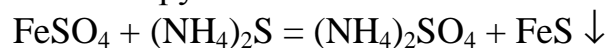
У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі феруму (II), додають стільки ж дистильованої води і 3-4 краплі розчину $K_3[Fe(CN)_6]$. Спостерігають утворення синього кольору осаду “турнбулевої сині”:



Чутливість реакції складає 0,05 мкг.

16.2. Амонію сульфід $((NH_4)_2S)$ (*фармакопейна*).

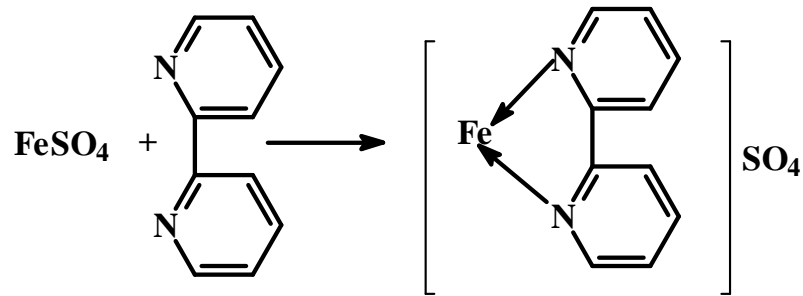
У пробірку поміщають 4-5 краплини розчину солі феруму (II), додають стільки ж дистильованої води і 3-4 краплі розчину $(NH_4)_2S$. Спостерігають утворення осаду чорного кольору:



Осад розчинний в мінеральних кислотах.

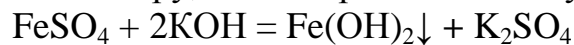
16.3. *o*-фенантролін.

На смужку фільтрувального паперу поміщають краплю розчину солі феруму (II), додають 2 краплі 0,2 М розчину хлоридної кислоти й краплю розчину фенантроліну. У присутності Fe^{2+} утворюється темно-червона пляма:



16.4. Гідрооксиди лужних металів (KOH, NaOH).

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі феруму (II), додають стільки ж дистильованої води і 3-4 краплі розчину лугу. Спостерігають утворення осаду зеленого кольору, який не розчинний в лугах:



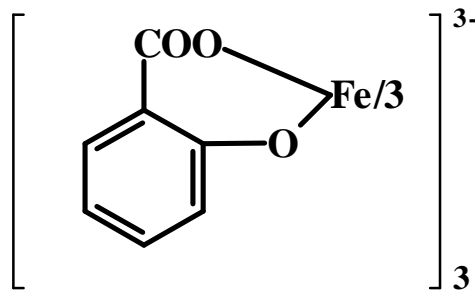
Осад буріє на по повітрі внаслідок окиснення киснем повітря до $\text{Fe}(\text{OH})_3$:



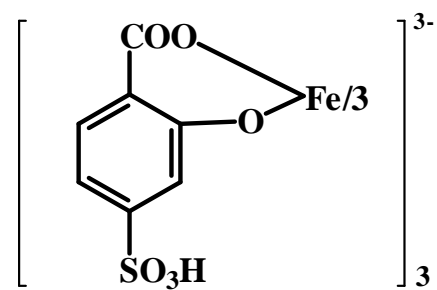
17. Реакції йонів Fe^{3+} .

17.1. Сульфосаліцилова та саліцилова кислоти (фармакопейна).

Сульфосаліцилова (в кислому середовищі) та саліцилова (в присутності амоніаку) кислоти використовуються для визначення феруму (III) внаслідок утворення комплексів червоно-фіалкового чи жовтого кольору відповідно:



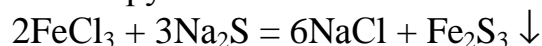
Саліцилат феруму



Сульфосаліцилат феруму

17.2. Натрію сульфід (Na_2S) (фармакопейна).

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі феруму (III), додають стільки ж дистильованої води і 3-4 краплі розчину Na_2S . Спостерігають утворення осаду чорного кольору:

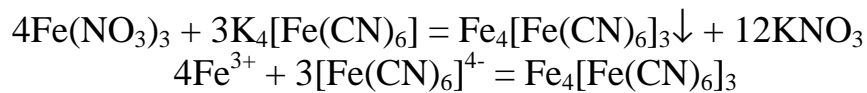


Осад розчинний в мінеральних кислотах. Осадження проводять в нейтральних та слабокислих середовищах.

17.3. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – (жовта кров'яна сіль), калію гексаціаноферат (II).

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі феруму (III), додають стільки ж дистильованої води, 5-6 крапель розчину HCl і 3-4 краплі розчину

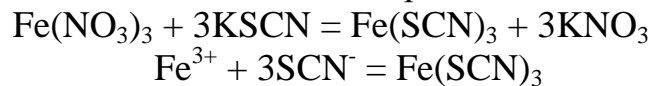
$K_4[Fe(CN)_6]$. Спостерігають утворення синього кольору осаду “берлінської блакиті”:



Реакція високоселективна. Виявленню феруму заважають лише окисники, які окислюють реактив.

17.4. $KSCN$ або NH_4SCN - калію або амонію тіоціанат.

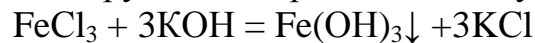
На смужку фільтрувального паперу поміщають краплю солі феруму (III), краплю розведеного розчину HCl і 2-3 краплі розчину калію або амонію тіоціанату. У присутності Fe^{3+} з’являється червона пляма:



Чутливість реакції складає 0,25 мкг. Проведенню реакції заважають аніони оксиген-вмісних кислот, фториди.

17.5. Гідрооксиди лужних металів (KOH , $NaOH$).

У пробірку поміщають 4-5 краплі розчину солі феруму (III), додають стільки ж дистильованої води і 3-4 краплі розчину лугу. Спостерігають утворення осаду бурого кольору, який не розчинний в лугах:

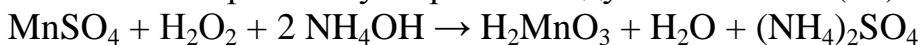


18. Реакції йонів Mn^{2+} .

При дії окисників Mn^{2+} окислюється до аніона MnO_4^- , що має характерне малинове забарвлення. Для окиснення Mn^{2+} використовують наступні реагенти.

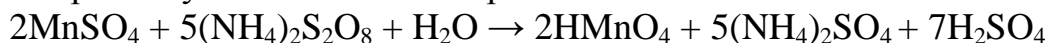
18.1. H_2O_2 – окислення гідроген пероксидом

У пробірку поміщають 1-2 краплі розчину солі мангану (II), додають 4-5 краплі 2 М розчину NH_4OH , 5-7 краплі 3% розчину H_2O_2 і нагрівають до кипіння. Спостерігають утворення осаду манганатної (IV) кислоти:



18.2. Діамонію персульфат $(NH_4)_2S_2O_8$

У пробірку поміщають 1-2 краплі розчину солі мангану (II), додають 4-5 краплі розчину HNO_3 , перемішують, присипають невелику кількість $(NH_4)_2S_2O_8$ (декілька кристаликів) і нагрівають до кипіння. Спостерігають забарвлення розчину в малиновий колір:



Реакцію проводять при нагріванні в присутності каталізатора $AgNO_3$, який перешкоджає перетворенню $MnSO_4$ в бурій осад H_2MnO_3 .

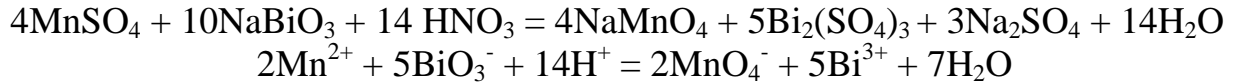
18.3. Плюмбуму діоксид (PbO_2)

У пробірку поміщають 1-2 краплі розчину солі мангану (II), додають 4-5 краплі розчину HNO_3 , перемішують, присипають невелику кількість PbO_2 і нагрівають до кипіння. Спостерігають забарвлення розчину в малиновий колір:



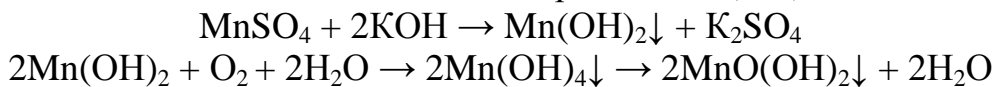
18.4. NaBiO_3 – окислення натрію бісмутатом.

У пробірку поміщають 1-2 краплини розчину солі марганцю, додають 4-5 краплин розчину HNO_3 , перемішують і присипають невелику кількість NaBiO_3 (декілька кристаликів). Спостерігають появу рожевого відтінку характерного для перманганат-іона.



18.5. Гідрооксиди лужних металів (KOH , NaOH).

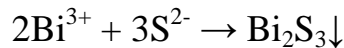
У пробірку поміщають 1-2 краплини розчину солі мангану (II), додають 4-5 краплин розчину KOH . Спостерігають появу білого осаду $\text{Mn}(\text{OH})_2$, який буріє на повітрі внаслідок окиснення киснем повітря до $\text{MnO}(\text{OH})_2$:



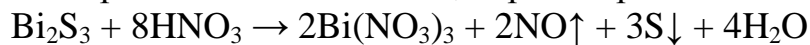
19. Реакції йонів Bi^{3+} .

19.1. Натрію сульфід (Na_2S) (фармакопейна).

Натрію сульфід в кислому середовищі дає з солями бісмута (III) коричнево-чорний осад Bi_2S_3 :

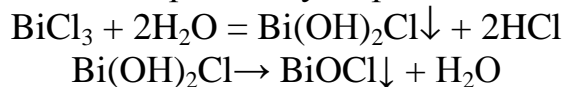


Осад не розчинний розбавлених кислотах, окрім нітратної:



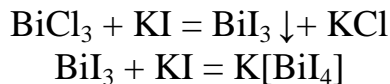
19.2. H_2O (гідроліз солей бісмуту(III)).

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі бісмуту(III) і приливають 8-10 мл дистильованої води. Спостерігають утворення білого осаду.



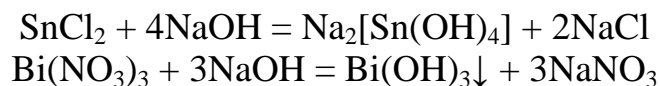
19.3. KI - калію йодид.

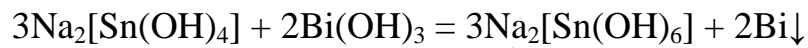
На смужку фільтрувального паперу поміщають краплю солі бісмуту, додають краплю розчину KI і спостерігають утворення чорної зони, що відповідає сполуці BiI_3 , а також жовтого кільця (комплекс $\text{K}[\text{BiI}_4]$):



19.4. SnCl_2 – відновлення стануму(II) хлоридом.

У пробірку поміщають 2-3 краплі розчину стануму(II) хлориду, краплями додають міцний розчин натрію гідроксиду, поки осад, що утворився, повністю розчиниться в надлишку лугу. До одержаного розчину додають 1-2 краплі розчину солей бісмуту(III). Спостерігають утворення чорного кольору осаду металічного бісмуту:



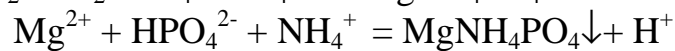
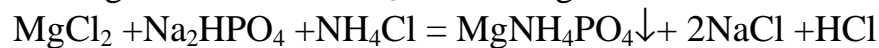
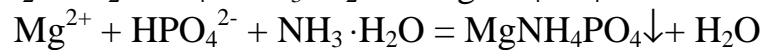
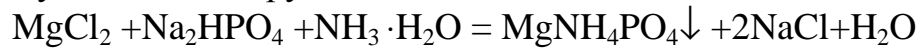


Проведенню реакції заважають Ag^+ , Hg^{2+} та ін., які також можуть відновлюватись.

20. Реакції йонів Mg^{2+} .

20.1. Na_2HPO_4 - динатрію гідрогенфосфат (*фармакопейна*).

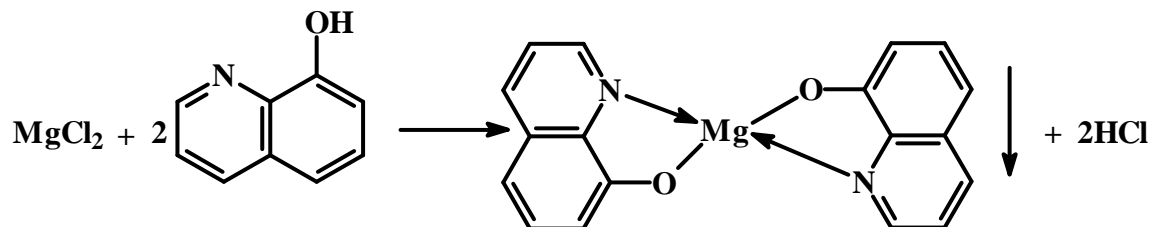
У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі магнію, додають по 1 краплі розчину амонію хлориду, 2-3 краплі розчину амонію гідроксиду і 4-5 крапель розчину Na_2HPO_4 . Спостерігають утворення кристалічного осаду – магнію – амонію фосфату білого кольору:



Чутливість реакції складає 10 мкг.

20.2. $\text{C}_9\text{H}_6\text{NOH}$ - 8-Оксихінолін.

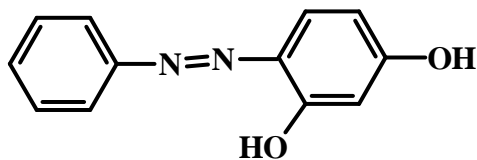
У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі магнію, додають 2 краплі розчину амоній гідроксиду, декілька крапель розчину амонію хлориду (до розчинення осаду $\text{Mg}(\text{OH})_2$), а тоді додають 2-3 краплі розчину 8-оксихіноліну. Спостерігають утворення жовто-зеленого кристалічного осаду комплексної сполуки магнію оксихінолінату:



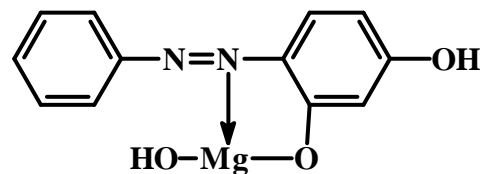
Чутливість реакції складає 0,25 мкг.

20.3. Магнезон-1 – *m*-нітробензолазорезорцин

Магнезон здатен в лужному середовищі адсорбуватись на осаді $\text{Mg}(\text{OH})_2$, змінюючи при цьому червоно-фіалковий колір на синє забарвлення осаду:



Магнезон-1

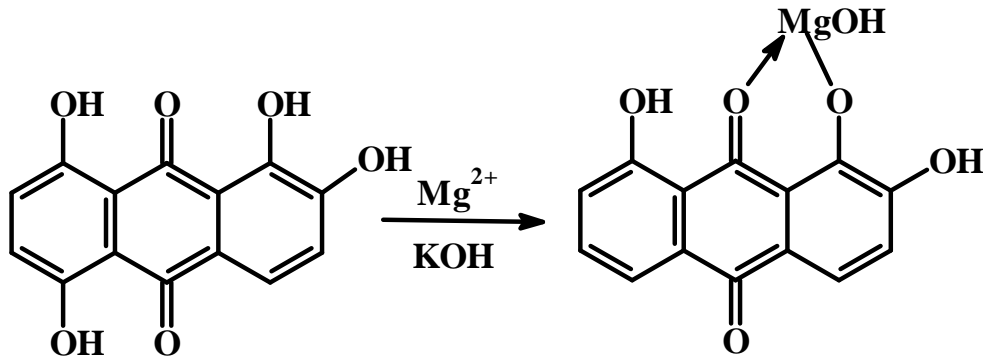


Магнезонат магнія

Чутливість реакції складає 0,5 мкг.

20.4. Хіналізарин

Високоселктивною є реакція магнію з хіналізарином в лужному середовищі. Утворюється магнію хіналізаринат у вигляді синього осаду:

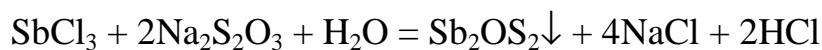


Чутливість реакції складає 0,25 мкг.

21. Реакції йонів Sb(III) і Sb(V).

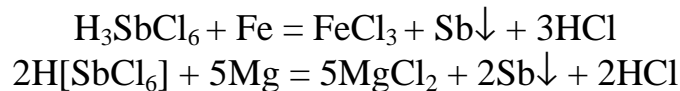
21.1. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ - динатрію триоксотіосульфат .

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі стибію (III), додають 2-3 краплі розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Спостерігають випадання оранжево-червоного осаду Sb_2OS_2 :



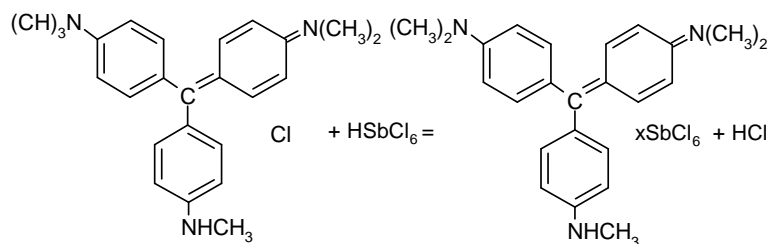
21.2. Залізні або алюмінієві ошурки.

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі стибію (III) або стибію (V), додають 2-3 краплі концентрованої HCl , небагато залізних ошурок і нагрівають. Спостерігають виділення елементного стибію:



21.3. Метилловий фіалковий.

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі стибію (V), додають 2-3 краплі концентрованої HCl , 2-3 краплі 3% розчину гідроген пероксиду, перемішують і злегка нагрівають. Краплю цього розчину переносять на фільтрувальний папірт і додають краплю метилового фіалкового. В присутності стибію (V) пляма забарвлюється у фіолетово-синій колір:



Хід аналізу суміші катіонів 5 аналітичної групи.

При аналізі суміші катіонів п'ятої аналітичної групи слід врахувати: гідроліз солей бісмуту і стибію, розчинність основних солей стибію у винній кислоті, нерозчинність оксиду мангану (IV) у розведеній нітратній кислоті та розчинність магній гідроксиду в амонію хлориді.

Спочатку в окремих пробах виявляють Fe^{2+} , Fe^{3+} у присутності всіх інших катіонів за реакціями 16.2 та 17.1.

Якщо катіони п'ятої групи містяться у вигляді осаду гідроксидів, його розчиняють у HCl . Кислий розчин нейтралізують 0,5 М розчином NaOH до тих пір, поки не з'явиться незначна каламуть, яку розчиняють, додаючи кілька крапель HCl . Потім додають п'ятикратний об'єм дистильованої води. У присутності солей бісмуту й стибію випадає **осад (I)** SbOCl , BiOCl , який відокремлюють центрифугуванням і обробляють винною кислотою. У виннокислому розчині за допомогою характерних реакцій виявляють йони стибію.

Осад (II), що містить основні солі бісмуту, розчиняють у концентрованій HCl і відкривають катіони Bi^{3+} стануму(II) хлоридом у лужному розчині (реакція 19.3).

Центрифугат (I) після відділення осаду (I), що містить катіони Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Mg^{2+} , обробляють розчином їдкою лугою, додаючи гідроген пероксид, і нагрівають.

Осад (III) відокремлюють центрифугуванням і обробляють амоній хлоридом для розчинення магній гідроксиду. Йони магнію виявляють у центрифугаті за допомогою натрій гідрогенфосфату або магнезону-I.

Осад (IV) (суміші феруму (III) і мангану (IV) гідроксидів) обробляють розведеною HNO_3 для розчинення $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Осад (V) оксиду мангану (IV) розчиняють у HCl і виявляють характерними реакціями катіони Mn^{2+} .

Схема аналізу суміші катіонів 5 аналітичної групи приводиться нижче:

3.1.6. Катіони 6 аналітичної групи (Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+}).

Груповим реагентом на катіони 6 аналітичної групи є надлишок водного розчину амоніаку, який переводить катіони в розчинні аміакатні комплекси ($[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ та ін. аналогічні). Сполуки меркурію(II) розчиняються лише в концентрованому розчині амоніаку в присутності натрій хлориду.

Катіони цієї групи можуть проявляти змінний ступінь окиснення. Тому для них властиві реакції окиснення, які часто є характерними реакціями виявлення.

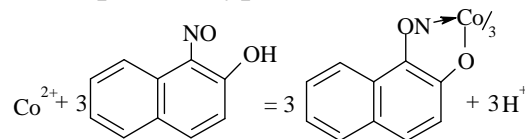
Co, Ni, Cu належать до біогенних елементів, а Cd, Hg відносять до важких металів, що характеризуються високою токсичністю. Сполуки Купруму відносять до регуляторів водно-електролітного обміну.

Важливіші реакції виявлення.

