

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО



ПРАКТИЧНИЙ ПОСІБНИК З ЯКІСНОГО ТА КІЛЬКІСНОГО АНАЛІЗУ



Черкаси
2008

ББК 24.4 я 73 – 1
УДК 543 (073)

Практичний посібник з якісного та кількісного аналізу / В. О. Мінаєва,
Т. С. Нінова, В. М. Бочарнікова. – Черкаси: Вид. відділ ЧНУ імені Богдана
Хмельницького, 2008. – 174 с.

У посібник включено програму теоретичного курсу, зміст самостійної роботи з курсу “Аналітична хімія”, плани лабораторних занять, методики аналізу речовин і їх сумішей, методичні вказівки до виконання лабораторних робіт і основні правила безпеки роботи в лабораторії.

Представлені у додатках схеми аналізу допоможуть студентам у засвоєнні навчального матеріалу. Наведені довідникові таблиці найважливіших констант, які використовуються в аналітичній хімії, необхідні при розв’язуванні задач та вправ.

Рекомендовано для студентів спеціальності “Хімія” університету.

Рецензенти: доцент кафедри загальної хімії ЧДТУ,
к.х.н., доцент Т.В. Солодовнік;
зав. кафедри загальної та неорганічної хімії ЧНУ
ім. Б. Хмельницького, к.х.н., проф. О.В. Білий.

Друкується згідно з ухвалою Вченої ради Черкаського національного університету ім. Б. Хмельницького.

Протокол № 7 від 13.03.2008 р.

ISBN 978-966-353-090-1

ЗМІСТ

Програма курсу «Аналітична хімія»	6
Характеристика дисципліни «Аналітична хімія»	17
Шкала оцінювання знань	18
Розподіл балів за модульно-рейтинговою системою оцінювання знань із навчальної дисципліни «Аналітична хімія. Якісний аналіз»	19
Розподіл балів за модульно-рейтинговою системою оцінювання знань із навчальної дисципліни «Аналітична хімія. Кількісний аналіз»	20
Теми колоквиумів та модульних контрольних робіт.	21
Розподіл балів, отриманих студентами за видами робіт. Якісний аналіз	22
Розподіл балів, отриманих студентами за видами робіт. Кількісний аналіз	25
Методичні вказівки до виконання завдань, що виносяться на самостійне опрацювання	29
Відомості про шкідливість та безпеку при роботі з деякими хімічними реактивами.	30
Правила техніки безпеки при роботі в лабораторії.	32
Правила роботи з небезпечними, токсичними і вогнебезпечними речовинами	32
Перша допомога при нещасних випадках	33
ХІМІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ. ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ	
Перелік характерних реакцій, які вивчають у курсі аналітичної хімії	34
Плани лабораторних занять із якісного аналізу та завдання для самостійної роботи студентів	39
Лабораторне заняття №1. Предмет, завдання та методи якісного аналізу. Перша аналітична група катіонів.	39
Лабораторне заняття №2. Закон дії мас як теоретична основа якісного аналізу.	41
Лабораторне заняття №3. Друга аналітична група катіонів.	41
Лабораторне заняття №4. Рівновага в гетерогенній системі осад – насичений розчин.	43
Лабораторне заняття №5. Третя аналітична група катіонів.	44
Лабораторне заняття №6. Рівновага в гомогенних і гетерогенних системах. Аналіз суміші катіонів I–III аналітичних груп (модульна контрольна робота № 1)	45
Лабораторне заняття №7. Аналіз суміші катіонів I–III аналітичних груп (експериментальна контрольна робота)	46
Лабораторне заняття №8. Гідроліз солей. Амфотерність гідроксидів.	47
Лабораторне заняття №9. Четверта аналітична група катіонів – катіонів амфотерних гідроксидів	48
Лабораторне заняття №10. Окисно-відновні процеси в якісному аналізі.	49
Лабораторне заняття №11. П'ята аналітична група катіонів.	50
Лабораторне заняття №12. Утворення та руйнування комплексних	

сполук. Застосування органічних реагентів у якісному аналізі	51
Лабораторне заняття №13. Шоста аналітична група катіонів	52
Лабораторне заняття №14. Аналіз суміші катіонів IV–VI аналітичних груп	53
Лабораторне заняття №15. Гідроліз солей. Окисно-відновні процеси. Утворення та руйнування комплексних сполук. Аналіз суміші катіонів IV–VI аналітичних груп (модульна контрольна робота №2)	54
Лабораторне заняття №16. Характерні реакції аніонів першої, другої і третьої аналітичних груп	55
Лабораторне заняття №17. Аналіз суміші аніонів.	56
Аналіз суміші аніонів першої, другої, третьої аналітичних груп	56
Лабораторне заняття №18. Основні етапи аналітичного дослідження. Протолітична теорія кислот і основ. Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі (колоквиум №1)	61
Лабораторне заняття №19. Якісний аналіз суміші солей	62
Систематичний хід аналізу суміші катіонів I–VI аналітичних груп за кислотно-лужною класифікацією.	63
Лабораторне заняття №20. Якісний аналіз мінеральних добрив. Якісний аналіз металів та сплавів.	66
Лабораторне заняття №21. Загальні теоретичні основи аналітичної хімії. Якісний аналіз катіонів та аніонів (модульна контрольна робота №3)	67
КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ	
Лабораторне заняття №22. Статистична обробка результатів хімічного аналізу.	69
Гравіметричний аналіз	
Лабораторне заняття №23. Гравіметричний аналіз. Визначення вмісту (%) кристалізаційної води в барій хлорид-вода (1/2)	70
Лабораторне заняття №24. Гравіметричний аналіз. Визначення вмісту (%) сульфат-йонів у кристалогідраті динатрій сульфат-вода (1/10). Одержання форми осадження.	71
Лабораторне заняття №25. Гравіметричний аналіз. Визначення вмісту (%) сульфат-йонів у кристалогідраті динатрій сульфат-вода (1/10). Одержання гравіметричної форми. Модульна контрольна робота №4.	73
Титриметричний аналіз	
Лабораторне заняття №26. Загальна характеристика титриметричного аналізу.	77
Лабораторне заняття №27. Загальна характеристика титриметричного аналізу (колоквиум №2). Приготування робочих розчинів кислотного основного титрування.	77
Лабораторне заняття №28. Методи кислотного основного титрування	80
Лабораторне заняття №29. Стандартизація робочих розчинів кислотного основного титрування.	85
Лабораторне заняття №30. Титрування складних кислотного основного систем. Застосування методів кислотного основного титрування	89
Лабораторне заняття №31. Застосування методів кислотного основного	

титрування. Виконання контрольної експериментальної роботи	90
Лабораторне заняття №32. Методи кислотно-основного титрування (модульна контрольна робота №5)	111
Лабораторне заняття №33. Загальна характеристика методів окисно-відновного титрування (редоксметрії)	112
Лабораторне заняття №34. Перманганатометрія.	112
Лабораторне заняття №35. Застосування перманганатометрії	116
Лабораторне заняття №36. Дихроматометрія.	116
Лабораторне заняття №37. Методи окисно-відновного титрування. Йодометрія	118
Лабораторне заняття №38. Йодометрія.	119
Лабораторне заняття №39. Методи окисно-відновного титрування (Контрольна робота)	122
Лабораторне заняття №40. Методи осаджувального титрування. Аргентометрія	123
Лабораторне заняття №41. Методи осаджувального титрування. Тіоціанатометрія.	126
Лабораторне заняття №42. Методи комплексометричного титрування. Комплексонометрія.	130
Лабораторне заняття №43. Застосування методів окисно-відновного, осаджувального і комплексометричного титрування.	134
Лабораторне заняття №44. Застосування методів окисно-відновного, осаджувального і комплексометричного титрування.	134
Лабораторне заняття №45. Методи осаджувального і комплексометричного титрування.	135
Лабораторне заняття №46. Титриметричний аналіз (модульна контрольна робота №6)	136
Додаток 1. Зразок оформлення звіту до лабораторної роботи.	138
Додаток 2. Зразок оформлення експериментальної контрольної роботи “Аналіз суміші катіонів I–III аналітичних груп”.	139
Додаток 3. Зразок оформлення експериментальної контрольної роботи “Аналіз суміші катіонів IV–VI аналітичних груп”.	146
Додаток 4. Константи йонізації найважливіших кислот і основ.	154
Додаток 5. Добутки розчинності деяких малорозчинних у воді сполук.	155
Додаток 6. Стандартні електродні потенціали деяких систем у водних розчинах.	159
Додаток 7. Значення загальних констант нестійкості комплексних йонів.	163
Додаток 8. Молярні маси речовин та молярні маси речовин еквівалента.	164
Додаток 9. Найважливіші кислотно-основні індикатори.	165
Додаток 10. Найважливіші окисно-відновні індикатори.	168
Додаток 11. Наближені значення коефіцієнтів активності при різній йонній силі розчину	169
Додаток 12. Допустимі відхилення від номінальної ємності градуйованого посуду технічного класу при 20°C	170
Література.	172

ПРОГРАМА курсу „Аналітична хімія”

Пояснювальна записка

Розвиток аналітичної хімії сприяв створенню різноманітних методів аналізу та варіантів їх комбінування. Можливість використання цих методів аналізу базується на вивченні їх фізико-хімічної сутності, загальних хімічних і фізичних закономірностей. Таким чином, для розуміння всіх розділів аналітичної хімії необхідні фундаментальні теоретичні знання з дисципліни. Мета курсу „Аналітична хімія” – ознайомити студентів з теоретичними основами сучасної аналітичної хімії, особливостями хімічних реакцій, методами визначення і розділення речовин, показати їх можливості й обмеження.

При вивченні аналітичної хімії необхідно сформувати у студентів чіткі уявлення про предмет і особливості цієї науки як області наукового пізнання, зв'язки з іншими науками і практичну значимість. Крім цього, необхідно підкреслити провідну роль вимірювань в аналітичній хімії.

Головним завданням студентів при вивченні аналітичної хімії є набуття не тільки навичок лабораторного експерименту, але й умінь робити теоретичні висновки на основі проведених досліджень.

Програмою передбачено самостійне опрацювання значної частини навчального матеріалу, ознайомлення студентів із літературою з аналітичної хімії й обов'язкове виконання студентами курсової роботи.

1. Вступ

Аналітична хімія як наука, функції аналітичної хімії. Класифікації аналітичної хімії: 1) за функціями; 2) за видами аналізу (якісний і кількісний аналіз; ізотопний, елементний, структурний, функціональний, молекулярний, фазовий аналіз; локальний і валовий аналіз; деструктивний і недеструктивний аналіз; контактний і дистанційний аналіз; макро-, напівмікро-, мікро-, ультрамікроаналіз; маркувальний, швидкісний, арбітражний аналіз; 3) за об'єктом аналізу.

Загальна характеристика методів аналізу, їх класифікація: методи ідентифікації, розділення, визначення, гібридні методи; хімічні, фізико-хімічні, фізичні і біологічні методи аналізу.

Історія розвитку аналітичної хімії. Сучасний стан аналітичної хімії, основні аналітичні проблеми (зниження границі виявлення; підвищення точності, забезпечення експресності, аналіз мікрооб'єктів, аналіз без руйнування, локальний і дистанційний аналіз), тенденції розвитку аналітичної хімії. *Засоби, які використовуються аналітичною хімією для вирішення цих проблем* (математизація, автоматизація, інструменталізація, збільшення частки фізичних методів, перехід до багатокомпонентного аналізу).

Методологічні аспекти аналітичної хімії: індивідуальність аналітичної хімії, її місце в системі наук.

Об'єкти аналізу. Значення аналітичної хімії в розвитку природознавства, техніки і народного господарства. Служба аналітичного контролю. Державні стандарти, галузеві стандарти, технічні умови, тимчасові технічні умови.

2. Основні принципи якісного аналізу

Класифікація методів якісного аналізу: за агрегатним станом досліджуваного об'єкта (методи сухої хімії (пірохімічний, забарвлення полум'я, одержання перлів, розклад) і метод мокрої хімії); за технікою виконання аналізу (пробірковий та безпробірковий, краплинний, мікрокристалоскопічний, безстружковий).

Аналітичні реакції, їх класифікація: а) за характером хімічної взаємодії; б) за застосуванням. Аналітичні реагенти, ступені їх чистоти. Селективні і специфічні аналітичні реакції та реагенти.

Оптимальні умови виконання аналітичних реакцій. Чутливість аналітичних реакцій та способи її вираження (відкриваний мінімум, гранична концентрація або граничне розведення, мінімальний об'єм гранично розведеного розчину). Взаємозв'язок цих показників чутливості, методика обчислення показників чутливості реакції. Способи підвищення чутливості аналітичної реакції: збільшення концентрації реактиву, збільшення концентрації речовини, яку аналізують, випаровування розчину, екстракція, співосадження з колектором, зменшення розчинності осаду шляхом додавання органічних речовин, зменшення дисоціації комплексної сполуки.

Систематичний і дробний хід аналізу. Маскування. Системи якісного аналізу катіонів, які базуються на осажденні: сульфідна, кислотно-лужна, амоніачно-фосфатна. Аналітичні групи катіонів кислотно-лужної системи та періодична система Д.І. Менделєєва. Загальна характеристика аналітичної групи катіонів (валентність, ступінь окиснення, заряд йонів; електронна конфігурація йонів; поляризуюча дія йонів; тип хімічного зв'язку в сполуках; хімічний характер гідроксидів; розчинність солей; використання здатності йонів утворювати нерозчинні і забарвлені сполуки в якісному аналізі; гідроліз солей; окисно-відновні властивості йонів та їх використання в якісному аналізі; здатність до комплексоутворення і її використання в якісному аналізі, груповий реагент).

Періодичний закон Д.І. Менделєєва – основа для вивчення хіміко-аналітичних властивостей йонів та їх сполук.

Якісний аналіз аніонів. Особливості якісного аналізу аніонів у порівнянні з якісним аналізом катіонів. Класифікація аніонів за розчинністю солей Барію й Аргентуму та за окисно-відновними властивостями. Окремі реакції аніонів. Аналіз суміші аніонів. Попередні дослідження при аналізі суміші аніонів. Проби на аніони-окисники та аніони-відновники.

3. Теоретичні основи аналітичної хімії

3.1. Закон дії мас

Закон дії мас – теоретична основа аналітичної хімії. Застосування закону дії мас до оборотних реакцій. Константа рівноваги.

3.2. Теорії кислот і основ

Теорія електролітичної дисоціації Арреніуса, її обмеження і недоліки. Кислоти та основи з позиції теорії Арреніуса. Теорія кислот і основ Льюїса. Протолітична теорія кислот і основ Бренстеда-Лоурі. Основні положення теорії Бренстеда-Лоурі. Класифікації розчинників: за їх здатністю взаємодіяти з протонами; за їх здатністю диференціювати і нівелювати силу кислот і основ. Автопротоліз амфіпротонних розчинників. Константа автопротолізу. Шкала кислотності та рН нейтрального середовища для різних розчинників. Кислоти і основи в амфіпротонних розчинниках. Рівновага в системі кислота–спряжена основа і розчинник. Константа кислотності та константа основності в розчиннику HSO_4^- . Вплив природи розчинника на силу кислоти та основи. Переваги протолітичної теорії у порівнянні з класичною теорією Арреніуса.

3.3. Стан сильних електролітів у розчинах

Основні положення теорії сильних електролітів. Дійсний і позірний ступінь дисоціації. Кількісний опис процесів у розчинах сильних електролітів. Активність і коефіцієнт активності йонів. Йонна сила розчинів. Закон йонної сили. Зв'язок між йонною силою розчину і коефіцієнтом активності.

3.4. Використання закону дії мас при дослідженні слабких електролітів

Застосування закону дії мас до процесу йонізації слабких кислот і основ. Термодинамічна і концентраційна константа йонізації. Взаємозв'язок між ступенем та константою йонізації. Закон розведення В. Оствальда. Йонний добуток води та рН розчинів. Зміщення йонних рівноваг. Дія одноіменного йону. Розрахунки з використанням закону дії мас.

Рівновага в багатоконпонентних системах. Буферні розчини та їх властивості. Типи буферних систем. Сутність буферної дії. Розрахунки рН буферних розчинів. Значення буферних розчинів у аналізі.

3.5. Рівновага в гетерогенній системі осад–насичений розчин

Застосування закону дії мас до рівноваги в гетерогенній системі осад–насичений розчин. Добуток розчинності. Визначення добутку розчинності речовини за даними розчинності і навпаки. Умови утворення та розчинення осаду.

Вплив сторонніх йонів на розчинність малорозчинних електролітів. Сольовий ефект. Осадження. Фактори, які впливають на повноту осаження: розчинність речовини, яку осаджують, кількість осаджувача, йонна сила та рН розчину, комплексоутворення. Дробне осаження.

Розчинність осадів. Різні випадки розчинення осадів. Перетворення одних малорозчинних речовин в інші.

3.6. Гідроліз солей. Амфотерність гідроксидів

Гідроліз солей. Сутність гідролізу. Застосування закону дії мас до оборотного процесу гідролізу, константа гідролізу. Ступінь гідролізу. Виведення робочих формул для обчислення константи, ступеня гідролізу та рН у розчинах солей, які гідролізують. Гідроліз солей, утворених багатокислотними основами і багатоосновними кислотами. Практичні прийоми посилення та послаблення гідролізу.

Амфотерність гідроксидів. Рівноваги в розчині амфотерного гідроксиду та їх зміщення. Використання амфотерності в якісному аналізі.

3.7. Окисно-відновні процеси в аналітичній хімії

Окисно-відновний потенціал (електродний потенціал). Рівняння Нернста. Вплив концентрації окисненої і відновленої форм, концентрації гідроген-йонів, температури, комплексоутворення, йонної сили на величину окисно-відновного потенціалу. Стандартний окисно-відновний потенціал. Таблиця стандартних окисно-відновних потенціалів і її практичне значення. Обчислення окисно-відновних потенціалів.

Окисно-відновні реакції (визначення), ступінь окиснення. Складання рівнянь реакцій окиснення-відновлення йонно-електронним методом. Використання реакцій окиснення-відновлення в якісному аналізі (для виявлення катіонів і аніонів, для відокремлення йонів, для розчинення речовин).

Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі. Підбір найбільш ефективних окисників (відновників) для конкретних випадків аналізу. Кількісні характеристики реакцій окиснення-відновлення (швидкість, константа рівноваги). Константа рівноваги редокс-реакцій, зв'язок її зі стандартними потенціалами окисно-відновних пар. Обчислення констант рівноваги окисно-відновних реакцій. Напрямок реакцій окиснення-відновлення. Фактори, які впливають на напрям окисно-відновних реакцій.

3.8. Утворення та руйнування комплексних сполук

Дисоціація комплексних сполук. Застосування закону дії мас до оборотних процесів дисоціації комплексних йонів. Ступінчасті та загальні константи нестійкості комплексних сполук. Розрахунки концентрації йонів комплексоутворювача і лігандів за константою нестійкості.

Зміщення рівноваги в розчинах комплексних сполук. Типи комплексних сполук, які використовуються в аналітичній хімії. Властивості комплексних сполук, які мають аналітичне значення: стійкість, розчинність, забарвлення. Використання комплексоутворення для відкриття, розділення, маскувння йонів, розчинення малорозчинних сполук, зміни окисно-відновного потенціалу системи.

Органічні реагенти в аналітичній хімії, їх переваги перед неорганічними (висока чутливість; вибірковість дії; утворення стійких комплексних сполук; інтенсивне забарвлення; здатність розчинятися в органічних розчинниках). Основні напрями використання органічних реагентів у хімічному аналізі (для відкриття, кількісного визначення,

маскування йонів). Основні типи сполук, які утворюються за участю органічних реагентів. Хелати, внутрішньокмплесні сполуки.

Фактори, які обумовлюють стійкість хелатів: природа донорних атомів, дентатність ліганда, розмір цикла, число циклів, характер зв'язку метал-ліганд.

Основні органічні реагенти, які застосовують в аналізі: α -нітрозоб-нафтол (реагент Ільїнського М.А.), диметилглюксим (реагент Чугаєва Д.О.), 8-оксихінолін, дитизон. Комплексоци. Основні напрями використання динатрій етилендіамінтетраацетату в якісному аналізі.

4. Етапи аналітичного дослідження

Основні етапи аналітичного дослідження: відбір показової (представницької) проби досліджуваного об'єкту та підготовка проби до аналізу; попередні дослідження; вибір необхідних методів якісного і кількісного аналізу; обробка проби з урахуванням перетворення її в необхідну для визначення форми; якісний аналіз; кількісний аналіз.

Проба, представлення проби. Відбір проб твердих, рідких та газоподібних речовин і одержання середньої проби. Первинна проба, лабораторна проба, аналітична проба.

Основні способи переведення проби у форму, необхідну для аналізу: розчинення в різних середовищах; спікання; сплавлення. Лужні, лужні окисні, кислі розплави. Підбір матеріалу тигля для різноманітних випадків сплавлення.

Якісний аналіз суміші сухих солей, мінеральних добрив, сплавів.

5. Вступ до кількісного аналізу

Предмет кількісного аналізу. Розвиток та вдосконалення методів кількісного аналізу. Класифікація методів кількісного аналізу: хімічні, фізико-хімічні, фізичні.

Аналітичні терези, їх будова. Чутливість терезів і її математичний запис. Фактори, які впливають на відтворюваність і правильність зважування. Техніка зважування. Способи зважування для усунення нерівноплечості терезів (спосіб подвійного зважування, спосіб Д.І. Менделєєва, спосіб заміщення).

6. Метрологічні основи хімічного аналізу

Класифікації похибок аналізу: абсолютна та відносна похибка; систематичні, випадкові похибки, промахи.

Основні характеристики методу аналізу: правильність і відтворюваність аналізу, коефіцієнт чутливості, межа виявлення.

Статистична обробка результатів вимірювань (аналізу). Випадкова величина. Закон нормального розподілу випадкових похибок. Середнє значення, стандартне відхилення, дисперсія. Довірчий інтервал, довірча ймовірність, інтервальне значення вимірювальної величини. Критерії оцінки промахів (Z -критерій, Q -критерій). Оцінка правильності аналізу. Стандартні зразки, їх виготовлення, атестація і використання.

Використання методу найменших квадратів для побудови градувального графіка.

7. Хімічні методи кількісного аналізу

7.1. Гравіметричний метод аналізу

Суть гравіметричного аналізу, області застосування. Класифікація методів гравіметричного аналізу (методи відгонки (прямі й непрямі); осадження; виділення).

Гравіметричний метод аналізу, заснований на осадженні. Загальна схема аналізу. Поняття про наважку речовини та її розрахунок. Вимоги до осаджувача (специфічність, легкість, здатність утворювати осад із найменшим значенням добутку розчинності). Найважливіші неорганічні й органічні осаджувачі. Кількість осаджувача. Осаджувана та гравіметрична форми; вимоги до них. Дозрівання осаду. Промивання осаду; підбір промивної рідини. Зміна складу осаду при висушуванні і прожарюванні. Побічні явища при прожарюванні осаду (термічна дисоціація осаду, відновлення осаду, леткість осаду).

Похибки у гравіметричному аналізі. Співосадження: адсорбція, оклюзія, ізоморфне співосадження. Способи усунення співосадження.

Розрахунки у гравіметричному аналізі.

Приклади практичного застосування гравіметричного методу аналізу. Визначення вмісту кристалізаційної води у кристалогдратах методом відгонки. Визначення вмісту Сульфору методом осадження. Визначення Феруму, Кальцію, Магнію. Застосування органічного реагенту 8-оксихіноліну для визначення Магнію і Алюмінію та диметилглюксиму для визначення Нікелю.

7.2. Титриметричні методи аналізу

7.2.1. Загальна характеристика титриметричного аналізу

Суть титриметричного аналізу. Титрування, титрант. Точка еквівалентності і кінцева точка титрування. Основні операції титриметричного аналізу (приготування розчинів, титрування, обчислення). Вимоги до реакцій у титриметричному аналізі (велика швидкість, необоротність, стехіометричність, наявність способу виявлення точки еквівалентності).

Класифікації методів титриметричного аналізу: за характером реакції, яка лежить в основі визначення (кисотно-основне титрування або протолітометрія, окисно-відновне титрування або оксредметрія, осаджувальне титрування, комплексометричне титрування); за способом титрування (пряме титрування, титрування залишку, титрування замісника); за способом виконання операцій (метод піпеткування, метод окремих наважок).

Кількісний склад розчинів у титриметричному аналізі (молярна концентрація речовини еквівалента, титр робочого розчину, титр робочого

розчину за аналізованою речовиною). Залежність величини еквівалента і фактора еквівалентності від характеру реакції.

Стандартні розчини. Поділ стандартних розчинів за способом приготування: первинні стандартні розчини (розчини з приготуванням титром), вторинні стандартні розчини (стандартизовані, розчини зі встановленим титром). Первинні стандартні речовини та вимоги до них. Поділ розчинів за призначенням (установчі, робочі). Поняття про стандарт-титри (фіксанали). Обчислення в титриметричному аналізі. Порівняння титриметричного і гравіметричного методів аналізу. Вимірювальний аналітичний посуд, перевірка ємності мірного посуду.

7.2.2. Кисотно-основне титрування

Сутність кисотно-основного титрування. Основна реакція методу. Види кисотно-основного титрування (ацидиметрія, алкаліметрія). Робочі розчини в кисотно-основному титруванні; стандартні речовини.

Криві титрування. Розрахунки та побудова теоретичних кривих кисотно-основного титрування (титрування сильною кислотою сильною основою або навпаки; титрування слабкої кислоти сильною основою або навпаки; титрування слабкої основи сильною кислотою). Стрибок титрування. Залежність стрибка титрування від концентрації кислот і основ, температури, константи дисоціації слабкої кислоти (основи).

Індикатори в кисотно-основному титруванні.

Йонна, хромофорна, йонно-хромофорна теорії індикаторів. Інтервал переходу індикатора, показник титрування (рТ). Вибір індикаторів для конкретних випадків титрування. Індикаторні похибки титрування.

Титрування багатоосновних кислот (на прикладі сульфатної, фосфатної і тартратної кислот) та суміші кислот (на прикладі хлоридної і ацетатної кислот). Титрування солей. Застосування кисотно-основного титрування в хімічному аналізі. Аналіз кислот (хлоридної, сульфатної, фосфатної, ацетатної, тартратної, карбонатної), аналіз основ. Аналіз суміші натрій карбонату та натрій гідрогенкарбонату; суміші натрій карбонату та натрій гідроксиду. Визначення твердості води. Визначення Нітрогену за методом К'ельдаля і солей амонію методом зворотного титрування та титруванням замісника.

Титрування в неводних середовищах.

7.2.3. Окисно-відновне титрування (редоксметрія, оксредметрія)

Сутність і класифікація методів окисно-відновного титрування. Особливості реакцій окиснення-відновлення, які заважають їх використанню в аналізі. Константа рівноваги редокс-реакцій, її значення; зв'язок константи рівноваги зі стандартними окисно-відновними потенціалами. Фактори, які впливають на швидкість реакцій окиснення-відновлення. Спряжені окисно-відновні реакції.

Криві окисно-відновного титрування. Фактори, які впливають на характер кривих титрування: концентрація гідроген-йонів, концентрація окисненої і відновленої форм, комплексоутворення, йонна сила розчину.

Безіндикаторні та індикаторні способи фіксування точки еквівалентності в редоксметрії. Специфічні й редоксіндикатори. Характеристика важливих редоксіндикаторів (дифеніламін, фенілантранілова кислота, фероїн).

Способи попереднього окиснення або відновлення речовин, які визначають.

Перманганометрія. Загальна характеристика методу. Робочі розчини. Стандартні речовини. Способи фіксування точки еквівалентності. Способи титрування (пряме, зворотне (обернене), реверсивне титрування).

Застосування перманганометрії. Перманганометричне визначення окисників, відновників і речовин, які не мають окисно-відновних властивостей. Визначення ферум(II)-, манган(II)-, нітрат(III)-, оксалат-йонів, дигідроген пероксиду, кальцій-йонів.

Недоліки використання калій перманганату при титруванні.

Дихроматометрія. Загальна характеристика методу. Робочий розчин. Фіксування точки еквівалентності. Застосування методу. Титрування ферум(II)-йонів. Переваги і недоліки методу в порівнянні з перманганометрією.

Йодометрія. Загальна характеристика методу. Система йод-йодид як окисник або відновник. Робочі розчини в йодометрії, їх приготування, та стандартизація. Способи фіксування точки еквівалентності в йодометрії. Йодометричне визначення окисників, відновників. Визначення арсенат(III)-, арсенат(V)-, сульфат(IV)-, ферум(III)-, купрум(II)-йонів, визначення активного хлору у хлорному вапні, дигідроген пероксиду. Йодометричне визначення сильних кислот. Недоліки методу.

Поняття про методи ванадометрії, цериметрії, титанометрії, броматометрії, аскорбінометрії.

7.2.4. Осаджувальне титрування

Сутність методу. Вимоги до реакцій осаджувального титрування. Класифікація методів осаджувального титрування в залежності від природи титранта.

Криві осаджувального титрування. Фактори, які впливають на стрибок титрування (концентрація робочого розчину, добуток розчинності осаду, температура).

Аргентометрія. Безіндикаторні та індикаторні способи фіксування точки еквівалентності. Метод Мора, метод Фаянса. Тіоціанатометрія (метод Фольгарда). Застосування, переваги та недоліки методів. Меркуриметрія.

7.2.5. Комплексометричне титрування

Сутність комплексометричного титрування. Вимоги до реакцій у комплексометричному титруванні. Найважливіші неорганічні й органічні титранти.

Меркуриметрія. Робочі розчини, стандартні речовини, індикатори, використання методу.

Комплексометрія. Етилендіамінтетраацетатна кислота та її динатрієва сіль (ЕДТА) як титранти в комплексометрії. Способи

комплексометричного титрування (пряме, зворотне титрування, титрування замісника). Металохромні індикатори та принцип їх дії.

Застосування комплексометрії. Визначення загальної твердості води. Визначення вмісту кальцій- та магній-йонів при спільній їх присутності.

8. Фізико-хімічні методи аналізу

8.1. Вступ

Роль та місце фізико-хімічних методів аналізу в хімічній науці і практиці. Основні напрямки застосування фізичних методів: аналіз речовинних систем, визначення фізичних властивостей речовин та їх структури, дослідження процесів.

8.2. Класифікація фізико-хімічних методів аналізу за природою аналітичного сигналу

Методи, що використовують термічні процеси: термічний аналіз, ентальпиметрія, ділатометрія, термогравиметрія.

Аналіз на основі електрохімічних явищ. Методи, що використовують неспецифічні електрохімічні явища: кондуктометрія, дількометрія, осцилометрія, електрофорез.

Методи, що ґрунтуються на використанні рівноважних та нерівноважних електродних процесів: потенціометрія, вольтамперометрія, полярографія, методи, що використовують явища у подвійному електричному шарі, кулонометрія.

Методи, що ґрунтуються на взаємодії речовинних систем із електромагнітним та корпускулярним випромінюванням.

Пружні взаємодії. Мікроскопія: оптична, електронна, йонна, тунельна. Дифрактометричні методи. Дифракція електронів, нейтронів, рентгенівського випромінювання. Рентгенівська дифрактометрія у дослідженні кристалічної структури речовин. Фазовий аналіз. Метод монокристала. Метод порошка.

Рефракція оптичного випромінювання, її застосування для кількісного визначення та ідентифікації речовин.

Фізична природа оптичної активності речовин. Повертання площини поляризації електромагнітного випромінювання. Поляриметрія.

Непружні взаємодії речовини й випромінювання. Спектроскопія. Атомна емісійна й атомна адсорбційна спектроскопія. Молекулярна електронна спектроскопія у видимій, УФ й ІЧ ділянках спектра, фотометрія. Коливальна та оберտальна спектроскопія молекул. Спектроскопія у радіодіапазоні. Резонансні методи (ЕПР, ЯМР). Спектроскопія комбінаційного розсіювання (Раман-спектроскопія). Масспектрометрія.

8.3 Фотометрія та спектральний аналіз

Фізична природа електромагнітного випромінювання. Характеристичні величини випромінювання: частота, довжина хвилі, хвильове число, площина поляризації, енергія. Енергетичний еквівалент квантів випромінювання для різних ділянок спектра.

Атомна емісійна спектроскопія (АЕС). Походження атомних спектрів. Спектральні серії. Енергія електронних переходів. Дипольний момент переходу. Ймовірність переходів. Дозволені і заборонені переходи. Правила відбору. Форма сигналу. Причини розширення спектральних ліній. Застосування АЕС в аналізі. Способи атомізації аналізованого зразка. Апаратура методу АЕС. Диспергуючі системи і монохроматори. Приймачі випромінювання на зовнішньому фотоелементі: фотоелементи і фотопомножувачі. Приймачі випромінювання на внутрішньому фотоелементі. Фотографічна реєстрація спектрограм. Способи опрацювання аналітичної інформації, що міститься в атомних спектрах випускання.

Атомна абсорбційна спектроскопія (ААС). Способи атомізації речовини в ААС. Будова катоднопорожнинної лампи – основного джерела випромінювання для атомно-абсорбційних спектрофотометрів. Реєстрація та декодування аналітичного сигналу. Переваги, недоліки і сфера застосування ААС.

Молекулярна спектроскопія. Закони поглинання електромагнітного випромінювання: закон Бугера-Ламберта, закон Бера, закон адитивності поглинання монохроматичного випромінювання. Основи теорії походження молекулярних спектрів. Квантування енергії обертового та коливного руху молекул. Енергетичні рівні електронних переходів у молекулах. Форма смуг поглинання. Тонка структура спектрів. Дипольний момент переходу та сила осцилятора. Правила відбору. Застосування молекулярних спектрів. Форми подання спектрів у шкалах хвильових чисел і довжин хвиль. Будова спектрофотометрів УФ та ІЧ діапазону.

Радіоспектроскопія. Резонансні методи. Явища ЕПР та ЯМР і основні параметри їх спектрів. Розподіл неспарених електронів між розщепленими рівнями енергії та їх взаємодія зі змінним електромагнітним полем. Релаксація, її види. Характерний час релаксації і вплив цього показника на чутливість методу ЕПР. Способи реєстрації резонансу. Застосування ЕПР для дослідження реакцій із участю нетривких радикалів.

Інші методи, що ґрунтуються на взаємодії речовини з електромагнітним випромінюванням: рефрактометрія, поляриметрія.

8.4. Електрохімічні методи дослідження

Методи, що ґрунтуються на явищах перенесення заряджених частинок в електричному полі. Кондуктометрія. Схема кондуктометричної установки. Використання прямої кондуктометрії для контролю та регулювання технологічних процесів. Кондуктометричне титрування. Криві титрування багатокомпонентних сумішей. Вибір титранта та умов проведення титрування. Сфера застосування кондуктометричного титрування.

Електрофорез. Теоретичні основи перенесення заряджених частинок у електричному полі постійного напруження. Вплив в'язкості середовища, рН та температури на швидкість руху частинок. Застосування електрофорезу для аналізу складних сумішей макромолекул. Апаратура електрофоретичного експерименту та техніка обробки електрофореграм.

Електрохімічні методи дослідження, що ґрунтуються на використанні рівноважних та нерівноважних електродних процесів і явищ у подвійному електричному шарі. Потенціометрія і потенціометричне титрування. Види індикаторних електродів: металеві, амальгамні, монокристалічні, мембранні, рідинні. Селективність, коефіцієнт селективності. Точність вимірювань у прямій потенціометрії. Потенціометричне титрування. Вибір електродної пари для осаджувального, комплексонометричного, кислотного-основного та окисно-відновного титрування. Методи визначення точки еквівалентності у потенціометричному титруванні: прямий метод, метод дотичних, метод другої похідної, метод Грана. Автоматизація процесу титрування.

Кулонометрія. Пряма кулонометрія, застосування для визначення товщини гальванічних покриттів. Кулонометричне титрування. Апаратура методу. Галузі застосування.

Вольтамперометрія. Види вольтамперних кривих і умови їх одержання. Ртутний крапаючий електрод. Поляррографія. Дифузійний струм. Рівняння Гейровського-Ільковича. Ємнісний струм та способи його усунення. Диференціальна імпульсна поляррографія. Інверсійна поляррографія з накопиченням у аналізі мікрокомпонентів. Апаратура методу й область його застосування.

8.5. Хроматографічний аналіз.

Принципи хроматографічного розділення. Праці М.С. Цвета. Внутрішня і зовнішня хроматограма. Способи одержання хроматограм (фронтальна, елюентна, витискувальна хроматографія). Теорія хроматографії. Поняття міжфазової рівноваги, часу утримання, утримуваного об'єму, висоти ефективної теоретичної тарілки.

Класифікації методів хроматографічного аналізу за типом контактуючих фаз (за агрегатним станом контактуючих фаз); за природою процесів, що проходять при розділенні компонентів (за механізмом розділення); за технікою проведення процесу розділення компонентів (колонкова, капілярна, площинна (паперова, тонкошарова) хроматографія).

Перспективи розвитку та використання хроматографії.

Газова хроматографія. Газо-твердофазна (ГТХ) і газо-рідинна (ГРХ) хроматографія. Область використання. Вимоги до стаціонарних і рухомих фаз. Газовий хроматограф. Основні види детекторів.

Рідинна хроматографія. Рідинно-твердофазна (РТХ) і рідинно-рідинна хроматографія (РРХ). Рідинна хроматографія високого тиску. Адсорбційна-, розподільча-, осаджувальна-, гель-хроматографія.

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛІНИ «АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ»

Академічна характеристика дисципліни	
Рік вивчення (курс) – 2	Система оцінювання – 100 бальна
Семестр – 3, 4	Форма підсумкового контролю:
Кількість кредитів:	3 семестр – диференційований залік,
національних – 8	4 семестр – іспит.
ECTS – 12	
Кількість годин на тиждень – 8	
Кількість годин:	
загальна – 432	
лекції – 60	
лабораторні – 214	
самостійна робота – 142	
індивідуальна робота – 16	
Зміст дисципліни	
Змістовий модуль №1	
Вступ. Предмет та методи аналітичної хімії. I група катіонів.	
Тема 1.1. Стан сильних і слабких електролітів у розчинах. II аналітична група катіонів.	
Тема 1.2. Рівновага в гетерогенній системі осад–насичений розчин. III аналітична група катіонів.	
Тема 1.3. Аналіз суміші катіонів I–III аналітичних груп.	
Змістовий модуль №2	
Тема 2.1. Гідроліз солей. Амфотерність гідроксидів. IV аналітична група катіонів.	
Тема 2.2. Окисно-відновні процеси в аналітичній хімії. V аналітична група катіонів.	
Тема 2.3. Утворення та руйнування комплексних сполук. VI аналітична група катіонів.	
Тема 2.4. Аналіз суміші катіонів IV–VI аналітичних груп.	
Змістовий модуль №3	
Тема 3.1. Якісний аналіз аніонів.	
Тема 3.2. Якісний аналіз суміші солей, мінеральних добрив, сплавів.	
Змістовий модуль №4	
Тема 4.1. Гравіметричний аналіз.	
Тема 4.2. Статистична обробка результатів хімічного аналізу.	
Змістовий модуль №5	
Тема 5.1. Загальна характеристика титриметричного аналізу.	
Тема 5.2. Методи кислотно-основного титрування.	
Тема 5.3. Методи окисно-відновного титрування.	
Тема 5.4. Методи осаджувального титрування.	
Тема 5.5. Методи комплексометричного титрування.	

Змістовий модуль №6
Тема 6.1. Хіміко-аналітичний процес із точки зору теорії інформації.
Тема 6.2. Застосування стандартного програмного забезпечення для комп'ютерної обробки аналітичних даних.
Тема 6.3. Класифікація фізико-хімічних методів дослідження за природою аналітичного сигналу.
Змістовий модуль №7
Тема 7.1. Атомна емісійна спектроскопія.
Тема 7.2. Атомна абсорбційна спектроскопія.
Тема 7.3. Молекулярна спектроскопія.
Змістовий модуль №8
Тема 8.1. Методи, що ґрунтуються на явищах перенесення заряджених частинок в електричному полі.
Тема 8.2. Електрохімічні методи дослідження, що ґрунтуються на використанні рівноважних та нерівноважних електродних процесів.
Змістовий модуль №9
Тема 9.1. Принципи хроматографічного розділення.
Тема 9.2. Газова хроматографія.
Тема 9.3. Рідинна хроматографія.

ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАТЬ

Рейтинговий показник	Оцінка за національною шкалою		Оцінка ECTS
90 – 100	Зараховано	5 (відмінно)	A (відмінно)
82 – 89		4 (добре)	B (добре)
75 – 81		3 (задовільно)	C (добре)
68 – 74			D (задовільно)
60 – 67			E (задовільно)
35 – 59	Незараховано	2 (незадовільно)	FX (незадовільно) з можливістю повторного складання
1 – 34		-	F (незадовільно) з обов'язковим повторним вивченням

**РОЗПОДІЛ БАЛІВ
ЗА МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЮ СИСТЕМОЮ
ОЦІНЮВАННЯ ЗНАТЬ ІЗ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ. ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ»**

Змістові модулі	Теми	Максим. кількість балів за тему	У тому числі		
			аудиторні заняття	самоств. робота студента	індивідуальна робота
Змістовий модуль №1	Вступ	3	1,5	1,5	–
	Т. 1.1	6	3	3	–
	Т. 1.2	6	2	4	–
	Т. 1.3	5	2	3	–
МКР №1		10			
ВСЬОГО		30			
Змістовий модуль №2	Т. 2.1	6	3	–	3
	Т. 2.2	5	2	3	–
	Т. 2.3	4	2	2	–
	Т. 2.4	5	2	3	–
	МКР №2		10		
ВСЬОГО		30			
Змістовий модуль №3	Т. 3.1	4	2	2	–
	Т. 3.2	20	10	10	–
	МКР №3		16		
ВСЬОГО		40			
ВСЬОГО ЗА ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ		100	<i>Диференційований залік</i>		

**РОЗПОДІЛ БАЛІВ
ЗА МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЮ СИСТЕМОЮ
ОЦІНЮВАННЯ ЗНАТЬ ІЗ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ. КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ»**

Змістові модулі	Теми	Максим. кількість балів за тему	У тому числі			
			аудиторні заняття	самоств. робота студента	індивідуальна робота	
Змістовий модуль №4	Т. 4.1	2	1	1	–	
	Т. 4.2	3	2	1	–	
	МКР №4		3			
ВСЬОГО		8				
Змістовий модуль №5	Т. 5.1	2,5	1	1,5	–	
	Т. 5.2	7,5	3,3	3	1	
	МКР №5		4			
	Т. 5.3	6,5	4	2	0,5	
	Т. 5.4	1,5	1,5	–	–	
	Т. 5.5	4	1	2	1	
МКР №6		6				
ВСЬОГО		32				
Змістовий модуль №6	Т. 6.1	1	1	–	–	
	Т. 6.2	2	–	–	2	
	Т. 6.3	2	1	1	–	
ВСЬОГО		5				
Змістовий модуль №7	Т. 7.1	1	–	–	1	
	Т. 7.2	2	2	–	–	
	Т. 7.3	2	2	–	–	
ВСЬОГО		5				
Змістовий м-ль №8	Т. 8.1	5	3	2	–	
	Т. 8.2	5	3	2	–	
ВСЬОГО		10				
Змістовий модуль №9	Т. 9.1	2	–	–	2	
	Т. 9.2	2	–	–	2	
	Т. 9.3	1	–	–	1	
ВСЬОГО		5				
МКР №7 (змістові модулі 6–9)		10				
ВСЬОГО ЗА КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ		75				
ЕКЗАМЕН		25				
ЗАГАЛЬНА КІЛЬКІСТЬ БАЛІВ		100				

ТЕМИ КОЛОКВІУМІВ ТА МОДУЛЬНИХ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

Колоквіуми

Колоквіум №1

Теми:

1. Основні етапи аналітичного дослідження.
2. Протолітична теорія кислот і основ.
3. Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі.

Колоквіум №2

Тема: Загальна характеристика титриметричного аналізу.

Модульні контрольні роботи

Модульна контрольна робота №1

Теми:

1. Стан сильних і слабких електролітів у розчинах.
2. Рівновага в гетерогенній системі осад–насичений розчин.
3. I–III аналітичні групи катіонів.

Модульна контрольна робота №2

Теми:

1. Гідроліз солей.
2. Окисно-відновні процеси в якісному аналізі.
3. Утворення та руйнування комплексних сполук.

Модульна контрольна робота №3

Теми:

1. Загальні теоретичні основи аналітичної хімії.
2. Якісний аналіз катіонів та аніонів.

Модульна контрольна робота №4

Тема: Гравіметричний аналіз.

Модульна контрольна робота №5

Тема: Методи кислотно-основного титрування.

Модульна контрольна робота №6

Тема: Титриметричний аналіз.

Модульна контрольна робота №7

Тема: Фізико-хімічні методи аналізу.

РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ОТРИМАНИХ СТУДЕНТАМИ ЗА ВИДАМИ РОБІТ

ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ

№ за- няття	Вид роботи	Максимальна кількість балів	
		500	100
1	ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1		
	<i>Предмет та методи аналітичної хімії (Вступ). I аналітична група катіонів.</i>		
	1. Усна відповідь.	7,5	1,5
	2. Письмовий контроль:	7,5	1,5
	1) чутливість аналітичних реакцій; 2) загальна характеристика I групи катіонів; 3) окремі реакції катіонів I групи; 4) схема аналізу суміші катіонів I групи.		
	3. Контроль самостійної роботи з лекційного курсу: сульфідна класифікація катіонів.	зарах	зарах
2	Тема 1.1. Закон дії мас як теоретична основа якісного аналізу . Стан сильних і слабких електролітів у розчинах.		
	1. Усна відповідь.	7,5	1,5
	2. Письмовий контроль:	7,5	1,5
	1) контроль самостійної роботи із розв'язування домашніх задач; 2) виведення формули для знаходження рН амоніачної буферної суміші; 3) знаходження логарифму та антилогарифму.		
3	Тема 1.1. Стан сильних і слабких електролітів у розчинах. Друга аналітична група катіонів.		
	1. Письмовий контроль:	7,5	1,5
	1) теоретичний матеріал; 2) розв'язування задач із теми “Стан сильних та слабких електролітів у розчині”.		
	2. Письмовий контроль (II група катіонів):	7,5	1,5
	1) загальна характеристика II групи катіонів; 2) загальні реакції катіонів II групи; 3) окремі реакції катіонів I–II груп; 4) схема аналізу суміші катіонів I–II груп.		
4	Тема 1.2. Рівновага в гетерогенній системі осад–насичений розчин.		
	1. Усна відповідь	10	2
	2. Письмовий контроль:	10	2
	1) теоретичний матеріал; 2) контроль самостійної роботи з розв'язування домашніх задач.		

5	Тема 1.2. Рівновага в гетерогенній системі осад–насичений розчин. III аналітична група катіонів. 1. Усна відповідь. 2. Письмовий контроль: загальна характеристика групи, загальні реакції катіонів III групи, окремі реакції катіонів III групи.	5 5	1 1
6	Тема 1.2. Аналіз суміші катіонів I–III аналітичних груп. 1. Модульна контрольна робота 1 (теоретична частина) з тем: «Стан сильних та слабких електролітів у розчинах», «Рівновага в гетерогенній системі: осад–насичений розчин», «I–III група катіонів». 2. Аналіз суміші катіонів I–III груп (допуск).	35 15	7 3
7	Тема 1.3. Аналіз суміші катіонів I–III аналітичних груп. Модульна контрольна робота (практична частина). Правильність виконання. Звіт.	20 5	4 1
РАЗОМ ЗА ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1		150	30
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2			
8	Тема 2.1. Гідроліз солей. Амфотерність гідроксидів. 1. Усна відповідь. 2. Письмовий контроль: 1) теоретичний матеріал; 2) контроль самостійної роботи з розв'язування домашніх задач. 3. Реферат „Історія розвитку аналітичної хімії”. 4. Контроль самостійної роботи з лекційного курсу: Виведення формул для знаходження K_r , h та рН солі, яка утворена сильною основою та слабкою кислотою.	5 7,5 10 зарах	1 1,5 2 зарах
9	Тема 2.1. IV аналітична група катіонів. 1. Письмовий контроль: загальна характеристика групи, загальні реакції катіонів IV групи, окремі реакції катіонів IV групи, аналіз суміші катіонів IV групи.	7,5	1,5
10	Тема 2.2. Окисно-відновні процеси в аналітичній хімії. 1. Усна відповідь. 2. Письмовий контроль: 1) теоретичний матеріал; 2) розв'язування вправ.	5 5	1 1
11	Тема 2.2. V аналітична група катіонів.		