22. Реакції йонів Co^{2+} .

22.1. 1-нітрозо-2-гідроксинафталін – реактив Ільїнського (*фармакопейна*).

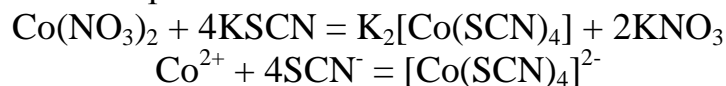
У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі кобальту, додають 3-4 краплі розчину HCl і нагрівають до кипіння, додають свіжо приготовлений насичений розчин 1-нітрозо-2-гідроксинафталіну і знову нагрівають. У присутності кобальту, залежно від концентрації, розчин забарвлюється в червоний колір або випадає червоно-бурий осад.



Чутливість реакції складає 0,05 мкг.

22.2. NH_4SCN або KSCN – амонію або калію тіоціанат.

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі кобальту, додають стільки ж насиченого розчину NH_4SCN або KSCN , 1-2 кристалики натрій фториду, суміш амілового спирту й етеру (1:1) об'ємом 0,5 мл, а тоді збовтують. У присутності кобальту неводний шар після відстоювання забарвлюється в синій колір.

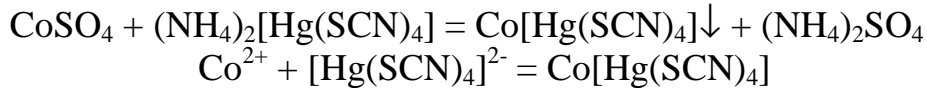


Чутливість реакції складає 0,5 мкг.

Проведенню визначення заважають катіони Cu^{2+} , Fe^{3+} , Bi^{3+} . Проте, якщо визначення Co^{2+} з NH_4SCN проводити на фільтрувальному папері, то їх можна визначити і в присутності інших катіонів. Для цього на папір наносять краплю розчину тіоціаната, краплю досліджуваного розчину, папір витримують в парах аміаку і підсушують над полум'ям спиртівки. В присутності Co^{2+} периферійна частина плями набуває синього забарвлення.

22.3. $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$ – діамонію тетра(тіоціанато)меркурат (II).

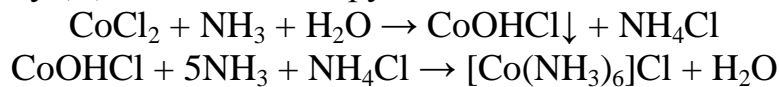
У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі кобальту, додають 1 краплю розчину $ZnSO_4$ і 2-3 краплі розчину $(NH_4)_2[Hg(SCN)_4]$. Спостерігають утворення синього осаду:



Проведенню виявлення заважають катіони Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} .

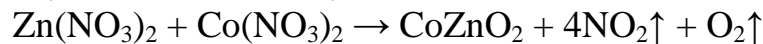
22.4. Розчин амоніаку (NH_4OH)

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі кобальту, додають стільки ж розчину NH_4OH . Спостерігаємо випадання синього осаду $CoOHCl$, який розчиняється в надлишку реагенту з утворення хлориду гексаамінокобальту (II) жовтого кольору:



22.5. Солі цинку.

Після спалювання клаптика фільтрувального паперу змоченого розчином солі цинку та нітрата кобальту одержується зола забарвлена в зелений колір цинкатором кобальта («зелень Рінмана»):

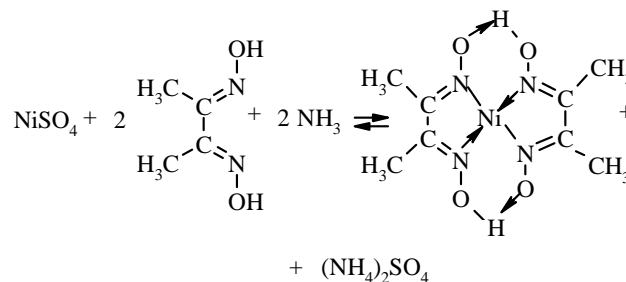


Чутливість реакції складає 0,6 мкг.

23. Реакції йонів Ni^{2+} .

23.1. Диметилгліоксим – реактив Чугаєва

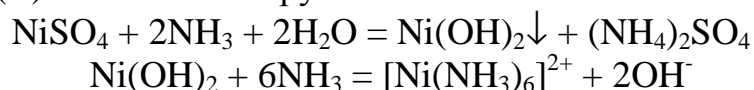
На смужку фільтрувального паперу наносять 1 краплю розчину солі нікелю, 1 краплю розчину диметилгліоксиму і тримають смужку над склянкою з концентрованим розчином амоніаку. У присутності нікелю, залежно від концентрації, розчин забарвлюється в рожевий колір або випадає червоно-бурий осад:



Чутливість реакції складає 0,16 мкг.

23.2. $NH_3 \cdot H_2O$ – розчин амоніаку.

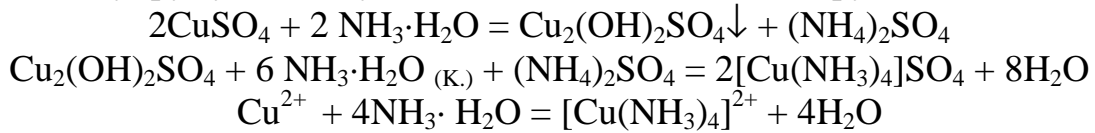
У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі нікелю, додають 3-4 краплі розчину $NH_3 \cdot H_2O$. Спостерігають за випаданням зеленого осаду $Ni(OH)_2$, який поступово розчиняється в надлишку розчину амоніаку з утворенням гексаамінінікеля (II) синього кольору:



24. Реакції йонів Cu^{2+} .

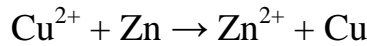
24.1. $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – розчин амоніаку (фармакопейна).

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі купруму, додають 3-4 краплі розчину $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Спостерігають за випаданням голубувато-зеленого осаду, який поступово розчиняється в надлишку розчину амоніаку з утворенням купруму аміаку інтенсивного синього кольору:



24.2. Відновлення йонів Cu^{2+} до вільного металу (фармакопейна).

На металеву (алюмінієву або цинкову) пластинку наносять декілька крапель сульфатної або хлоридної кислоти, додають досліджуваний розчин солі купруму. В місці нанесення розчину спостерігають утворення червоної плями металічної міді:



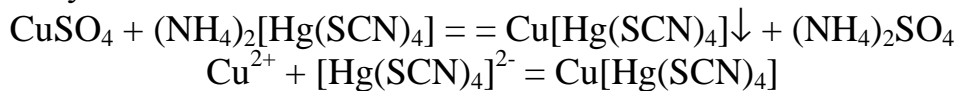
24.3. KI – калію йодид.

У пробірку поміщають 1-2 краплини розчину солі купруму, додають 3-4 краплі розчину KI . Спостерігають утворення осаду CuI та виділення вільного йоду, який ідентифікують за допомогою крохмалю (йодокрохмального папірця):



24.4. $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$ – амонію тетратіоціанатомеркуріат (II).

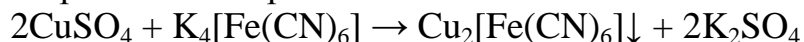
У пробірку поміщають 4-5 краплини розчину солі купруму, добавляють 2-3 краплі розчину $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$. Спостерігають утворення “смарагдово-зеленого” осаду:



Реакції заважають йони Fe^{3+} , Ni^{2+} .

24.5. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – калію гексаціаноферат (II).

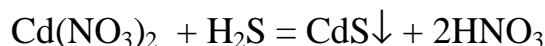
Калію гексаціаноферат (II) при взаємодії з солями купруму утворює червоно-бурий осад, який нерозчинний в розбавлених кислотах:

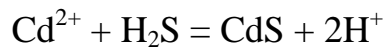


25. Реакції йонів Cd^{2+} .

25.1. Na_2S – натрію сульфід.

У пробірку поміщають 1-2 краплини розчину солі кадмію, додають 3-4 краплі розчину Na_2S . Спостерігають утворення характерного жовтого осаду кадмію сульфиду:

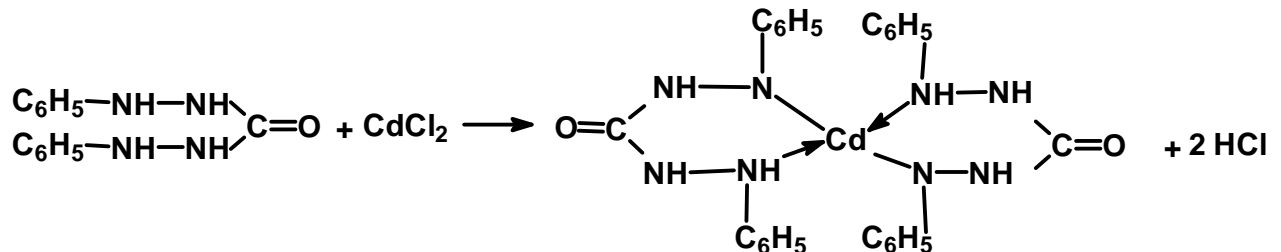




Реакції заважають йони Hg, Bi, Cu та інші.

25.2. Дифенілкарбазон.

У пробірку поміщають 1-2 краплини розчину солі кадмію, додають 3-4 краплі розчину дифенілкарбазону. Спостерігають утворення комплексної сполуки червоно-фіалкового кольору:



26. Реакції йонів Hg²⁺.

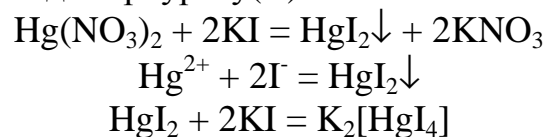
26.1. Гідрооксиди лужних металів (KOH, NaOH) (фармакопейна).

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі ртуті, додають 3-4 краплі розчину лугу. Спостерігають випаданням жовтого осаду HgO:



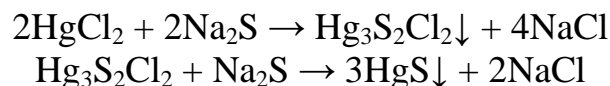
26.2. KI – калію йодид (фармакопейна).

На смужку фільтрувального паперу наносять 1 краплю розчину солі ртуті (II), 1 краплю розчину KI. Спостерігають утворення плями червоно-оранжевого кольору. Осад HgI₂ легко розчиняється в надлишку KI з утворенням безбарвного калію тетраіодомеркурату(II):



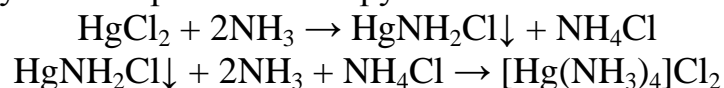
26.3. Натрію сульфід (Na₂S) (фармакопейна).

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі ртуті, додають 3-4 краплі розчину NH₃·H₂O. Спостерігають випаданням білого осаду, який поступово чорніє:



26.4. NH₃·H₂O – розчин амоніаку.

У пробірку поміщають 4-5 краплин розчину солі ртуті, додають 3-4 краплі розчину NH₃·H₂O. Спостерігають випаданням білого осаду, який поступово розчиняється в надлишку розчину амоніаку з утворенням комплексної сполуки безбарвного кольору:



26.5. SnCl_2 – стануму (II) хлорид.

У пробірку поміщають 1-2 краплі розчину хлоридної солі меркурію(II), додають 3-4 краплі розчину SnCl_2 (можна всипати суху сіль). Спостерігають утворення білого осаду меркурію (I) хлориду чи виділення чорного осаду металічної ртуті:

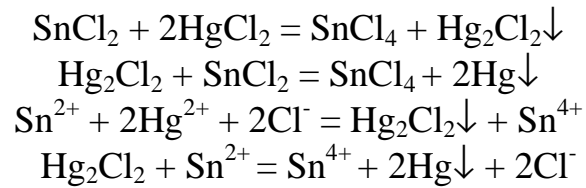
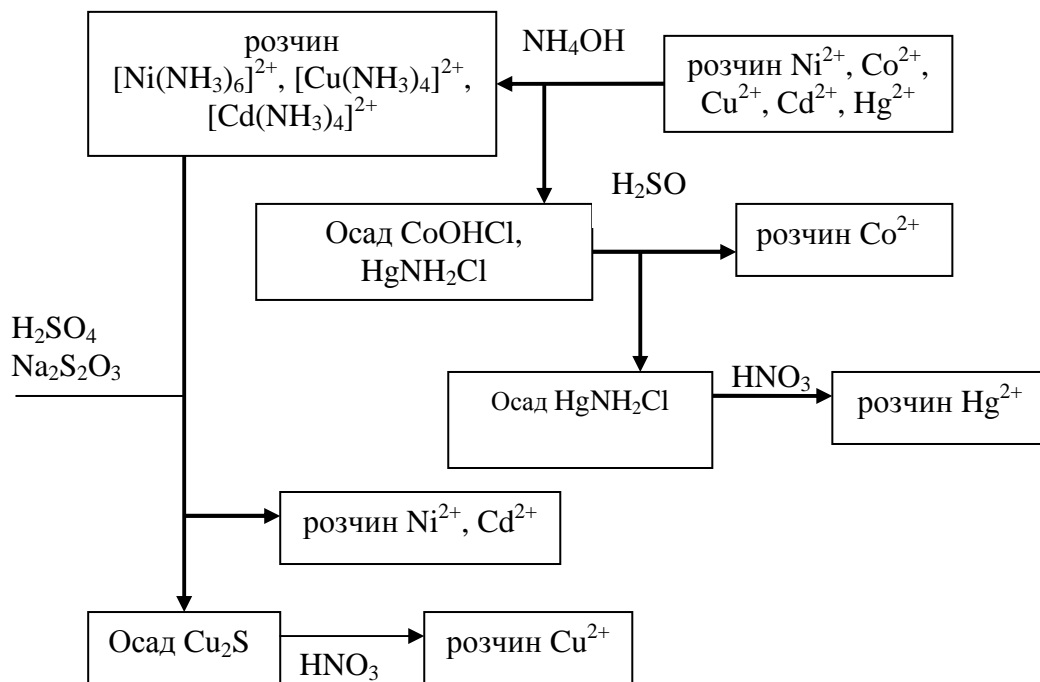


Схема аналізу суміші катіонів 6 аналітичної групи



3.2. АНАЛІЗ АНІОНІВ

Хоча загальноприйнятого поділу аніонів на групи немає, аніони здебільшого класифікують на три аналітичні групи (див. табл. 5). Такий поділ базується на різній розчинності у воді солей, які вони утворюють з йонами барію та аргентуму.

3.2.1. Аніони 1 аналітичної групи (SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, CO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, PO_4^{3-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, AsO_4^{3-} , AsO_3^{3-} , SiO_3^{2-} , F^-).

До першої групи відносять аніони, які з катіонами барію утворюють мало розчинні у воді солі. Розчинність таких солей у воді та кислотах різна, що можна використати для їх виявлення чи розділення. Так, барію сульфат практично не розчинний у воді та мінеральних кислотах. Оксалат-, сульфит- та фторид барію розчинні у хлоридній, але нерозчинні в ацетатній кислотах. Всі інші барієві солі розчинні у мінеральних та ацетатній кислотах.

Важливою аналітичною властивістю аніонів 1 групи є відношення їх до дії окисників чи відновників, а також здатність розкладатись з виділенням газів у кислому середовищі. Сульфит-, оксалат-, тіосульфат-іони є відновниками і здатні знебарвлювати розчин калію перманганату в сірчанокиислому середовищі (оксалат – лише при нагріванні). Леткими аніонами є сульфит-, тіосульфат- (у кислому середовищі розкладаються з виділенням SO_2), а також карбонат- і оксалат- (виділяють CO_2).

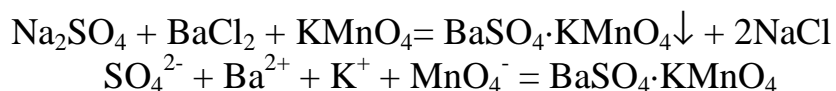
Сполуки до складу яких входять аніони 1 групи використовуються в медицині як лікарські препарати. Li_2CO_3 використовують для лікування психічних захворювань, подагри та сечокам'яної хвороби, Na_2SO_4 та MgSO_4 як проносні засоби, (NaHCO_3) , CaCO_3 використовують при підвищеній кислотності шлункового соку. Сульфат барію застосовується в медицині як суспензія («баріумна каша» при рентгенівському дослідженні шлунка).

Важливіші реакції виявлення.

1. Реакції йонів SO_4^{2-} .

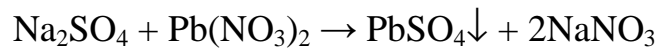
1.1. BaCl_2 – барію хлорид (в присутності KMnO_4) (*фармакопейна*).

У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, добавляють 1 краплину розчину KMnO_4 і кілька краплин розчину BaCl_2 . Після завершення осадження добавляють гідрогену пероксид і хлоридну кислоту до знебарвлення розчину над осадом. Фіалковий колір осаду повинен залишитись без змін. Така реакція є високо селективною.



1.2. Солі Плюмбуму

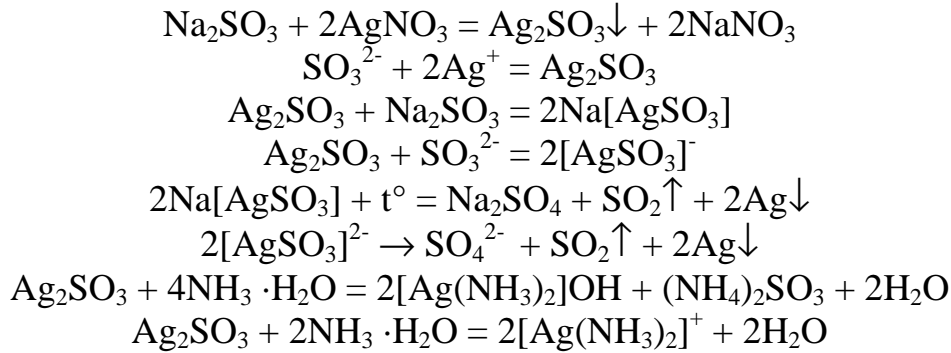
У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, добавляють декілька краплин плюмбуму нітрату. Спостерігають випадання білого осаду плюмбуму сульфату:



2. Реакції йонів SO_3^{2-} .

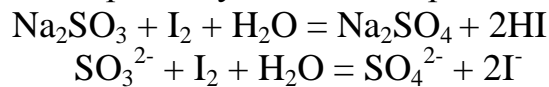
2.1. AgNO_3 – аргентуму нітрат.

У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, добавляють кілька краплин розчину AgNO_3 . Спостерігають утворення білого осаду. Перевіряють його розчинність у мінеральних кислотах, надлишку натрію сульфіту, амоніаку. При кип'ятіння спостерігається розклад солі з виділенням металічного срібла.



2.2. I_2 , Br_2 – реакція з йодною чи бромною водою.

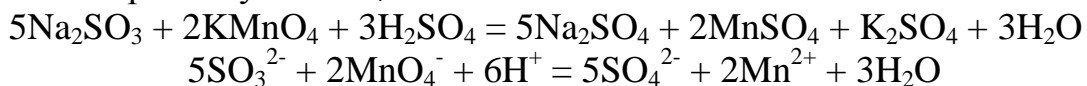
У пробірку поміщають 3-4 краплини розчину Na_2SO_3 , 2-3 краплини розведеної сульфатної кислоти і 1-2 краплини розчину йодної чи бромної води. Спостерігають знебарвлення розчину йодної чи бромної води:



Проведенню реакції заважають іони S^{2-} та NO_2^- .

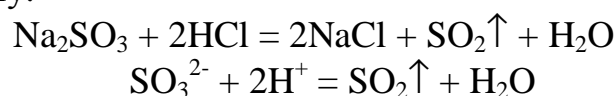
2.3. KMnO_4 – калію перманганат.

У пробірку поміщають 3-4 краплини розчину Na_2SO_3 , 2-3 краплини розведеної сульфатної кислоти і 1-2 краплини розчину KMnO_4 . Спостерігають знебарвлення розчину KMnO_4 :



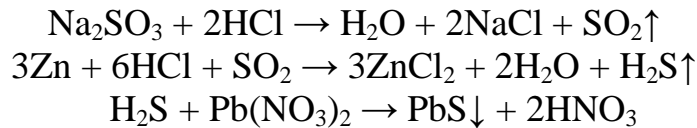
2.4. Реакція з мінеральними кислотами.