	1. Письмовий контроль: загальна характеристика групи, загальні реакції катіонів V групи, окремі реакції катіонів V групи, аналіз суміші катіонів V групи	10	2
12	Тема 2.3. Утворення та руйнування комплексних сполук. 1. Усна відповідь. 2. Письмовий контроль: 1) контроль самостійної роботи з розв'язування домашніх задач; 2) розв'язування вправ.	5 5	1 1
13	Тема 2.3. VI група катіонів. Письмовий контроль: 1) теоретичний матеріал (програма п. 3.8.); 2) загальна характеристика групи, загальні реакції катіонів VI групи, окремі реакції катіонів VI групи; 3) VI група катіонів.	10	2
14	Тема 2.4. Аналіз суміші катіонів IV–VI аналітичних груп. 1. Співбесіда. 2. Виконання експериментальної контрольної роботи «Аналіз суміші катіонів IV–VI аналітичних груп».	10	2
15	Тема 2.4. Аналіз суміші катіонів IV–VI аналітичних груп. 1. Модульна контрольна робота №2 з тем: «Гідроліз солей», «Окисно-відновні процеси в аналітичній хімії», «Утворення та руйнування комплексних сполук», «Загальні та окремі реакції катіонів IV–VI аналітичних груп». 2. Продовження виконання експериментальної контрольної роботи «Аналіз суміші катіонів IV–VI аналітичних груп». 3. Звіт.	50 10 5	10 2 1
РАЗОМ ЗА ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2		150	30
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3			
16	Тема 3.1. Якісний аналіз аніонів. 1. Усна відповідь.	5	1
17	Тема 3.1. Якісний аналіз аніонів. 1. Аналіз суміші аніонів (допуск). 2. Виконання та оформлення звіту з експериментальної контрольної роботи „Аналіз суміші аніонів”. 3. Письмовий контроль із тем: «Особливості	5 5 5	1 1 1

	якісного аналізу аніонів», «Класифікації аніонів», «Характерні реакції аніонів».		
18	Тема 3.2. Якісний аналіз суміші солей, мінеральних добрив, сплавів. Колоквіум №1 з тем: 1. «Основні етапи аналітичного дослідження». 2. «Головні окисники і відновники, які використовують в аналізі». 3. «Протолітична теорія кислот і основ» Виконання вправ.	50	10
19	Тема 3.2. Якісний аналіз суміші солей, мінеральних добрив, сплавів. 1. Якісний аналіз суміші солей (допуск). 2. Виконання експериментальної контрольної роботи «Якісний аналіз суміші солей» та звіт.	5 20	3 4
20	Тема 3.2. Якісний аналіз суміші солей, мінеральних добрив, сплавів. 1. Хімічний диктант з тем: «Аналіз мінеральних добрив», «Аналіз металів та сплавів».	5	1
	2. Виконання експериментальної роботи «Аналіз мінерального добрива» та звіт.	5	1
	3. Виконання експериментальної роботи «Аналіз сплавів безстружковим методом» та звіт.	5	1
21	Тема 3.2. Загальні теоретичні основи аналітичної хімії. Якісний аналіз катіонів та аніонів. Модульна контрольна робота №3. 1. Теоретичні основи аналітичної хімії. 2. Аналіз суміші катіонів. 3. Рівняння окисно-відновної реакції. 4. Задача.	80	16
	РАЗОМ ЗА ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3	200	40
	РАЗОМ ЗА ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ	500	100

РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ОТРИМАНИХ СТУДЕНТАМИ ЗА ВИДАМИ РОБІТ

КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ

№ за- няття	Вид роботи	Максимальна кількість балів	
		400	40
22	ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4		
	Тема 4.1. Статистична обробка результатів хімічного аналізу. 1. Усна відповідь.	10	1

	2. Розв'язування вправ.	10	1
23	Тема 4.2. Гравіметричний аналіз. Визначення вмісту кристалізаційної води. 1. Усна відповідь.	5	0,5
	2. Виконання експериментальної роботи та звіт.	5	0,5
24	Тема 4.2: Гравіметричний аналіз. Визначення вмісту сульфат-іонів. 1. Усна відповідь.	5	0,5
	2. Виконання експериментальної роботи.	–	–
	3. Виконання вправ.	5	0,5
25	Тема 4.2. Гравіметричний аналіз. Визначення вмісту сульфат-іонів (продовження). 1. Усна відповідь.	5	0,5
	2. Виконання експериментальної роботи (продовження) та звіт.	5	0,5
	3. Модульна контрольна робота (тестова).	30	3
	РАЗОМ ЗА ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4	80	8
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5			
26	Тема 5.1. Загальна характеристика титриметричного аналізу. 1. Усна відповідь.	5	0,5
	2. Виконання вправ.		
27	Тема 5.1. Загальна характеристика титриметричного аналізу. Колоквіум.	20	2
	Тема 5.2. Методи кислотно-основного титрування. 1. Усна відповідь.	3	0,3
	3. Виконання вправ. 3. Виконання експериментальної роботи.		
28	Тема 5.2. Методи кислотно-основного титрування (продовження). 1. Усна відповідь.	5	0,5
	2. Контроль індивідуальної роботи.	5	0,5
	3. Письмова контрольна робота.	15	1,5
29	Тема 5.2. Методи кислотно-основного титрування (продовження). 1. Усна відповідь.	5	0,5
	2. Самостійна робота за варіантом (обґрунтування вибору індикатора).	2	0,2
	3. Виконання експериментальної роботи та звіт.	5	0,5
30	Тема 5.2. Методи кислотно-основного титрування (продовження). Застосування методів кислотно-основного титрування. 1. Письмова контрольна робота.	10	1
	2. Усна відповідь. Розв'язування вправ.	5	0,5
31	Тема 5.2. Методи кислотно-основного		

	<i>титрування (продовження). Застосування методів кислотно-основного титрування.</i> 1. Допуск. 2. Виконання експериментальної контрольної роботи та звіт.	10 10	1 1
32	Тема 5.2. Методи кислотно-основного титрування (продовження). Модульна контрольна робота.	40	4,0
33	Тема 5.3. Загальна характеристика методів окисно-відновного титрування. 1. Усна відповідь. 2. Контроль виконання самостійної роботи з лекційного курсу (таблиця редоксіндикаторів).	5 зарах	0,5 зарах
34	Тема 5.3. Перманганатометрія. 1. Усна відповідь. 2. Контроль виконання самостійної роботи. 2.1. Контроль самостійної роботи з розв'язування задач. 2.2. Контроль планів виконання практичних робіт №1 і №2. 3. Виконання практичної роботи №1 та звіт. 4. Виконання практичної роботи №2 та звіт.	5 зарах	0,5 зарах
35	Тема 5.3. Застосування перманганатометрії. 1. Усна відповідь. 2. Розв'язування вправ.	5	0,5
36	Тема 5.3. Дихроматометрія. 1. Усна відповідь. 2. Контроль самостійної роботи з розв'язування задач. 3. Виконання практичної роботи №1 та звіт	5 зарах зарах	0,5 зарах зарах
37	Тема 5.3. Йодометрія. 1. Усна відповідь. 2. Контроль самостійної роботи з розв'язування задач.	5 зарах	0,5 зарах
38	Тема 5.3. Йодометрія. 1. Усна відповідь. 2. Контроль планів виконання практичних робіт №1 і №2. 3. Виконання практичної роботи №1 та звіт. 4. Виконання практичної роботи №2 та звіт.	5 зарах	0,5 зарах
39	Тема 5.3. Методи окисно-відновного титрування. Контрольна робота. 1. Теоретичне питання. 2. Застосування методу. 3. Задача.	10 10 5	1 1 0,5

40	Тема 5.4. Методи осаджувального титрування. Аргентометрія. 1. Усна відповідь. 2. Письмовий контроль виконання самостійної роботи з розв'язування домашніх задач. 3. Виконання практичної роботи №1 та звіт. 4. Виконання практичної роботи №2 та звіт.	5 5 зарах	0,5 0,5 зарах
41	Тема 5.4. Методи осаджувального титрування. Тіоціанатометрія. 1. Усна відповідь. 2. Виконання практичної роботи №1 та звіт. 3. Виконання практичної роботи №2 та звіт.	5 зарах	0,5 зарах
42	Тема 5.5. Комплексометричне титрування. Комплексонометрія. 1. Усна відповідь. 2. Виконання практичної роботи №2 та звіт. 3. Виконання практичної роботи №3 та звіт.	5 5	0,5 0,5
43	Тема 5.5. Застосування методів кислотно-основного, окисно-відновного, осаджувального і комплексометричного титрування. 1. Допуск до виконання контрольної експериментальної роботи.	10	1
44	Тема 5.5. Застосування методів кислотно-основного, окисно-відновного, осаджувального і комплексометричного титрування. 1. Виконання контрольної експериментальної роботи та звіт.	5	0,5
45	Тема 5.5. Методи осаджувального та комплексометричного титрування. Контрольна робота. 1. Теоретичне питання. 2. Застосування методу. 3. Задача.	5 5 5	0,5 0,5 0,5
46	Тема 5. Титриметричний аналіз. Модульна контрольна робота. 1. Теоретичне питання. 2. Застосування методу. 3. Задача. 4. Задача.	20 20 10 10	2 2 1 1
РАЗОМ ЗА ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5		320	32
РАЗОМ ЗА КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ		400	40

Методичні вказівки до виконання завдань, що виносяться на самостійне опрацювання

Обмежений час, який за навчальним планом відводиться на вивчення великого за обсягом університетського курсу аналітичної хімії, вимагає від студентів значну частину матеріалу опрацювати самостійно.

Мета цих методичних вказівок та завдань допомогти студентам в організації роботи при самостійному вивченні навчального матеріалу.

Вказаний обсяг сторінок навчальних посібників є тим мінімумом, що рекомендується опрацювати студентам. При бажанні більш глибокого вивчення тих чи інших питань курсу необхідно користуватись додатковими джерелами.

Питання, що виносяться на самостійне опрацювання, є складовими тем відповідних лекцій та лабораторних занять, а тому вивчати цей матеріал потрібно в тій послідовності, в якій він входить у програму. Бажано при конспектуванні лекцій у зошитах залишати відповідне місце для занотування самостійно опрацьованого матеріалу.

Якщо матеріал, що виносяться на самостійне опрацювання, складний і не все зрозуміло, необхідно звертатись за роз'ясненням до викладача на консультаціях. При бажанні більш глибоко ознайомитись з матеріалом відповідного питання необхідно звертатись до літературних джерел, які є в достатній кількості як на кафедрі, так і в бібліотеці.

Звітуватись за опанування матеріалу, що виносяться на самостійне опрацювання, необхідно систематично в дні і години, визначені відповідним графіком контролю.

Виконання лабораторних занять потребує якісних знань теоретичного матеріалу і методики їх виконання. Перш ніж розпочати вивчення методики виконання, необхідно самостійно опанувати теоретичний матеріал, що знаходиться на відповідних сторінках вказаних літературних джерел. Після цього, використовуючи метод розробки до лабораторних робіт та відповідні практики, на які є посилання у планах лабораторних робіт, необхідно вивчити методику виконання робіт, звертаючи особливу увагу на техніку безпеки. До виконання лабораторних занять студенти допускаються за умови виконання вище вказаних вимог. Після виконання роботи студент готує звіт і захищає роботу перед викладачем. Викладач перевіряє знання з теорії, методики виконання та практичне значення проведеної роботи.

Після позитивної відповіді, правильного оформлення роботи та перевірки достовірності отриманих результатів, студенту виставляється залік. Якщо ці вимоги не виконуються і студент за таку роботу не отримує заліку, то він ще може повторно звітуватися в дні додаткових занять чи під час консультацій викладачів.

До значної частини робіт студенти повинні розв'язати індивідуально відповідну кількість задач і теж прозвітуватись про їх виконання викладачу. Номери задач і літературні джерела вказані в цій методичній розробці після плану кожного лабораторного заняття. Контрольні заходи будуть здійснюватись у відповідності з часом планування вивчення цього курсу в кожному семестрі.

Відомості про шкідливість та безпеку при роботі з деякими хімічними речовинами

Неорганічні речовини

Нітратна кислота. Подразнює шкіру, очі, дихальні шляхи, токсична і вибухова. Пожежа, яка сталася від дії нітратної кислоти, гасять розпилюванням води. Зберігають окремо, захищають від механічних пошкоджень.

Бром. Температура кипіння 58,8°C. Подразнює шкіру, очі, дихальні шляхи, токсичний. Під час пожежі гасять водою. Зберігають окремо, оберігають від механічних ушкоджень і вологи.

Калій та натрій гідроксиди. Подразнюють шкіру, очі, дихальні шляхи, токсичні. При пожежі гасять водою. Зберігають в ізольованих приміщеннях, оберігають від механічних ушкоджень та вологи.

Калій та амоній нітрати. Подразнюють шкіру, очі, дихальні шляхи, токсичні. При пожежі гасять водою. Зберігають в окремих приміщеннях, оберігають від механічних ушкоджень та вологи.

Пероксид водню (30–50%-ний розчин). Подразнює шкіру, очі, верхні дихальні шляхи, токсичний, вибухонебезпечний. При пожежі гасять водою. Зберігають в ізольованих приміщеннях, оберігають від механічних ушкоджень.

Натрій пероксид. Дивись **гідроген пероксид**.

Сульфатна кислота. Подразнює шкіру, очі, верхні дихальні шляхи. При пожежі гасять сухими порошками, зберігають в окремих приміщеннях, оберігають від механічних ушкоджень і вологи.

Хлоридна кислота. Подразнює шкіру, очі, дихальні шляхи, токсична, вибухонебезпечна. При пожежі гасять водою і спеціальними порошками. Зберігають в окремих приміщеннях, оберігають від механічних ушкоджень.

Флуоридна кислота. Температура кипіння 12,4°C. Роз'їдає шкіру, подразнює очі, дихальні шляхи, токсична, вибухонебезпечна. При пожежі гасять водою. Зберігають в окремих приміщеннях, оберігають від механічних ушкоджень.

Хлоратна кислота. Подразнює очі, шкіру, дихальні шляхи, токсична, вибухонебезпечна. При пожежі гасять розпилюванням води. Зберігають в окремих приміщеннях, оберігають від механічних ушкоджень.

Органічні речовини

Ацетон. Температура самоспалахування 538°C, температура кипіння 56,2°C. Подразнює шкіру, очі, дихальні шляхи, токсичний, у високій мірі вибухонебезпечний. При горінні гасять порошковими сумішами, вуглекислим

газом, розпиленням води. Зберігають окремо, захищають від механічних пошкоджень.

Ацетатна кислота (оцтова, льодяна). Температура самоспалахування 428°C, температура кипіння 118°C. Подразнює шкіру, очі, дихальні шляхи, токсична, у високій степені вибухонебезпечна. Під час пожежі гасять розпилюванням води, вуглекислим газом, сухими порошками. Зберігають в окремих приміщеннях, оберігають від механічних ушкоджень.

Бензен. Температура самоспалахування 562°C, температура кипіння 80,1°C. Подразнює шкіру, очі, дихальні шляхи, токсичний (особливо для жінок), у високій мірі вибухонебезпечний. Під час пожежі гасять вуглекислим газом, розпиленням води, піною, сухими порошками. При зберіганні ретельно ізолюють і оберігають від механічних ушкоджень.

Бутиловий спирт (первинний). Температура самоспалахування 363°C, температура кипіння 117,5°C. Подразнює шкіру, очі, дихальні шляхи, токсичний, у високій мірі вибухонебезпечний. Під час пожежі гасять пінними засобами, вуглекислим газом. Зберігають у звичайному складі, оберігають від механічних ушкоджень.

Діетиловий етер. Температура самоспалахування 186°C, температура кипіння 34,5°C. Подразнює дихальні шляхи, токсичний, вибухонебезпечний. При пожежі гасять вуглекислим газом, сухими порошками. Не можна гасити водою. Зберігають в ізольованих приміщеннях, оберігають від механічних ушкоджень, нагрівання та іскри.

Гексан (нормальний). Температура самоспалахування 261°C, температура кипіння 69°C. Подразнює очі, токсичний, у високій мірі вибухонебезпечний. Під час пожежі гасять пінами, вуглекислим газом, сухими порошками. Зберігають у звичайному складі, оберігають від механічних ушкоджень, нагрівання та іскри.

Метиловий спирт. Температура самоспалахування 464°C, температура кипіння 64,5°C. Подразнює дихальні шляхи, дуже токсичний і вибухонебезпечний. Під час пожежі гасять водою, вуглекислим газом, сухими порошками, зберігають у спеціальних ізольованих приміщеннях, оберігають від механічних ушкоджень та іскри.

Толуол. Температура самоспалахування 536°C, температура кипіння 110,6°C. Подразнює очі, дихальні шляхи, токсичний, вибухонебезпечний. При пожежі гасять розпилюванням води, піною, вуглекислим газом, сухими порошками. Зберігають в окремих приміщеннях, оберігають від механічних ушкоджень, нагрівання та іскри.

Правила техніки безпеки при роботі в лабораторії аналітичної хімії

Забороняється працювати одному в лабораторії, оскільки в разі нещасного випадку нікому надати допомогу потерпілому і ліквідувати наслідки.

Під час роботи в лабораторії слід дотримуватися чистоти, тиші, порядку та правил техніки безпеки. Поспішність та неохайність призводять до тяжких наслідків.

Кожний працівник повинен знати, де знаходяться в лабораторії засоби протипожежного захисту та аптечка, яка містить все необхідне для надання першої допомоги (калій перманганат, борна кислота, питна сода, спиртовий розчин йоду, вата, бинт, пластир, мазь від опіків).

Категорично забороняється в лабораторії їсти, пити воду, палити.

Не можна приступати до виконання лабораторної роботи, доки не засвоєна техніка її виконання.

Всі досліди виконують лише в чистому посуді. Після кожного експерименту посуд відразу ж необхідно помити.

Під час роботи необхідно слідкувати за тим, щоб речовини не потрапляли на руки та обличчя, тому що деякі з них (кислоти, луги тощо) викликають пошкодження шкіри та слизових оболонок.

Категорично забороняється брати речовини руками і пробувати їх на смак. Нюхати речовини можна, лише обережно, направляючи на себе газу чи пару легкими рухами рук. Не нахилитися над посудом і не вдихати на повні груди!

Банки, склянки та інший посуд для зберігання реактивів повинен мати етикетки з назвою речовини.

Після закінчення роботи потрібно закрити крани з водою і вимкнути електроприлади.

Відходи виливають у банки для зливання, а реактиви, що дорого коштують, – у спеціально призначений посуд.

У лабораторії повинні бути засоби протипожежного захисту: ящик із просіяним піском, совок для нього, протипожежна ковдра, заряджений вогнегасник.

Правила роботи з небезпечними, токсичними і вогнебезпечними речовинами

Всі роботи з небезпечними і токсичними речовинами (наприклад, бромом, йодом, оксидами нітрогену тощо) необхідно проводити лише у витяжній шафі.

Досліди з вогнебезпечними речовинами (наприклад, ефіром, ацетоном, бензеном тощо) виконувати якомога далі від вогню та увімкнути електроплиток, нагрівати легкозаймисті речовини можна лише у спеціальному посуді на попередньо нагрітій водяній бані.

Перша допомога при нещасних випадках

При всіх нещасних випадках слід негайно викликати лікаря. Все описане нижче треба розглядати тільки як надання першої допомоги.

1. **Опіки (термічні)** першого ступеня – почервоніння шкіри. На обпечену ділянку покласти вату, змочену 90–96%-ним етиловим спиртом, продовжувати зволожувати вату спиртом. Опіки другого ступеня – пухирі. Шкіру обробляють спиртом, як вказано вище, або 3–5%-ним розчином калій перманганату, або 5%-ним свіжо приготовленим розчином таніна, поки шкіра не стане коричневою. Опіки третього ступеня – руйнування тканин. Рану покривають стерильною пов'язкою і викликають лікаря.

2. **Великі порізи.** Не промивати водою! Кров сама очищує рану. Інородні тіла, що знаходяться глибоко в рані, наприклад, скло, не можна видаляти без лікаря. На рану накласти стерильну пов'язку. Не використовувати вату! При сильній кровотечі накласти жгут вище рани.

3. **Опіки шкіри кислотами, лугами, бромом, фосфором.** Промивають обпечену ділянку шкіри сильним потоком води з водопроводу. Після цього промивають 1%-ним розчином ацетатної (оцтової кислоти) при опіках лугом або 1%-ним розчином натрій гідрогенкарбонату при опіках кислотою. При опіках бромом шкіру ретельно промивають бенzenом. При опіках фосфором багаторазово занурюють обпечене місце у ванночку з 1%-ним розчином купрум(II) сульфату або ж накладають марлю, змочену розчином купрум(II) сульфату, і багато разів змінюють її.

4. **Опіки очей.** Очі промивають великою кількістю води з водопроводу, намагаючись тримати очі весь час відкритими. Негайно викликати лікаря. У випадку опіку очей лугом необхідно промити 2%-ним розчином борної кислоти, а при опіці кислотою – 3%-ним розчином натрій гідрогенкарбонату.

5. **Опіки рота і губ лугом, кислотою та розчинами важких металів.** Прийняти протиотруту, наприклад, молоко, білок, вівсяний відвар. При опіках кислотами полоскати порожнину рота водними суспензіями крейди або магній оксиду, а при опіках лугами полоскати 1%-ним розчином ацетатної кислоти або водним розчином лимонного соку.

6. **Отруєння газами, які подразнюють дихальні шляхи (хлором, бромом, гідроген хлоридом, оксидами нітрогену).** Повний спокій і свіже повітря! При сильному отруєнні потерпілого виносять на свіже повітря. Необхідні інгаляції водними парами або розчином натрій гідрогенкарбонату. Бажано вдихання кисню та його суміші з карбон (IV) оксидом (6%–CO₂). Під час заупинки дихання зробити потерпілому штучне дихання.

7. **Отруєння сірководнем (H₂S), чадним газом (CO) (карбон(II) оксидом), ціанідною кислотою (HCN), арсином (AsH₃), фосфіном (PH₃).** Винести на свіже повітря, надати спокій! У важких випадках застосовувати штучне дихання (бажано з киснем). При отруєнні ціанідною кислотою випити розчину, який приготуваний розчиненням у 50 см³ води 2 г натрій тіосульфату та 0,5 г натрій нітрату(V).

8. **Отруєння амоніаком.** Дати випити велику кількість води з додаванням оцту чи лимонного соку. Викликати блювання. Випити рослинної олії, молока чи яєчного білка. При отруєнні парами амоніаку винести потерпілого на свіже повітря і надати йому спокій.

ХІМІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ

ПЕРЕЛІК ХАРАКТЕРНИХ РЕАКЦІЙ, ЯКІ ВИВЧАЮТЬСЯ В КУРСІ АНАЛІТИЧНОЇ ХІМІЇ

КАТІОНИ

I аналітична група катіонів (K¹⁺, Na¹⁺, NH₄¹⁺)

1. Окремі реакції на K¹⁺-катіон:

- а) дія натрій гексанітрокобальтату(III) Na₃[Co(NO₂)₆];
- б) дія натрій гідрогентартрату NaHC₄H₄O₆;
- в) забарвлення полум'я.

2. Окремі реакції на Na¹⁺-катіон:

- а) дія калій гексагідроксистибау(V) K[Sb(OH)₆] (теоретично);
- б) дія діоксоуран(VI) діацетату (уранілацетату) UO₂(CH₃COO)₂ або магній уранілацетату Mg(UO₂)₃(CH₃COO)₈ (теоретично);
- в) забарвлення полум'я.

3. Окремі реакції на NH₄¹⁺-катіон:

- а) дія лугів (калій гідроксиду або натрій гідроксиду);
- б) дія реактива Неслера K₂[HgI₄];
- в) дія натрій гексанітрокобальтату(III) Na₃[Co(NO₂)₆];
- г) дія натрій гідрогентартрату NaHC₄H₄O₆.

II аналітична група катіонів (Ag¹⁺, Pb²⁺, Hg₂²⁺)

Загальні реакції:

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

1. Окремі реакції на Ag¹⁺-катіон:

- а) дія хлоридної кислоти та її розчинних солей;
- б) дія калій йодиду KI;
- в) дія дикалій тетраоксохромату(VI) K₂CrO₄;
- г) дія формальдегіду HCOH (демонстр.).

2. Окремі реакції на Pb²⁺-катіон

- а) дія сульфатної(VI) кислоти та її розчинних солей;
- б) дія калій йодиду KI;
- в) дія дикалій тетраоксохромату K₂CrO₄.

3. Окремі реакції на Hg₂²⁺-катіон:

відновлення димеркурій(I)-катіону міддю.

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

Загальні реакції:

- а) дія сульфатної(VI) кислоти;
- б) дія діамоній сульфату(VI) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;
- в) дія діамоній карбонату $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$;
- г) дія діамоній оксалату $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$;
- д) дія дикалій хромату(VI) K_2CrO_4 .

1. Окремі реакції на Ba^{2+} -катіон:

- а) дія дикалій хромату(VI) K_2CrO_4 і дикалій дихромату(VI) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$;
- б) забарвлення полум'я.

2. Окремі реакції на Ca^{2+} -катіон:

- а) дія сульфатної(VI) кислоти (пробірочним і мікрокристалоскопічним способами);
- б) дія діамоній оксалату $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$;
- в) забарвлення полум'я.

3. Окремі реакції на Sr^{2+} -катіон:

- а) дія гіпсової води $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
- б) забарвлення полум'я.

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

Загальні реакції:

- а) дія їдких лугів;
- б) дія амоній гідроксиду;
- в) дія динатрій гідрогенфосфату;
- г) дія дигідрогенпероксиду в лужному середовищі;
- д) дія амоній гідроксиду і амоній хлориду при нагріванні.

1. Окремі реакції на Al^{3+} -катіон:

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

2. Окремі реакції на Cr^{3+} , CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -йони:

- а) окиснення Cr^{3+} -йону в CrO_4^{2-} -йон у лужному середовищі дією бромної води або дигідрогенпероксиду;
- б) окиснення Cr^{3+} -йону в $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -йон у кислому середовищі дією KMnO_4 або $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$;
- в) дія дигідрогенпероксиду на $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -йон у кислому середовищі;
- г) дія йодид-йонів на $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -йон у кислому середовищі;
- д) дія Ba^{2+} -, Pb^{2+} -, Ag^{1+} -йонів на CrO_4^{2-} -йон.

3. Окремі реакції на Zn^{2+} -катіон:

- а) дія калій гексаціаноферату(II) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
- б) дія дитизону.

4. Окремі реакції на Sn^{2+} -катіон:

- а) відновлення солі бісмуту до металічного бісмуту солями стануму(II);

- б) відновлення ферум(III)-йону солями стануму(II) до ферум(II)-йону.

5. Окремі реакції на Sn(IV) -катіон:

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

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

Загальні реакції:

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

1. Окремі реакції на Mg^{2+} -катіон:

- а) дія натрій гідрогенфосфату в присутності $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ та NH_4Cl (пробірочним та мікрокристалоскопічним способами);
- б) дія 8-оксихіноліну $\text{C}_9\text{H}_6\text{NOH}$.

2. Окремі реакції на Mn^{2+} -катіон:

- а) окиснення Mn^{2+} -йону в MnO_4^{1-} -йон дією діамоній персульфату (гексаоксопероксодисульфату $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2(\text{O}_2)\text{O}_6$) або плюмбум діоксиду;
- б) окиснення Mn^{2+} -йону в $\text{MnO}(\text{OH})_2$ в лужному середовищі дією бромної води або дигідрогенпероксиду;
- в) краплинна реакція з бензидином.

3. Окремі реакції на Fe^{3+} -катіон:

- а) дія калій гексаціаноферату(II) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
- б) дія калій тіоціанату або амоній тіоціанату.

4. Окремі реакції на Fe^{2+} -катіон:

дія калій гексаціаноферату(III).

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

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

6. Окремі реакції на Bi^{3+} -катіон:

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

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

Загальні реакції:

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

1. Окремі реакції на Ni^{2+} -катіон:

дія реактиву Чугаєва (H_2Dm).

2. Окремі реакції на Co^{2+} -катіон:

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

3. Окремі реакції на Cu^{2+} -катіон:

- а) дія амоній гідроксиду;
- б) дія натрій тіосульфату $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;
- в) відновлення Cu^{2+} -йону до вільної міді активними металами;
- г) дія калій гексаціаноферату(II) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

4. Окремі реакції на Cd^{2+} -катіон:

- а) дія сульфідної води H_2S .

5. Окремі реакції на Hg^{2+} -катіон:

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

АНІОНИ

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

Загальні реакції:

дія розчинних солей барію.

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

дія Pb^{2+} -, Ba^{2+} -катіонів.

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

дія розведених мінеральних кислот.

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

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

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

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

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

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

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

Загальні реакції:

дія аргентум нітрату.

1. Окремі реакції на Cl^{-} -аніон:

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

2. Окремі реакції на Br^{-} -аніон:

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

3. Окремі реакції на I^{-} -аніон:

дія хлорної води або калій перманганату.

4. Окремі реакції на S^{2-} -аніон:

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

III аналітична група аніонів (NO_3^{-} , NO_2^{-} , $\text{CH}_3\text{COO}^{-}$)

1. Окремі реакції на NO_3^{-} -аніон:

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

2. Окремі реакції на NO_2^{-} -аніон:

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

3. Окремі реакції на $\text{CH}_3\text{COO}^{-}$ -аніон:

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

ПЛАНИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №1

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

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

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

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

II. Практична частина:

Характерні реакції катіонів I аналітичної групи.

III. Письмовий контроль знань із тем:

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

Домашнє завдання:

1. [1] Р. 2, §2.1–2.2, с. 17–43, §6, с. 225–241; [2] §1–12, с. 5–39; [5-7].
2. Самостійна робота:
 - 2.1. Розв'язати задачі відповідного варіанту.
 - 2.2. Оформити в зошиті практичну частину роботи „Характерні реакції катіонів I аналітичної групи” відповідно до зразку (Додаток 1) та переліку реакцій.
 - 2.3. Оформити в зошиті загальну характеристику I аналітичної групи катіонів.
 - 2.4. Скласти схему систематичного ходу аналізу суміші катіонів I аналітичної групи.
 - 2.5. Оформити в зошиті сульфідну класифікацію катіонів.

Загальна характеристика аналітичної групи катіонів

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

Задачі для самостійного розв'язування з тем:

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

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

Зразок завдань до контрольної роботи з тем:

„Чутливість аналітичних реакцій”,
„Перша аналітична група катіонів”

I. Теоретичний матеріал

Способи підвищення чутливості аналітичних реакцій.

II. Перша аналітична група катіонів

1. Загальна характеристика I аналітичної групи катіонів.

Розчинність солей катіонів I аналітичної групи. Використання здатності йонів утворювати нерозчинні сполуки в якісному аналізі.

2. Окремі реакції катіонів I аналітичної групи.

Окремі реакції на катіон Na^{1+} .

3. Аналіз суміші катіонів I аналітичної групи.

Якісний аналіз суміші катіонів Na^{1+} і K^{1+} .

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №2

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

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

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

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

II. Письмовий контроль знань із теми:

„Виведення формул для розрахунку рН буферних розчинів”.

Домашнє завдання:

1. [1] Р. 3, с. 60–85; [2] §13–22, с. 39–86, 94–99; [5–7].
2. Самостійна робота: розв'язати задачі відповідного варіанту.

Задачі для самостійного розв'язування з тем:

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

№ варіанту	Збірник задач		№ варіанту	Збірник задач	
	[5]	[6]		[5]	[6]
1	61, 144, 76	420, 425, 443	8	68, 137, 83	430, 454, 470
2	62, 143, 77	421, 438, 444	9	69, 136, 84	431, 455, 471
3	63, 142, 78	422, 445, 448	10	70, 135, 85	432, 456, 475
4	64, 141, 79	423, 446, 450	11	71, 134, 86	434, 457, 486
5	65, 140, 80	424, 447, 451	12	72, 133, 87	435, 458, 489
6	66, 139, 81	428, 449, 452	13	73, 132, 88	426, 437, 459
7	67, 138, 82	429, 453, 469	14	74, 131, 89	427, 441, 460

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №3

Тема: „Друга аналітична група катіонів”

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

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

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

II. Практична частина:

Загальні та окремі реакції катіонів II аналітичної групи.

III. Письмовий контроль знань із тем:

„Стан сильних та слабких електролітів у розчинах”, „I–II аналітичні групи катіонів”.

Домашнє завдання:

1. [1] Р. 2 §7, с. 242–262; [2] §13–22, с. 39–86, 94–99; [7].
2. Самостійна робота:
 - 2.1. Оформити в зошиті практичну частину роботи „Загальні й окремі характерні реакції катіонів II аналітичної групи” відповідно до зразку та переліку реакцій.
 - 2.2. Оформити в зошиті загальну характеристику II аналітичної групи катіонів.
 - 2.3. Скласти схему систематичного ходу аналізу суміші катіонів I–II аналітичних груп.

Зразок завдань до контрольної роботи з теми: „Стан сильних і слабких електролітів у розчинах”

I. Теоретичний матеріал

Взаємозв'язок між ступенем і константою електролітичної дисоціації. Закон розведення В. Оствальда (виведення формули та її аналіз).

II. Розв'язування задач

1. Обчислити молярну концентрацію гідроген-йонів у розчині, рОН якого дорівнює 1.
2. Константа йонізації слабкої одноосновної кислоти дорівнює $1 \cdot 10^{-8}$. Яке значення рН розчину з молярною концентрацією речовини $0,01 \text{ моль/дм}^3$?

Зразок завдань до контрольної роботи з теми: „I–II аналітичні групи катіонів”

1. Загальна характеристика II аналітичної групи катіонів.

Окисно-відновні властивості катіонів II аналітичної групи.

2. Загальні реакції катіонів II аналітичної групи.

Дія хлоридної кислоти та її розчинних солей на катіони II аналітич-

ної групи.

3. Окремі реакції катіонів I–II аналітичних груп.

Окремі реакції на катіони Hg_2^{2+} і NH_4^{1+} .

4. Аналіз суміші катіонів I–II аналітичних груп.

Якісний аналіз суміші катіонів NH_4^{1+} і Ag^{1+} .

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №4

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

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

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

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

II. Письмовий контроль знань із теми:

“Рівновага в гетерогенній системі осад–насичений розчин”.

Домашнє завдання:

1. [1] Р. 3, §3.2, с. 111–131; [2] §28–34, с. 100–133; [5–7].
2. Самостійна робота: розв’язати задачі відповідного варіанту.

Задачі для самостійного розв’язування з теми:
„Рівновага в гетерогенній системі осад–насичений розчин”

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

Зразок завдань до контрольної роботи з теми:
„Рівновага в гетерогенній системі осад–насичений розчин”

I. Теоретичний матеріал.

Розчинність осадів.

II. Контроль самостійної роботи з розв’язування задач.

Розчинність діаргентум хромату за температури 25°C дорівнює $1,31 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³. Розрахувати добуток розчинності Ag_2CrO_4 .

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №5

Тема: „Третя аналітична група катіонів”

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

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Третя аналітична група катіонів. Загальна характеристика групи, її зв’язок із періодичною системою Д.І. Менделєєва. Характерні реакції катіонів третьої аналітичної групи.
2. Хід аналізу суміші катіонів I–III аналітичних груп.

II. Практична частина:

Характерні реакції катіонів III аналітичної групи.

III. Письмовий контроль знань із теми:

„III аналітична група катіонів”.

Домашнє завдання:

1. [1] Р. 2, §8, с. 262–286; [2] §28–34, с. 100–133.
2. Самостійна робота:
 - 2.1. Оформити в зошиті практичну частину роботи „Загальні й окремі характерні реакції катіонів III аналітичної групи” відповідно до зразку та переліку реакцій.
 - 2.2. Оформити в зошиті загальну характеристику III аналітичної групи катіонів.
 - 2.3. Опанувати схему систематичного ходу аналізу суміші катіонів I–III аналітичних груп (Додаток 2).

Зразок завдань до контрольної роботи з теми
„III аналітична група катіонів”

1. Загальна характеристика III аналітичної групи катіонів.

Розчинність і забарвлення солей катіонів III аналітичної групи.

2. Загальні реакції катіонів III аналітичної групи.

Дія дикалій хромату(VI).

3. Окремі реакції катіонів III аналітичної групи.

Відкриття Ca^{2+} -йонів мікрокристалоскопічною реакцією із сульфатною кислотою.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №6

Тема: „Рівновага в гомогенних і гетерогенних системах.

Аналіз суміші катіонів I–III аналітичних груп”

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

План заняття

I. Модульна контрольна робота №1 із тем:

“Стан сильних і слабких електролітів у розчинах”,

“Рівновага в гетерогенній системі осад–насичений розчин”,

“I–III аналітичні групи катіонів”.

II. Аналіз суміші катіонів I–III аналітичних груп.

1. Співбесіда.

Домашнє завдання:

1. Повторити матеріал лекцій із тем:

“Застосування закону дії мас при дослідженні слабких електролітів”;

“Стан сильних електролітів у розчинах”;

“Буферні розчини”;

“Рівновага в гетерогенній системі осад–насичений розчин”.

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

3. Вивчити схему аналізу суміші катіонів I–III аналітичних груп (Додаток 2).

Зразок завдань до модульної контрольної роботи №1 із

тем: „Стан сильних і слабких електролітів у розчинах”, „Рівновага в гетерогенній системі осад–насичений розчин”, „I–III аналітичні групи катіонів”

I. Теоретичний матеріал.

Розрахунок pH буферних розчинів. Виведення формул.

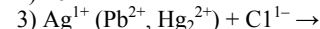
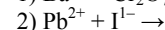
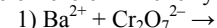
II. Розв’язування вправ.

1. pH розчину дорівнює 12. Яка молярна концентрація гідроксид-йонів?

2. У розчині об’ємом 1 дм³ міститься гідроген бромід (HBr) та дигідроген сульфат (H₂SO₄) кількістю по 0,02 моль. Яка молярна концентрація гідроген-йонів у розчині?

3. Константа йонізації слабкої одноосновної кислоти дорівнює $1 \cdot 10^{-8}$. Яке значення pH розчину з молярною концентрацією речовини 0,01 моль/дм³?

4. З якою метою в якісному аналізі використовують реакції?



Написати рівняння реакцій.

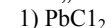
5. У розчині об’ємом 1 дм³ міститься дигідроген сульфат кількістю 0,01 моль та магній сульфат кількістю 0,02 моль. Яка йонна сила розчину?

6. У розчині слабкої одноосновної кислоти з молярною концентрацією речовини 0,01 моль/дм³ молярна концентрація гідроген-йонів дорівнює $1 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³. Яка константа дисоціації кислоти?

7. Яка розчинність триаргентум фосфату (Ag₃PO₄) у розчині аргентум нітрату (AgNO₃) з молярною концентрацією речовини 0,1 моль/дм³? $DP(\text{Ag}_3\text{PO}_4) = 1,8 \cdot 10^{-18}$.

8. Які реактиви групи „Б” розчиняють сполуки групи „А”?

„А”



„Б”



2) гаряча вода

3) NaOH, надлишок

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №7

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

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

План заняття

I. Виконання експериментальної контрольної роботи:

„Аналіз суміші катіонів I–III аналітичних груп”.

II. Оформлення звіту.

Домашнє завдання:

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

2. Повторити схему аналізу суміші катіонів I–III аналітичних груп (Додаток 2).

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №8

Тема: „Гідроліз солей. Амфотерність гідроксидів”

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

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

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

II. Письмовий контроль знань із тем:

„Гідроліз солей”, „Амфотерність гідроксидів”.

Домашнє завдання:

1. [1] Р. 3, § 3.3, с. 149–163; [2] §35–38, с. 136–175; [5–7].
2. Самостійна робота:
 - 2.1. Розв'язати задачі відповідного варіанту.
 - 2.2. Підготувати реферат „Історія розвитку аналітичної хімії”.
 - 2.3. Вивести формули для знаходження K_t , h і рН солі, яка утворена сильною основою і слабкою кислотою.

Задачі для самостійного розв'язування з теми:

„Гідроліз солей”

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

Зразок завдань до контрольної роботи з тем:

„Гідроліз солей”, „Амфотерність гідроксидів”

I. Теоретичний матеріал.

Гідроліз солей, утворених сильною основою і слабкою кислотою: сутність гідролізу. Обчислення константи гідролізу, ступеня гідролізу, рН розчину солі, що гідролізує. Виведення формул.

II. Контроль самостійної роботи з розв'язування задач.

Яку масу калій ацетату необхідно розчинити у воді об'ємом 250 см^3 , щоб одержати (у результаті гідролізу) розчин з рН, рівним 8,5? $K_{\text{дис.}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №9

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

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

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

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

II. Практична частина:

Характерні реакції катіонів IV аналітичної групи.

III. Письмовий контроль знань із теми:

„IV аналітична група катіонів”.

Домашнє завдання:

1. [1] Р. 2, §9, с. 287–324; [2] §35–38, с. 136–175.
2. Самостійна робота:
 - 2.1. Оформити в зошиті практичну частину роботи „Загальні й окремі характерні реакції катіонів IV аналітичної групи” відповідно до зразку та переліку реакцій.
 - 2.2. Оформити в зошиті загальну характеристику IV аналітичної групи катіонів.
 - 2.3. Скласти схему систематичного ходу аналізу суміші катіонів IV аналітичної групи.

Зразок завдань до контрольної роботи з теми:

„IV аналітична група катіонів”

1. Загальна характеристика IV аналітичної групи катіонів.

Гідроксиди катіонів IV аналітичної групи.

2. Загальні реакції катіонів IV аналітичної групи.

Дія амоній гідроксиду й амоній хлориду при нагріванні.

3. Окремі реакції катіонів IV аналітичної групи.

Окремі реакції на Zn^{2+} -катіон.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №10

Тема: „Окисно-відновні процеси в якісному аналізі”

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

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

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

II. Письмовий контроль знань із теми:

„Окисно-відновні процеси в якісному аналізі”.

Домашнє завдання:

1. [1] Р. 3, §3.4, с. 174–183; [2] §39–45, с. 176–206; [5–8].
2. Самостійна робота:
 - 2.1. Розв'язати задачі відповідного варіанту.

Задачі для самостійного розв'язування з теми:

„Окисно-відновні процеси в аналізі”

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

Зразок завдань до контрольної роботи з теми:

„Окисно-відновні процеси в якісному аналізі”

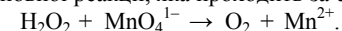
I. Теоретичний матеріал.

Константа рівноваги редокс-реакцій, зв'язок її зі стандартними потенціалами окисно-відновних пар (виведення формули).

II. Розв'язування вправ.

1. Методом напівреакцій складіть йонно-молекулярне рівняння

окисно-відновної реакції, яка проходить за схемою:



Написати вираз для константи рівноваги окисно-відновного процесу. Використовуючи значення стандартних окисно-відновних потенціалів, розрахувати $K_{\text{рівн}}$ і зробити висновок про напрям та повноту проходження окисно-відновної реакції.

2. Калій перманганат можна одержати окисненням калій манганату хлором. Чи можна замість хлору брати бром чи йод?

$$E^\circ(\text{MnO}_4^{1-}/\text{MnO}_4^{2-}) = 0,56 \text{ В} \quad E^\circ(\text{Cl}_2/2\text{Cl}^{1-}) = 1,36 \text{ В}$$

$$E^\circ(\text{Br}_2/2\text{Br}^{1-}) = 1,08 \text{ В} \quad E^\circ(\text{I}_2/2\text{I}^{1-}) = 0,53 \text{ В}$$

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №11

Тема: „П'ята аналітична група катіонів”

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

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

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

II. Практична частина:

Характерні реакції катіонів V аналітичної групи.

III. Письмовий контроль знань із теми:

„V аналітична група катіонів”.

Домашнє завдання:

1. [1] Р. 2, §10, с. 325–350; [2] §39–45, с. 176–206.
2. Самостійна робота:
 - 2.1. Оформити в зошиті практичну частину роботи „Загальні й окремі характерні реакції катіонів V аналітичної групи” відповідно до зразку та переліку реакцій.
 - 2.2. Оформити в зошиті загальну характеристику V аналітичної групи катіонів.
 - 2.3. Скласти схему систематичного ходу аналізу суміші катіонів V аналітичної групи.

Зразок завдань до контрольної роботи з теми:

„V аналітична група катіонів”

1. Загальна характеристика V аналітичної групи катіонів.

Окисно-відновні властивості катіонів V аналітичної групи.

2. Загальні реакції катіонів V аналітичної групи.

Дія амоній гідроксиду. Розчинність гідроксидів катіонів V аналітич-

ної групи в солях амонію. Застосування в аналізі здатності деяких катіонів V аналітичної групи утворювати гідроксида, які розчинні в солях амонію.

3. Окремі реакції катіонів V аналітичної групи.

Окремі реакції на Bi^{3+} -катіон.

4. Аналіз суміші катіонів V аналітичної групи.

Якісний аналіз суміші катіонів Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} .

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №12

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

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

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

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

II. Письмовий контроль знань із теми:

„Дисоціація комплексних сполук”.

Домашнє завдання:

1. [1] Р. 3, §3.5, с. 191–200; [2] §46–49, с. 206–233; [5–7].
2. Самостійна робота: розв'язати задачі відповідного варіанту.

Задачі для самостійного розв'язування з теми:

„Утворення та руйнування комплексних сполук”

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

Зразок завдань до контрольної роботи з теми: „Дисоціація комплексних сполук”

1. Написати рівняння ступінчастої дисоціації і вираз для загальної константи нестійкості комплексного йону $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^{1-}$.
2. Назвати комплексні сполуки:
а) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{H}_2\text{O}]\text{Cl}_3$ б) $\text{H}_2[\text{CoCl}_4]$ в) $\text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$
3. Яка рівноважна молярна концентрація аргентум(I)-йонів у розчині $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$ з молярною концентрацією 0,1 моль/дм³?
 $K_{\text{нест.}}([\text{Ag}(\text{CN})_2]^{1-})=1,41 \cdot 10^{-20}$.
4. Яка вихідна молярна концентрація хлорид-йонів у розчині гексаамінкобальт(III) хлориду з молярною концентрацією речовини 0,01 моль/дм³?
5. Яка рівноважна молярна концентрація амоніаку, що одержується за першим ступенем дисоціації, у розчині тетраамінкупрум(II) хлориду $([\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2)$ з молярною концентрацією речовини 0,001 моль/дм³?
 $K_{\text{нест.1}}([\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+})=7 \cdot 10^{-3}$.
а) 0,001 б) $0,001 \cdot 7 \cdot 10^{-3}$ в) $0,001 \cdot 7 \cdot 10^{-3} \cdot 2$
г) $\sqrt{\frac{7 \cdot 10^{-3}}{0,001}}$ д) $\sqrt{0,001 \cdot 7 \cdot 10^{-3}}$
6. Контроль самостійної роботи з розв'язування задачі
Є розчини тетраамінкадмій дихлориду $([\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2)$ і дикалій тетраціанокадмату $(\text{K}_2[\text{Cd}(\text{CN})_4])$ з однаковими молярними концентраціями (по 0,1 моль/дм³). У якому розчині більша молярна концентрація речовини Cd^{2+} -йона? Відповідь підтвердити обчисленнями.
 $K_{\text{нест.}}([\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+})=2,75 \cdot 10^{-7}$; $K_{\text{нест.}}([\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-})=1,76 \cdot 10^{-18}$.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №13

Тема: „Шоста аналітична група катіонів”

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

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

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

II. Практична частина:

Характерні реакції катіонів VI аналітичної групи.

III. Письмовий контроль знань із тем:

„Утворення та руйнування комплексних сполук”.

„VI аналітична група катіонів”,
„Характерні реакції катіонів VI групи”.

Домашнє завдання:

- [1] Р. 5, §11, с. 350–374; [2] §46–49, с. 206–233.
- Самостійна робота:
 - Оформити в зошиті практичну частину роботи „Загальні й окремі характерні реакції катіонів VI аналітичної групи” відповідно до зразку та переліку реакцій.
 - Оформити в зошиті загальну характеристику VI аналітичної групи катіонів.
 - Скласти схему систематичного ходу аналізу суміші катіонів VI аналітичної групи.

Зразок завдань до контрольної роботи з тем:
„Утворення та руйнування комплексних сполук”,
„VI аналітична група катіонів”

1. Теоретичний матеріал.

Комплексоутворення. Використання динатрій етилендіамінтетраацетату в якісному аналізі.

2. Загальна характеристика VI аналітичної групи катіонів.

Окисно-відновні властивості катіонів VI аналітичної групи і їх використання в якісному аналізі.

3. Загальні реакції катіонів VI аналітичної групи.

Дія динатрій гідрогенфосфату.

4. Окремі реакції катіонів VI аналітичної групи.

Окремі реакції на Hg^{2+} -катіон.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №14

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

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

План заняття

I. Експериментальна контрольна робота з теми:

„Аналіз суміші катіонів IV–VI аналітичних груп”.

- Співбесіда.
- Виконання експериментальної контрольної роботи.

Домашнє завдання:

- Повторити характерні реакції катіонів IV–VI аналітичних груп.
- Вивчити схему аналізу суміші катіонів IV–VI аналітичних груп (Додаток 3).

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №15

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

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

План заняття

I. Модульна контрольна робота №2 з тем:

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

II. Продовження виконання експериментальної контрольної роботи з теми: „Аналіз суміші катіонів IV–VI аналітичних груп”.
Оформлення звіту.

Домашнє завдання:

- [5–8].
- Повторити матеріал лекцій із тем:
“Гідроліз солей”;
“Окисно-відновні процеси в якісному аналізі”;
“Комплексні сполуки в аналітичній хімії”.
- Повторити характерні реакції катіонів IV–VI аналітичних груп.
- Повторити схему аналізу суміші катіонів IV–VI аналітичних груп.
- Самостійна робота: розв’язати задачі відповідного варіанту.

Задачі для самостійного розв’язування з тем:

„Гідроліз солей”, “Окисно-відновні реакції”,
„Утворення та руйнування комплексних сполук”

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

**Зразок завдань до модульної контрольної роботи №2
з тем: „Гідроліз солей”, „Окисно-відновні процеси”,
„Утворення та руйнування комплексних сполук”**

I. Теоретичний матеріал.

Вивести робочу формулу для розрахунку константи і ступеня гідролізу солі, утвореної слабкою основою і сильною кислотою.

II. Розв'язування задач.

1. Який ступінь гідролізу за першою стадією і рН розчину натрій оксалату з молярною концентрацією речовини 0,02 моль/дм³?
 $K_{\text{дис.1}}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 5,4 \cdot 10^{-2}$; $K_{\text{дис.2}}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 5,0 \cdot 10^{-5}$.
2. Чи випаде осад, якщо до розчину комплексної солі натрій тіосульфатоаргентату(I) з молярною концентрацією речовини 0,2 моль/дм³ додати рівний об'єм розчину калій йодиду з молярною концентрацією речовини 0,2 моль/дм³?
 $K_{\text{нест.}}([\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)]^{-}) = 1,0 \cdot 10^{-13}$; $\text{ДР}(\text{AgI}) = 8,3 \cdot 10^{-17}$.
3. Скласти рівняння окисно-відновної реакції йонно-електронним методом: $\text{MnSO}_4 + \text{NaBiO}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{HMnO}_4 + \dots$
Написати йонно-молекулярне та молекулярне рівняння реакції.
Вказати аналітичний ефект.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №16

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

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

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

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

II. Практична частина:

Характерні реакції аніонів I–III аналітичних груп.

Домашнє завдання:

1. [1] Р. 3, § 14–16, с. 383–412; [2] §50–51, с. 234–252; [5–8].
2. Самостійна робота:
 - 2.1. Оформити в зошиті практичну частину роботи „Характерні реакції аніонів I–III аналітичних груп”.
 - 2.2. Розв'язати задачі відповідного варіанту.

**Задачі для самостійного розв'язування з теми:
„Окисно-відновні реакції” (повторення)**

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

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №17

Тема: „Аналіз суміші аніонів”

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

План заняття

I. Письмовий контроль знань із теми:

„Характерні реакції аніонів I–III аналітичних груп”.

II. Експериментальна контрольна робота з теми:

„Аналіз суміші аніонів I–III аналітичних груп”.

Домашнє завдання:

1. [1] Р. 3, § 17, с. 414–418; [2] §50–51, с. 235–251.
2. Самостійна робота: опанувати схему ходу аналізу суміші аніонів I–III аналітичних груп.

АНАЛІЗ СУМІШІ АНІОНІВ ПЕРШОЇ, ДРУГОЇ, ТРЕТЬОЇ АНАЛІТИЧНИХ ГРУП

Для аналізу беруть приблизно 30 крапель (1,5 см³) досліджуваного розчину. Іншу частину розчину зберігають до закінчення дослідження.

Попередні дослідження

1. **Проба на аніони першої групи.** До 4-5 крапель нейтрального або слабколужного розчину додають стільки ж розчину барій дихлориду або барій динітрату. Утворення осаду свідчить про присутність аніонів першої групи.

2. **Проба на аніони другої групи.** До 4-5 крапель досліджуваного розчину додають стільки ж розчину нітратної кислоти й аргентум нітрату. Утворення осаду свідчить про присутність аніонів другої групи.

3. **Перевірка реакції розчину суміші аніонів універсальним індикатором.** Якщо реакція розчину кисла і немає осаду, то в ньому відсутні карбонат-, сульфат(IV)-, силікат-, сульфід-, нітрат(III)-, ацетат-аніони.

4. **Проба на присутність аніонів-окисників.** До 5-6 крапель досліджуваного розчину додають декілька крапель 2 н. розчину сульфатної кислоти і 2-3 краплі розчину калій йодиду. Виділення вільного йоду свідчить про наявність у розчині нітрат(III)-аніону (окисника).

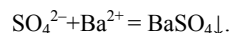
5. **Проба на присутність аніонів-відновників.** До 5-6 крапель досліджуваного розчину додають 2 краплі 2 н. розчину сульфатної кислоти і 2-3 краплі розведеного розчину калій перманганату. Якщо при цьому калій перманганат знебарвлюється, то в розчині можуть бути сульфат(IV)-, нітрат(III)-, сульфід-, йодид-, бромід-аніони (відновники) і можливо хлорид-аніон.