У пробірку, оснащену газовідвідною трубкою, поміщають 6-7 краплин розчину Na_2SO_3 і стільки ж - розведеної сульфатної кислоти. Закривають пробірку пробкою з газовідвідною трубкою, яку вносять у розчин кальцій гідроксиду (чи баритової води). Спостерігають помутніння розчину. Дослід повторюють, але вносять трубку у розведений розчин KMnO_4 . Спостерігають знебарвлення розчину.



2.5. Дія відновників (Zn)

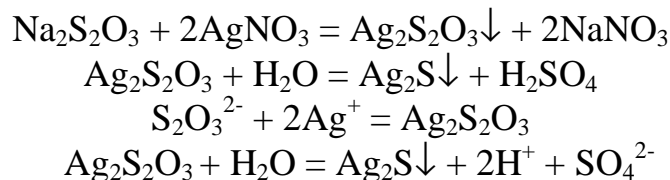
У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, додають декілька краплин хлоридної кислоти та 1-2 кусочки металічного цинку. До отвору пробірки підносять клаптик фільтрувального паперу змоченого розчином солей Плюмбуму. Спостерігають почорніння паперу, за рахунок утворення PbS:



3. Реакції йонів $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$.

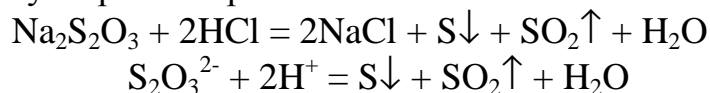
3.1. AgNO_3 –аргентуму нітрат (*фармакопейна*)..

У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, додають кілька краплину розчину AgNO_3 . Спостерігають утворення білого осаду $\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3$, який при стоянні чорніє внаслідок утворення аргентуму сульфіді Ag_2S . Перевіряють його розчинність у мінеральних кислотах, надлишку натрій тіосульфату, амоніаку.



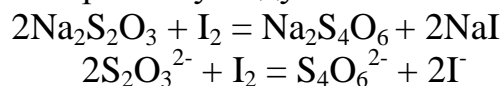
3.2. Реакція з мінеральними кислотами (*фармакопейна*).

У пробірку, оснащену газовідвідною трубкою, поміщають 6-7 краплин розчину Na_2SO_3 і стільки ж - розведеної сульфатної кислоти. Закривають пробірку пробкою з газовідвідною трубкою, яку вносять у розведений розчин KMnO_4 . Спостерігають знебарвлення розчину, а також помутніння розчину в пробірці внаслідок утворення сірки:



3.3. I_2 – реакція з йодною водою.

У пробірку поміщають 3-4 краплини розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 2-3 краплини розведеної сульфатної кислоти і 1-2 краплини розчину йодної води. Спостерігають знебарвлення розчину йоду:

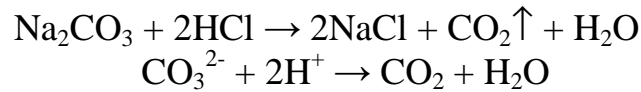


Реакції заважають інші відновники, наприклад, сульфїт -, сульфїд- чи нітрит-іони.

4. Реакції йонів CO_3^{2-}

4.1. Реакція з мінеральними кислотами (*фармакопейна*).

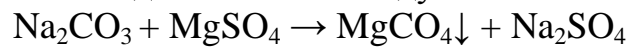
У пробірку, оснащену газовідвідною трубкою, поміщають 6-7 краплин розчину Na_2CO_3 і стільки ж - розведеної сульфатної чи хлористоводневої кислоти. Закривають пробірку пробкою з газовідвідною трубкою, кінець якої занурюють у розчин кальцій гідроксиду (чи баритової води). Спостерігають помутніння розчину:



Реакції заважають сульфит- та тіосульфат-іони, які попередньо окислюють до сульфату дією натрій гідрогену пероксиду чи калію перманганату.

5.2. MgSO_4 – магнію сульфат (*фармакопейна*).

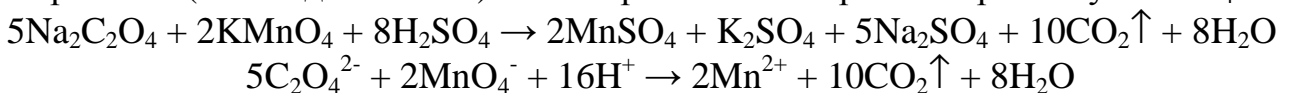
У пробірку поміщають 3-4 краплини розчину Na_2CO_3 , 2-3 краплини магній сульфату, спостерігають випадання білого осаду:



5. Реакції йонів $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$.

5.1. KMnO_4 – калію перманганат.

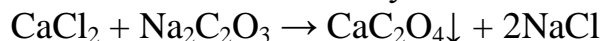
У пробірку поміщають 3-4 краплини розчину $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, 2-3 краплини розведеної сульфатної кислоти і 1-2 краплини розчину KMnO_4 . Суміш нагрівають (але не до кипіння). Спостерігають знебарвлення розчину KMnO_4 :



Реакції заважають інші відновники.

5.2. Кальцію хлорид (CaCl_2)

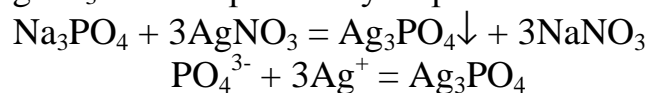
У пробірку поміщають 3-4 краплини розчину $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, 2-3 краплини кальцію хлориду, спостерігають випадання білого осаду:



6. Реакції йонів PO_4^{3-} .

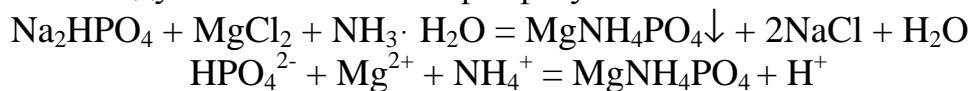
6.1. AgNO_3 – аргентуму нітрат (*фармакопейна*).

У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, добавляють кілька краплин розчину AgNO_3 . Спостерігають утворення жовтого осаду Ag_3PO_4 :



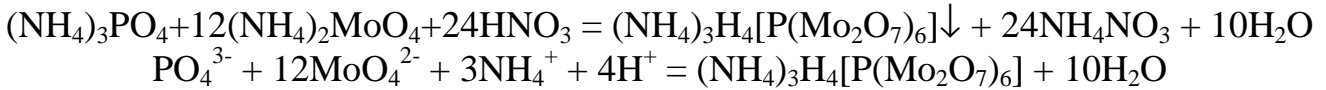
6.2. Суміш $\text{MgCl}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – магнезіальна суміш (*фармакопейна*).

У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, добавляють кілька краплин розчину магнезіальної суміші. Спостерігають утворення білого кристалічного осаду - амонію магнію фосфату:



6.3. Молибденова рідина (розчини амонію молибдату, амонію нітрату та нітратної кислоти).

У три пробірки вносять по 4 краплини розчину амоній молибдату, додають 5 краплин розчину HNO_3 , 2-3 краплини розчину NH_4Cl (або NH_4NO_3), 1-2 краплини розчину фосфату (або гідрофосфату) і трохи підігривають. Спостерігають утворення жовтого кристалічного осаду $(\text{NH}_4)_3\text{H}_4[\text{P}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6]$:

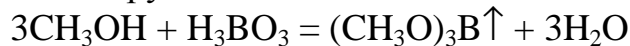


Реакції заважають SO_3^{2-} та S^{2-} , впливу яких позбавляються шляхом попереднього кип'ятіння розчину з концентрованою азотною кислотою.

7. Реакції йонів $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$.

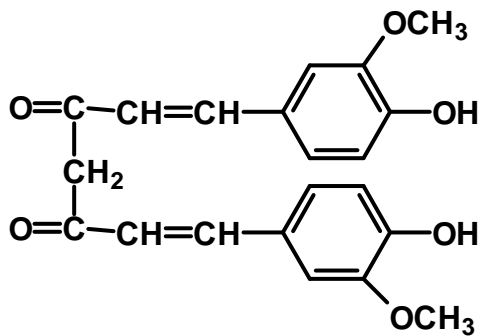
7.1. Проба на забарвлення полум'я (фармакопейна).

У фарфоровий тигель поміщають 6-10 краплин розчину $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, випаровують досуха й охолоджують. До сухого залишку приливають при перемішуванні скляною паличкою кілька краплин концентрованої сульфатної кислоти (обережно!), а потім 4-5 краплин спирту (метанол або етанол). Після перемішування суміш запалюють. Спостерігають зелений колір полум'я, характерний для горіння естеру.

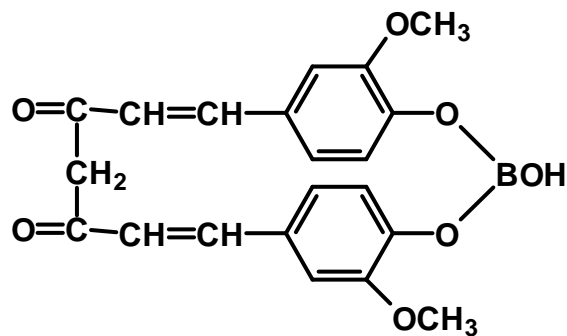


7.2. Куркумін (фармакопейна).

Солі борної кислоти забарвлюють в кислому середовищі в рожевий колір, папірець оброблений розчином куркуміна (куркуміновий папірець):



Жовтий

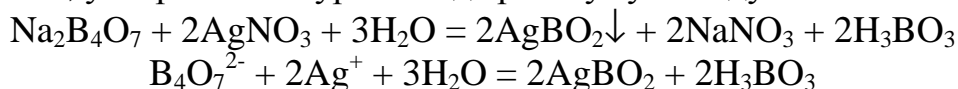


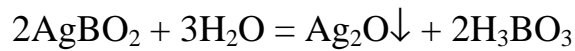
Червоно-коричневий

Чутливість реакції складає 0,02 мкг.

7.3. AgNO_3 –аргентуму нітрат.

У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, додають кілька краплин розчину AgNO_3 . Спостерігають утворення білого осаду аргентум метаборату. У дуже розведених розчинах на холоді, а в більш концентрованих – при нагріванні, утворюється бурий осад аргентуму оксиду:

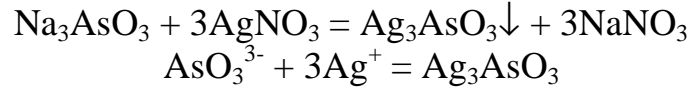




8. Реакції йонів AsO_3^{3-} .

8.1. AgNO_3 –аргентуму нітрат (*фармакопейна*)..

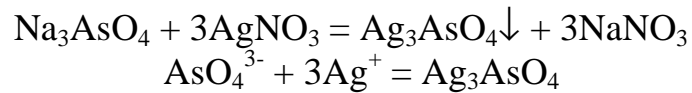
У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, добавляють кілька краплину розчину AgNO_3 . Спостерігають утворення жовтого осаду Ag_3AsO_3 :



9. Реакції йонів AsO_4^{3-} .

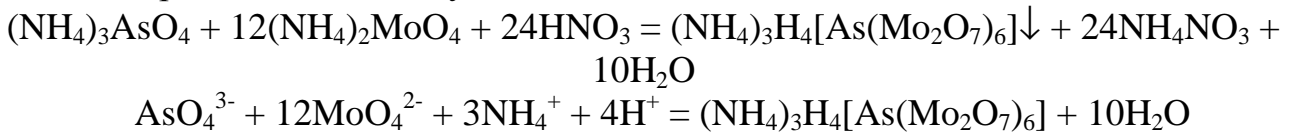
9.1. AgNO_3 –аргентуму нітрат (*фармакопейна*).

У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, добавляють кілька краплину розчину AgNO_3 . Спостерігають утворення осаду “шоколадного кольору” Ag_3AsO_4 :



9.2. Молібденова рідина (*фармакопейна*)..

У пробірку вносять кілька краплин розчину молібденової рідини, тоді добавляють кілька краплин досліджуваної проби. Спостерігають утворення жовтого кристалічного осаду $(\text{NH}_4)_3\text{H}_4[\text{As}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6]$:



Реакції заважають фосфат-іони, які ведуть себе аналогічно.

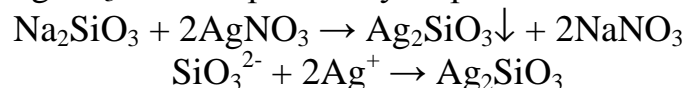
9.3. Сульфіди металів (*фармакопейна*).

Сульфіди в кислому середовищі осаджують із розчинів арсенітів жовтий осад As_2S_3 , нерозчинний в концентрованій HCl , розчинний в розчинах амоніаку та амонію карбонату.

10. Реакції йонів SiO_3^{2-} .

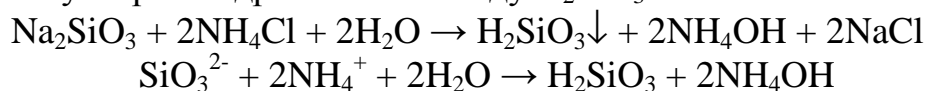
10.1. AgNO_3 –аргентуму нітрат.

У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, добавляють кілька краплину розчину AgNO_3 . Спостерігають утворення білого осаду:



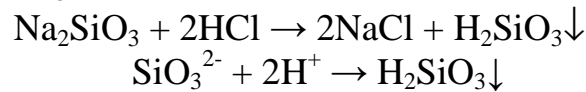
10.2. NH_4Cl – амонію хлорид.

У пробірку наливають 4-6 краплин натрію силікату, добавляють 0,5-1 мл дистильованої води і 2-3 кристалики амонію хлориду. Суміш нагрівають, спостерігають утворення драглистого осаду H_2SiO_3 :



10.3. Реакція з мінеральними кислотами.

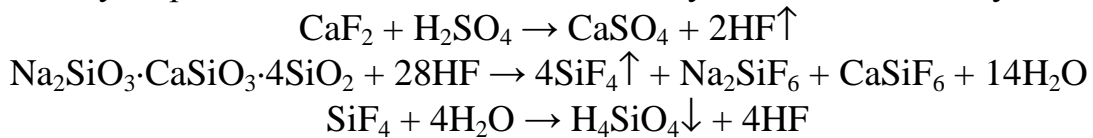
У пробірку поміщають 6-7 краплин розчину натрію силікату і стільки ж - розведеної сульфатної чи хлоридної кислоти. Спостерігають утворення драглистого осаду H_2SiO_3 :



11. Реакції йонів F^- .

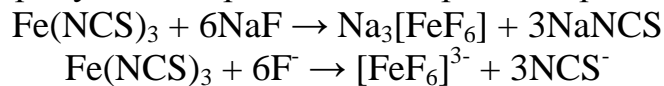
11.1. H_2SO_4 –концентрована сульфатна кислота.

Розчин фториду у пробірці обережно випаровують, тоді охолоджують і додають кілька краплин концентрованої H_2SO_4 . Пробірку закривають пробкою з вставленою скляною паличкою, кінець якої змочують. Гідроген фторид, що утворюється, взаємодіє із склом, тому кінець палички мутніє:



11.2. Знебарвлення феруму(III) тіоціанату.

У пробірку вносять 2-3 краплини розчину солі феруму (III) і стільки ж розчину натрію (чи амонію) тіоціанату. Спостерігають утворення тіоціанату феруму інтенсивно криваво-червоного кольору. Тоді додають кілька краплин розчину фториду. Спостерігають знебарвлення розчину:



Чутливість реакції 1 мкг. Реакції заважають фосфат-іони, які поводять себе аналогічно.

Аналіз суміші аніонів 1 групи.

Виявлення аніонів у суміші проводять здебільшого дробним методом. Тільки в особливо складних випадках використовують попереднє розділення аніонів. Оптимальною можна вважати наступну схему аналізу.

1. Попередні дослідження.

1.1. Визначення рН розчину (за допомогою індикаторного папірця). В кислих розчинах не можуть бути присутніми аніони летких кислот, а також аніони-відновники.

1.2. Дія розчином барію хлориду в нейтральному й солянокислому середовищі. Якщо осад не утворюється в нейтральному середовищі, це свідчить про відсутній аніонів 1 групи. Утворення осаду в солянокислому середовищі дозволяє стверджувати про присутність сульфат-іонів.

1.3. Знебарвлення розчину калію перманганату (в сірчанокислому середовищі) дозволяє встановити присутність йонів-відновників. Якщо

знебарвлення відбувається при нагріванні розчину (але не до температури кипіння!), то це може свідчити про присутність оксалат-іонів.

1.4. Виділення вільного йоду при взаємодії досліджуваного розчину з розчином йодиду може свідчити про присутність окисників (хромат- чи арсенат-іонів).

1.5. Виділення бульбашок газу при дії на досліджуваний розчин розведеною хлоридною чи сульфатною кислотою вказує на присутність аніонів летких кислот (сульфіт-, тіосульфат- карбонат-іони).

2. Ідентифікація окремих аніонів.

2.1. Виявлення аніонів SO_3^{2-} та $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$.

Спочатку виявляють $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ -іони дією розчином HCl та AgNO_3 (реакції 3.1). Якщо тіосульфат присутній, то проводять його відділення дією надлишку розчину солі стронцію хлориду чи нітрату (тіосульфат-іони залишаються в розчині, а осаджуються йони сульфіту у вигляді SrSO_3). Осад відділяють, промивають водою, розчиняють у HCl і виявляють присутність SO_3^{2-} реакцією 2.2.

2.2. Виявлення аніонів PO_4^{3-} проводять дією розчинами магnezіальної суміші та молібдату амонію (реакції 6.2 або 6.3). У випадку присутності в розчині йонів AsO_4^{3-} , їх маскують розчином винної кислоти.

2.3. Виявлення аніонів CO_3^{2-} проводять дією розведеною хлоридною чи сульфатною кислотою. Якщо присутні йони SO_3^{2-} та $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, то досліджуваний розчин попередньо обробляють надлишком KMnO_4 (до рожевого забарвлення).

2.4. Виявлення аніонів $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ проводять реакцією утворення борноетилового естеру і спостерігають за кольором полум'я при його запалюванні.

2.5. Виявлення аніонів SiO_3^{2-} проводять, діючи сіллю NH_4Cl (кристали). При нагріванні має спостерігатись утворення драглистого осаду H_2SiO_3 .

2.6. Аніони F^- можна ідентифікувати за їх здатністю руйнувати феруму(III) тіоціанат (криваво-червоного забарвлення), що проявляється в його знебарвленні.

3.2.2. Аніони 2 аналітичної групи (Cl⁻, Br⁻, I⁻, CN⁻, SCN⁻, S²⁻).

До другої групи відносять аніони, які з катіонами аргентуму утворюють солі, малорозчинні у воді та розведений нітратній кислоті. Важливо проводити розділення катіонів 1 і 2 аналітичних груп з азотнокислого середовища, інакше малорозчинні солі з йонами аргентуму можуть дати і деякі аніони 1 групи (зокрема, фосфат-, арсенат-, силікат-, тіосульфат-іони).

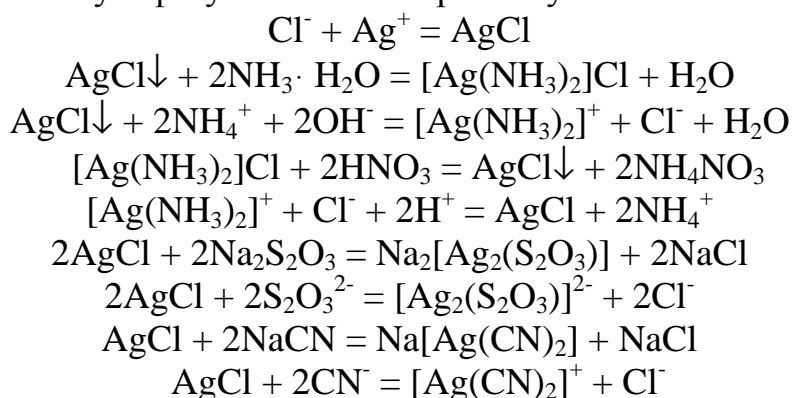
Використання в медицині: LiCl використовують для лікування психічних захворювань, подагри та сечокам'яної хвороби, NaCl – для приготування фізіологічних розчинів. Галогеніди калію є регуляторами діяльності серця, KBr володіє заспокійливими властивостями, KI регулює функцію щитовидної залози, NH₄Cl – як діуретичний засіб, спиртовий розчин KI використовується як дезінфікуючий засіб.

Важливіші реакції виявлення.

12. Реакції йонів Cl⁻.

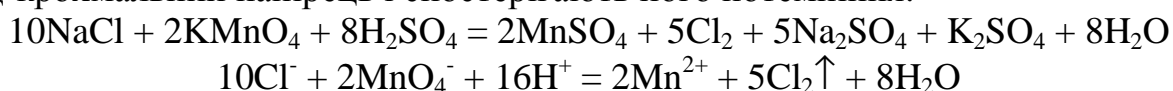
12.1. AgNO₃ – аргентуму нітрат (*фармакопейна*).