6. **Проба на виділення газів.** До 3-4 крапель досліджуваного розчину додають 3 краплі 2 н. розчину сульфатної кислоти і злегка струшують пробірку. Якщо виділення газу не помітно, то злегка нагрівають розчин. Виділення пухирців газу вказує на можливу присутність карбонат-, сульфат(IV)-, сульфід-, нітрат(III)-аніонів. За властивостями газів карбон діоксиду, сульфур діоксиду, дигідроген сульфід, нітроген діоксиду (запах, колір) встановлюють їх можливий склад.

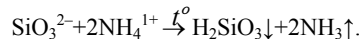
На підставі попередніх досліджень роблять висновок про те, які аніони можуть бути в розчині. Після цього розпочинають їх виявлення.

Виявлення окремих аніонів дробним методом

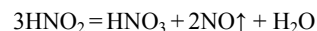
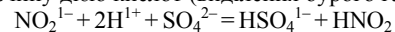
1. **Виявлення сульфат-аніону.** Сульфат(VI)-аніон відкривають у окремій пробі досліджуваного розчину дією барій дихлориду або барій динітрату в кислому середовищі (2-3 краплі 2 M розчину хлоридної або нітратної кислоти). Утворення білого дрібнокристалічного осаду свідчить про наявність сульфат-аніону.



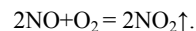
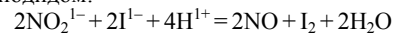
2. **Виявлення силікат-аніону.** Силікат-аніон виявляють в окремій пробі досліджуваного розчину дією амоній хлориду при нагріванні. Утворення білого драглистого осаду підтверджує наявність у розчині силікат-аніону.



3. **Виявлення нітрат(III)-аніону.** Нітрат(III)-аніон відкривають в окремих пробах розчину дією кислот (виділення бурого газу):

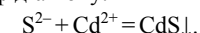


або калій йодидом:

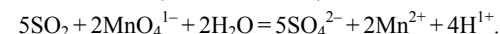
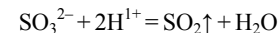


Утворення вільного йоду та бурого газу свідчить про наявність нітрат(III)-аніону.

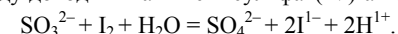
4. **Виявлення сульфід-аніону.** Сульфід-аніон відкривають в окремій порції розчину діючи розчином кадмій динітрату. Утворення жовтого осаду свідчить про наявність сульфід-аніону.



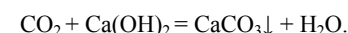
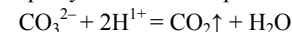
5. **Виявлення сульфат(IV)-аніону.** Сульфат(IV)-аніон при відсутності сульфід- і нітрат(III)-аніонів відкривають в окремій порції розчину дією сульфатної кислоти (при нагріванні). Газ, що виділяється, пропускають крізь розчин калій перманганату, підкислений сульфатною кислотою. Знебарвлення калій манганату(VII) свідчить про наявність сульфат(IV)-аніону (сульфіт-аніону).



Якщо в розчині присутній нітрат(III)-аніон, то сульфат(IV)-аніон осаджують барій-йоном. Із цією метою до 4 крапель досліджуваного розчину додають 4 краплі розчину барій дихлориду. Отриманий осад барій сульфату(IV) відфільтровують, розчиняють у хлоридній кислоті. Газ, що виділяється, досліджують на наявність сульфур діоксиду. У присутності сульфід-аніону останній осаджують Cd^{2+} -йоном, перевіряють на повноту осадження, відфільтровують і у фільтраті виявляють сульфат(IV)-аніон дією йоду. Знебарвлення йоду доводить наявність сульфат(IV)-аніону.

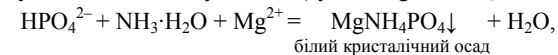


6. **Виявлення карбонат-аніону.** Карбонат-аніон відкривають в окремій порції розчину дією 2 M розчину хлоридної кислоти. Виділений газ карбон діоксид виявляють за допомогою вапняної або баритової води. Утворення каламуті підтверджує наявність карбонат-аніону.

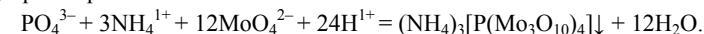


Якщо в розчині присутні сульфат(IV)-аніон і сульфід-аніон, то їх попередньо окиснюють: сульфат(IV)-аніон в сульфат-аніон, а сульфід-аніон до вільної сірки. Для цього до досліджуваного розчину додають 8% розчин дигідроген пероксиду і нагрівають на водяній бані. Після цього розчин досліджують на наявність карбонат-аніону.

7. **Виявлення фосфат-аніону.** Фосфат-аніон відкривають в окремій пробі розчину магnezіальною сумішшю (суміш $\text{MgCl}_2 + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{Cl}$):



або молібденовою рідиною (розчин діамоній молібдату(VI) у нітратній(V) кислоті) при нагріванні:

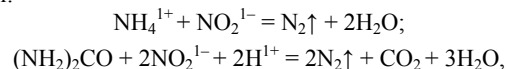


Утворюється жовтий кристалічний осад триамоній тетракіс(тримолібдато)фосфату.

Якщо в досліджуваному розчині присутні аніони другої групи і сульфат(IV)-аніон, то до 5-6 крапель досліджуваного розчину додають такий же об'єм розчину барій дихлориду. Осад відфільтровують, промивають

водою і розчиняють його на фільтрі 2 М розчином хлоридної кислоти. Одержаний кислий розчин нейтралізують амоній гідроксидом і відкривають фосфат-аніон магnezіальною сумішшю або молібденовою рідиною.

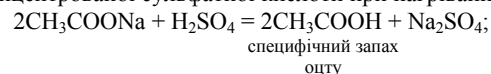
8. **Виявлення нітрат-аніону.** Якщо нітрат(III)-аніон (нітрит-аніон) відсутній у розчині, то нітрат-аніон відкривають дифеніламіном і спостерігають інтенсивне синє забарвлення. У присутності нітрат(III)-аніону останній відновлюють до азоту амоній хлоридом або сечовиною $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ при нагріванні:



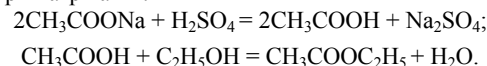
а потім у цьому розчині виявляють нітрат-аніон дифеніламіном.

9. **Виявлення ацетат-аніону.** Ацетат-аніони відкривають в окремих пробах розчину:

а) дією концентрованої сульфатної кислоти при нагріванні:



б) додаванням спирту в присутності концентрованої сульфатної кислоти при нагріванні:



Етилацетат розпізнають за запахом;

в) дією розчину ферум(III) хлориду. При цьому відбувається гідроліз:



Гідроліз посилюють розбавленням розчину водою і нагріванням. Відкриттю ацетат-йонів цієї реакцією заважають карбонат-, йодид-, сульфат(IV)-, фосфат-, сульфід-аніони. Їх необхідно осадити розчином барій дихлориду та аргентум нітрату.

Аналіз суміші хлорид-, бромід- та йодид-аніонів

Методи аналізу суміші хлорид-, бромід- та йодид-аніонів можна поділити на дві основні групи.

1. Методи, які засновані на відмінностях відновних властивостей цих аніонів.
2. Методи, які засновані на різній розчинності солей аргентум хлориду, аргентум броміду, аргентум йодиду в розчині діамоній карбонату та амоній гідроксиду.

У кожному з цих методів є різні варіанти.

Частіше застосовують методи, які засновані на відмінностях відновних властивостей цих аніонів. Розглянемо один із них.

Метод аналізу суміші хлорид-, бромід- та йодид-аніонів, який заснований на відмінностях відновних властивостей цих аніонів

До розчину, в якому можливо присутні хлорид-, бромід- та йодид-аніони, додають ацетатну буферну суміш $(\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa})$

(рН = 5–6) і розчин калій манганату(VII) з масовою часткою речовини KMnO_4 1%. При цьому здійснюється миттєве окиснення йодид-йону, яке призводить до виділення вільного йоду. До цього розчину додають 0,5 см³ бензену. Суміш енергійно перемішують і спостерігають забарвлення шару бензену після відстоювання. Якщо бензен забарвлюється у фіолетовий колір, то йодид-аніон присутній.

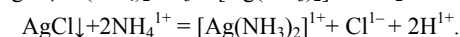
Екстракт відділяють, а водну фазу перевіряють на повноту виділення йоду. Внаслідок різниці окисно-відновних потенціалів окиснення бромід- і хлорид-аніонів у даних умовах не відбувається.

Якщо збільшити концентрацію гідроген-йонів, то буде проходити окиснення бромід-аніонів. Для відкриття бромід-аніону до досліджуваної суміші після екстракції йоду бенzenом додають 2 М розчин сульфатної кислоти до рН = 3. Для повного окиснення бромід-аніону розчин необхідно прокип'ятити (при цьому не відбувається помітного окиснення хлорид-аніону). Вільний бром, який виділився, також екстрагують бенzenом. Якщо бензен забарвлюється у коричневий або жовтогарячий колір, бромід-аніон присутній. Відкриття хлорид-аніону проводять після повного видалення бромід-аніонів із розчину.

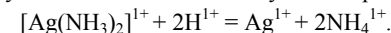
Для відкриття хлорид-аніону надлишок калій манганату(VII) знебарвлюють декількома краплями розчину натрій сульфату(IV). Якщо при цьому утворюється осад манган диоксиду, його відфільтровують і в отриманому фільтраті відкривають хлорид-аніон дією розчину аргентум нітрату.

Метод аналізу суміші хлорид-, бромід- та йодид-аніонів, який заснований на різній розчинності солей аргентум хлориду, аргентум броміду та аргентум йодиду

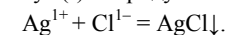
До досліджуваного розчину додають 2 М розчин нітратної кислоти до кислої реакції і аргентум(I) нітрат до повного осадження. Одержаний осад (аргентум хлориду, аргентум броміду, аргентум йодиду) відфільтровують і на фільтрі обливають 10–15% розчином діамоній карбонату $((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)$. Осад аргентум хлориду розчиняється у розчині діамоній карбонату з утворенням амоніачного комплексу, а осад аргентум броміду і аргентум йодиду не розчиняються і залишаються на фільтрі.



До одержаного розчину, який містить комплексні йони діамінаргентуму(I) та хлорид-аніони, додають розчин нітратної кислоти до кислої реакції для руйнування комплексного йону діамінаргентуму(I):

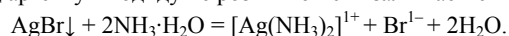


При наявності у розчині хлорид-аніону та аргентум (I) катіону спостерігають утворення білого осаду аргентум(I) хлориду:

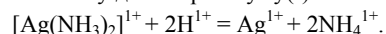


Осад аргентум броміду і аргентум йодиду на фільтрі обробляють концентрованим розчином амоній гідроксиду. При цьому осад аргентум(I)

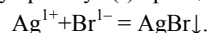
бромиду розчиняється в розчині амоній гідроксиду з утворенням амоніачного комплексу, а осад аргентум йодиду не розчиняється і залишається на фільтрі.



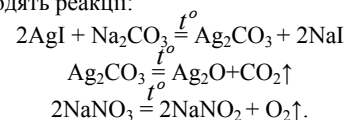
До одержаного розчину, який містить діамінаргентум(I)-йони та бромід-аніони, додають розчин нітратної кислоти до кислої реакції для руйнування комплексного катіону діамінаргентуму(I):



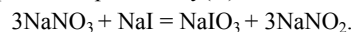
При наявності у розчині бромід-аніону та аргентум(I) катіону спостерігають утворення жовтуватого осаду аргентум(I) бромиду:



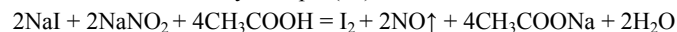
Осад аргентум йодиду, який не розчинився у розчині амоній гідроксиду, висушують і сплавлюють із сумішню динатрій карбонату і натрій нітрату. При цьому проходять реакції:



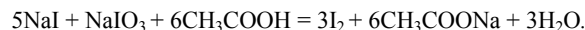
Можливе також утворення натрій йодату(V):



Сплавлену суміш розчиняють у воді, залишок відфільтровують. При підкисленні розчину ацетатною кислотою спостерігають виділення йоду внаслідок взаємодії йодид-аніону з нітрат(III)-аніоном:



або з йодат(V)-аніоном:



Якщо при підкисленні розчину ацетатною кислотою йод не виділяється, то йодид-аніон виявляють у такому розчині з натрій нітратом(III) або хлорною водою.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №18

Тема: „Основні етапи аналітичного дослідження”, „Протолітична теорія кислот і основ”, „Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі”(колоквіум №1)

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

Домашнє завдання:

- [1]; [3]; [4]; [11].
- Опрацювати методрозробки:
 - Мінаєва В.О. Основні етапи аналітичного дослідження. Метод.

розробка. – Черкаси: ЧДУ, 2001.

- Мінаєва В.О. Протолітична теорія кислот і основ Бренстеда-Лоурі. Метод. розробка. – Черкаси: ЧДУ, 2001.
- Мінаєва В.О. Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі. Метод. розробка. – Черкаси: ЧДУ, 2001.

Зразок завдань до колоквіуму №1

I. Теоретичний матеріал.

- Переведення в розчин речовин, нерозчинних у воді і кислотах.
- Кислоти та основи з позицій теорії Бренстеда-Лоурі. Сила кислот і основ. Протолітична реакція. Константа рівноваги протолітичної реакції.
- Застосування реакцій окиснення-відновлення для виявлення катіонів V аналітичної групи.

II. Розв'язування вправ.

- При проходженні автопротолітичної реакції протон переходить від однієї молекули розчинника до іншої. Яка із нижче вказаних реакцій автопротолітична?
 - $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{HSO}_3^{1-} + \text{HSO}_4^{1-} + \text{OH}^{1-}$
 - $\text{HF} + \text{HF} \rightarrow \text{HF}_2^{1-} + \text{H}^{1+}$
 - $\text{HCN} + \text{HCN} \rightarrow \text{H}_2\text{CN}^{1+} + \text{CN}^{1-}$
- Які із вказаних нижче тверджень правильні?
 - H_3O^{1+} – спряжена кислота для H_2O ,
 - H_3O^{1+} – спряжена кислота для OH^{1-} ,
 - H_3O^{1+} – спряжена основа для OH^{1-} .
- Напишіть формули спряжених основ до кожної із нижче вказаних кислот: HCl , CH_3COOH , H_2O , HNO_3 .
- У рівновагах, вказаних нижче, розмістіть матеріал у формі: кислота (1) + основа (2) \rightleftharpoons кислота (2) + основа (1)
 - $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^{1+} + \text{Cl}^{1-}$
 - $\text{H}_2\text{O} + \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^{1+} + \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^{1-}$
 - $\text{CH}_3\text{COO}^{1-} + \text{H}_3\text{O}^{1+} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{HCO}_3^{1-} + \text{OH}^{1-}$.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №19

Тема: „Якісний аналіз суміші солей ”

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

План заняття

I. Співбесіда:

- Попередні дослідження.

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

II. Практична частина:

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

Домашнє завдання: [1] Р. 4, с. 419–431; [10].

СИСТЕМАТИЧНИЙ ХІД АНАЛІЗУ СУМІШІ КАТІОНІВ I–VI АНАЛІТИЧНИХ ГРУП ЗА КИСЛОТНО-ЛУЖНОЮ КЛАСИФІКАЦІЄЮ (NH_4^{1+} , K^{1+} , Ag^{1+} , Pb^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Cr^{3+} , Al^{3+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Mg^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+})

Варіант 1. Досліджуваний розчин без осаду

I. Попередні дослідження

1. За забарвленням досліджуваного розчину роблять попередні висновки про присутність хром(III)-, купрум(II)-, ферум(III)-, кобальт(II)-, нікель(II)-катіонів (як описано в Додатку 3).
2. Виявлення наявності окремих аналітичних груп катіонів.
 - 2.1. До окремої порції досліджуваного розчину додають 2 M розчин хлоридної кислоти. Якщо осад не випадає, то катіони II аналітичної групи відсутні.
 - 2.2. До окремої порції досліджуваного розчину додають 1 M розчин сульфатної кислоти. Якщо осад не випадає, то катіони III аналітичної групи відсутні.
3. Виявлення наявності окремих катіонів специфічними або селективними реакціями:
 - 3.1. NH_4^{1+} -йону дією натрій гідроксиду (або калій гідроксиду);
 - 3.2. Cu^{2+} -йону дією надлишком амоніаку;
 - 3.3. Mn^{2+} -йону окисненням до MnO_4^{1-} -йону;
 - 3.4. Fe^{2+} -йону дією $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
 - 3.5. Fe^{3+} -йону дією $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ або NH_4SCN ;
 - 3.6. Co^{2+} -йону дією кристалічного NH_4SCN ;
 - 3.7. Ni^{2+} -йону дією диметилгліоксиму в амоніачно-лужному середовищі.

II. Систематичний хід аналізу (один з варіантів)

1. Відокремлення катіонів II і III аналітичних груп від катіонів I, IV–VI груп

Досліджуваний розчин перемішують. До половини досліджуваного розчину додають по краплях 2 M розчин хлоридної кислоти і 1 M розчин сульфатної кислоти. Через 10-15 хв перевіряють на повноту осадження і відфільтровують осад. Осад на фільтрі промивають водою, яка містить

декілька крапель 2 M розчину хлоридної кислоти. В осаді можуть бути хлориди і сульфати II аналітичної групи та сульфати III аналітичної групи катіонів.

Осад №1
AgCl, PbCl₂, PbSO₄, BaSO₄, CaSO₄

Розчин №1
Катіони I, IV, V, VI аналітичних груп і Ca²⁺-йони.

2. Відокремлення плюмбум(II)-катіонів

Осад №1 переносять у фарфорову чашку, обробляють невеликою кількістю гарячої води і нагрівають майже до кипіння. Гарячу суміш переносять на фільтр. У фільтраті (розчин №2) відкривають плюмбум-йони, як вказано у схемі аналізу суміші катіонів I–III аналітичних груп (Додаток 2).

Осад №2
AgCl, PbSO₄, BaSO₄, CaSO₄

Розчин №2
Pb²⁺-, Ca²⁺-йони

3. Видалення плюмбум(II) сульфату із осаду №2

До осаду №2 додають декілька крапель розчину амоній ацетату з масовою часткою речовини 30 % і нагрівають майже до кипіння. При цьому плюмбум сульфат розчиняється. Розчин не досліджуємо.

Осад №3
AgCl, BaSO₄, CaSO₄

Розчин №3
Pb₂(CH₃COO)₂SO₄

4. Відокремлення та виявлення аргентум(I)-катіонів

На осад №3 діють концентрованим розчином амоній гідроксиду і добре перемішують. При цьому аргентум хлорид розчиняється в амоніаку (NH₃·H₂O) і переходить у розчин №4 у вигляді діамінаргентум(I) хлориду. У розчині №4 відкривають Ag¹⁺-йони, як вказано в Додатку 2.

Осад №4
BaSO₄, CaSO₄

Розчин №4
[Ag(NH₃)₂]¹⁺-, Cl¹⁻-йони

5. Переведення сульфатів катіонів III групи в карбонати

Осад №4 обробляємо в фарфоровій чашці насиченим розчином динатрій карбонату згідно п. 18-20 Додатку 2. Осад сульфатів катіонів III групи переходить у карбонати. Утворені карбонати відфільтровують.

Осад №5
BaCO₃, CaCO₃

Розчин №5
не досліджуємо

Осад №5 розчиняють в ацетатній кислоті і відкривають Ba²⁺-йони (Додаток 2).

6. Відокремлення кальцій-катіонів

Оскільки при відокремленні катіонів I і III аналітичних груп від катіонів I, IV–VI груп кальцій-йони внаслідок значної розчинності кальцій сульфату ($D(\text{CaSO}_4)=2,5 \cdot 10^{-5}$) залишаються в розчині №1, відкриття кальцій-йонів проводять із розчину №1. До розчину №1 додають етиловий спирт (50% від об'єму розчину №1), злегка нагрівають і через 10-15 хв осад кальцій сульфату відділяють фільтруванням.

Осад №6CaSO₄

Осад №6 обробляють холодною водою при перемішуванні, відфільтровують і у фільтраті відкривають кальцій-йони, як вказано в Додатку 2, п. 25, 26. Осад №6 можна перевести в кальцій карбонат, розчинити в ацетатній кислоті і відкрити кальцій-йони.

7. Відокремлення катіонів V і VI аналітичних груп від катіонів I і IV аналітичної групи

До розчину №6, після видалення спирту і концентрування випаровуванням на водяній бані до половини об'єму, додають декілька крапель дигідроген пероксиду ($w(\%)H_2O_2=3$) і надлишок 2 M розчину натрій гідроксиду, нагрівають впродовж 3-5 хв і старанно перемішують скляною паличкою. Надлишок дигідроген пероксиду видаляють кип'ятінням. Осад відокремлюють фільтруванням.

Осад №7Fe(OH)₃, H₂MnO₃, Mg(OH)₂,
Co(OH)₃, Ni(OH)₂, Cu(OH)₂**Розчин №6**

катіони I, IV–VI аналітичних груп

Розчин №7CrO₄²⁻, [Al(OH)₆]³⁻, [Zn(OH)₄]²⁻,
і катіони I аналітичної групи K¹⁺, NH₄¹⁺

8. Виявлення катіонів IV і I аналітичних груп

Розчин №7, що містить гідроксокомплекси катіонів IV аналітичної групи і хромат-йон, а також катіони I аналітичної групи, аналізують за систематичним ходом аналізу суміші катіонів IV групи (Додаток 3), катіони I аналітичної групи визначають також у цьому розчині, як описано в Додатку 2. Краще катіони I аналітичної групи визначати у частині розчину №6. Для цього з частини розчину №6 осаджують катіони важких металів дією надлишку розчину динатрій карбонату. Утворений осад відфільтровують і не досліджують, а фільтрат №6а випарюють і, якщо був виявлений амоній-йон, прожарюють у фарфоровій чашці на піщаній бані до повного видалення амоній-йону (або кип'ятять із розчином натрій гідроксиду). Після охолодження сухий залишок розчиняють у невеликому об'ємі води (1 см³). Якщо розчин містить домішки, то їх відокремлюють фільтруванням і у фільтраті №6б, створивши необхідні умови, виявляють калій-йони характерними реакціями.

9. Відокремлення катіонів V аналітичної групи від катіонів VI аналітичної групи. Виявлення катіонів V і VI аналітичних груп

Осад №7, що містить гідроксиди катіонів V–VI аналітичних груп, досліджуємо за систематичним ходом аналізу суміші катіонів V–VI аналітичних груп (Додаток 3).

Варіант 2. Досліджуваний розчин з осадом

В осаді можуть бути хлориди II аналітичної групи катіонів і сульфати катіонів III і II аналітичних груп. Перевіряють повноту осадження катіонів II і III груп дією 2 M розчину хлоридної кислоти і 1 M розчину сульфатної кислоти. Якщо катіони II і III групи осаджені не повністю, то проводять їх повне осадження (варіант 1, п. II (1.)) і осад відфільтровують. Подальший аналіз осаду і фільтрату ведуть за схемою систематичного ходу аналізу, запропонованою у варіанті 1.

Якщо досліджуваний розчин більш складний, тобто можлива наявність натрій, стронцій, станум(II), станум(IV), меркурій(I), стибій(III), стибій (V), бісмут (III) -катіонів, то систематичний аналіз ведуть за схемою [1].

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №20

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

Мета: опанувати методикою якісного аналізу мінеральних добрив та сплавів.

План заняття**I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:**

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

II. Практична частина:

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

III. Письмовий контроль знань із тем:

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

Домашнє завдання:

1. [1], Р. 4, §22, 23, с. 432–450.
2. Опрацювати методичні розробки:
 - 2.1. “Аналіз мінеральних добрив” [12];
 - 2.2. “Аналіз сплавів” [13].

**Питання для самоконтролю з теми:
„Аналіз мінеральних добрив”**

1. Які макроелементи відіграють важливу роль у живленні рослин?
2. Які мікроелементи необхідні рослинам?
3. Основні нітрогеновмісні добрива.
4. Основні калійні добрива.
5. Що називають селітрою?
6. Які мінеральні добрива добре розчинні у воді?
7. Які мінеральні добрива погано розчинні у воді?
8. Чим відрізняються комплексні мінеральні добрива від простих?
9. Вкажіть хімічний склад добрив: амофосу, карбаміду (сечовини), фосфоритного борошна, простого суперфосфату, подвійного суперфосфату, кальцієвої селітри, натрієвої селітри.
10. Наведіть схему якісного аналізу мінеральних добрив.

**Питання для самоконтролю з теми:
„Якісний аналіз сплавів”**

1. Класифікації сплавів.
2. Основні типи чорних сплавів.
3. Основні типи алюмінієвих сплавів.
4. Основні типи магнієвих сплавів.
5. Основні типи сплавів на основі свинцю.
6. Основні типи сплавів на основі міді.
7. Назвіть розчинники для сплавів на основі міді і запишіть рівняння реакцій для розчинення основного компонента сплаву.
8. Назвіть розчинники для алюмінієвих і магнієвих сплавів та запишіть рівняння реакцій розчинення основного компонента сплаву.
9. Як проводиться взяття проби сплаву для аналізу виробів безстружковим методом?
10. Складіть рівняння, які виражають аналітичну реакцію на основний компонент при аналізі сплаву: а) міді; б) заліза; в) свинцю. Вкажіть аналітичний ефект.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №21

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

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

План заняття

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

Домашнє завдання:

1. Повторити матеріал лекцій із курсу „Загальні теоретичні основи аналітичної хімії”.
2. Повторити схему якісного аналізу суміші катіонів I–VI аналітичних груп.
3. Повторити схему аналізу суміші аніонів.

**Зразок завдань до модульної контрольної роботи №3
з тем: „Загальні теоретичні основи аналітичної хімії”,
„Якісний аналіз катіонів та аніонів”**

I. Теоретичний матеріал.

Введення правила йонного добутку води, його математичний вираз у звичайній і логарифмічній формі. рН і рОН. Застосування правила йонного добутку води в аналітичній хімії.