У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, додають кілька краплин розчину AgNO₃. Спостерігають утворення білого осаду. Перевіряють його розчинність в розведений мінеральній кислоті, водному розчині амоніаку, розчинах натрію тіосульфату та амонію карбонату:



12.2. Дія сильних окисників (KMnO₄, MnO₂, PbO₂, KClO₃).

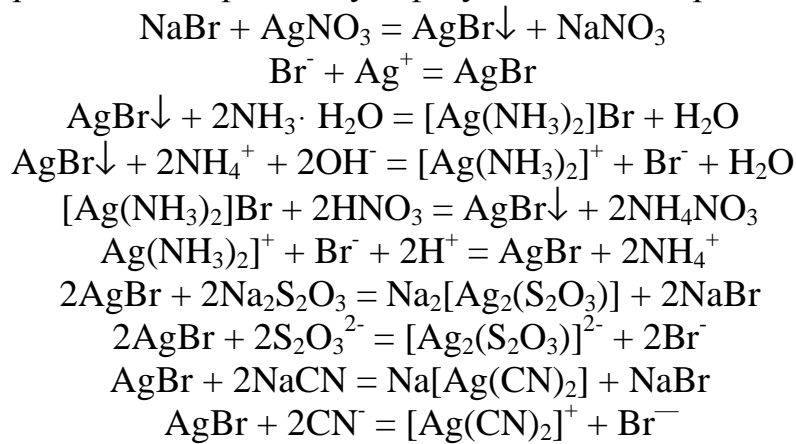
Сильні окисники в кислому середовищі здатні окислювати хлориди до вільного хлору. До 3-4 кристалів натрію хлориду (якщо аналізують водний розчин хлориду, то його попередньо випаровують досуха) додають 2-3 кристали KMnO₄, а тоді 3-4 краплини концентрованої сульфатної кислоти і підігривають (Обережно! У витяжці!). Краплину утвореної суміші переносять на йод-крохмальний папірець і спостерігають його потемніння:



13. Реакції йонів Br⁻

13.1. AgNO₃ – аргентуму нітрат (*фармакопейна*).

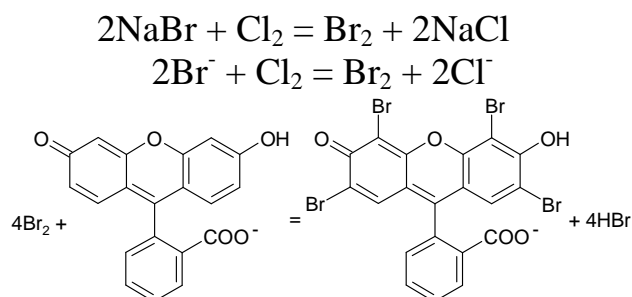
У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, додають кілька краплин розчину AgNO_3 . Спостерігають утворення жовтуватого осаду AgBr . Перевіряють його розчинність в розведеній мінеральній кислоті, водному розчині аміаку, розчинах натрію тіосульфату та амонію карбонату



13.2. Дія сильних окисників (KMnO_4 , MnO_2 , PbO_2 , NaClO , хлорамін, хлорна вода) (*фармакопейна*).

У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, додають стільки ж хлорної води. Спостерігають утворення вільного бром, який можна ідентифікувати декількома методами:

1. У присутності бром розчини буріють.
2. Органічні розчинники (хлороформ, бензен) забарвлюються бромом у оранжевий колір (При надлишку хлорної води органічний шар набуває лимонно-жовтого кольору за рахунок утворення BrCl).
3. При дії бром на фуксинсульфатну кислоту утворюються бром-похідні, які мають червоно-фіалкове забарвлення.
4. За допомогою флуоресцеїну, який в присутності бром змінює колір з жовтого на червоний.

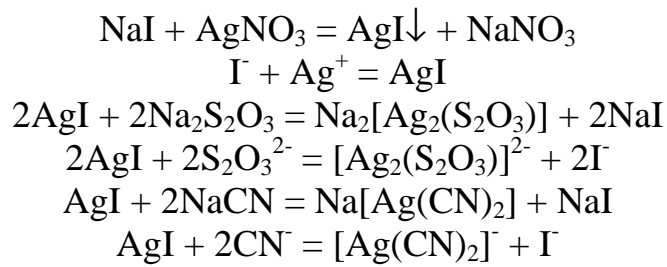


Реакція є високоселективною і дозволяє визначати малі кількості бромідів в присутності хлоридів та йодидів.

14. Реакції йонів Г.

14.1. AgNO_3 –аргентуму нітрат (*фармакопейна*).

У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, додають кілька краплин розчину AgNO_3 . Спостерігають утворення жовтого осаду. Перевіряють його розчинність в розведеній мінеральній кислоті, водному розчині амоніаку, розчинах натрію тіосульфату та амонію карбонату:



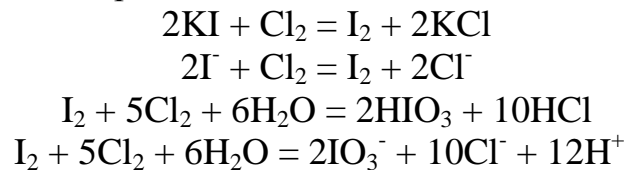
14.2. KMnO_4 – калію перманганат (*фармакопейна*).

Сильні окисники (KMnO_4 , MnO_2 , PbO_2 , NaClO , хлорамін, хлорна вода) здатні окислювати йодиди до вільного йоду. У пробірку поміщають 3-4 краплини розчину KI , додають по 2-3 краплини розчинів H_2SO_4 та KMnO_4 і трохи хлороформу. Після перемішування спостерігають забарвлення хлороформного шару (нижній шар) у червоно-фіолетовий колір внаслідок виділення йоду:



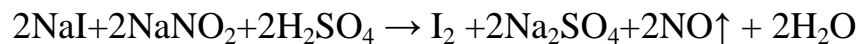
14.3. Cl_2 –розчин хлорної води (*фармакопейна*).

У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, додають стільки ж хлорної води. Спостерігають утворення вільного йоду, який добре екстрагується багатьма органічними розчинниками (бензен, хлороформ та ін.), забарвлюючи їх в червоно-фіолетовий колір. Ідентифікувати йод можна також за посинінням крохмалю (або йод-крохмального папірця). Якщо хлору ввести надлишок, то фіолетове забарвлення зникає.



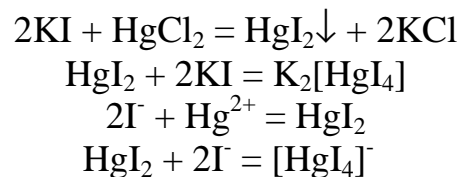
14.4. NaNO_2 - натрію нітрит (*фармакопейна*).

У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, додають стільки ж ацетатної кислоти та декілька крапель розчину натрію нітриту. Спостерігають утворення вільного йоду, який забарвлює розчин крохмалю в синій колір.



14.5. HgCl_2 – меркурію (II) хлорид.

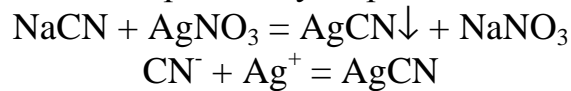
На фільтрувальний папір наносять по 1 краплині розчинів калію йодиду та меркурію (II) хлориду. Спостерігають утворення плями оранжево-червоного кольору:



15. Реакції йонів CN⁻.

15.1. AgNO₃ –аргентуму нітрат.

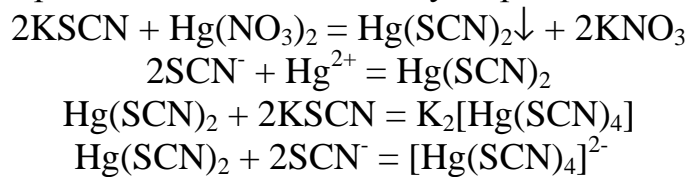
У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, добавляють кілька краплину розчину AgNO₃. Спостерігають утворення білого сирнистого осаду



16. Реакції йонів SCN⁻.

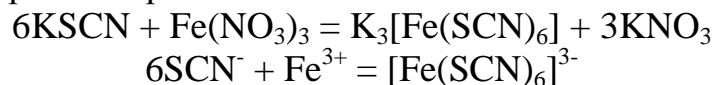
16.1. Hg(NO₃)₂ – меркурію (II) нітрат.

У пробірку вносять по 3-5 краплин розчинів калію тіоціанату та меркурію (II) нітрату. Спостерігають утворення осаду білого кольору. При дії надлишку калію тіоціанату осад розчиняється, внаслідок утворення комплексної сполуки:



16.2. Феруму (III) нітрат.

На смужку фільтрувального паперу поміщають краплю солі феруму (III), краплю розведеного розчину HCl і 2-3 краплі розчину тіоціанату. Спостерігають утворення червоної плями:

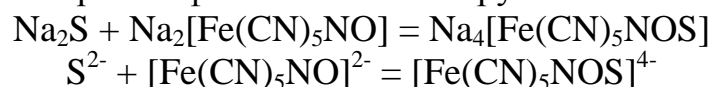


Чутливість реакції складає 0,6 мкг. Виявленню тіоціанатів заважають нітрити та йодиди.

17. Реакції йонів S²⁻

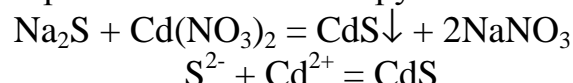
17.1. Na₂[Fe(CN)₅NO] –натрію нітропрусид (*фармакопейна*).

У пробірку вносять 3-5 краплин розчину Na₂S, добавляють по 2-3 краплини розчинів натрію нітропрусиду та натрію гідроксиду. Спостерігають утворення комплексної сполуки червоно-фіолетового кольору:



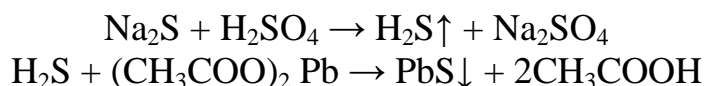
17.2. Cd(NO₃)₂ – кадмію нітрат.

У пробірку вносять по 3-5 краплин розчинів Na₂S та Cd(NO₃)₂. Спостерігають утворення осаду характерного жовтого кольору:



17.3. Мінеральні кислоти

При дії мінеральних кислот виділяється вільний сірководень (Обережно, отруйна речовина, реакцію проводять у витяжній шафі! ! !), який ідентифікують по запаху, чи почорнінню фільтрувального папірця, змоченого розчином плюмбуму ацетату:



Аналіз суміші аніонів 2 групи.

Аніони 2 групи можуть заважати виявленню один одного, тому їх ідентифікацію слід проводити в певній послідовності.

1. Виявлення S^{2-} -іонів проводять дією хлоридної кислоти. У присутності S^{2-} -іонів виділяється H_2S , який можна ідентифікувати за специфічним запахом (обережно, отруйна речовина!) або почорнінням фільтрувального паперу, змоченого сіллю п्लумбуму при внесенні його в пари H_2S .

Якщо йони S^{2-} присутні, їх слід відділити, так як вони заважають ідентифікації інших аніонів групи. Для цього до досліджуваного розчину добавляють при нагріванні розчин цинку сульфід (до повного осадження ZnS). Осад відділяють центрифугуванням, а в розчині виявляють інші аніони.

2. Виявлення SCN^- -іонів проводять дією розчину феруму(III) хлориду. При наявності йонів SCN^- спостерігається інтенсивне криваво-червоне забарвлення.

3. Виявлення I^- -іонів проводять дією хлорної води й хлороформу. У присутності йодид-іонів хлороформний шар (знизу!) забарвлюється у фіолетовий колір.

4. Виявлення Br^- -іонів проводять дією хлорної води й флуоресцеїну. Під дією вільного брома флуоресцеїн переходить в тетрабромфлуоресцеїн (еозин) червоного кольору.

5. Виявлення Cl^- -іонів проводять дією аргентум нітрату, використовуючи розчинність AgCl в $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ та $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

3.2.3. Аніони 3 аналітичної групи (NO_3^- , NO_2^- , CH_3COO^-).

Аніони 3 аналітичної групи не мають групового реагенту. Солі Барію і Аргентуму цих аніонів розчинні у воді. Для їх виявлення використовують дію розчином дифеніламіну в сильно кислому середовищі. Схожу реакцію дають лише хромат- (дихромат-) іони.

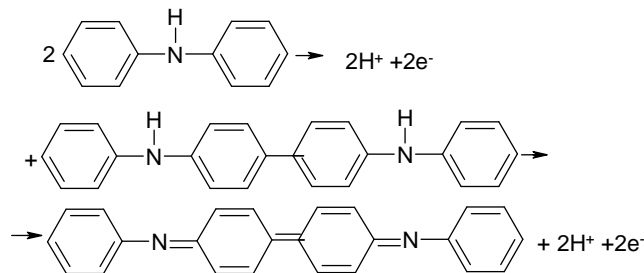
Органічні похідні нітратної кислоти (нітрогліцерин, нітросорбіт) застосовують як серцеві засоби. Натрій нітрит та деякі похідні нітратної кислоти застосовують при стенокардії. З неорганічних сполук Нітрогену в медичній практиці використовують нітроген (I) оксид N_2O або «веселильний газ», який має наркотичну дію.

Важливіші реакції виявлення.

18. Реакції йонів NO_3^- .

18.1. Дифеніламін (*фармакопейна*).

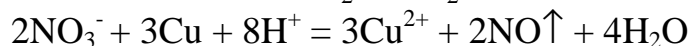
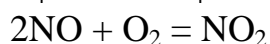
У пробірку вносять 2-3 краплі розчину дифеніламіну, а тоді 1 краплю розчину KNO_3 . Спостерігають утворення на стінках пробірки сполуки синього кольору:



Чутливість реакції складає 0,6 мкг. Реакції заважають інші окисники (зокрема, аніони NO_2^-).

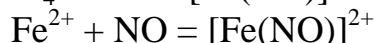
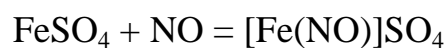
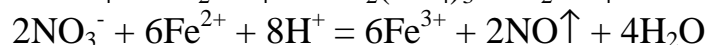
18.2. Металічна мідь.

Очищені металічні стружки поміщають у пробірку, додають (Обережно! Реакцію проводять у витяжній шафі!) 0,5-1 мл концентрованої H_2SO_4 та 3-5 краплі розчину калію нітрату. Суміш нагрівають: спостерігають виділення нітрогену діоксиду NO_2 бурого кольору.



18.3. FeSO_4 – феруму(II) сульфат.

У пробірку поміщають 5-6 краплі розчину KNO_3 , 7-8 краплі насиченого розчину FeSO_4 , перемішують і обережно по стінках пробірки вливають концентрованої H_2SO_4 . Спостерігають забарвлення межі розділу водного шару і H_2SO_4 , у темно-коричневий колір, що викликано утворенням $[\text{Fe}(\text{NO})]\text{SO}_4$:

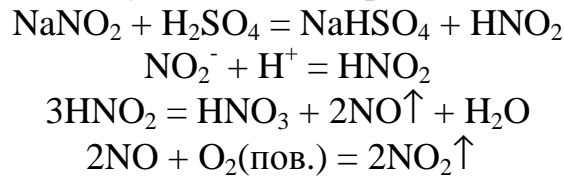


Чутливість реакції складає 2,5 мкг.

19. Реакції йонів NO_2^- .

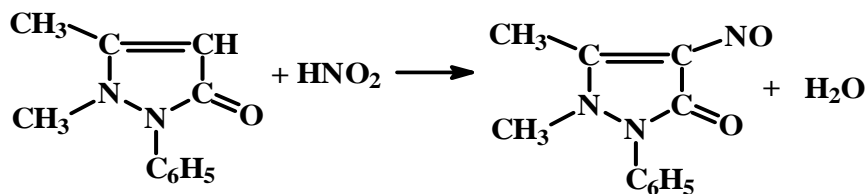
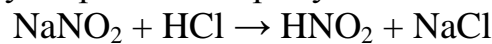
19.1. Реакція з кислотами (*фармакопейна*).

У пробірку поміщають 3-4 краплини розчину NaNO_2 і 1-2 краплини розчину H_2SO_4 . Спостерігають виділення нітрогену діоксиду NO_2 бурого кольору (Обережно! Реакцію проводять у витяжній шафі!):



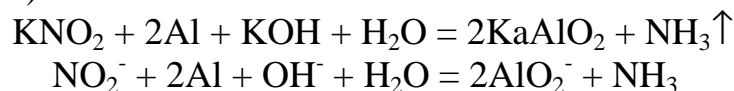
19.2. Антипірін (*фармакопейна*).

У пробірку вносять 4-5 краплин досліджуваного розчину, додають 2-3 краплі хлоридної кислоти та декілька крапель антипірину. Спостерігають появу яскраво-зеленого кольору нітритоантипірину:



19.3. Металічний алюміній

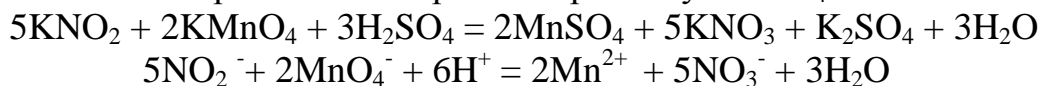
У пробірку поміщають по 3-5 краплин розчину NaNO_2 і концентрованого розчину натрій гідроксиду. До суміші додають шматок алюмінію і нагрівають. Виділяється амоніак, який ідентифікують внесенням до отвору пробірки змоченого водою червоного лакмусового папірця (колір його змінюється на синій):



Йони NO_3^- поведуться аналогічно.

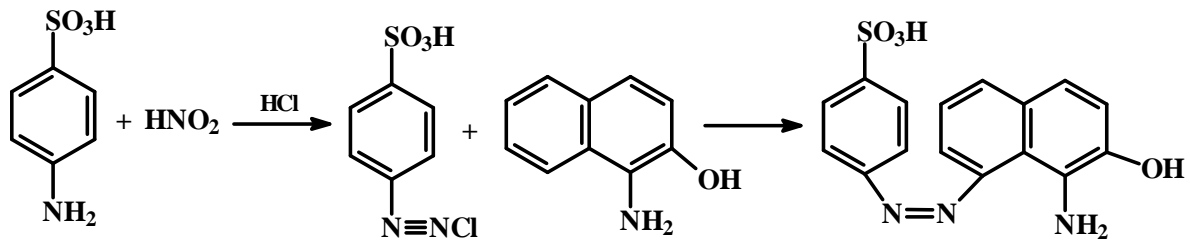
19.4. KMnO_4 – калію перманганат.

У пробірку поміщають 3-4 краплини розчину KNO_2 , додають 2-3 краплини розчинів H_2SO_4 та 1-2 краплини розчину KMnO_4 . Після перемішування спостерігають знебарвлення розчину KMnO_4 :



19.6. Реактив Грісса

Реактив Грісса є сумішю сульфанілової кислоти та 1-аміно-2-нафтолу. При взаємодії даного реактиву з нітрит-йонами утворюється азосполука яскраво-червоного кольору:

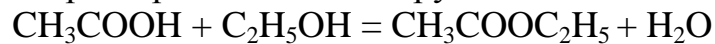


Чутливість реакції складає 0,01 мкг

20. Реакції йонів CH_3COO^- .

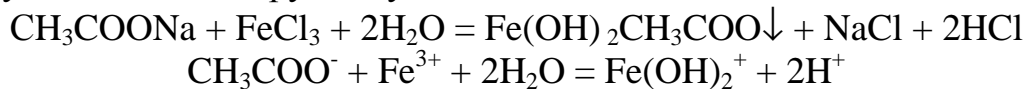
20.1. Реакція утворення естерів (фармакопейна).

До 5-6 мл розчину натрію ацетату, додають 3-4 мл концентрованої H_2SO_4 і стільки ж амілового спирту. Суміш обережно нагрівають на водяній бані, після чого виливають у холодну воду. Відбувається утворення амілацетату, який розпізнають за характерним запахом “грушевої есенції”:



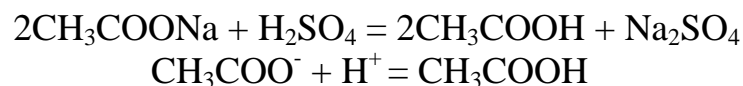
20.2. FeCl_3 – феруму(III) хлорид (фармакопейна).

У пробірку поміщають 5-6 краплин розчину FeCl_3 , додають стільки ж краплин розчину натрію ацетату, розводять суміш 1-2 мл дистильованої води і кип'ятять. Спостерігають утворення оранжево-червоного кольору в розчині, а тоді появу такого ж кольору осаду:



20.3. H_2SO_4 – розведена сульфатна кислота

До 5-6 мл розчину натрію ацетату додають 3-4 мл розведеної H_2SO_4 і суміш обережно нагрівають. Виділяється ацетатна кислота, яку розпізнають за специфічним запахом:



Аналіз суміші аніонів 3 групи.

Виявлення аніонів 3 групи у суміші проводять здебільшого дробним методом. Оптимальною можна вважати наступну схему аналізу.

1. Виявлення NO_3^- -іонів проводять дією феруму (II) сульфату в кислому середовищі (реакція 18.2). Утворюється комплексна сполука $[\text{FeNO}]\text{SO}_4$ бурого кольору.
2. Виявлення NO_2^- -іонів проводять дією сульфатної кислоти (реакція 19.1), при цьому виділяються бурий газ NO_2 .
3. Виявлення CH_3COO^- -іонів проводять дією феруму (III) хлориду (реакція 20.2), утворюється червоно-бурий осад феруму (III) ацетату.

РОЗДІЛ 4. ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

Більшість препаратів, що використовуються в медицині є органічними сполуками. При їх виявленні використовують:

органічний елементний аналіз – виявлення присутності елементів в органічних сполуках,

функціональний аналіз – виявлення наявності в структурах органічних речовин певних функціональних груп,

молекулярний аналіз – виявлення окремих речовин за особливими властивостям молекул.

Меншого розвитку при якісному аналізі органічних речовин набули специфічні (дрібні) реакції виявлення, оскільки вони розроблені для порівняно невеликої кількості речовин.

Особливістю аналізу речовин органічної природи є схожість властивостей речовин одного класу, складний склад та будова більшості органічних сполук.

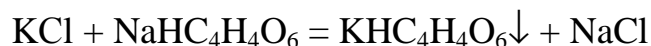
Більшість якісних реакцій органічних сполук є кольоровими реакціями, тобто супроводжуються одержанням кольорових сполук. Більшість таких реакцій базуються на отриманні продуктів з хромофорними угрупованнями, передусім внаслідок окисно-відновних та коіплексоутворюючих перетворень. Реакції проводять як водному, так і в неводному середовищах, використовуються реактиви як органічного, так і неорганічного походження. Рідше використовуються якісні реакції, що супроводжуються утворенням осаду.

4.1. Реакції виявлення органічних речовин

4.1.1. Винна (тарtratна) кислота та її солі

Кристали калію хлориду (KCl) (фармакопейна)

При взаємодії з кристалами калію хлориду в присутності етилового спирту з концентрованих розчинів виділяється білий кристалічний осад гідротартрату калію:



Випадання осаду прискорюється при потиранні стінок пробірки скляною паличкою.

Реакція з пірогалолом (фармакопейна)

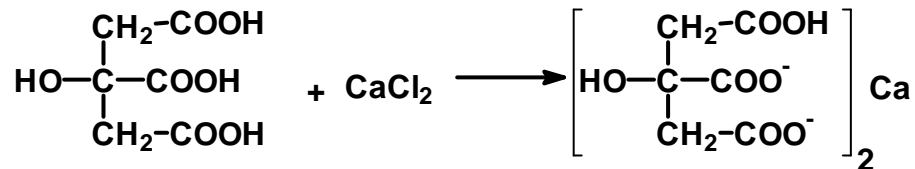
Солі винної кислоти ідентифікують також за реакцією з пірогалолом в присутності концентрованої сірчаної кислоти. Реакцію проводять при нагрівання на водяній бані. В присутності тартратів розчин набуває фіалкового забарвлення. Замість пірогалолу можна використовувати резорцин чи галлову кислоту:

4.1.2. Лимонна (цитратна) кислота та її солі

Лимонна кислота, як і її солі (цитрат натрію, цитрат калія, цитрат кальцію), широко застосовуються в медицині, зокрема, у складі засобів, поліпшуючих енергетичний обмін та для консервування крові.

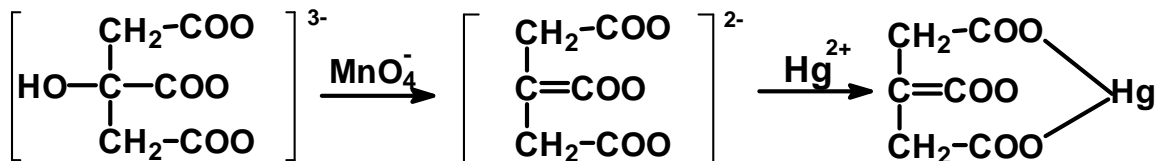
Кальцію хлорид (CaCl₂) (фармакопейна)

Кальцію хлорид з солями лимонної кислоти утворює білий осад цитрату кальцію, добре розчинний у кислотах:



Гідраргіруму (II) сульфат

Лимонну кислоту та її солі також ідентифікують за реакцією з меркурій (II) сульфатом в присутності невеликої кількості KMnO₄. Випадає білий осад солі ацетондикарбонової кислоти:

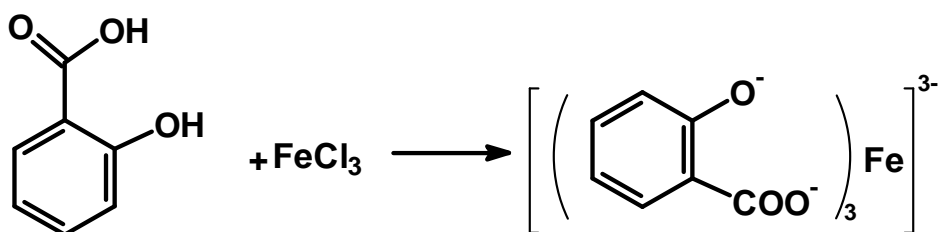


4.1.3. Саліцилова кислота та її солі

Сполуки саліцилової кислоти мають широке застосування в медицині: саліцилат натрію, саліциламід і ацетилсаліцилову кислоту (аспірин) використовують як жарознижуючі, протиревматичні, протизапальні і болезаспокійливі засоби; фенілсаліцилат — як антисептик, пара-аміносаліцилову кислоту — як специфічний протитуберкульозний засіб.

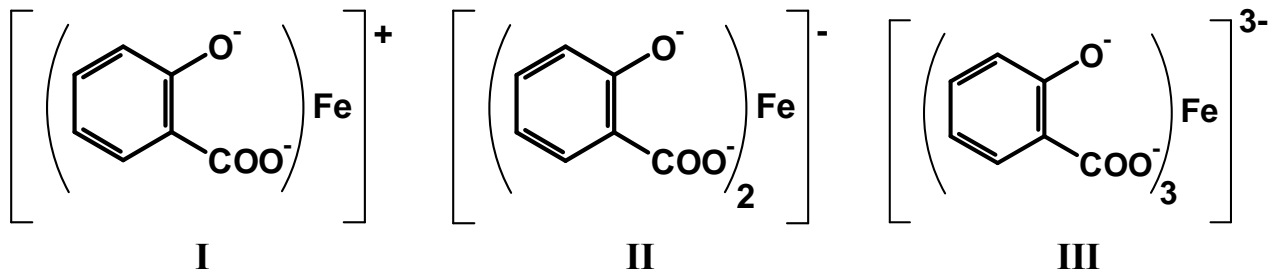
Феруму (III) хлорид(фармакопейна)

Основною реакцією для визначення саліцилат-іонів є реакція з феруму (III) хлоридом:



Склад і забарвлення комплексів, що утворюються при взаємодії саліцилової кислоти з іонами заліза, залежить від рН середовища. При рН=1,8 - 2,5

утворюється моносаліцилатний комплекс (I), що має синьо-фіолетове забарвлення. При рН = 4 - 8 утворюється дісаліцилатний комплекс (II), що має червоно-буре забарвлення. Трисаліцилатний комплекс заліза (III), що має жовте забарвлення, утворюється при рН = 8 - 11:

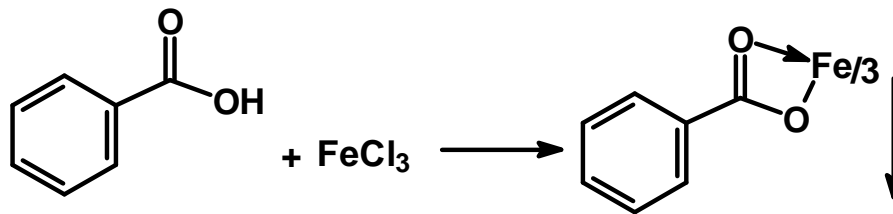


4.1.4. Бензойна кислота та її солі

Бензойну кислоту застосовують в медицині при шкірних захворюваннях як антисептичний (протимікробний) і фунгіцидний (протигрибковий) засоби, а її натрієву сіль – як відхаркувальний засіб.

Феруму (III) хлорид

Основною реакцією виявлення бензойної кислоти є взаємодія з феруму (III) хлоридом. В нейтральному середовищі утворюється комплекс рожево-жовтого кольору:



4.2. Якісний елементний аналіз

До складу органічних сполук входить обмежене коло елементів – С, N, O, P, S, Cl, I рідше As, Sb, F, іноді деякі метали. Останні виявляють після озолення органічної сполуки, використовуючи відповідні якісні реакції, які застосовуються при неорганічному аналізі. Щодо інших компонентів, що входять до складу органічної сполуки, то при при озоленні вони найчастіше випаровуються, тому для їх виявлення застосовують спеціальні реакції, передусім, реакції окислення-відновлення. Нижче приводимо приклади деяких реакцій виявлення, що використовуються в якісному елементному аналізі органічних сполук.

Виявлення карбону.

Пробу на обвуглення проводять, нагріваючи в полум'ї спиртівки чи пальника пробірку з речовиною. При наявності Карбону речовина обвуглюється і чорніє.

Виявлення карбону.

Карбон виявляють, окисляючи органічну сполуку тріоксидом молібдену MoO_3 . Невелику кількість досліджуваної речовини поміщають в тугоплавку трубку, додають MoO_3 і нагрівають. У присутності карбону MoO_3 відновлюється до нижчих оксидів молібдену і утворює молібденову синь.

Виявлення карбону.

Карбон можна також виявити нагріванням речовини з AgAsO_3 . При цьому відбувається окиснення Карбону до CO_2 та відновлення іонів Аргентуму до металічного срібла. Реакція супроводжується появою на стінках пробірки металічного срібла темно-сріблястого кольору. Чутливість такої реакції складає 1—5 мкг.

Виявлення гідрогену.

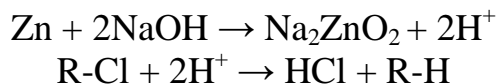
Гідроген в органічних сполуках ідентифікують за реакцією піролізу з сіркою. При цьому утворюється H_2S , який ідентифікують за почорнінням фільтрувального папірця, змоченого розчином $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$. Чутливість такої реакції складає 0,1—0,5 мкг.

Виявлення галогенів.

Галогени виявляють за допомогою реакції Бейльштейна. Декілька кристаликів досліджуваної речовини поміщають на мідну дротину і вносять в полум'я спиртівки - спостерігають забарвлення полум'я в зелений колір.

Виявлення хлору.

Хлор в органічних сполуках визначають, відновлюючи неіоногенний хлор до Cl^- . Для цього водний розчин речовини обробляють натрію гідроксидом та цинковим пилом при кип'ятінні:



Після відновлення суміш фільтрують, підкислюють розведеним нітратною кислотою і виявляють хлорид-іони реакцією з аргентуму нітратом.

Виявлення бром.

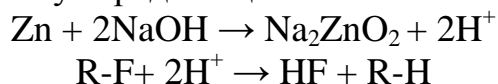
Бром в органічних сполуках визначають за тією же методикою, що і хлор (див відповідну реакцію). Бромід іони ідентифікують за реакцією з окисником (хлорамін) в присутності хлороформу. Органічний шар буде забарвлюватись в жовто-бурий колір.

Виявлення йоду.

Йод виявляють після окиснення до елементного при нагріванні з концентрованою сульфатною кислотою. Фіолетові пари йоду, що утворюються, ідентифікують або по зовнішньому вигляду, або додавши до охолодженого розчину хлороформ (фіолетове забарвлення шару), або за допомогою йод-крохмального папірця (синє забарвлення).

Виявлення фтору.

Фтор виявляють за такою ж методикою, як і хлор, відновлюючи речовину металевим цинком в лужному середовищі:



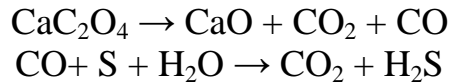
До фільтрату додають льодяну ацетатну кислоту і виявляють фторид-іони реакцією з феруму (III) тїоціанатом (просвітління чи зникнення забарвлення).

Виявлення сульфурі.

Сульфур може бути виявлений в органічних сполуках реакцією Лассеня. При нагріванні з металічним натрієм або калієм органічно зв'язаний сульфур перетворюється на сульфіді, які після розчинення у воді ідентифікують.

Виявлення сульфурі.

При спалюванні сульфурмісних органічних сполук з оксалатом кальцію утворюється сірководень, який ідентифікують за почорнінням свинцевого реактивного папірця, змоченого водою:



Виявлення нітрогену.

Нітроген в органічних сполуках може бути окислений мангану діоксидом при нагріванні. При цьому утворюються летючі оксиди нітрогену (NO, NO₂), які ідентифікують за допомогою папірця, змоченого реактивом Грісса (розчин сульфанілової кислоти і 2-нафтола). Спостерігається утворення червоного забарвлення.

Виявлення нітрогену.

Нітроген можна ідентифікувати реакцією сплавлення речовини з металічним натрієм в сухій пробірці. Після охолодження до суміші додають декілька крапель води і етанолу. Утворений при цьому NaCN ідентифікують за реакцією з солями Феруму (II).

Виявлення фосфору.

Фосфор в органічних сполуках визначають після окиснення концентрованою нітратною кислотою при нагріванні. Утворену фосфатну кислоту ідентифікують реакцією з амонію нітратом та молібдатом.

Виявлення оксигену.

Виявлення Оксигену у більшості органічних сполуках базується на утворенні змішанолігандних комплексів оксигенвмісних сполук з феруму (III) тїоціанатом. Дані сполуки екстрагується органічними розчинниками (спирти, ефіри), органічний шар забарвлюється в червоний колір.

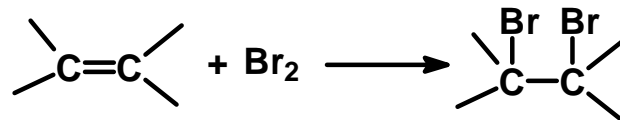
4.3. Якісний функціональний аналіз

Виявлення багатьох органічних сполук здійснюється за функціональними групами, що входять до їх складу. У лікарських препаратах найчастіше зустрічаються наступні групи: оксиген-, нітроген-, сульфур- чи фосфоровмісні функціональні групи. Більшість реакцій ідентифікації функціональних груп базується на процесах окиснення, відновлення, комплексоутворення та конденсації.

4.3.1. Виявлення ненасичених груп та радикалів

Ідентифікація подвійного зв'язку.

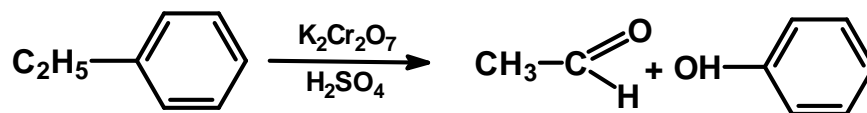
Ненасичені сполуки зазвичай визначаються реакцією бромовання по положенню подвійного зв'язку. Процес супроводжується обезбарвленням розчину броду:



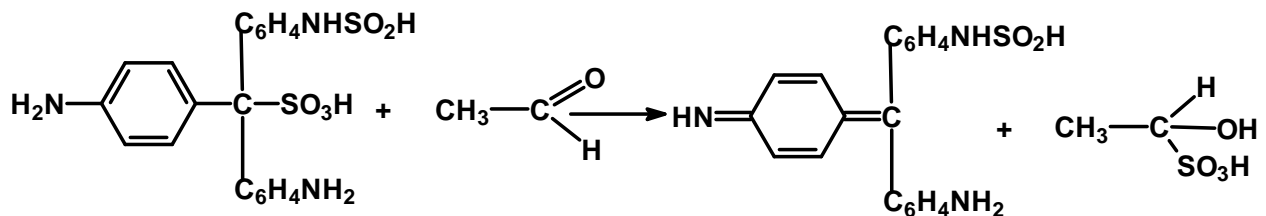
Інколи замість розчину броду використовують розчин калію перманганату, тоді спостерігають процес обезбарвлення розчину калію перманганату та випадання осаду мангану (II) діоксиду.

Ідентифікація функціональних N-, Cl-, O- заміщених, карбонвмісних груп.

Функціональні N-, Cl-, O- заміщені, карбонвмісні групи – метильна, етильна, пропильна та ін. – виявляють окисненням калію дихроматом в середовищі сульфатної кислоти до відповідного альдегіду:



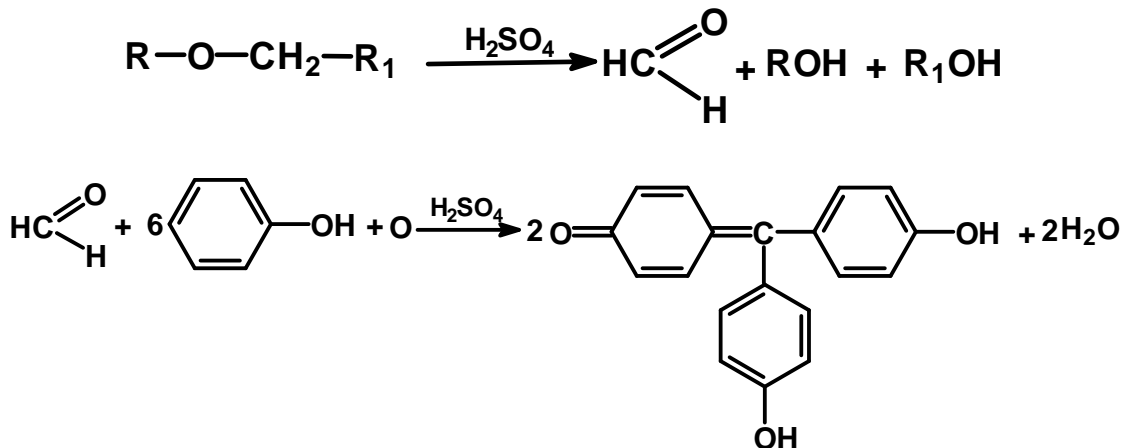
Альдегіди зазвичай є леткими і можуть бути ідентифіковані за появою червоного забарвлення фільтрувального папірця, змоченого розчином фуксин сульфатної кислоти.



Ідентифікування метиленової групи, O-, N-, S- заміщених

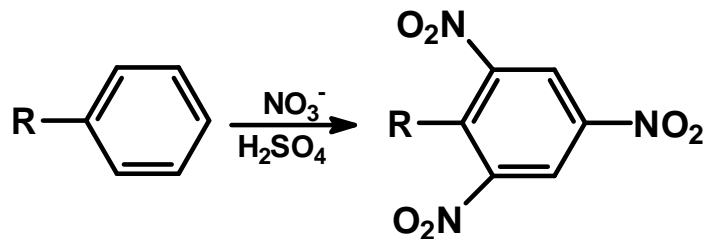
Метиленові групи, O-, N-, S- заміщені руйнуються при нагріванні дією концентрованої сульфатної кислоти до мурашиного альдегіду, після чого

конденсуються з фенолами. При цьому утворюються трифенілметанові барвники різного кольору (в залежності від використаного фенола):



Ідентифікація фенільного радикалу.

Фенільний радикал можна виявити за допомогою реакції нітрування. При нітруванні фенільних похідних сумішшю натрію нітрата та сульфатної кислоти утворюються нітроароматичні сполуки жовтого кольору:



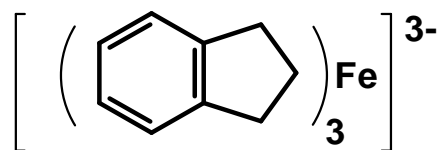
4.3.2. Ідентифікація оксигенвмісних груп

Гідроксильні групи —ОН суттєво відрізняються за своїми властивостями в залежності від того, входять вони до класу аліфатичних (спирти) чи ароматичних (феноли) сполук.

4.3.2.1. Ідентифікація фенолів.