II. Розв'язування вправ.

1. Запропонувати схему розділення суміші та відкриття K^{1+} -, Ag^{1+} -, Pb^{2+} -катіонів. Написати рівняння відповідних реакцій, вказати умови проведення цих реакцій. Охарактеризувати аналітичні ознаки одержаних сполук та написати вирази їх констант. Написати формули та дати назви відомим розчинним та нерозчинним у воді сполукам, до складу яких входять вказані катіони.
2. За значенням стандартних окисно-відновних потенціалів визначити можливість проходження реакції. Застосовуючи метод напівреакцій (йонно-електронний метод), написати рівняння реакції в йонно-молекулярній формі. Розрахувати константу рівноваги даного редокс-процесу. Навести приклад використання даної реакції в хімічному аналізі.
3. Яка молярна розчинність діаргентум хромату в чистій воді і в розчині аргентум нітрату з молярною концентрацією речовини $0,1 \text{ моль/дм}^3$?
 $DP(Ag_2CrO_4) = 2 \cdot 10^{-12}$

КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ № 22

Тема: „Статистична обробка результатів хімічного аналізу”

Мета: засвоїти деякі метрологічні аспекти хімічного аналізу, застосування математичної статистики для обробки результатів вимірювання.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу.

1. Основні етапи хімічного аналізу та джерела похибок.
2. Поняття “правильність” та “відтворюваність” аналізу.
3. Класифікації похибок.
4. Систематичні та випадкові похибки хімічного аналізу.
5. Обробка результатів хімічного аналізу методом математичної статистики.

II. Практична частина.

1. Приклади застосування розподілу Стьюдента для обробки результатів хімічного аналізу.
2. Застосування методу найменших квадратів для оптимізації лінійних залежностей (для побудови градувального графіку).

Домашнє завдання:

1. [4] кн. 1, гл. 2, с. 21–58; [20] с. 39–52, 76–79.
2. Самостійна робота: розв’язати задачі відповідного варіанту.

Задачі для самостійного розв’язування з теми:

„ Статистична обробка результатів хімічного аналізу ”

№ варіанту	Збірник задач [21]	№ варіанту	Збірник задач [21]	№ варіанту	Збірник задач [21]
1	49, 136	6	54, 141	11	59, 146
2	50, 137	7	55, 142	12	60, 147
3	51, 138	8	56, 143	13	64, 148
4	52, 139	9	57, 144	14	65, 149
5	53, 140	10	58, 145	15	66, 150

ГРАВІМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №23

Тема: „Гравіметричний аналіз. Визначення вмісту (%) кристалізаційної води в барій хлорид-вода (1/2)”

Мета: ознайомитися з сутністю гравіметричного аналізу та основних операцій при визначенні вмісту (%) кристалізаційної води у барій хлорид-вода (1/2).

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Предмет і методи кількісного аналізу.
2. Гравіметричний аналіз. Класифікація методів гравіметричного аналізу.
3. Область застосування.
4. Аналітичні терези, їх будова. Правила зважування.
5. Методика визначення вмісту (%) кристалізаційної води в барій хлорид-вода (1/2) методом відгонки.
6. Розв’язування вправ.

II. Практична частина:

Робота №1: „Визначення вмісту (%) кристалізаційної води в кристалогідраті барій хлорид-вода (1/2)”.

Домашнє завдання:

1. [2] § 52–57, с. 256–283; [14] Р. 2, с. 36–66; [15] с. 134–165.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

Тема: „Визначення вмісту (%) кристалізаційної води в кристалогідраті барій хлорид-вода (1/2)”

Мета: визначити вміст (%) кристалізаційної води в кристалогідраті барій хлорид-вода (1/2) методом відгонки.

Лабораторне обладнання та реактиви: аналітичні і технохімічні терези, різноважки, металічні бюкси, ексикатор, сушильна шафа, промивалка, кристалогідрат барій хлориду.

Порядок виконання роботи

1. Взяття наважки кристалогідрату барій хлориду (≈0,7 г):

маса бюксу з речовиною....., г
маса бюксу, г
маса речовини. $m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ *практ.*, г

При зважуванні бюкс закритий кришкою.

2. Висушування.

Висушування проводити в сушильній шафі при температурі 120-125⁰С впродовж 1,5-2 годин. Кришка бюксу відкрита.

3. Охолодження.

Охолоджувати в ексікаторі впродовж 20 хв. Кришка бюксу відкрита.

4. Зважування бюксу з речовиною після просушування:

$m(\text{бюксу з речовиною})$, г

Просушування і зважування повторити 2-3 рази. Для подальших розрахунків брати найменшу масу.

5. Визначення маси кристалізаційної води в наважці:

маса бюксу з речовиною до просушування....., г

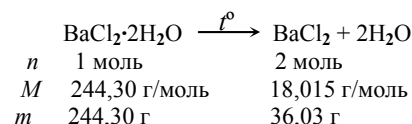
маса бюксу з речовиною після останнього просушування....., г

маса кристалізаційної води в наважці $m(\text{H}_2\text{O})_{\text{практ.}}$, г

6. Розрахунок практичного вмісту кристалізаційної води в кристалогідраті барій хлорид-вода (1/2):

$$w(\%)_{\text{практ.}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})_{\text{практ.}}}{m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})_{\text{практ.}}} \cdot 100$$

7. Розрахунок теоретичного вмісту (%) кристалізаційної води в кристалогідраті барій хлорид-вода (1/2):



$$w(\%)_{\text{теор.}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})_{\text{теор.}}}{m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})_{\text{теор.}}} \cdot 100 = \frac{36,03}{244,30} \cdot 100 = 14,75.$$

Висновок.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №24

Тема: „Гравіметричний аналіз. Визначення вмісту (%) сульфат-йонів у кристалогідраті динатрій сульфат-вода (1/10). Одержання форми осадження”

Мета: вивчити основні операції при одержанні форми осадження, вимоги до неї.

План заняття

1. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Метод гравіметричного аналізу, який заснований на хімічному осадженні.
2. Кількісне виділення з розчину компонента у вигляді осаду.
3. Форма осадження та вимоги до неї.
4. Гравіметрична форма осаду та вимоги до неї.
5. Оптимальні умови одержання кристалічних і аморфних осадів у гравіметричному аналізі.
6. Вибір осаджувача, вимоги до нього, розрахунок кількості осаджувача.
7. Органічні осаджувачі.

8. Співосадження і способи його усунення.

9. Методика визначення вмісту (%) сульфат-йонів у кристалогідраті динатрій сульфат-вода (1/10).

10. Розгляд вправ.

II. Практична частина:

Робота №2: „Визначення вмісту (%) сульфат-йонів у кристалогідраті динатрій сульфат-вода (1/10)”.

Домашнє завдання:

1. [5]; [7]; [14] с. 67-73; [15] с.140-141, 165-167.

2. Самостійна робота: розв'язати задачі відповідного варіанту.

Задачі для самостійного розв'язування з теми:

„Гравіметричний аналіз”

№ варіанту	Збірник задач	№ варіанту	Збірник задач	№ варіанту	Збірник задач
	[5]		[5]		[5]
1	265, 281	6	270, 286	11	275, 291
2	266, 282	7	271, 287	12	276, 292
3	267, 283	8	272, 288	13	277, 293
4	268, 284	9	273, 289	14	265, 281
5	269, 285	10	274, 290	15	266, 282

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

Тема: „Визначення вмісту (%) сульфат-йонів у кристалогідраті динатрій сульфат-вода (1/10)”

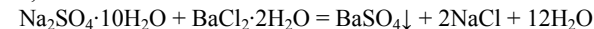
Мета: одержати форму осадження.

Лабораторне обладнання та реактиви: аналітичні і технічні терези, різноважки, бюкси, електроплитка, 2 хімічних стакана (300 см³), промивалка, скляна паличка з гумовим кінчиком, банки для зливання, кристалічний динатрій сульфат (Na₂SO₄·10H₂O) і барій дихлорид (BaCl₂·2H₂O), 2 M розчин хлоридної кислоти.

Порядок виконання роботи

1. Розрахунок теоретичної наважки кристалогідрату динатрій сульфат-вода (1/10).

Оскільки осад барій сульфату кристалічний, маса його повинна бути приблизно 0,5 г.



За р. р.	n	1 моль	1 моль
	M	322,19 г/моль	233,43 г/моль
	m	322,19 г	233,43 г
За у. з.	x	г	0,5 г

$$x = m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O})_{\text{теор.}} = \frac{322,19 \cdot 0,5}{233,43} = 0,6901 \text{ (г)}$$

2. Взяття наважки $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$:

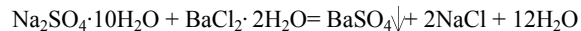
маса бюксу з речовиною, г

маса порожнього бюксу....., г

наважка $m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O})_{\text{практ.}}$, г

3. Розчинення наважки $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ у воді ($\approx 100 \text{ см}^3$)

4. Розрахунок наважки осаджувача барій дихлорид-вода (1/2):



За р. р.	n	1 моль	1 моль
	M	322,19 г/моль	244,31 г/моль
	m	322,19 г	244,31 г
За у. з.		0,6901 г	x г

$$x = \frac{0,6901 \cdot 244,31}{322,19} = 0,52 \text{ (г)}$$

Для того, щоб зменшити розчинність барій сульфату, беруть півторакратний надлишок осаджувача.

Тому: $m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,52 \cdot 1,5 = 0,78 \text{ (г)}$.

5. Приготування розчину осаджувача.

Звичайно осаджування проводять розведеним розчином осаджувача $w(\%) (\text{BaCl}_2) = 5$, тобто в 100 г розчину знаходиться 5 г барій дихлориду або 5,87 г барій дихлорид-води (1/2). Розрахуємо об'єм розчину барій дихлориду з $w(\%) (\text{BaCl}_2) = 5$, який містить 0,78 г барій дихлорид-води (1/2):

$$\begin{aligned} 100 \text{ г розчину містить } & 5,87 \text{ г } \text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \\ x \text{ г розчину містить } & 0,78 \text{ г } \text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \\ x & = 13,3 \text{ г або } \approx 13,3 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

Розчин барій дихлориду ($w(\%) (\text{BaCl}_2) = 5$) вміщуємо в бюретку.

6. Осадження:

До розчину динатрій сульфат-вода (1/10) додаємо 2-3 см^3 2 М розчину хлоридної кислоти (пояснити для чого?), розчин нагріваємо на електроплитці до кипіння (не кип'ятити!). Із бюретки по краплях до гарячого розчину динатрій сульфату додаємо розчин барій дихлориду об'ємом 13,3 см^3 , помішуємо скляною паличкою, не торкаючись нею дна і стінок стакану (пояснити чому?).

7. Дозрівання осаду.

Розчин з осадом залишаємо для дозрівання до наступного заняття.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №25

Тема: „Гравіметричний аналіз. Визначення вмісту (%) сульфат-йонів у кристалогідраті динатрій сульфат-вода (1/10). Одержання гравіметричної форми”

Мета: засвоїти основні операції гравіметричного аналізу та вимоги до гравіметричної форми.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Дозрівання осаду.
2. Повнота осадження.
3. Гравіметрична форма та вимоги до неї.
4. Способи одержання гравіметричної форми.
5. Основні операції одержання гравіметричної форми.
6. Розрахунки в гравіметричному аналізі. Фактор перерахунку.
7. Области застосування гравіметричного аналізу.
8. Методика одержання гравіметричної форми осаду при визначенні масової частки сульфат-йонів у кристалогідраті динатрій сульфат-вода (1/10).
9. Розгляд вправ.

II. Практична частина:

Робота №2: „Визначення вмісту (%) сульфат-йонів у кристалогідраті динатрій сульфат-вода (1/10)” (продовження).

III. Тестова модульна контрольна робота з теми: „Гравіметричний аналіз”.

Домашнє завдання:

1. [2] с. 285–293; [5]; [7]; [15] с.141–156, 165–190.
2. Самостійна робота: розв'язати задачі відповідного варіанту.

Задачі для самостійного розв'язування з теми:

„Гравіметричний аналіз”

№ варіанту	Збірник задач	№ варіанту	Збірник задач
	[5]		[5]
1	297, 314, 344(а), 356	8	304, 321, 341, 350
2	298, 315, 345, 355	9	305, 322, 339, 352
3	299, 316, 344(б), 346	10	306, 323, 345, 353
4	300, 317, 343(б), 347	11	307, 324, 344(а), 354
5	301, 318, 343(а), 348	12	308, 325, 344(б), 355
6	302, 319, 342, 349	13	309, 326, 343(а), 356
7	303, 320, 341, 350	14	297, 314, 344(а), 356

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2 (продовження)

Тема: „Визначення вмісту (%) сульфат-йонів у кристалогідраті динатрій сульфат-вода (1/10). Одержання гравіметричної форми”

Мета: одержати гравіметричну форму; провести розрахунок вмісту сульфат-йонів за результатами аналізу.

Лабораторне обладнання та реактиви: промивалка, мірний циліндр, 2 стакан, штатив з кільцем, лійка 7-9 см, фільтри з синьою стрічкою, тигель,

сушильна шафа, муфельна піч, ексікатор, пробірки, піпетки (1 та 5 см³), ножиці, аналітичні і технічні терези, різноважки; розчин барій хлориду ($w(\%)(\text{BaCl}_2)=5$), розчин аргентум нітрату ($c(\text{AgNO}_3)=0,02$ моль/дм³).

Порядок виконання роботи

1. Перевірка на повноту осадження.

2. Підготовка до фільтрування:

- щільність фільтра;
- розмір фільтра;
- вибір лійки;
- укладання фільтра в лійку.

3. Фільтрування і промивання осаду:

- декантація;
- вибір промивної рідини;
- промивання осаду в стакані з наступною декантацією 2-3 рази;
- перенесення осаду на фільтр;
- промивання осаду на фільтрі;
- перевірка на повноту відмивання хлорид-йонів.

4. Висушування фільтра з осадом.

5. Озолення фільтра.

6. Прокалювання осаду.

7. Зважування гравіметричної форми:

маса тигля з речовиною....., г

маса пустого тигля....., г

$m(\text{BaSO}_4)_{\text{практ}}$, г

8. Розрахунок вмісту (%) сульфат-йонів у солі динатрій сульфат-вода (1/10).

У 233,4 г BaSO_4 міститься 96,06 г SO_4^{2-} ,

а в m г BaSO_4 *практ.* міститься x г SO_4^{2-} .

$$x = m(\text{SO}_4^{2-})_{\text{практ.}} = \frac{m(\text{BaSO}_4)_{\text{практ.}} \cdot M(\text{SO}_4^{2-})}{M(\text{BaSO}_4)} =$$

$$= \frac{m(\text{BaSO}_4)_{\text{практ.}} \cdot 96,06}{233,43} = m(\text{BaSO}_4)_{\text{практ.}} \cdot 0,4116 = m(\text{BaSO}_4)_{\text{практ.}} \cdot F,$$

де F – фактор перерахунку.

$$w(\%)(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{m(\text{BaSO}_4)_{\text{практ.}} \cdot F}{m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O})} \cdot 100$$

9. Розрахунок теоретичного вмісту (%) сульфат-йонів у солі динатрій сульфат-вода (1/10):

	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	\longrightarrow	SO_4^{2-}
За р. р. n	1 моль		1 моль
M	322,19 г/моль		96,06 г/моль
m	322,19 г		96,06 г

За у. з. 100 г x г

$$x = w(\%)(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{96,06 \cdot 100}{322,19} = 29,81 (\text{г})$$

Висновок.

Зразок завдань до тестової модульної контрольної роботи з теми: „Гравіметричний аналіз”

- Осадження барій сульфату проводять у присутності хлоридної кислоти. Для яких цілей додають хлоридну кислоту?
 - для нейтралізації розчину,
 - для збільшення розчинності осаду в процесі осадження,
 - для зменшення розчинності осаду.
- Для гравіметричного визначення Феруму Fe^{2+} -йони осаджують у вигляді гідроксиду. Яка сполука є гравіметричною формою?
 - Fe_2O_3
 - $\text{Fe}(\text{OH})_3$
 - $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
 - Fe
 - Fe_3O_4
- Для чого при промиванні осаду рекомендується додавати до промивної рідини електроліт?
 - для зменшення розчинності осаду;
 - для видалення адсорбованих йонів;
 - щоб припинити пептизацію аморфних осадів;
 - для збільшення розчинності осаду.
- Чому після одержання осаджувальної форми у вигляді кристалічного осаду в гравіметричному аналізі осад залишають на деякий час під маточним розчином?
 - для десорбції домішок;
 - для збільшення повноти осадження;
 - для дозрівання осаду;
 - для збільшення частинок осаду за рахунок розчинення маленьких кристаликів.
- Для гравіметричного визначення Алюмінію його осаджують у вигляді гідроксиду. Яка сполука є гравіметричною формою?
 - $\text{Al}(\text{OH})_3$
 - Al_2O_3
 - $[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$
 - Al
- Який об'єм розчину сульфатної кислоти ($\rho=1,03$ г/см³) із масовою часткою розчиненої речовини 5% треба взяти для осадження барій-йонів із розчину, якщо наважка кристалогідрату барій хлориду 0,3664 г. Розрахунки проводити з урахуванням півторакратного надлишку осаджувача.
 - 0,88 см³;
 - 1,16 см³;
 - 4,3 см³;
 - 10 см³
- Яку наважку кристалогідрату барій хлориду треба взяти для визначення в ньому вмісту барій-йонів у вигляді кристалічного осаду барій сульфату?
 - 0,10 г
 - 0,52 г
 - 1,56 г
 - 1,04 г
- Чому дорівнює рекомендована маса гравіметричної форми для аморфних осадів?
 - 1,5 г
 - 0,3÷0,5 г
 - 0,1÷0,3 г;
 - 0,5÷1,0 г

ТИТРИМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №26

Тема: „Загальна характеристика титриметричного аналізу”

Мета: ознайомитися з сутністю титриметричного аналізу, набути уміння проводити обчислення у титриметричному аналізі.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Сутність титриметричного аналізу, порівняння його з гравіметричним аналізом.
2. Вимоги до реакцій, які використовуються в титриметричному аналізі.
3. Класифікація методів титриметричного аналізу.
4. Вираження кількісного складу розчинів у титриметричному аналізі.
5. Залежність еквівалента речовини від характеру реакції.
6. Стандартні і стандартизовані розчини, вимоги, які висуваються до стандартних речовин.
7. Обчислення в титриметричному аналізі.

Домашнє завдання:

1. [2] §58–65, с. 293–315, 333–338; [5]; [7]; [15] с. 194–228; [17] с. 6–29.
2. Самостійна робота: розв’язати задачі відповідного варіанту.

Задачі для самостійного розв’язування з теми:

„Приготування розчинів”

№ варіанту	Збірник задач [5]	№ варіанту	Збірник задач [5]	№ варіанту	Збірник задач [5]
1	360, 391	6	365, 387	11	359, 380
2	361, 390	7	366, 384	12	358, 379
3	362, 389	8	367, 383	13	357, 358
4	363, 388	9	368, 382	14	360, 391
5	364, 386	10	369, 381	15	361, 390

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №27

Тема: „Загальна характеристика титриметричного аналізу (коловквіум №2). Приготування робочих розчинів кислотного-основного титрування”

Мета: перевірити знання основних положень титриметричного аналізу. Навчитися готувати розчини заданої концентрації.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Мірний посуд та його призначення.
2. Методика приготування робочих розчинів хлоридної кислоти та натрій гідроксиду заданої концентрації із концентрованих розчинів.

II. Практична частина:

Приготування розчинів хлоридної кислоти і натрій гідроксиду з молярною концентрацією 0,1 моль/дм³ з концентрованих розчинів.

III. Контроль знань із теми:

„Загальна характеристика титриметричного аналізу”.

Домашнє завдання:

1. [2] §58–65, с. 293–315, 333–338; [5]; [7]; [15] с. 194–228; [17] с. 6–29.
2. Самостійна робота: підготовка до коловквіуму.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

Тема: „Приготування робочих розчинів кислотного-основного титрування”

Мета: приготувати розчини хлоридної кислоти та натрій гідроксиду з молярною концентрацією речовини 0,1 моль/дм³ об’ємом 100 см³ з їх розчинів, наявних в лабораторії.

Лабораторне обладнання і реактиви: 2 циліндри (250 см³), ареометр, мірна колба (об’єм 250 см³), склянки з пробками для зберігання приготовлених розчинів кислоти і лугу, етикетки, промивалка, сушильна шафа, піпетка з поділками на 10 см³, гумова груша, клей, концентровані розчини хлоридної кислоти та натрій гідроксиду.

Порядок виконання роботи

I. Приготування розчину хлоридної кислоти об’ємом 100 см³ з молярною концентрацією 0,1 моль/дм³ з розчину, наявного в лабораторії.

1. Визначити ареометром густину наявного в лабораторії розчину хлоридної кислоти:

$$\rho(\text{HCl}) = \dots\dots\dots, \text{г/см}^3.$$

2. Знайти в довідниковій літературі масову частку гідроген хлориду в даному розчині хлоридної кислоти за визначеною густиною:

$$w(\%)(\text{HCl}) = \dots\dots\dots$$

3. Розрахувати молярну концентрацію даного розчину хлоридної кислоти за формулою:

$$c_r(\text{HCl}) = \frac{w(\%)(\text{HCl}) \cdot 10 \cdot c(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} = \dots\dots\dots, \text{моль/дм}^3.$$

4. Розрахувати об’єм (V_1) концентрованого розчину хлоридної кислоти, необхідний для приготування розчину хлоридної кислоти об’ємом 100 см³ з молярною концентрацією 0,1 моль/дм³ за формулою:

$$c_1(\text{HCl}) \cdot V_1(\text{HCl(p.)}) = c_2(\text{HCl}) \cdot V_2(\text{HCl(p.)})$$

$$V_1(\text{HCl(p.)}) = \frac{c_2(\text{HCl}) \cdot V_2(\text{HCl(p.)})}{c_1(\text{HCl})} = \frac{0,1 \cdot 100}{c_1(\text{HCl})} = \dots \text{ см}^3.$$

5. Відміряти розрахований об'єм розчину хлоридної кислоти піпеткою (за допомогою гумової груші!) і перенести у мірну колбу об'ємом 100 см³.

6. Довести дистильованою водою до мітки, закрити пробкою і перемішати 10-15 разів.

7. Промити невеликим об'ємом (10-15 см³) приготовленого розчину кислоти склянку, перенести в неї приготовлений розчин кислоти, закрити пробкою, наклеїти етикетку (0,1 M HCl, група, прізвище та ініціали) і зберігати до наступного заняття.

II. Приготування розчину натрій гідроксиду об'ємом 100 см³ із молярною концентрацією 0,1 моль/дм³ з розчину, наявного в лабораторії.

1. Визначити ареометром густину наявного в лабораторії розчину натрій гідроксиду:

$$\rho(\text{NaOH}) = \dots, \text{ г/см}^3.$$

2. Знайти в довідниковій літературі масову частку натрій гідроксиду в даному розчині:

$$w(\%)(\text{NaOH}) = \dots$$

3. Розрахувати молярну концентрацію даного розчину натрій гідроксиду за формулою:

$$c_1(\text{NaOH}) = \frac{w(\%)(\text{NaOH}) \cdot 10 \cdot \rho(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \dots, \text{ моль/дм}^3.$$

4. Розрахувати об'єм (V_1) концентрованого розчину натрій гідроксиду, необхідний для приготування розчину лугу об'ємом 100 см³ з молярною концентрацією речовини натрій гідроксиду 0,1 моль/дм³ за формулою:

$$c_1(\text{NaOH}) \cdot V_1(\text{NaOH(p.)}) = c_2(\text{NaOH}) \cdot V_2(\text{NaOH(p.)})$$

5. Відміряти розрахований об'єм розчину натрій гідроксиду (за допомогою гумової груші!) і перенести в мірну колбу об'ємом 100 см³.

6. Довести дистильованою водою до мітки, закрити пробкою і перемішати 10-15 разів.

7. Промити невеликим об'ємом (10-15 см³) приготованого розчину лугу склянку, перенести в неї приготований розчин лугу, закрити пробкою, наклеїти етикетку (0,1 M NaOH, група, прізвище, та ініціали) і зберігати до наступного заняття.

Зразок завдань до колоквиуму з теми:

„Загальна характеристика титриметричного аналізу”

1. Поняття: титрування, точка еквівалентності, кінцева точка титрування.

2. Пряме титрування. Сутність. Приклад. Рівняння матеріального балансу за кількістю речовин еквівалентів для даного способу титрування.

3. Вивести формулу для переходу від $w(\%)(X)$ до $c(X)$.

4. Приготувати розчин натрій гідроксиду об'ємом 100 см³ з молярною концентрацією речовини 0,05 моль/дм³ із наявного в лабораторії розчину ($\rho=1,109 \text{ г/см}^3$) (усний експеримент).

5. Наважку заліза масою 2,8120 г розчинили у хлоридній кислоті в мірній колбі об'ємом 500,0 см³. Визначити титр розчину ($T(\text{Fe}^{2+})$).

6. $T(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)=0,004650 \text{ г/см}^3$. Яка молярна концентрація речовини еквівалента дикалій дихромату в розчині для реакції відновлення дикалій дихромату до хром(III) хлориду?

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №28

Тема: „Методи кислотно-основного титрування”

Мета: ознайомитися з теоретичними основами методів кислотно-основного титрування та областю їх застосування.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

- Сутність методів кислотно-основного титрування. Основна реакція методу кислотно-основного титрування.
- Ацидиметрія і алкаліметрія. Стандартні розчини в кислотно-основному титруванні та стандартні речовини.
- Розрахунок і побудова теоретичних кривих кислотно-основного титрування. Стрибок титрування, його залежність від різних факторів.
- Індикатори методів кислотно-основного титрування.
- Йонна, хромофорна, йонно-хромофорна теорії індикаторів.
- Інтервал переходу індикатора. Показник титрування (pT).
- Вибір індикаторів для конкретних випадків титрування.