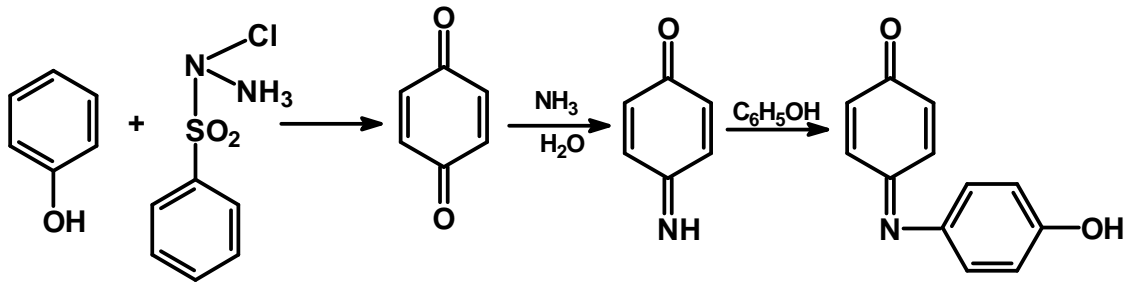
Солі Феруму (III)

Феноли виявляють реакцією комплексоуворення з солями Феруму (III). В залежності від типу фенолу утворюються (в нейтральному середовищі) комплексні сполуки різного кольору: від синього до червоного. Так для прикладу, фенол утворює фіалковий комплекс, резорцин – синій, пірокатехін - червоний:

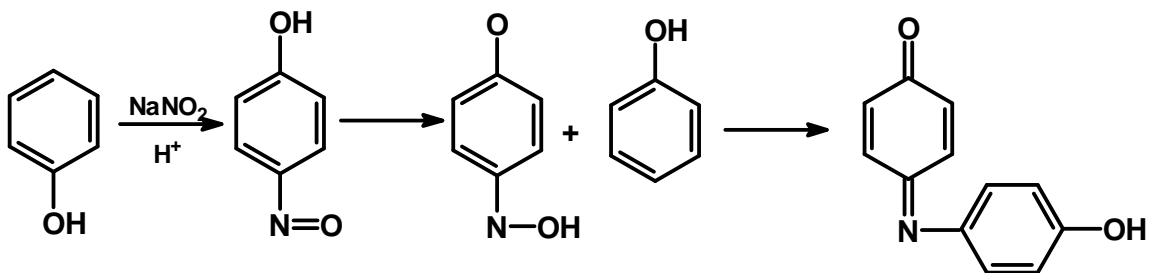


Індофенольна реакція.

Індофенольна реакція основана на окисненні фенолів та їх конденсації при нагріванні з амоніаком чи нітрогенвмісними сполуками з утворенням забарвлених в різний колір індофенолів:



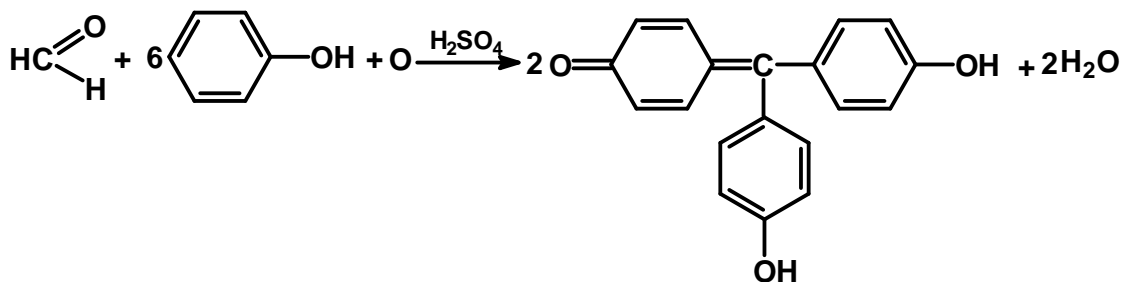
Індофеноли також утворюються при взаємодії з нітритом натрія в середовищі концентрованої сульфатної кислоти (реакція Лібермана):



Різні феноли при проведенні індофенольної реакції утворюють забарвлені сполуки, колір яких буде змінюватись при добавлянні лугу. Наприклад, фенол дає зелений колір, який при додаванні лугу змінюється на червоний, резорцин – змінює колір з фіалкового на синій.

Реакція Марки .

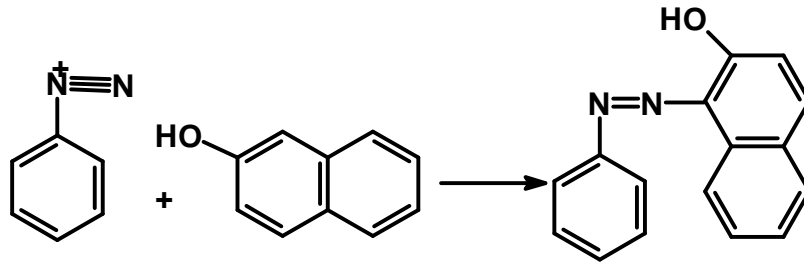
При конденсації з мурашиним альдегідом в середовищі концентрованої сульфатної кислоти феноли утворюють забарвлені трифенілметанові сполуки:



Фенол та резорцин утворюють сполуки червоного кольору.

Реакція азосполучення.

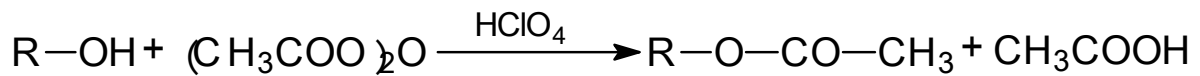
Феноли здатні вступати в реакції азосполучення з діазосполуками утворюючи азобарвники різного кольору – від жовтого до червоного.



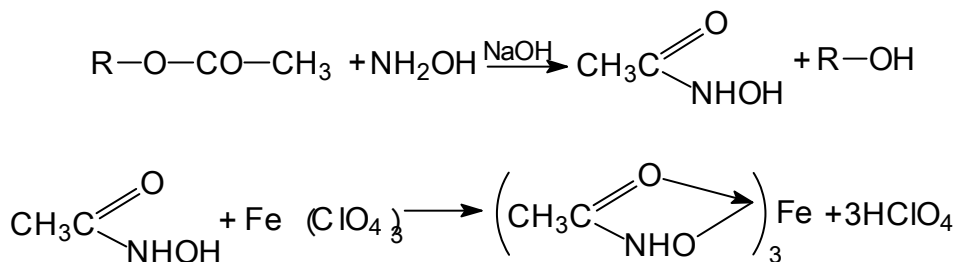
4.3.2.2. Ідентифікація спиртів

Реакція етерифікації та окиснення.

Зазвичай етерифікацію проводять за допомогою ацетилюючої сусіші (суміш ацетатного ангідриду, піридину та хлорної (72 %) чи сульфатної кислоти). При цьому одержується естер:

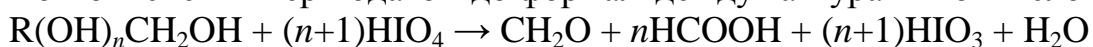


Останній виявляють за допомогою гідроксиламіну в лужному середовищі. При цьому утворюються гідроксиламінові кислоти, які з солями Феруму (III) утворюють комплекси бурого чи червоно-бурого кольору:

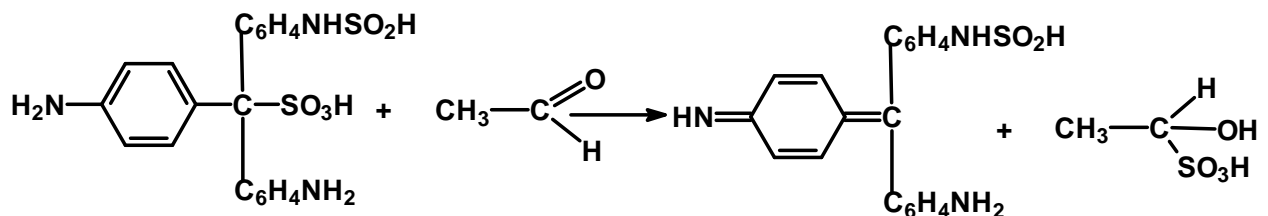


Виявлення багатоатомних спиртів.

Виявлення багатоатомних спиртів (гліцерин, етиленгліколь та ін.) проводять шляхом окиснення періодатом до формальдегіду та мурашиної кислоти:

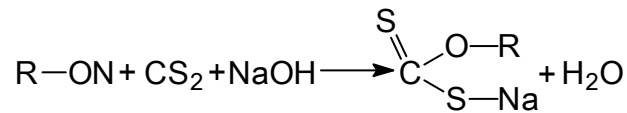


Виділений формальдегід ідентифікують за допомогою фуксина – спостерігається зміна забарвлення суміші від червоного до синього:



Ксантогенатна реакція.

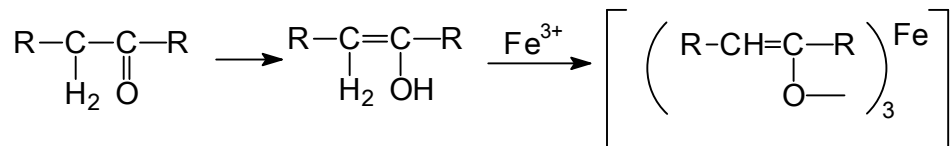
Ксантогенатна реакція спиртів проводиться з дисульфідом карбону в лужному середовищі:



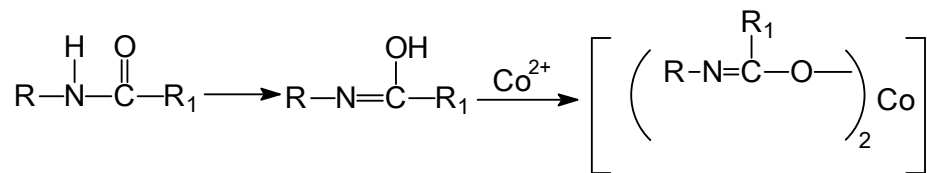
Ксантогенати спиртів в сильно кислому середовищі при взаємодії з молібдатами утворюють продукти фіалкового кольору. Також вони здатні утворювати кольорові комплекси з солями купруму та нікелю, які екстрагуються органічними розчинниками.

Виявлення енольного гідроксилу

Енольний гідроксил (кетто-енольна таутомерія) виявлять реакцією комплексоутворення з солями Ферума (III):



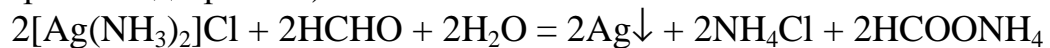
При цьому можуть утворюватися комплекси різного кольору. У випадку амідомідольної таутомерії фенольний гідроксил ідентифікують по утворенню забарвлених комплексів з солями кобальту (II) (синьо-фіалкове забарвлення) чи кпруму (II) (синє забарвлення):



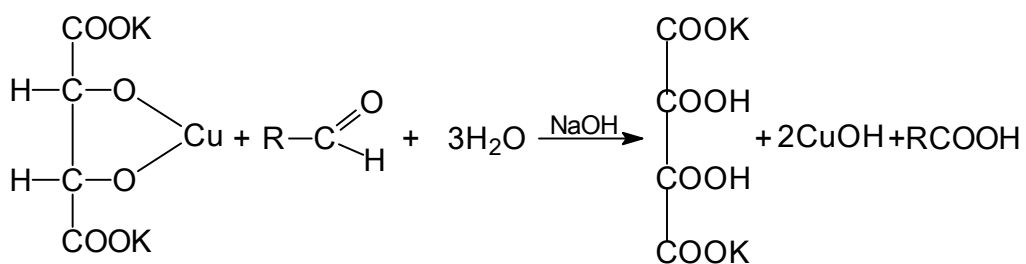
Ідентифікація альдегідних та кетонних груп

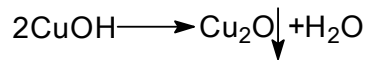
Альдегідних та кетонні групи дають ряд характерних реакцій, за допомогою яких їх можна ідентифікувати:

Аргентуму нітрат в аміачному середовищі окислює альдегіди до карбонових кислот, аргентум при цьому відновлюється до металічного срібла (реакція «срібного дзеркала»):

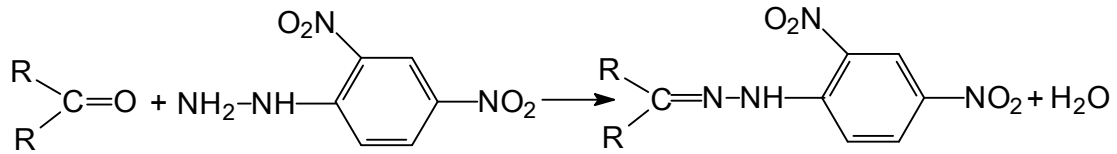


Реактив Фелінга (змішаний розчин купруму та калію-натрію тартрату) окислює альдегіди до карбонових кислот. Купрум при цьому відновлюється червоного осаду купруму (I) оксиду:



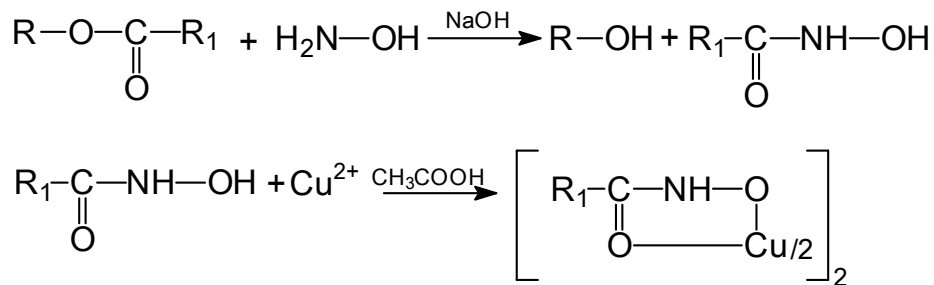


Дифенілгідразин утворює зі сполуками з кетонними угрупованнями (в спиртовому середовищі) гідрозони червоного-оранжевого кольору:



Виявлення естерів

Естери зазвичай ідентифікують за допомогою реакції з гідроксиламіном. В середовищі NaOH утворюються гідроксиламінові кислоти, які при подальшій взаємодії зі солями купруму (II) (в ацетатокислому середовищі) утворюють гідроксоамати купруму (II) зеленого кольору:



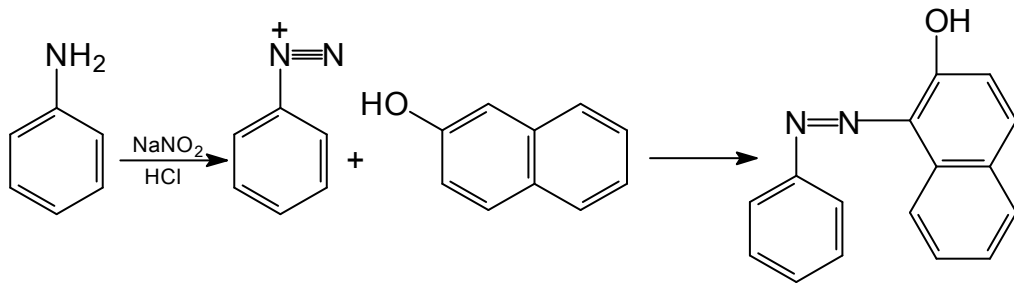
Виявлення карбоксильних груп карбонових кислот

Карбоксильні груп, що входять до складу органічних карбонових кислот, вступають у взаємодію з кольоровими солями важких металів (d-елементи), утворюючи при цьому забарвлені осаді солей органічних кислот. Зазвичай для ідентифікації використовують солі купруму, феруму, кобальту.

4.3.3. Ідентифікація нітрогенвмісних груп

Виявлення аміногрупи в ароматичних сполуках.

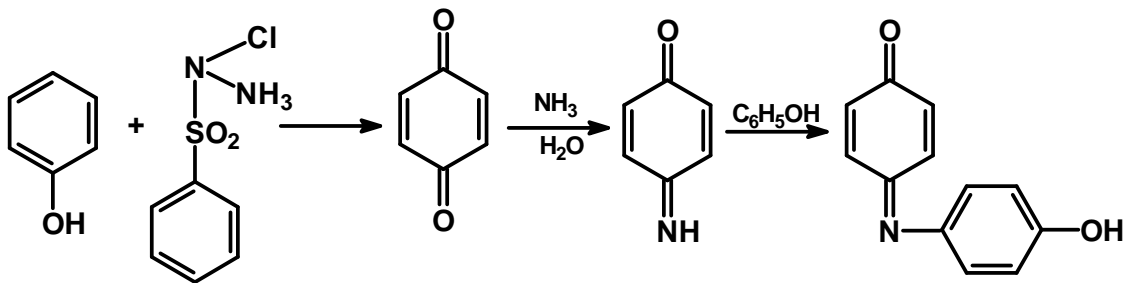
Для виявлення присутності аміногрупи в ароматичних сполуках використовують реакцію діазотування та азосполучення. Діазотування найчастіше проводять в кислому середовищі за допомогою NaNO₂, в якості азоскладової використовують будь-який фенол, найчастіше 2-нафтол:



Утворенні азосполуки мають червоний колір.

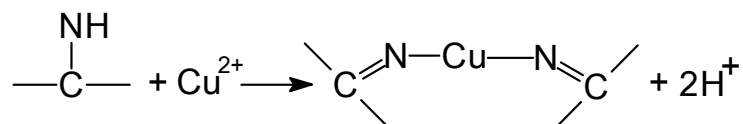
Виявлення ароматичних амінофенолів.

Ароматичні амінофеноли в присутності фенолів окиснюються хлораміном, калію біхроматом, гідрогену пероксидом (в присутності каталізатора FeCl₃), утворюючи індофеноли:



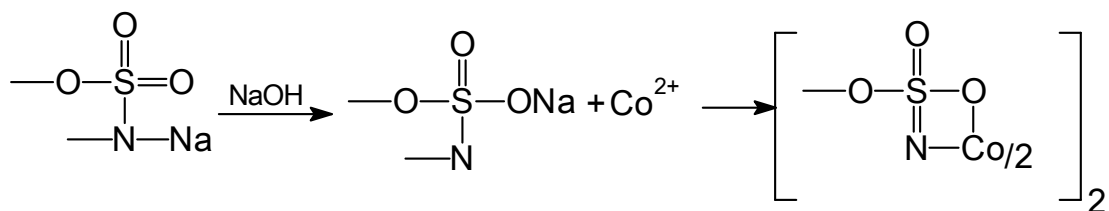
Виявлення імідних сполук.

Імідні сполуки ідентифікують за допомогою реакцій утворення забарвлених комплексів з Fe³⁺, Cu²⁺, Co²⁺:



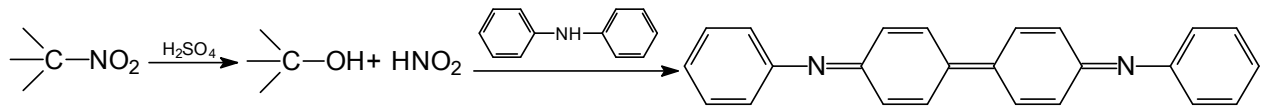
Виявлення амідів

Аміди зазвичай виявляють за допомогою реакції комплексоутворення з солями купруму чи кобальту в лужному середовищі. Сульфаміди з кобальтом утворюють комплекси рожевого чи червоного кольору, з купрумом голубого чи зеленого:



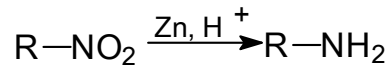
Виявлення нітрогрупи естерів

Нітрогрупу в естерах виявляють реакцією з дифеніламіном в концентрованій сульфатній кислоті. Утворюється сполука синього кольору:

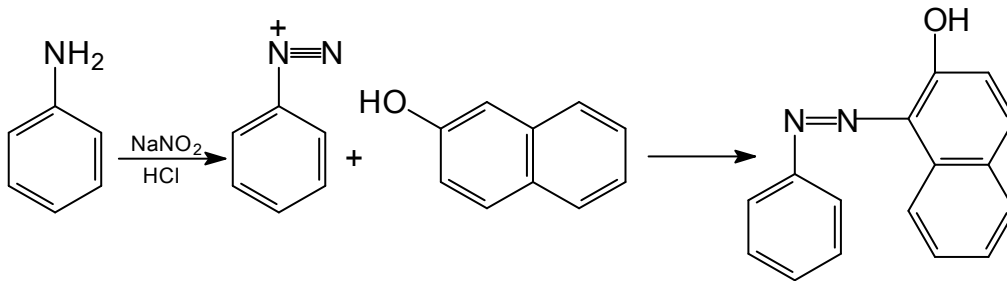


Виявлення ароматичної нітрогрупи

Ароматичну нітрогрупу виявляють після відновлення цинком в середовищі хлоридної кислоти до аміногрупи:

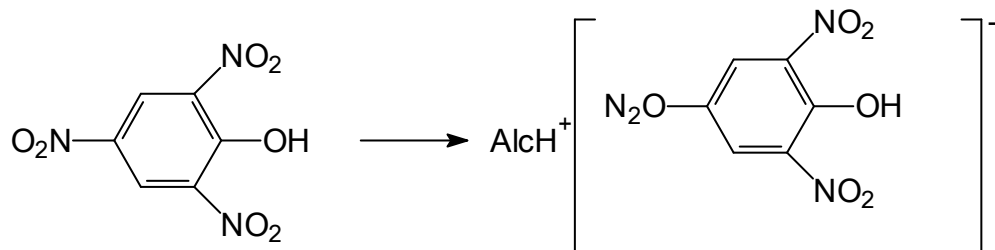


Останню діазотують і проводять реакцію азосполучення:



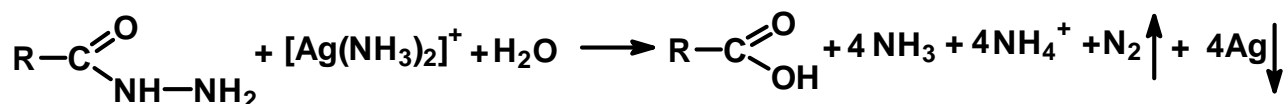
Виявлення третинної аміногрупи органічних основ (типу алкалоїдів).

Третинну аміногрупу >N , що міститься в багатьох органічних основах типу алкалоїдів, виявляють осадженням в кислому середовищі аніонними комплексними сполуками бісмуту, гідраргіриму, йоду, вольфраму, пікринової кислоти. Утворюються осадки різного кольору: з реактивом Драгендорфа (розчин K[BiI₄]) – бурі чи оранжеві осадки AlcH⁺[BiI₄]⁻, з реактивом Майєра (розчин K₂[HgI₄]) – білі осадки [AlcH]₂²⁺[HgI₄]²⁻, з реактивом Бушарда (розчин K[I₃]) – бурі осадки AlcH⁺[I₃]⁻, з реактивом Шейблера (розчин H₃[P(W₃O₁₀)₄]) – білі осадки [AlcH]₃³⁺[P(W₃O₁₀)₄]⁻, з пікриновою кислотою – жовті осадки:



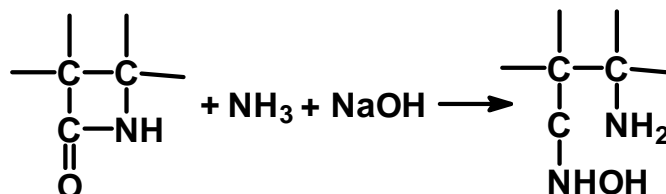
Виявлення гідразидної групи

Гідразидну групу виявляють характерними для альдегідів реакціями срібного дзеркала чи Фелінга. При цьому карбонільна група окислюється до карбоксильної:



Виявлення лактамних груп.

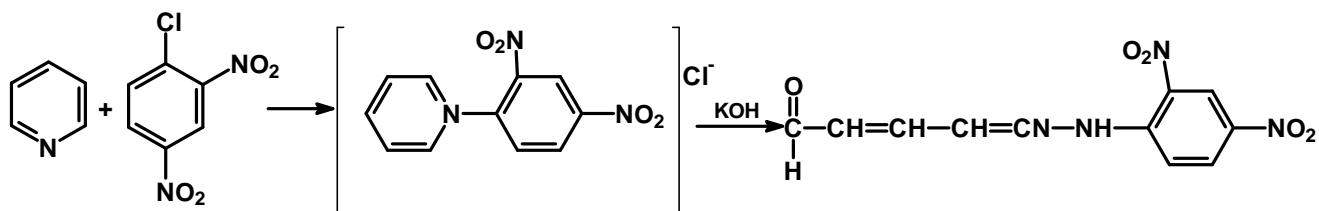
Лактамні угруповання здатні утворювати гідроксамові кислоти:



Останні вступають в реакцію з солями купруму чи кобальту, утворюючи кольорові комплексні сполуки:

Виявлення піридинових сполук.

Піридинові сполуки при взаємодії 2,4-динітрохлорфенолом утворюють забарвлені в різні кольори (від жовтого до червоно-фіалкового) поліметинові барвники:



4.3.4. Виявлення сульфур- та фосфорвмісних груп

Виявлення тіогрупи.

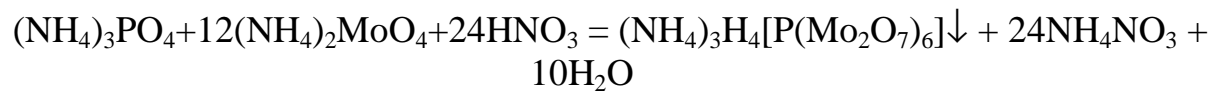
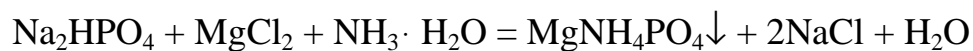
В основі виявлення тіогруп є ідентифікація сірководню (за допомогою фільтрувального папірця, змоченого солями плюмбуму), який виділяється при термічному розкладі сульфурвмісних органічних речовин.

Виявлення сульфосполук

Сульфосполуки окислюються при нагріванні концентрованою нітратною кислотою чи сумішю нітратної та хлоридної кислот. Утворені при цьому сульфати визначають реакцією з солями барію.

Виявлення фосфорвмісних груп

Фосфоровмісні органічні сполуки виявляють окисненням нітратною кислотою. Утворюється фосфатна кислот, ідентифікують за утворенням осадів магнію-амонію фосфату чи амонію фосформолібдату:



ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Який стан системи реагуючих речовин називається хімічною рівновагою?
2. В якому напрямі зміститься хімічна рівновага реакції

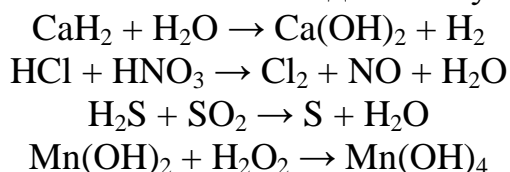
$$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \leftrightarrow 2\text{NH}_3,$$
 якщо збільшити концентрацію в газовій суміші: а) водню; б) аміаку?
3. Чому дорівнює ступінь дисоціації мурашиної кислоти в 0,5 М розчині, якщо відомо, що концентрація іонів H^+ у цьому розчині дорівнює 0,01 моль/л?
4. За допомогою яких дослідів можна переконатися, що хлоридна кислота дисоційована на іони більше, ніж мурашина кислота?
5. Від яких іонів залежать за теорією електролітичної дисоціації характерні властивості кислот і основ?
6. Чому підвищення концентрації розчинів сильних електролітів знижує здатність іонів проводити електричний струм?
7. Що таке активність, коефіцієнт активності?
8. Обчисліть іонну силу розчинів, що містяться в 1 л : а) 0,1 моль KCl ; б) 0,1 моль K_2SO_4 , в) 0,1 моль MgSO_4 , г) 0,1 моль AlCl_3 , д) 0,01 моль K_2SO_4 + 0,01 моль $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
9. Що таке гідроліз? В яких умовах і чому розчин солі має: а) нейтральну; б) кислу; в) лужну реакцію?
10. Чим відрізняється гідроліз солей: а) багатоосновних кислот від гідролізу солей одноосновних кислот? б) багатовалентних металів від гідролізу солей одновалентних металів?
11. Якими способами можна посилити гідроліз? Пригнітити гідроліз?
12. Зазначити, які з даних солей гідролізують: NaNO_3 , K_2SO_4 , ZnCl_2 , Na_2S , KBr . Для солей, що гідролізують, скласти рівняння гідролізу в іонному і молекулярному вигляді.
13. Як можна підсилити або ослабити ступінь дисоціації слабого електроліту?
14. Як зміниться концентрація гідроксид-іонів у розчині амоній гідроксиду при добуванні до нього розчину амоній хлориду?
15. Як змінюватиметься концентрація іонів H^+ при розведенні водою концентрованого розчину сульфатної кислоти?
16. Розчинність PbCl_2 дорівнює 11 г/л. Обчислити добуток розчинності цієї сполуки.
17. Добуток розчинності CaCO_3 дорівнює $2,5 \cdot 10^{-8}$. Обчислити:
 - а) концентрацію іонів кальцію в насиченому розчині даної солі в моль/л;
 - б) розчинність карбонату кальцію в моль/л.
18. За добутками розчинності PbSO_4 і PbI_2 обчислити їх розчинність у моль/л і г/л.
19. Чому розчин KJ з розчином $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}]$ утворює осад AgJ , але з розчином $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$ такий осад не утворюється?
20. Який з металів, цинк чи кобальт, краще взаємодіятиме з хлоридною кислотою? Відповідь обґрунтуйте.
21. Що таке амфотерність?
22. Як дисоціюють на іони амфотерні гідроксиди? Наведіть приклади.

23. Яке значення має амфотерність в якісному аналізі? Відповідь підтвердіть відповідними рівняннями реакцій.

24. Які реакції називають окисно-відновними?

25. Наведіть приклади напівреакцій: а) окислення; б) відновлення

26. Зазначте елемент-окислювач і елемент відновник у таких реакціях:



27. Яка роль окисно-відновних реакцій у якісному аналізі? Відповідь підтвердіть відповідними реакціями виявлення.

28. В чому полягає відмінність між подвійними і комплексними солями?

29. Однією з характерних реакцій на іон Fe^{3+} є дія роданіду амонію, яка приводить до утворення роданіду феруму, що надає розчину кривавочервоного забарвлення. Чому при дії зазначеним реактивом на розчин $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ розчин забарвлюється, а при дії на розчин $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ не забарвлюється?

30. Чому дорівнюють: а) заряди комплексних іонів; б) координаційні числа комплексоутворювачів у таких сполуках:



31. В чому полягає відмінність I аналітичної групи катіонів від усіх інших груп?

32. Яка роль катіонів I аналітичної групи в організмі людини, в медичному аналізі?

33. До яких помилок в аналізі приведе неповне видалення солей амонію?

34. Які катіони при якісному виявленні можна відкривати дробним методом і чому?

35. Яка роль катіонів аргентуму, плюмбуму, гідраргірису в медицині?

36. На якій властивості заснована аналітична класифікація аніонів?

37. Яку роль відіграють карбонатна кислота та її солі в організмі людини?

38. На які фактори слід звертати увагу при виконанні якісних реакцій?

39. Назвіть переваги і недоліки відомих класифікацій іонів на групи.

40. Наведіть приклади виконання якісних реакцій краплинним методом. Відповідь підтвердіть відповідними рівняннями реакцій.

41. Роль українських і російських вчених у формуванні аналітичної хімії як науки.

42. Місце аналітичної хімії в системі сучасних наук.

43. Взаємозв'язок аналітичної хімії з іншими науками.

44. Значення аналітичної хімії для моніторингу об'єктів довкілля.

45. Проблеми розвитку аналітичної хімії на сучасному етапі

46. Показати фактор селективності для конкретних органічних реагентів.

47. Роль різних методів для ідентифікації речовин.

48. Використання методів розділення і концентрування в аналізі.

49. Чим пояснити буферну дію розчинів амфолітів?

50. Назвіть фактори, що зумовлюють реакційну здатність органічного реагента.

51. Охарактеризуйте властивості лігандів з точки зору їх "жорсткості" і "м'якості".

52. Використання сучасних методів якісного аналізу для перевірки якості фармпрепаратів.
53. Наведіть приклади практичного використання зовнішньосферних комплексів.
54. Що є практичним критерієм зворотності окисно-відновних процесів?
55. Наведіть приклади прискорення повільних окисно-відновних процесів.
56. Покажіть вплив розчинника на розчинність малорозчинних сполук.
57. Охарактеризуйте теоретичні аспекти методу пробірної плавки, покажіть роль цього методу в аналітичній практиці.
58. В якому розчині присутні катіони лише 3 аналітичної групи (кислотно-основна класифікація): 1) Zn^{2+} Cr^{3+} Co^{2+} 2) Hg^{2+} Co^{2+} Ni^{2+} 3) Na^+ K^+ NH_4^+
4) Sr^{2+} K^+ NH_4^+ 5) Ca^{2+} Sr^{2+} Ba^{2+}
59. При проведенні аналізу сумішей катіонів за систематичним ходом необхідно відділити катіони третьої аналітичної групи (за кислотно-основною класифікацією). Груповим реактивом для іонів другої аналітичної групи є:
1) Гідроксид натрію 2) Гідроксид амонію 3) Сульфатна кислота
4) Хлоридна кислота
60. За кислотно-основною класифікацією катіонів груповими реагентами можуть бути: HCl , H_2SO_4 , $NaOH$ або KOH , розчин NH_3 . До другої групи катіонів належать катіони Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+} . Вказати груповий реагент для третьої групи катіонів.
61. Яка спільна властивість (за кислотно-основною класифікацією) сполук катіонів 4 аналітичної групи:
1) Амфотерність гідроксидів 2) Нерозчинність осадів у воді
3) Розчинність гідроксидів у кислотах.
62. При додаванні до розчину 2М хлоридної кислоти утворився білий аморфний осад, який розчинився в надлишку гідроксиду амонію. Який катіон знаходиться в розчині?
1) Магній 2) Плюмбум 3) Аргентум 4) Гідраргірум (I) 5) Барій
63. Досліджуваний розчин лікарської речовини містить хлорид, бромід, йодид та сульфід аніони. Який груповий реагент на ці аніони?
1) Барію нітрат 2) Барію хлорид 3) Аргентуму нітрат в 2М нітратній кислоті 4) Груповий реагент відсутній
64. Для визначення нітрат-іонів до досліджуваного розчину додали дифеніламін. Який аналітичний ефект спостерігається?
1) Осад жовтого кольору 2) Осад синього кольору 3) Виділення бурого газу 4) Розчин синього кольору 5) Осад білого кольору
65. Як називаються реакції і реагенти, що дають можливість визначити даний іон у присутності інших іонів?
1) Вибірковими 2) Груповими 3) Характерними 4) Специфічними
66. Якому з наведених нижче чисел дорівнює сума коефіцієнтів рівняння реакції, що відбувається між розчинами таких сполук при нагріванні.
 $Na_3AsO_4 + Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 \rightarrow$
1) 36 2) 35 3) 24 4) 18 5) 14
67. В який колір забарвлений осад хлориду меркуроамонію $[NH_2Hg]Cl$?

1. жовтий 2. коричневий 3. чорний 4. цегляно-червоний 5. білий

68. Яким з наведених нижче реактивів можна виявити іони Bi^{3+} в присутності іонів Cd^{2+} ?

1. $\text{Sc}(\text{NH}_2)_2$ 2. H_2S 3. NaOH 4. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 5. Жодний з наведених

69. Якому з наведених нижче чисел дорівнює сума коефіцієнтів рівняння реакції, що відбувається між такими сполуками.



1. 2 2. 6 3. 13 4. 7 5. 8

70. Яким з наведених нижче реактивів можна розчинити тільки один з двох осадів: аргентум хлорид або меркурій (I) хлорид?

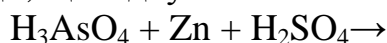
1. HCl – 2 н. 2. HNO_3 3. H_2SO_4 4. NaOH 5. CH_3COOH

71. В насиченому розчині аргентум хромату ($\text{ДР} = 1,2 \cdot 10^{-12}$) концентрацію хромат іону збільшили в 5 разів. Чому дорівнює при цьому концентрація іонів аргентуму?

1. $2 \cdot 10^{-7}$ г-іон/л 2. $3 \cdot 10^{-6}$ г-іон/л 3. $8 \cdot 10^{-6}$ г-іон/л

4. $1 \cdot 10^{-5}$ г-іон/л 5. $6 \cdot 10^{-5}$ г-іон/л

72. Якому з наведених нижче чисел дорівнює сума коефіцієнтів рівняння реакції, що відбувається між такими сполуками



1. 11 2. 22 3. 18 4. 14 5. 6

73. Суміш 100 мл 1 М розчину K_2CrO_4 і 2 мл 0,1 М розчину NaCl довели водою до 10 л і додали 0,1 мл 0,1 М розчину аргентуму нітрату. Який осад при цьому утворився? ($\text{ДР}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 1,2 \cdot 10^{-12}$, $\text{ДР}_{\text{AgCl}} = 1,8 \cdot 10^{-10}$)

1. AgCl

2. Ag_2CrO_4

3. осаду не буде

4. AgHCrO_4

5. AgCl , Ag_2CrO_4

74. Якому з наведених нижче чисел дорівнює сума коефіцієнтів рівняння реакції, що відбувається між такими речовинами



1. 21 2. 17 3. 13 4. 11 5. 8

75. Розрахуйте рН 1 М розчину NaH_2AsO_4 . Для миш'якової кислоти $\text{pK}_1 = 2,2$; $\text{pK}_2 = 7,0$; $\text{pK}_3 = 11,4$.

1. 9,2 2. 7,0 3. 6,8 4. 4,6 5. 3,6

76. Яке рН має 0,1М розчин натрію сульфіді? Для сульфідної кислоти $\text{pK}_1 = 7,05$; $\text{pK}_2 = 12,90$.

1. 13,10 2. 7,05 3. 12,95 4. 9,98 5. 10,03

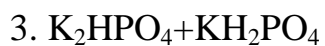
77. Досліджуваний розчин розвели водою в 100 раз. Після розведення рН розчину зменшилось на 1. Яка з наведених нижче сполук знаходиться в розчині.

1. NH_4OH 2. CH_3COOH 3. HCl 4. NaOH 5. KH_2PO_4

78. Яка із наведених нижче сумішей має буферні властивості?

1. $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH}$

2. $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{HCl}$



79. Розрахуйте рН 0,01 н розчину амонію хлориду і виберіть правильну відповідь з наведених нижче. Для амонію гідроксиду рК 4,8.

1. 7,0 2. 8,2 3. 5,6 4. 4,6 5. 8,4

80. 0,1 н розчинів хлоридної кислоти та натрію хлориду розвели водою в 10 раз. Як змінилося рН розчину.

1. Залишилося без змін
2. Зменшилось на 0,5
3. Збільшилось на 0,5
4. Збільшилось на 1
5. Зменшилось на 1

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексеев В.Н. Курс качественного химического полумикроанализа.- М.:Химия, 1973.
2. Алексеев В.Н. Количественный анализ.- М.:Химия, 1972.
3. Базель Я.Р., Воронич О.Г., Кормош Ж.О. Практичний курс аналітичної хімії. – Ужгород-Луцьк, 2008.
4. Бабко А.К., П'ятницький І.В. Кількісний аналіз. – К.:Вища школа, 1974.
5. Бончев П.Р. Введение в аналитическую химию. -Л.:Химия, 1978.
6. Васильев В.П. Аналитическая химия, Т.1.-М. :Высш.шк., 1989.
7. Данцер К., Тан Э., Мольх Д. Аналитика. -М.:Химия, 1981.
8. Дорохова Є.М., Прохорова Г.В. Задачі та запитання з аналітичної хімії.- К.:КНУ, 2001.
9. Жаровський Ф.Г., Пилипенко А.Т., П'ятницький І.В. Аналітична хімія. - К.:Вища школа, 1982.
- 10.Золотов Ю.А. Очерки аналитической химии. -М.:Химия, 1977.
- 11.Крешков А.П. Основы аналитической химии, Т.1,2.-М.:Химия, 1976.
- 12.Лайтинен Г., Харрис В. Химический анализ, т.1,2. - М.: Химия, 1978.
- 13.Основы аналитической химии, Т.1,2. /Под ред. Ю.А.Золотова/ -М.: Высш. шк., 2000.
- 14.Петерс Д., Хайес Д., Хифтье Т. Химическое разделение и измерение, Т.1,2.- М.:Химия, 1978.
- 15.Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия, Т.1,2.-М.: Химия, 1990.
- 16.Пономарев В.Д. Аналитическая химия, т.1, 2. – М.: Высш. шк., 1982.
- 17.Пономарев В.Д. Практикум по аналитической химии. -М.:Высш. шк., 1983.
- 18.Посыпайко В.И., Козырева Н.А., Логачева Ю.П. Химические методы анализа. -М.:Высш.шк., 1989.
- 19.Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии, Т.1,2.-М.:Мир, 1979.
- 20.Фритц Дж., Шенк Г. Количественный анализ. – М.:Мир, 1978.
- 21.Янсон Э.Ю. Теоретические основы аналитической химии. -М.:Высш.шк., 1987.
- 22.Christian G.D. Analytical Chemistry. - New York, J.Wiley & Sons, 1994.
- 23.Kellner J.R., Mermet M., Otto M., Widmer H.M. Analytical Chemistry. Verlag Chemie. Weinheim - New York, 1998.
- 24.Otto M. Analytische Chemie. Verlag Chemie. Weinheim- New York, 1995.