II. Письмовий контроль знань із тем:

„Загальна характеристика титриметричного аналізу”,
„Методи кислотно-основного титрування”.

Домашнє завдання:

- [2] с.314–338; [5]; [7]; [14] Р. 2, с.141–180; [15] с. 232–299; [17].
- Самостійна робота:
 - Розв'язати задачі відповідного варіанту.
 - Побудувати криву титрування згідно зі зразком. Підібрати індикатори. Обрахувати індикаторну похибку титрування.

Задачі для самостійного розв'язування з теми:

„Стандартизація робочих розчинів кислотно-основного титрування”

№ варіанту	Збірник задач	№ варіанту	Збірник задач
	[5]		[5]
1	392, 427, 435, 450	8	399, 434, 444, 412
2	393, 428, 436, 451	9	400, 435, 445, 413
3	394, 429, 437, 452	10	401, 436, 446, 414
4	395, 430, 438, 453	11	405, 439, 447, 415
5	396, 431, 439, 409	12	406, 440, 448, 416
6	397, 432, 442, 410	13	408, 441, 449, 417
7	398, 433, 443, 411	14	392, 427, 435, 450

Зразок завдань до контрольної роботи з тем:

„Загальна характеристика титриметричного аналізу”,

„Методи кислотно-основного титрування”

- Які з індикаторів можна застосовувати при титруванні 0,1 н. розчину динатрій тетраборату 0,1 М розчином хлоридної кислоти?
а) метиловий оранжевий б) метиловий червоний в) фенолфталеїн
- Які положення придатні при виборі індикатора в кислотно-основному титруванні:
а) інтервал переходу повинен бути рівним величині стрибка титрування;
б) показник титрування індикатора (рТ) повинен бути якомога ближче до значення рН в точці еквівалентності;
в) необхідно, щоб рТ індикатора співпадав зі значенням рН в точці еквівалентності;
г) для титрування можна застосовувати тільки ті індикатори, інтервал переходу яких повністю або частково входить у стрибок титрування.
- Яка характеристика розраховується за формулою $pH = pK \mp 1$?
а) показник індикатора; б) інтервал переходу індикатора;
в) показник титрування; г) водневий показник.
- Чому приблизно дорівнює величина константи йонізації кислотного індикатора, якщо інтервал переходу його знаходиться в межах рН від 8 до 10?
а) 10^{-5} ; б) 10^{-4} ; в) 10^{-9} ; г) 9.
- Які формули для вираження титру правильні?

$$а) T(A) = \frac{c(f(A)A) \cdot M(f(A)A)}{1000} \quad б) T(A) = \frac{m(A)}{V(A \text{ розч.})}$$

$$в) T(A) = \frac{m(A) \cdot 1000}{M(f(A)A)} \quad г) T(A/X) = \frac{T(A) \cdot M(f(X)X)}{M(f(A)A)}$$

$$д) T(A/X) = \frac{c(f(A)A) \cdot M(f(X)X)}{1000} \quad е) T(A/X) = \frac{T(A) \cdot M(f(A)A)}{M(f(X)X)}$$

- Як називається область значень рН, в межах якої відбувається зміна забарвлення індикатора?
а) показник індикатора б) показник титрування
в) кінцева точка титрування г) інтервал переходу
- За якою формулою необхідно розрахувати рН розчину, якщо до розчину амоніаку об'ємом 100 см³ з молярною концентрацією речовини NH₃·H₂O 0,1 моль/дм³ додано розчин хлоридної кислоти об'ємом 50 см³ з молярною концентрацією речовини 0,1 моль/дм³?
а) $pH = -\lg c_{\text{кисл.}}$ б) $pH = 14 - 1/2 pK_{\text{осн.}} + 1/2 \lg c_{\text{осн.}}$
в) $pH = 7 - 1/2 pK_{\text{осн.}} - 1/2 \lg c_{\text{соли}}$ г) $pH = 14 - pK_{\text{осн.}} + \lg c_{\text{осн.}}/c_{\text{соли}}$
- На титрування розчину сульфатної кислоти витрачається 10,00 см³ розчину КОН з $T(\text{KOH}/\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,004904 \text{ г/см}^3$. Яка маса (г) дигідроген сульфату знаходиться в розчині?
а) 0,0004904 б) 0,04904 в) 0,1000 г) 0,005600

Завдання для самостійної роботи з тем:

„Розрахунок і побудова кривої титрування”, „Вибір індикатора”, „Індикаторні похибки кислотно-основного титрування”.

- Розрахувати зміну рН розчину в процесі титрування.
- Накреслити криву титрування. Вказати стрибок титрування, точку еквівалентності.
- Провести аналіз кривої титрування.
- Розрахувати відношення $\Delta pH/\Delta V$ і накреслити диференціальну криву титрування (залежність $\Delta pH/\Delta V = f(V)$).
- Підібрати індикатор для даного титрування.
- Визначити індикаторну похибку титрування.

Варіант	Завдання
1.	10 см ³ 0,12 М НСІ + 0,12 М NaOH
2.	10 см ³ 0,14 М НСІ + 0,14 М NaOH
3.	10 см ³ 0,16 М НСІ + 0,16 М NaOH
4.	10 см ³ 0,18 М НСІ + 0,18 М NaOH
5.	10 см ³ 0,20 М НСІ + 0,20 М NaOH
6.	10 см ³ 0,08 М НСІ + 0,08 М NaOH
7.	10 см ³ 0,06 М НСІ + 0,06 М NaOH
8.	20 см ³ 0,12 М НСІ + 0,12 М NaOH
9.	20 см ³ 0,14 М НСІ + 0,14 М NaOH
10.	20 см ³ 0,16 М НСІ + 0,16 М NaOH
11.	20 см ³ 0,18 М НСІ + 0,18 М NaOH

12. 20 см³ 0,20 М НСІ + 0,20 М NaOH
 13. 20 см³ 0,08 М НСІ + 0,08 М NaOH
 14. 20 см³ 0,06 М НСІ + 0,06 М NaOH
 15. 25 см³ 0,10 М НСІ + 0,10 М NaOH

Примітка. Криву титрування розрахувати з урахуванням розведення розчину в процесі титрування.

Таблиця 1

Приклад розрахунку кривої титрування
 (10 см³ 0,1 М розчину НСІ титруємо 0,1 М розчином NaOH)

V (NaOH), см ³	Загальний об'єм р-ну, см ³	Залишок НСІ, см ³	c(HCl), моль/дм ³	pH	$\frac{\Delta pH}{\Delta V}$
0	10,00	10,00	0,1	1,00	
5,00	15,00	5,00	$c(\text{HCl}) = \frac{0,1 \cdot 5}{15} = 3,33 \cdot 10^{-2}$	1,48	0,096
9,00	19,00	1,00	$c(\text{HCl}) = \frac{0,1 \cdot 1}{19} = 5,26 \cdot 10^{-3}$	2,28	0,20
9,90	19,90	0,10	$c(\text{HCl}) = \frac{0,1 \cdot 0,1}{19,9} = 5,03 \cdot 10^{-4}$	3,30	1,13
9,99	19,99	0,01	$c(\text{HCl}) = \frac{0,1 \cdot 0,01}{19,99} = 5,00 \cdot 10^{-5}$	4,30	11,11
10,00	20,00	0	$c(\text{H}^+) = \sqrt{1 \cdot 10^{-14}} = 1 \cdot 10^{-7}$	7,00	270

V (NaOH), см ³	Загальний об'єм р-ну, см ³	Надлишок NaOH, см ³	c(NaOH), моль/дм ³	pOH	pH	$\frac{\Delta pH}{\Delta V}$
10,01	20,01	0,01	$c(\text{NaOH}) = \frac{0,1 \cdot 0,01}{20,01} = 5,00 \cdot 10^{-5}$	4,30	9,70	270
10,10	20,10	0,10	$c(\text{NaOH}) = \frac{0,1 \cdot 0,10}{20,10} = 4,98 \cdot 10^{-4}$	3,30	10,70	11,11
11,00	21,00	1,00	$c(\text{NaOH}) = \frac{0,1 \cdot 1,00}{21,00} = 4,76 \cdot 10^{-3}$	2,32	11,68	1,09
15,00	25,00	5,00	$c(\text{NaOH}) = \frac{0,1 \cdot 5,00}{25,00} = 2,00 \cdot 10^{-2}$	1,70	12,30	0,15
20,00	30,00	10,00	$c(\text{NaOH}) = \frac{0,1 \cdot 10}{30,00} = 3,33 \cdot 10^{-2}$	1,48	12,52	0,056

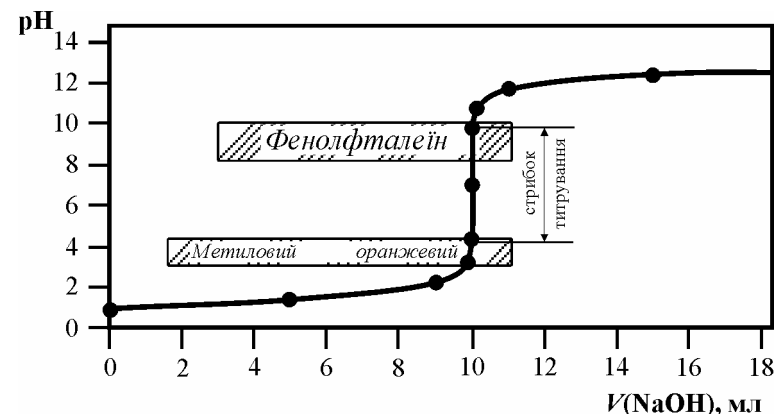


Рис. 1. Крива титрування 0,1 М розчину НСІ 0,1 М розчином NaOH

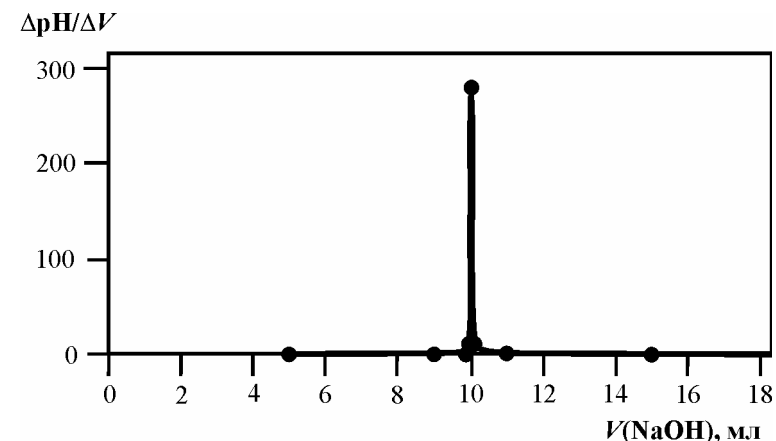
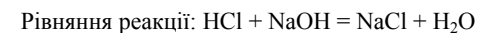


Рис. 2. Диференційована крива титрування 0,1 М розчину НСІ 0,1 М розчином NaOH

Приклад розрахунку індикаторної похибки титрування

1. Розрахунок індикаторної похибки при титруванні розчину хлоридної кислоти об'ємом 10,00 см³ з молярною концентрацією хлоридної кислоти 0,1000 моль/дм³ розчином натрій гідроксиду з молярною концентрацією натрій гідроксиду 0,1000 моль/дм³ з індикатором метиловим оранжевим



Точка еквівалентності при титруванні хлоридної кислоти натрій гідроксидом досягається при pH=7,0, а титрування з метиловим оранжевим

закінчується при $pH=pT_{m.op.}=4,0$ (оранжевий колір). Отже, розчин не дотитрують, що й викликає від'ємну гідрогенну похибку титрування (H^{1+} -похибка).

$$PT(\%)(H^+) = \frac{10^{-pT} \cdot V_{заг} \cdot 100}{c(HCl) \cdot V^a(HCl)} = \frac{10^{-4} \cdot 20,00 \cdot 100}{0,1000 \cdot 10,00} = -0,2$$

2. Розрахунок індикаторної похибки при титруванні розчину хлоридної кислоти об'ємом 10,00 см³ з молярною концентрацією 0,1000 моль/дм³ розчином натрій гідроксиду з молярною концентрацією натрій гідроксиду 0,1000 моль/дм³ з індикатором фенолфталеїном

У присутності фенолфталеїну титрування закінчується при $pH=pT_{ф.фт.}$ (9,0), тобто розчин перетитрують. У кінці титрування в розчині буде надлишок лугу, що викликає позитивну гідроксидну похибку титрування (OH^{1-} -похибка).

$$PT(\%)(OH^-) = \frac{10^{-(14-pT)} \cdot V_{заг} \cdot 100}{c(HCl) \cdot V^a(HCl)} = \frac{10^{-(14-9,0)} \cdot 20,00 \cdot 100}{0,1000 \cdot 10,00} = +0,02$$

Висновки:

1. Індикаторна похибка при титруванні з індикатором метиловим оранжевим складає 0,2%. Оскільки допустиме значення індикаторної похибки 0,2%, то титрування розчину хлоридної кислоти з молярною концентрацією HCl 0,1000 моль/дм³ розчином натрій гідроксиду з молярною концентрацією NaOH 0,1000 моль/дм³ з метиловим оранжевим можливе.

2. Титрування розчину хлоридної кислоти з молярною концентрацією HCl 0,1000 моль/дм³ розчином натрій гідроксиду з індикатором фенолфталеїном можливе, індикаторна похибка складає 0,02%.

3. Для даного випадку титрування індикаторна похибка при використанні фенолфталеїну менша, ніж при використанні метилового оранжевого.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №29

Тема: „Стандартизація робочих розчинів кислотного-основного титрування”

Мета: засвоїти загальні правила виконання кількісних визначень у титриметричному аналізі.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Вибір індикаторів для конкретних випадків титрування.

II. Перевірка знань методики стандартизації робочих розчинів кислотного-основного титрування:

1. Методика приготування стандартного розчину динатрій тетраборат-вода (1/10) за наважкою первинної стандартної речовини.

2. Методика приготування стандартного розчину хлоридної кислоти з фіксаналу.

3. Методика встановлення молярної концентрації хлоридної кислоти за динатрій тетраборат-вода (1/10) ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$).

4. Методика встановлення молярної концентрації натрій гідроксиду за стандартизованим розчином хлоридної кислоти і стандартним розчином хлоридної кислоти, що був приготовлений із фіксаналу.

III. Практична частина:

Стандартизація робочих розчинів кислотного-основного титрування.

Домашнє завдання:

1. [2] с. 314–338; [7]; [14] Р. 2, с. 172–180; [15] с. 232–299; [17].

2. Самостійна робота: Обґрунтувати вибір індикатора в практичній роботі №2 за допомогою кривих титрування та інтервалу переходу індикатора.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

Тема: „Стандартизація робочих розчинів кислотного-основного титрування”

Мета: встановити молярну концентрацію, титр і поправочний коефіцієнт робочих розчинів хлоридної кислоти та натрій гідроксиду.

Лабораторне обладнання і реактиви: бюретка, аліквотна піпетка, лійка, мірна колба об'ємом 100 см³, мірна колба об'ємом 1 дм³, бюкс, промивалка, сушильна шафа, технічні і аналітичні терези, різноважки, електроплитка, стакан для нагрівання води, промивалка, штатив для закріплення бюретки, білий фон; кристалічний динатрій гептаоксотетраборат-вода (1/10), приготовлені розчини хлоридної кислоти і натрій гідроксиду, фіксанал хлоридної кислоти, розчини індикаторів фенолфталеїну та метилоранжу.

Порядок виконання роботи

I. Приготування стандартного розчину динатрій гептаоксотетраборат-вода (1/10) об'ємом 100 см³ з молярною концентрацією речовини еквівалента $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ 0,1000 моль/дм³.

1. Запис рівняння реакції взаємодії кристалогідрату динатрій гептаоксотетраборату з хлоридною кислотою; визначення фактора еквівалентності кристалогідрату динатрій гептаоксотетраборату та молярної маси речовини еквівалента.

2. Розрахунок теоретичної наважки динатрій гептаоксотетраборат-вода (1/10):

$$m(Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O) = \frac{c(1/z Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O) \cdot M(1/z Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O) \cdot V_{м.к.}}{1000} = \dots, \text{ г}$$

3. Взяття наважки:

маса бюксу з речовиною....., г

маса пустого бюксу, г

наважка $m(Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O)_{\text{практ.}}$, г

4. Приготування стандартного розчину динатрій гептаоксотетраборат-вода (1/10) ([15], с. 297).

5. Розрахунок практичних характеристик стандартного розчину динатрій гептаоксотетраборат-вода (1/10):

$$T(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{V(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}(p))} = \dots, \text{г/см}^3;$$

$$c(1/z \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{T(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot 1000}{M(1/z \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})} = \dots, \text{моль/дм}^3;$$

$$K(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{c_{\text{практ.}}(1/z \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{c_{\text{теор.}}(1/z \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})} \text{ або}$$

$$K(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{m_{\text{практ.}}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{m_{\text{теор.}}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}.$$

$$c_{\text{теор.}}(1/z \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,1000 \text{ моль/дм}^3.$$

$$m_{\text{теор.}}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 1,9069 \text{ г}.$$

II. Встановлення молярної концентрації, титру та поправочного коефіцієнту розчину хлоридної кислоти за стандартним розчином динатрій гептаоксотетраборат-вода (1/10) методом піпеткування.

1. Титрування стандартного розчину динатрій гептаоксотетраборат-вода (1/10).

У бюретку: розчин хлоридної кислоти.

У колбу для титрування:

- аліквотний об'єм стандартного розчину динатрій гептаоксотетраборат-вода (1/10);
- індикатор метиловий оранжевий (зміна кольору від жовтого до оранжевого).

Результати титрування:

$$\text{I титрування } V(\text{HCl}) \dots, \text{см}^3$$

$$\text{II титрування} \dots, \text{см}^3$$

$$\text{III титрування} \dots, \text{см}^3$$

$$\overline{V}(\text{HCl}) \dots, \text{см}^3$$

2. Розрахунок практичної молярної концентрації хлоридної кислоти ($c(\text{HCl})$), титру ($T(\text{HCl})$) та поправочного коефіцієнту ($K(\text{HCl})$) за формулами:

$$n(1/z \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = n(\text{HCl});$$

$$c(1/z \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7(p)) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}(p));$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{c(1/z \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7(p))}{V(\text{HCl}(p))} = \dots, \text{моль/дм}^3;$$

$$T(\text{HCl}) = \frac{c(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl})}{1000} = \dots, \text{г/см}^3;$$

$$K(\text{HCl}) = \frac{c_{\text{практ.}}(\text{HCl})}{c_{\text{теор.}}(\text{HCl})}.$$

III. Встановлення характеристик робочого розчину натрій гідроксиду за стандартизованим розчином хлоридної кислоти.

1. Титрування розчину натрій гідроксиду.

У бюретку: стандартизований розчин хлоридної кислоти.

У колбу для титрування:

- аліквотний об'єм розчину натрій гідроксиду;
- індикатор метиловий оранжевий або фенолфталеїн.
Метиловий оранжевий змінює колір від жовтого до оранжевого.
Фенолфталеїн змінює колір від малинового до безбарвного.

$$V^a(\text{NaOH}) = \dots, \text{см}^3$$

Результати титрування:

$$\text{I титрування } V(\text{HCl}) \dots, \text{см}^3$$

$$\text{II титрування} \dots, \text{см}^3$$

$$\text{III титрування} \dots, \text{см}^3$$

$$\overline{V}(\text{HCl}) \dots, \text{см}^3$$

2. Розрахунок молярної концентрації робочого розчину натрій гідроксиду ($c(\text{NaOH})$) із рівняння:

$$c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}_{\text{розч.}}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}_{\text{розч.}}),$$

титру натрій гідроксиду ($T(\text{NaOH})$) та поправочного коефіцієнту ($K(\text{NaOH})$).

IV. Перевірка молярної концентрації розчину натрій гідроксиду за стандарт-титром хлоридної кислоти.

1. Приготування розчину хлоридної кислоти з молярною концентрацією $\text{HCl } 0,1000 \text{ моль/дм}^3$ з фіксаналу.

2. Титрування розчину натрій гідроксиду.

У бюретку: розчин хлоридної кислоти з молярною концентрацією $\text{HCl } 0,1000 \text{ моль/дм}^3$, приготовлений з фіксаналу.

У колбу для титрування:

- аліквотний об'єм розчину натрій гідроксиду;

- індикатор метиловий оранжевий або фенолфталеїн.

Результати титрування:

$$\text{I титрування } V'(\text{HCl}) \dots, \text{см}^3$$

$$\text{II титрування} \dots, \text{см}^3$$

$$\text{III титрування} \dots, \text{см}^3$$

$$\overline{V}'(\text{HCl}) \dots, \text{см}^3$$

3. Розрахунок молярної концентрації робочого розчину натрій гідроксиду ($c'(\text{NaOH})$) із рівняння:

$$c'(\text{HCl}) \cdot V'(\text{HCl}_{\text{розч.}}) = c'(\text{NaOH}) \cdot V'(\text{NaOH}_{\text{розч.}}),$$

4. Визначення карбонатної твердості води.
5. Аналіз технічної тартратної (винної) кислоти методом окремих наважок.
6. Визначення Нітрогену в солях амонію формальдегідним методом.

II. Практична частина.

Виконання експериментальної роботи.

Домашнє завдання:

1. [2] с. 338–343; [7]; [14] Р. 2, с. 180–214; [15] с. 272–287; [17] с. 80–111; [19] Т. 1, с. 180–195.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА №1

Тема: „Визначення вмісту (г/дм³) тригідрогенфосфатної(V) кислоти в розчині”

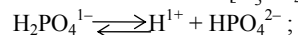
Мета: встановити вміст (г/дм³) тригідрогенфосфатної(V) кислоти в розчині трьома способами: прямим титруванням з індикатором метиловим оранжесвим; прямим титруванням з індикатором фенолфталеїном; титруванням замісника. Порівняти результати аналізу.

I. Теоретичні основи визначення

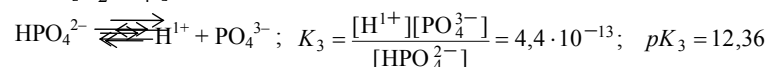
Трьохосновна фосфатна(V) кислота дисоціює поетапно:



$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{H}_2\text{PO}_4^{1-}]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]} = 7,6 \cdot 10^{-3}; \quad pK_1 = 2,12$$



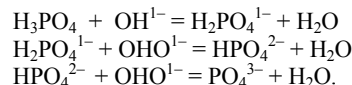
$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^{1-}]} = 6,2 \cdot 10^{-8}; \quad pK_2 = 7,21$$



Тому розчин фосфатної(V) кислоти можна уявити як суміш слабких кислот H_3PO_4 , $\text{H}_2\text{PO}_4^{1-}$, HPO_4^{2-} .

Визначення вмісту фосфатної(V) кислоти в розчині засноване на титруванні її стандартним розчином натрій гідроксиду.

При титруванні розчину фосфатної (V) кислоти натрій гідроксидом проходять реакції:



У відповідності з цим крива титрування фосфатної(V) кислоти, що зображена на рис. 3, має три точки еквівалентності.

У першій точці еквівалентності утворюється однозаміщена кисла сіль натрій дигідрогенкарбонату. Значення рН у першій точці еквівалентності

обумовлене гідролізом кислій солей натрій дигідрогенкарбонату і розраховується за формулою:

$$pH_1 = \frac{pK_1 + pK_2}{2} = \frac{2,12 + 7,21}{2} = 4,66.$$

Таким чином, перша точка еквівалентності знаходиться поблизу інтервалу переходу забарвлення метилового оранжесвого (рН = 3,1 ÷ 4,4). Як відомо, правильність визначення при поетапному титруванні залежить не тільки від правильно обраного індикатора, але й від можливості відтитрування однієї кислоти із суміші, не займаючи іншої. Розрахунками показано, якщо відношення констант йонізації слабких кислот не менше 10^4 , то можливе їх окреме визначення.

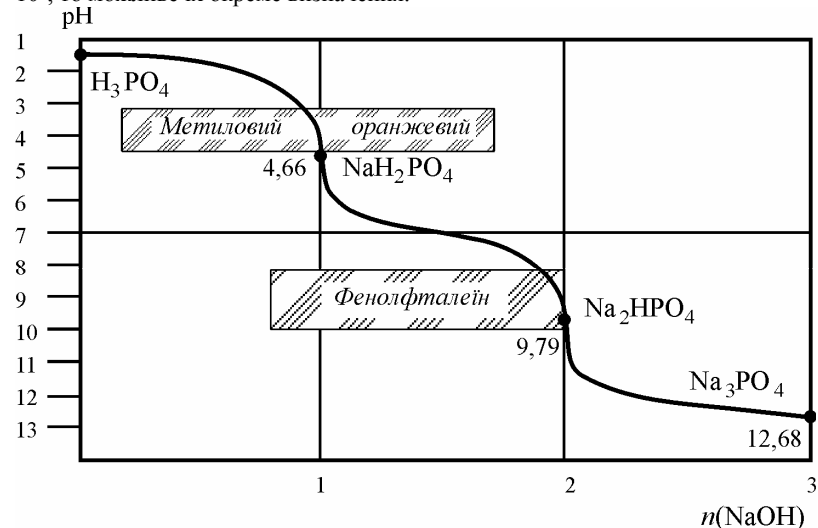


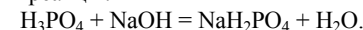
Рис. 3. Крива титрування 0,1 М розчину H_3PO_4 0,1 М розчином NaOH

У нашому випадку

$$\frac{K_1(\text{H}_3\text{PO}_4)}{K_2(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{7,6 \cdot 10^{-3}}{6,2 \cdot 10^{-8}} = 1,2 \cdot 10^5,$$

тобто можливе визначення вмісту фосфатної(V) кислоти в розчині шляхом прямого титрування її з індикатором метиловим оранжесвим до натрій дигідрогенфосфату; натрій дигідрогенфосфат при цьому не титрується.