ДОДАТОК 1.
КОНСТАНТИ ІОНІЗАЦІЇ ДЕЯКИХ КИСЛОТ ТА ОСНОВ.

Кислоти

Назва		Формула	K_a	pK_a
Адипінова	K_1	$HOOC(CH_2)_4COOH$	$3,9 \cdot 10^{-5}$	4,41
	K_2		$3,9 \cdot 10^{-6}$	5,41
Азидоводнева		HN_3	$2,0 \cdot 10^{-5}$	4,70
Азотиста		HNO_2	$5,1 \cdot 10^{-4}$	3,29
Акрилова		$CH_2=CHCOOH$	$5,5 \cdot 10^{-5}$	4,26
Антрапілова		$H_2NC_6H_4COOH$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	4,74
Амінооцтова		H_2NCH_2COOH	$1,7 \cdot 10^{-10}$	9,77
Бензойна		C_6H_5COOH	$6,3 \cdot 10^{-5}$	4,20
Борна	K_1	H_3BO_3	$7,1 \cdot 10^{-10}$	9,15
	K_2		$1,8 \cdot 10^{-13}$	12,74
	K_3		$1,6 \cdot 10^{-14}$	13,80
Валеріанова		$CH_3(CH_2)_3COOH$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	4,86
Винна	K_1	$HOOCCH(OH)CH(OH)COOH$	$9,1 \cdot 10^{-4}$	3,04
	K_2		$4,3 \cdot 10^{-5}$	4,37
Вольфрамова	K_1	H_2WO_4	$6,3 \cdot 10^{-3}$	2,20
	K_2		$2,0 \cdot 10^{-4}$	3,70
Галлова		$C_6H_2(OH)_3COOH$	$3,9 \cdot 10^{-5}$	4,41
Гідрохінон		$C_6H_4(OH)_2$	$1,1 \cdot 10^{-10}$	9,96
Гліколева		$CH_2(OH)COOH$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	3,83
Дихлороцтова		$CHCl_2COOH$	$5,0 \cdot 10^{-2}$	1,30
Йодна		HIO_4	$2,45 \cdot 10^{-2}$	1,61
Йодновата		HIO_3	$1,7 \cdot 10^{-1}$	0,77
Йодноватиста		HIO	$2,3 \cdot 10^{-11}$	10,64
Каприлова		$CH_3(CH_2)_6COOH$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	4,89
Капронова		$CH_3(CH_2)_4COOH$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	4,89
Малеїнові	K_1	$HOOCCH=CHCOOH$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	1,92
	K_2		$6,0 \cdot 10^{-7}$	6,22
Малонова	K_1	$HOOCCH_2COOH$	$4,2 \cdot 10^{-2}$	1,38
	K_2		$2,1 \cdot 10^{-6}$	5,68
Масляна		$CH_3(CH_2)_2COOH$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	4,82
Молочна		$CH_3CH(OH)COOH$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	3,83
Мурашинна		$HCOOH$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	3,75
Оцтова		CH_3COOH	$1,74 \cdot 10^{-5}$	4,76
о-Нітробензойна		$O_2NC_6H_4COOH$ (1,2)	$6,8 \cdot 10^{-3}$	2,17
м-Нітробензойна		$O_2NC_6H_4COOH$ (1,3)	$3,2 \cdot 10^{-4}$	3,49
п-Нітробензойна		$O_2NC_6H_4COOH$ (1,4)	$3,7 \cdot 10^{-4}$	3,43
8-Оксихінолін		C_9H_7OH	$1,3 \cdot 10^{-10}$	9,90
Пероксид водню		H_2O_2	$2,0 \cdot 10^{-12}$	11,70
Пікринова		$HO_2C_6H_2(NO_2)_3$	$4,2 \cdot 10^{-1}$	0,38
Пірогалол	K_1	$C_6H_3(OH)_3$	$8,9 \cdot 10^{-10}$	9,05
	K_2		$6,5 \cdot 10^{-12}$	11,19
	K_3		$1,0 \cdot 10^{-14}$	14,00
Пірокатехін	K_1	$C_6H_4(OH)_2$ (1,2)	$3,6 \cdot 10^{-10}$	9,45
	K_2		$1,6 \cdot 10^{-13}$	12,89
Пропіонова		CH_3CH_2COOH	$1,3 \cdot 10^{-5}$	4,87
Резорцин	K_1	$C_6H_4(OH)_2$ (1,3)	$5,0 \cdot 10^{-10}$	9,30
	K_2		$8,7 \cdot 10^{-12}$	11,06
Тіоціанатна		$HSCN$	10	-1,0
Саліцилова	K_1	$C_6H_4(OH)COOH$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	2,95
	K_2		$2,6 \cdot 10^{-14}$	13,59
Селенатна	K_2	H_2SeO_4	$1,2 \cdot 10^{-2}$	1,92
Селенітна	K_1	H_2SeO_3	$1,8 \cdot 10^{-3}$	2,75
	K_2		$3,2 \cdot 10^{-9}$	8,50
Селеноводнева	K_1	H_2Se	$1,3 \cdot 10^{-4}$	3,89
	K_2		$1,0 \cdot 10^{-11}$	11,00

Продовження додатку 1

Назва		Формула	K_a	pK_a
Сірководнева	K_1	H_2S	$1,0 \cdot 10^{-7}$	6,99
	K_2		$2,5 \cdot 10^{-13}$	12,60
Сульфатна	K_2	H_2SO_4	$1,15 \cdot 10^{-2}$	1,94
Сульфитна	K_1	H_2SO_3	$1,4 \cdot 10^{-2}$	1,85
	K_2		$6,2 \cdot 10^{-8}$	7,20
Сульфосаліцилова	K_2	$C_6H_3(OH)(COOH)SO_3H$	$3,1 \cdot 10^{-3}$	2,51
	K_3		$2,0 \cdot 10^{-12}$	11,70
Телуроводнева	K_1	H_2Te	$2,3 \cdot 10^{-3}$	2,64
	K_2		$6,9 \cdot 10^{-13}$	12,16
Телуритна	K_1	H_2TeO_3	$2,7 \cdot 10^{-3}$	2,57
	K_2		$1,8 \cdot 10^{-8}$	7,74
Трихлороцтова		CCl_3COOH	$2,0 \cdot 10^{-1}$	0,70
Карбонатна	K_1	$CO_2 \cdot H_2O$	$4,5 \cdot 10^{-7}$	6,35
	K_2		$4,8 \cdot 10^{-11}$	10,32
Фенол		C_6H_5OH	$1,0 \cdot 10^{-10}$	10,0
Фосфорна	K_1	H_3PO_4	$7,1 \cdot 10^{-3}$	2,15
	K_2		$6,2 \cdot 10^{-8}$	7,21
	K_3		$5,0 \cdot 10^{-13}$	12,30
о-Фталева	K_1	$C_6H_4(COOH)_2 (1,2)$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	2,93
	K_2		$3,9 \cdot 10^{-6}$	5,41
м-Фталева	K_1	$C_6H_4(COOH)_2 (1,3)$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	3,70
	K_2		$2,5 \cdot 10^{-5}$	4,60
п-Фталева	K_1	$C_6H_4(COOH)_2 (1,4)$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	3,54
	K_2		$3,5 \cdot 10^{-5}$	4,46
Фтороводнева		HF	$6,2 \cdot 10^{-1}$	3,21
Хлороцтова		$CH_2ClCOOH$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	2,86
Хромова	K_1	H_2CrO_4	$1,6 \cdot 10^{-1}$	0,80
	K_2		$3,2 \cdot 10^{-7}$	6,50
Щавелева	K_1	$H_2C_2O_4$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	1,25
	K_2		$5,4 \cdot 10^{-5}$	4,27
Етилендіамін-тетраоцтова	K_1	$(HOOCCH_2)_2NCH_2CH_2N(CH_2COOH)_2$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	2,00
	K_2		$2,1 \cdot 10^{-3}$	2,67
	K_3		$6,9 \cdot 10^{-7}$	6,16
	K_4		$5,5 \cdot 10^{-11}$	10,26
Ціановоднева		HCN	$5,5 \cdot 10^{-10}$	9,30

Основи

Назва		Формула	K_b	pK_b
Аміак (водний розчин)		$NH_3 \cdot H_2O$	$1,76 \cdot 10^{-5}$	4,755
Анілін (гідрат)		$C_6H_5NH_2 \cdot H_2O$	$4,3 \cdot 10^{-10}$	9,37
Бензиламін (гідрат)		$C_6H_5CH_2NH_2 \cdot H_2O$	$2,1 \cdot 10^{-5}$	4,67
Бутиламін (гідрат)		$CH_3(CH_2)_3NH_2 \cdot H_2O$	$6,0 \cdot 10^{-4}$	3,22
Гексаметилендіамін (гідрат)	K_1	$H_2N(CH_2)_6NH_2 \cdot H_2O$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	2,9
Гексаметилентетрамін (гідрат)	K_1	$(CH_2)_6N_4$	$1,4 \cdot 10^{-9}$	8,87
Гідразин (гідрат)		$N_2H_4 \cdot H_2O$	$9,3 \cdot 10^{-7}$	6,03
Гідроксид барію	K_2	$Ba(OH)_2$	$2,3 \cdot 10^{-1}$	0,64
Гідроксид кальцію	K_2	$Ca(OH)_2$	$4,0 \cdot 10^{-2}$	1,40
Гідроксид літію		$LiOH$	$6,8 \cdot 10^{-1}$	0,17
Гідроксиламін (гідрат)	K_1	$NH_2OH \cdot H_2O$	$8,9 \cdot 10^{-9}$	8,05
Диетиламін (гідрат)		$(C_2H_5)_2NH \cdot H_2O$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	2,91
Диметиламін (гідрат)		$(CH_3)_2NH \cdot H_2O$	$5,4 \cdot 10^{-4}$	3,27
Дифеніламін (гідрат)		$(C_6H_5)_2NH \cdot H_2O$	$6,2 \cdot 10^{-14}$	13,21
Метиламін (гідрат)		$CH_3NH_2 \cdot H_2O$	$4,6 \cdot 10^{-3}$	3,34

ДОДАТОК 2.
 КОНСТАНТИ РОЗЧИННОСТІ ДЕЯКИХ ВАЖКОРОЗЧИННИХ РЕЧОВИН

Формула	pK_s^T	K_s^T
Ag ₂ C ₂ O ₄	10,46	3,5·10 ⁻¹¹
Ag ₂ Cr ₂ O ₇	10,00	1,0·10 ⁻¹⁰
Ag ₂ CrO ₄	11,95	1,1·10 ⁻¹²
Ag ₂ S	49,70	2,0·10 ⁻⁵⁰
Ag ₂ SO ₄	4,80	1,6·10 ⁻⁵
Ag ₃ PO ₄	19,89	1,3·10 ⁻²⁰
AgBr	12,28	5,3·10 ⁻¹³
AgCl	9,75	1,8·10 ⁻¹⁰
AgCN	15,84	1,4·10 ⁻¹⁶
AgCO ₃	11,09	1,2·10 ⁻¹²
AgI	16,08	8,3·10 ⁻¹⁷
AgSCN	11,97	1,1·10 ⁻¹²
Al(OH) ₃	32,00	11,0·10 ⁻³²
AlPO ₄	18,24	5,75·10 ⁻¹⁹
Ba ₃ (PO ₄) ₂	38,22	6,0·10 ⁻³⁹
BaC ₂ O ₄	6,96	1,1·10 ⁻⁷
BaCO ₃	8,40	5,1·10 ⁻⁹
BaCrO ₄	9,93	1,2·10 ⁻¹⁰
BaSO ₃	6,10	8,0·10 ⁻⁷
BaSO ₄	9,97	1,1·10 ⁻¹⁰
Bi ₂ S ₃	97,0	1,0·10 ⁻⁹⁷
BiPO ₄	22,90	1,3·10 ⁻²³
Ca ₃ (PO ₄) ₂	28,70	2,0·10 ⁻²⁹
CaC ₂ O ₄	8,64	2,3·10 ⁻⁹
CaCO ₃	8,42	3,8·10 ⁻⁹
CaF ₂	10,40	4,0·10 ⁻¹¹
CaSO ₄	4,60	2,5·10 ⁻⁵
Cd(OH) ₂	13,66	2,2·10 ⁻¹⁴
CdCO ₃	12,0	1,0·10 ⁻¹²
CdS	27,8	1,6·10 ⁻²⁸
Co(OH) ₂	14,2	6,3·10 ⁻¹⁵
CoS	24,70	2,0·10 ⁻²⁵
Cr(OH) ₃	30,20	6,3·10 ⁻³¹
CrPO ₄	22,62	2,4·10 ⁻²³
Cu(OH) ₂	19,66	2,2·10 ⁻²⁰
CuBr	8,28	5,25·10 ⁻⁹
CuCO ₃	9,60	2,5·10 ⁻¹⁰
CuJ	11,96	1,1·10 ⁻¹²
CuS	35,20	6,3·10 ⁻³⁶
Fe(OH) ₂	15,10	8,0·10 ⁻¹⁶
Fe(OH) ₃	37,20	6,3·10 ⁻³⁸
Fe ₄ [Fe(CN) ₆] ₃	40,52	3,0·10 ⁻⁴¹
FeCO ₃	10,46	3,5·10 ⁻¹¹
FePO ₄	21,90	1,3·10 ⁻²²
FeS	17,30	5,0·10 ⁻¹⁸
Hg ₂ (SCN) ₂	19,52	3,0·10 ⁻²⁰
Hg ₂ Cl ₂	17,88	1,3·10 ⁻¹⁸
Hg ₂ I ₂	28,35	4,5·10 ⁻²⁹
Hg ₂ SO ₄	6,17	6,8·10 ⁻⁷
HgS	51,80	1,6·10 ⁻⁵²
K ₂ Na[Co(NO ₂) ₆]	10,66	2,2·10 ⁻¹¹
Mg(OH) ₂	11,15	7,1·10 ⁻¹²
Mg ₃ (PO ₄) ₂	13,00	1,0·10 ⁻¹³
MgC ₂ O ₄	4,07	8,5·10 ⁻⁵
MgCO ₃	4,67	2,1·10 ⁻⁵
MgNH ₄ PO ₄	12,00	1,0·10 ⁻¹²

Формула	pK_s^T	K_s^T
Mn(OH) ₂	12,72	$1,9 \cdot 10^{-13}$
Mn(OH) ₃	36,00	$1,0 \cdot 10^{-36}$
MnCO ₃	10,74	$1,8 \cdot 10^{-11}$
MnO ₂ ·2H ₂ O	56,00	$1,0 \cdot 10^{-56}$
MnS	9,60	$2,5 \cdot 10^{-10}$
Ni(C ₄ H ₇ O ₂ H ₂) ₂ диметилгліоксимат	24,64	$2,3 \cdot 10^{-25}$
NiS	24,00	$1,0 \cdot 10^{-24}$
Pb(OH) ₂	15,10	$7,9 \cdot 10^{-16}$
Pb ₃ (PO ₄) ₂	42,10	$7,9 \cdot 10^{-43}$
PbCl ₂	4,79	$1,6 \cdot 10^{-5}$
PbCrO ₄	13,75	$1,8 \cdot 10^{-14}$
PbJ ₂	8,98	$1,1 \cdot 10^{-9}$
PbS	26,60	$2,5 \cdot 10^{-27}$
PbSO ₄	7,80	$1,6 \cdot 10^{-8}$
Sb(OH) ₃	29,70	$2,0 \cdot 10^{-30}$
Sn(OH) ₂	26,20	$6,3 \cdot 10^{-27}$
SnS	26,60	$2,5 \cdot 10^{-27}$
Sr ₃ (PO ₄) ₂	31,00	$1,1 \cdot 10^{-31}$
SrCO ₃	9,96	$1,1 \cdot 10^{-10}$
SrSO ₄	6,49	$3,2 \cdot 10^{-7}$
Zn(OH) ₂	16,92	$1,2 \cdot 10^{-17}$
Zn ₃ (PO ₄) ₂	23,80	$9,1 \cdot 10^{-33}$
ZnCO ₃	10,84	$1,45 \cdot 10^{-11}$

ДОДАТОК 3.
КОНСТАНТИ УТВОРЕННЯ (СТІЙКОСТІ) ДЕЯКИХ КОМПЛЕКСНИХ ІОНІВ

Комплексний іон	lgβ _n					
	1	2	3	4	5	6
[Ag(NH ₃) _n] ⁺	3.32	7.23	-	-	-	-
[Au(NH ₃) _n] ⁺	-	27.00	-	-	-	-
[Cd(NH ₃) _n] ²⁺	2.51	4.47	5.77	6.56	6.26	4.56
[Co(NH ₃) _n] ²⁺	1.99	3.50	4.43	5.07	5.13	4.39
[Cu(NH ₃) _n] ⁺	5.93	10.86	-	-	-	-
[Cu(NH ₃) _n] ²⁺	3.99	7.33	10.06	12.03	11.43	8.90
[Ni(NH ₃) _n] ²⁺	2.67	4.79	6.40	7.47	8.10	8.01
[AgBr _n] ¹⁻ⁿ	4.38	7.34	8.00	8.73	8.44	-
[AgI _n] ¹⁻ⁿ	6.58	11.74	13.68	13.10	-	-
[AgCl _n] ¹⁻ⁿ	3.04	5.04	5.04	5.30	-	-
[AuCl _n] ¹⁻ⁿ	-	9.42	-	-	-	-
[CuCl _n] ¹⁻ⁿ	-	5.35	5.63	-	-	-
[TiCl _n] ¹⁻ⁿ	0.52	0.09	-0.80	-	-	-
[Ag(SCN) _n] ¹⁻ⁿ	4.75	8.23	9.45	9.67	-	-
[Fe(SCN) _n] ³⁻ⁿ	3.03	4.33	4.63	4.53	4.23	3.23
[Cd(SCN) _n] ²⁻ⁿ	1.74	2.40	2.30	2.91	-	-
[Co(SCN) _n] ²⁻ⁿ	1.72	1.60	1.80	-0.30	-	-
[Cu(SCN) _n] ²⁻ⁿ	2.30	3.65	5.19	6.52	-	-
[Cu(SCN) _n] ¹⁻ⁿ	-	-	9.90	10.05	9.59	9.27
[Hg(SCN) _n] ²⁻ⁿ	-	17.60	20.40	21.20	-	-
[Pb(SCN) _n] ²⁻ⁿ	1.09	2.52	1.90	0.85	-	-
[Zn(SCN) _n] ²⁻ⁿ	1.57	1.56	1.51	3.02	-	-
[Ag(S ₂ O ₃) _n] ¹⁻²ⁿ	8.82	13.46	14.15	-	-	-
[Cu(S ₂ O ₃) _n] ¹⁻²ⁿ	10.35	12.27	13.71	-	-	-
[AlF _n] ³⁻ⁿ	7.10	11.98	15.83	18.53	20.20	20.67
[FeF _n] ³⁻ⁿ	6.04	10.74	13.74	15.74	16.10	16.10
[Ag(CN) _n] ¹⁻ⁿ	-	19.85	20.55	19.42	-	-
[Au(CN) _n] ¹⁻ⁿ	-	38.30	-	-	-	-
[Cd(CN) _n] ²⁻ⁿ	5.18	9.60	13.92	17.11	-	-
[Cu(CN) _n] ¹⁻ⁿ	-	24.00	28.60	30.30	-	-
[Hg(CN) _n] ²⁻ⁿ	17.00	32.75	36.31	38.97	39.83	40.62
[Ni(CN) _n] ²⁻ⁿ	-	-	22.20	31.00	30.30	-
[Zn(CN) _n] ²⁻ⁿ	-	11.07	16.05	19.62	-	-

Навчальне видання

БАЗЕЛЬ Ярослав Рудольфович
ШКУМБАТЮК Роман Стефанович
СУХАРЕВА Оксана Юрїївна
ВОРОНИЧ Ольга Гаврилївна

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК З КУРСУ
«АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ»**

для студентів фармацевтичних спеціальностей

Частина 1. Якісний хімічний аналіз

Навчальний посібник

Відповідальний за випуск Базель Я.Р.

Редагування та коректура авторів
Ком'ютерний набір та верстка *Шкумбатюк Р.С.*

Формат 60×84/16. Умовн. друк. арк. Зам. №72. Наклад 100 прим.
Видавництво УжНУ «Говерла». м. Ужгород, вул. Капітульна, 18. тел. 3-32-49.

*Свідоцтво про внесення до державного реєстру видавці, виготівників
І розповсюджувачів видавничої продукції – Серія 3т №32*