При титруванні фосфатної(V) кислоти в присутності метилового оранжесвого проходить реакція:



З рівняння реакції $f_{\text{екв.}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1$; $M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98,00$ г/моль.

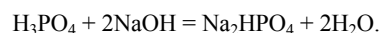
У другій точці еквівалентності утворюється двозаміщена кисла сіль динатрій гідрогенфосфат. рН у другій точці еквівалентності обчислюється за формулою:

$$pH_2 = \frac{pK_2 + pK_3}{2} = \frac{7,21 + 13,36}{2} = 9,79.$$

Друга точка еквівалентності знаходиться в інтервалі зміни забарвлення фенолфталеїну (рН = 8,2 ÷ 10,0). Відношення констант йонізації фосфатної(V) кислоти за другим і третім ступенями рівне $1,4 \cdot 10^5$, тобто можливе визначення вмісту фосфатної(V) кислоти в розчині шляхом титрування її з фенолфталеїном; динатрій гідрогенфосфат при цьому не титрується.

$$\frac{K_2}{K_3} = \frac{6,2 \cdot 10^{-8}}{4,4 \cdot 10^{-13}} = 1,4 \cdot 10^5.$$

При титруванні фосфатної(V) кислоти в присутності метилового оранжевого проходить реакція:



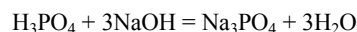
З рівняння реакції $f_{екв}(H_3PO_4) = 1/2$; $M(1/2H_3PO_4) = 49,00$ г/моль.

Величину рН у третій точці еквівалентності можна обчислити за формулою (гідроліз солі слабкої кислоти і сильної основи):

$$pH_3 = 7 + 1/2pK_3(H_3PO_4) + 1/2lg c_{соли}.$$

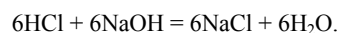
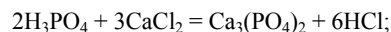
$$pH_3 = 7 + 12,36/2 + 1/2lg 0,1 = 12,68.$$

Однак, фосфатну(V) кислоту як трьохосновну прямим титруванням згідно з рівнянням реакції



визначити не можна, тому що константа йонізації фосфатної(V) кислоти за третім ступенем дуже мала ($K_3 = 4,4 \cdot 10^{-13}$). У третій точці еквівалентності на кривій титрування фосфатної(V) кислоти відсутній стрибок титрування і навіть точка перегину виражена слабо.

Визначення вмісту фосфатної(V) кислоти як трьохосновної можна провести методом заміщення. Для цього, діючи кальцій хлоридом, заміщують фосфатну(V) кислоту еквівалентною кількістю хлоридної кислоти. Хлоридну кислоту, яка виділяється, відтитровують стандартним розчином натрій гідроксиду з індикатором фенолфталеїном:



$$f_{екв}(H_3PO_4) = 1/3; \quad M(1/3H_3PO_4) = 32,67 \text{ г/моль};$$

$$n(1/3H_3PO_4) = n(NaOH).$$

У відповідності до розглянутого вище, схема титрування розчину фосфатної(V) кислоти має такий вигляд:

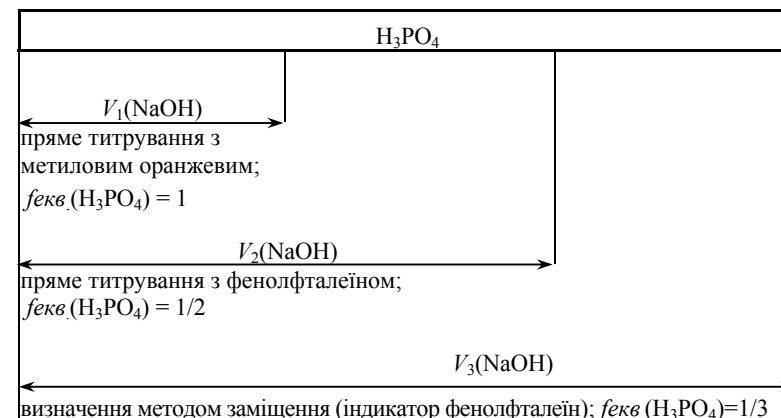


Схема титрування фосфатної кислоти з різними індикаторами

II. Порядок виконання роботи

1. Підбір аліквоти.

Аліквоту досліджуваного розчину (орієнтовно 5 см^3) титрують стандартним розчином натрій гідроксиду з метиловим оранжевим. Якщо на титрування витрачається більше 10 см^3 стандартного розчину натрій гідроксиду, то досліджувану кислоту розбавляють у мірній колбі.

2. Аналіз фосфатної(V) кислоти прямим титруванням з індикатором метиловим оранжевим.

У бюретку: стандартний розчин натрій гідроксиду.

У колбу для титрування:

– аліквотний об'єм досліджуваної кислоти. $V^a(H_3PO_4) = \dots, \text{ см}^3$

– 1-2 краплі розчину метилового оранжевого.

Титруємо до переходу рожевого забарвлення в жовте.

Результати титрування:

I титрування $V_1(NaOH) \dots, \text{ см}^3$

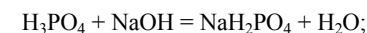
II титрування $\dots, \text{ см}^3$

III титрування $\dots, \text{ см}^3$

$\overline{V}_1(NaOH) \dots, \text{ см}^3$.

Розрахунок вмісту (г/дм³) фосфатної кислоти у розчині (I спосіб)

Оскільки в присутності метилового оранжевого фосфатна(V) кислота титрується за рівнянням:



$$f_{\text{екв.}}(\text{H}_3\text{PO}_4)=1; \quad n(\text{H}_3\text{PO}_4)_{\text{в аліквоті}} = n(\text{NaOH}).$$

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4)_{\text{в аліквоті}} = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot \bar{V}_1(\text{NaOH})}{1000}, \text{ моль};$$

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4)_{\text{в аліквоті}} = n(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot M(\text{H}_3\text{PO}_4), \text{ г};$$

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4), \text{ г в } \text{дм}^3 = m(\text{H}_3\text{PO}_4)_{\text{в аліквоті}} \cdot \frac{1000}{V^a(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \\ = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot \bar{V}_1(\text{NaOH}) \cdot M(\text{H}_3\text{PO}_4)}{V^a(\text{H}_3\text{PO}_4)}.$$

Розрахунок вмісту (г/дм³) фосфатної кислоти у розчині (II спосіб)

$$n(\text{H}_3\text{PO}) = n(\text{NaOH}).$$

$$\frac{c(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot V^a(\text{H}_3\text{PO}_4)}{1000} = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot \bar{V}_1(\text{NaOH})}{1000};$$

$$c(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot \bar{V}_1(\text{NaOH})}{V^a(\text{H}_3\text{PO}_4)}, \text{ моль/дм}^3.$$

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = c(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot M(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot \bar{V}_1(\text{NaOH}) \cdot M(\text{H}_3\text{PO}_4)}{V^a(\text{H}_3\text{PO}_4)}, \text{ г в } 1 \text{ дм}^3.$$

Якщо фосфатну кислоту попередньо розбавляли, то необхідно перерахувати результат аналізу ($m(\text{H}_3\text{PO}_4)$), враховуючи розведення. Це зауваження врахувати і в пунктах 3 та 4.

3. Аналіз фосфатної(V) кислоти прямим титруванням з індикатором фенолфталеїном:

У бюретку: стандартний розчин натрій гідроксиду.

У колбу для титрування:

– аліквотний об'єм досліджуваної кислоти $V^a(\text{H}_3\text{PO}_4) = \dots, \text{ см}^3$

– 2 краплі розчину фенолфталеїну.

Титруємо до появи малинового забарвлення.

Результати титрування:

I титрування $V_2(\text{NaOH}) \dots, \text{ см}^3$

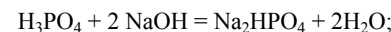
II титрування $\dots, \text{ см}^3$

III титрування $\dots, \text{ см}^3$

$\bar{V}_2(\text{NaOH}) \dots, \text{ см}^3$.

Розрахунок вмісту (г/дм³) H₃PO₄ у розчині

Оскільки в присутності фенолфталеїну фосфатна(V) кислота титрується за рівнянням:



то $f_{\text{екв.}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1/2; \quad n(1/2\text{H}_3\text{PO}_4) = n(\text{NaOH}).$

$$c(1/2\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot V^a(\text{H}_3\text{PO}_4) = c(\text{NaOH}) \cdot \bar{V}_2(\text{NaOH});$$

$$c(1/2\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot \bar{V}_2(\text{NaOH})}{V^a(\text{H}_3\text{PO}_4)}, \text{ моль/дм}^3.$$

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) \text{ г в } 1 \text{ дм}^3 = c(1/2\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot M(1/2\text{H}_3\text{PO}_4) = \\ = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot \bar{V}_2(\text{NaOH}) \cdot M(1/2\text{H}_3\text{PO}_4)}{V^a(\text{H}_3\text{PO}_4)}.$$

4. Аналіз розчину фосфатної(V) кислоти методом заміщення.

У бюретку: стандартний розчин натрій гідроксиду.

У колбу для титрування:

– аліквотний об'єм досліджуваної кислоти $V^a(\text{H}_3\text{PO}_4) = \dots, \text{ см}^3$;

– 20 см³ 0,1 M розчину кальцій дихлориду (якщо для аналізу беруть 10 см³;

– ≈ 0,1 M розчину фосфатної кислоти);

– 2 краплі фенолфталеїну.

Титруємо до появи стійкого малинового забарвлення.

Результати титрування:

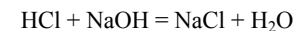
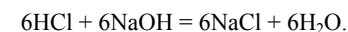
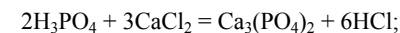
I титрування $V_3(\text{NaOH}) \dots, \text{ см}^3$

II титрування $\dots, \text{ см}^3$

III титрування $\dots, \text{ см}^3$

$\bar{V}_3(\text{NaOH}) \dots, \text{ см}^3$.

Розрахунок вмісту (г/дм³) H₃PO₄ у розчині



$f_{\text{екв.}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1/3; \quad n(1/3\text{H}_3\text{PO}_4) = n(\text{NaOH});$

$$c(1/3\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot V^a(\text{H}_3\text{PO}_4) = c(\text{NaOH}) \cdot \bar{V}_3(\text{NaOH});$$

$$c(1/3\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot \bar{V}_3(\text{NaOH})}{V^a(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \dots, \text{ моль/дм}^3;$$

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) \text{ г в } 1 \text{ дм}^3 = c(1/3\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot M(1/3\text{H}_3\text{PO}_4) = \\ = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot \bar{V}_3(\text{NaOH}) \cdot M(1/3\text{H}_3\text{PO}_4)}{V^a(\text{H}_3\text{PO}_4)}.$$

Висновок: порівняти результати аналізу фосфатної кислоти, які були одержані різними способами (п. 2, 3, 4). Результати повинні бути майже однаковими.

Першу точку еквівалентності можна зафіксувати за допомогою фенолфталеїна, який змінює забарвлення в інтервалі рН 8,2 ÷ 10,0.

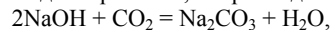
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА №2

Тема: „Визначення масової частки (%) натрій гідроксиду та динатрій карбонату при їх сумісній присутності методом фіксування двох точок еквівалентності”

Мета: визначити у зразку суміші вміст (%) натрій гідроксиду та динатрій карбонату шляхом прямого титрування розчину з двома індикаторами.

I. Теоретичні основи визначення

Тверді луги та їх розчини поглинають із повітря карбон(IV) оксид, перетворюючись у відповідні карбонати, наприклад:

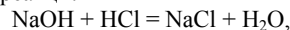


внаслідок цього розчини натрій гідроксиду завжди містять домішки динатрій карбонату. Окреме визначення вмісту натрій гідроксиду та динатрій карбонату в суміші можна проводити двома методами:

- 1) фіксуванням двох точок еквівалентності (метод Уордера);
- 2) титруванням двох аліквот досліджуваного розчину, в одній порції розчину карбонат-йони осаджують барій хлоридом (метод Вінклера).

Обидва методи засновані на аналізі кривих титрування натрій гідроксиду та динатрій карбонату розчином хлоридної кислоти.

Як видно з кривої титрування розчину натрій гідроксиду з молярною концентрацією NaOH 0,1000 моль/дм³ розчином хлоридної кислоти з молярною концентрацією речовини HCl 0,1 моль/дм³ (рис. 4), концентрацію лугу можна визначати, титруючи його або з фенолфталеїном, або з метиловим оранжевим. Титрування з будь-яким із названих індикаторів проходить за рівнянням реакції:

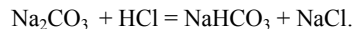


натрій гідроксид при цьому відтитровується повністю.

При титруванні розчину динатрій карбонату розчином хлоридної кислоти спостерігаються два стрибки титрування (рис. 5). рН розчину динатрій карбонату до початку титрування розраховують за формулою (гідроліз солі, утвореної сильною основою і слабкою двохосновною кислотою):

$$\text{pH} = 7 + 1/2\text{p}K_2(\text{H}_2\text{CO}_3) + 1/2\lg c(\text{солі}) = 7 + 10,32/2 - 0,5 = 11,66.$$

У першій точці еквівалентності (коли на 1 моль динатрій карбонату витрачається один моль хлоридної кислоти) утворюється натрій гідрогенкарбонат:



рН розчину розраховують за формулою (гідроліз кислоти солі):

$$\text{pH} = \frac{\text{p}K_1(\text{H}_2\text{CO}_3) + \text{p}K_2(\text{H}_2\text{CO}_3)}{2} = \frac{6,31 + 10,32}{2} = 8,34.$$

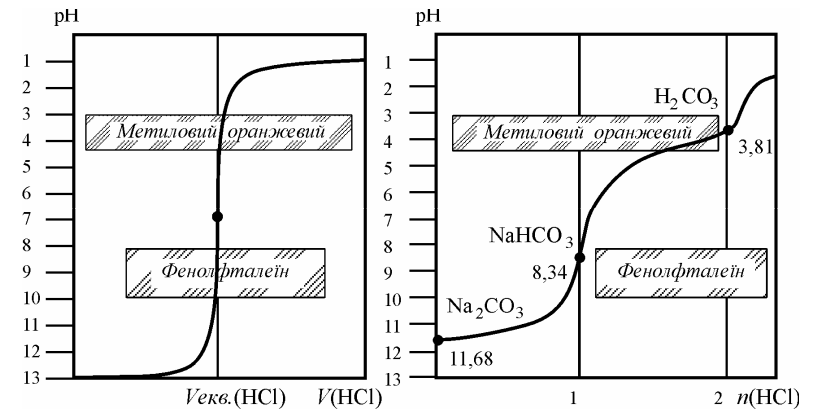
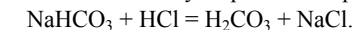


Рис. 4. Крива титрування 0,1 М розчину NaOH 0,1 М розчином HCl

Рис. 5. Крива титрування 0,1 М розчину Na₂CO₃ 0,1 М розчином HCl

У другій точці еквівалентності утворюється карбонатна кислота:



рН розчину визначається йонізацією слабкої кислоти H₂CO₃:

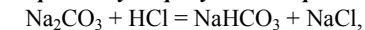
$$\text{pH} = 1/2\text{p}K_1(\text{H}_2\text{CO}_3) - 1/2\lg c(\text{кисл.}).$$

Концентрація карбонатної кислоти в розчині обумовлена її розчинністю при даних умовах:

$$\text{pH} = 1/2 \cdot 6,31 - 1/2\lg 5 \cdot 10^{-2} = 3,16 + 0,65 = 3,81.$$

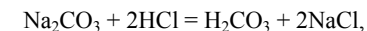
Другу точку еквівалентності можна зафіксувати за допомогою метилового оранжевого, який змінює забарвлення в інтервалі рН 3,1÷4,4. Таким чином, вміст динатрій карбонату в розчині шляхом прямого титрування його стандартним розчином хлоридної кислоти можна визначати двома способами:

1) стандартним розчином хлоридної кислоти титрують динатрій карбонат до гідрогенкарбонату в присутності фенолфталеїну:



$$f_{\text{екв.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1; M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 105,99 \text{ г/моль};$$

2) стандартним розчином хлоридної кислоти титрують динатрій карбонат до карбонатної кислоти в присутності метилового оранжевого:



$$f_{\text{екв.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1/2; M(1/2\text{Na}_2\text{CO}_3) = 53,00 \text{ г/моль}.$$

Таким чином, аналіз кривих титрування показує, що при титруванні суміші натрій гідроксиду і динатрій карбонату з двома індикаторами з

фенолфталеїном відтитровують весь натрій гідроксид, а динатрій карбонат титрується до натрій гідрогенкарбонату (тобто з фенолфталеїном відтитровується половина динатрій карбонату). Після додавання до цього ж розчину метилового оранжевого дотитровують натрій гідрогенкарбонат до карбонатної кислоти. Схема титрування суміші натрій карбонату і динатрій карбонату виглядає так:



Схема титрування однієї аликвоти суміші натрій гідроксиду і натрій карбонату розчином хлоридної кислоти з двома індикаторами: фенолфталеїном і метиловим оранжевим

II. Порядок виконання роботи

1. Розрахунок наважки суміші для приготування 100 см³ розчину.

Розрахунок наважки проводять за тим компонентом, якого більше. Припустимо, що в суміші, яку аналізують, більше натрій гідроксиду.

$$m_{\text{суміші}} = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH}) \cdot 100}{1000} = \frac{0,1000 \cdot 40,00 \cdot 100}{1000} = 0,4000 \text{ (г)}$$

2. Взяття наважки досліджуваної суміші на аналітичних терезах:

- маса бюксу з речовиною, г
- маса порожньої бюкси, г
- маса наважки, г

3. Розчинення суміші.

Наважку суміші переносимо в мірну колбу об'ємом 100,0 см³, розчиняємо у невеликому об'ємі дистильованої води, доливаємо дистильованою водою до мітки, ретельно перемішуємо.

4. Титрування розчину суміші натрій гідроксиду та динатрій карбонату.

У бюретку:

– робочий розчин хлоридної кислоти, концентрацію якого визначили в роботі №2 на занятті №29; $c(\text{HCl}) = \dots$, моль/дм³.

У колбу для титрування:

– певний об'єм досліджуваного розчину (відміряємо аликвотною піпеткою)

$$V^a(\text{суміші}) = \dots, \text{ см}^3;$$

– 2-3 краплі розчину фенолфталеїну.

Титруємо стандартним розчином хлоридної кислоти до зникнення малинового забарвлення. Записуємо об'єм розчину хлоридної кислоти (V_1), витрачений на титрування з фенолфталеїном.

Додаємо до розчину, що був відтитрований із фенолфталеїном, 1-2 краплі метилового оранжевого (при цьому розчин забарвлюється в жовтий колір) і титруємо до оранжевого забарвлення. Записуємо об'єм розчину

хлоридної кислоти (V_2), який витрачено на титрування з метиловим оранжевим. Титрування проводимо три рази.

Результати титрування

	V ₁ (HCl), см ³ із фенолфталеїном	V ₂ (HCl), см ³ із метиловим оранжевим
Перше титрування		
Друге титрування		
Третє титрування		
Середнє значення	V ₁ (HCl) _{ф-фт} =, см ³	V ₂ (HCl) _{м.ор} =, см ³

5. Розрахунок масової частки (%) натрій гідроксиду в суміші.

Якщо на титрування суміші NaOH + 1/2Na₂CO₃ витрачено V₁ см³ HCl, а на титрування 1/2Na₂CO₃ використано V₂ см³ HCl, то на титрування NaOH було витрачено (V₁ - V₂) см³ розчину хлоридної кислоти.

Розраховуємо масову частку натрій гідроксиду в суміші:

$$n(\text{NaOH})_{\text{в аликвоті}} = n_1(\text{HCl});$$

$$n(\text{NaOH})_{\text{в аликвоті}} = \frac{c(\text{HCl}) \cdot [V_1(\text{HCl}) - V_2(\text{HCl})]}{1000}, \text{ моль};$$

$$n(\text{NaOH})_{\text{в наважці суміші}} = \frac{c(\text{HCl}) \cdot [V_1(\text{HCl}) - V_2(\text{HCl})] \cdot V_{\text{м.к.}}}{1000 \cdot V^a(\text{суміші})}, \text{ моль};$$

$$m(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH}) =$$

$$= \frac{c(\text{HCl}) \cdot [V_1(\text{HCl}) - V_2(\text{HCl})] \cdot V_{\text{м.к.}} \cdot M(\text{NaOH})}{1000 \cdot V^a(\text{суміші})}, \text{ г};$$

$$w(\%)(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH}) \cdot 100}{m(\text{суміші})} =$$

$$= \frac{c(\text{HCl}) \cdot [V_1(\text{HCl}) - V_2(\text{HCl})] \cdot V_{\text{м.к.}} \cdot M(\text{NaOH})}{1000 \cdot m(\text{суміші}) \cdot V^a(\text{суміші})}.$$

6. Розрахунок масової частки (%) динатрій карбонату в суміші:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n_2(\text{HCl})$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{\text{в аликвоті}} = \frac{c(\text{HCl}) \cdot V_2(\text{HCl})}{1000}, \text{ моль};$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{\text{у наважці суміші}} = \frac{c(\text{HCl}) \cdot V_2(\text{HCl})}{1000} \cdot \frac{V_{\text{м.к.}}}{V^a(\text{суміші})}, \text{ моль};$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{\text{у наважці суміші}} = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) =$$

$$= \frac{c(\text{HCl}) \cdot V_2(\text{HCl}) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{1000 \cdot V^a(\text{суміші})}, \text{ г};$$

$$W_w(\%)(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot 100}{m(\text{суміші})} =$$

$$= \frac{c(\text{HCl}) \cdot V_2(\text{HCl}) \cdot V_{\text{м.к.}} \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot 100}{1000 \cdot m(\text{суміші}) \cdot V^a(\text{суміші})}$$

Висновок.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА №3

Тема: "Визначення масової частки (%) натрій гідрогенкарбонату та динатрій карбонату при їх сумісній присутності методом фіксування двох точок еквівалентності"

Мета: визначити у зразку суміші вміст (%) натрій гідрогенкарбонату та динатрій карбонату шляхом прямого титрування розчину з двома індикаторами.

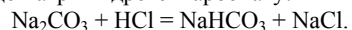
I. Теоретичні основи визначення

Метод заснований на аналізі кривих титрування динатрій карбонату і натрій гідрогенкарбонату розчином хлоридної кислоти.

Спочатку титрують суміш, яку аналізують, кислотою в присутності фенолфталеїну. При цьому відтитровується динатрій карбонат до натрій гідрогенкарбонату.

Потім розчин дотитровують кислотою в присутності метилового оранжевого. При цьому відтитровується натрій гідрогенкарбонат, що знаходився в початковій суміші і утворений із динатрій карбонату ($1/2 \text{Na}_2\text{CO}_3$).

Використовуючи два індикатори, вдається спостерігати дві точки еквівалентності. Першу точку еквівалентності спостерігаємо, коли динатрій карбонат відтитрований до натрій гідрогенкарбонату:

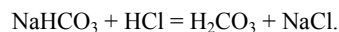


pH розчину розраховують за формулою (гідроліз кислоти солі):

$$\text{pH} = \frac{pK_1(\text{H}_2\text{CO}_3) + pK_2(\text{H}_2\text{CO}_3)}{2} = \frac{6,31 + 10,32}{2} = 8,34.$$

Першу точку еквівалентності можна зафіксувати фенолфталеїном, який змінює забарвлення в інтервалі pH=8,2÷10,0.

Другу точку еквівалентності спостерігаємо, коли відтитрований натрій гідрогенкарбонат, що знаходився у початковій суміші, і натрій гідроген карбонат, одержаний в результаті відтитрування динатрій карбонату:



pH розчину визначається йонізацією слабкої кислоти H_2CO_3 :

$$\text{pH} = 1/2 pK_1(\text{H}_2\text{CO}_3) - 1/2 \lg c(\text{кисл.}) = 1/2 \cdot 6,31 - 1/2 \lg 5 \cdot 10^{-2} = 3,16 + 0,65 = 3,81$$

Другу точку еквівалентності можна зафіксувати за допомогою метилового оранжевого, який змінює забарвлення в інтервалі pH=3,1 ÷ 4,4.

Таким чином, аналіз кривої титрування показує, що при титруванні суміші динатрій карбонату і натрій гідрогенкарбонату з двома індикаторами з фенолфталеїном відтитровується половина динатрій карбонату. Після додавання до цього ж розчину метилового оранжевого дотитровують до карбонатної кислоти початковий гідрогенкарбонат і той, що утворився з динатрій карбонату. Схема титрування суміші динатрій карбонату і натрій гідрогенкарбонату має такий вигляд:

Na ₂ CO ₃		NaHCO ₃	
V ₁ (HCl)		V ₂ (HCl)	
← фенолфталеїн →		← метиловий оранжевий →	

Схема титрування однієї аліквоти суміші динатрій карбонату і натрій гідрогенкарбонату розчином хлоридної кислоти з двома індикаторами: фенолфталеїном і метиловим оранжевим

II. Порядок виконання роботи

1. Розрахунок наважки суміші для приготування 100 см³ розчину динатрій карбонату і натрій гідрогенкарбонату.

Розрахунок наважки проводять за тим компонентом, якого більше. Припустимо, що в суміші, яку аналізують, більше натрій гідрогенкарбонату:

$$m_{\text{суміші}} = \frac{c(\text{NaHCO}_3) \cdot M(\text{NaHCO}_3) \cdot V_{\text{м.к.}}}{1000} = \frac{0,1 \cdot 84,01 \cdot 100}{1000} = 0,8401 (\text{г})$$

2. Взяття наважки досліджуваної суміші на аналітичних терезах:

маса бюксу з речовиною....., г
 маса порожнього бюксу....., г
 маса наважки....., г

3. Розчинення суміші.

Наважку суміші переносимо в мірну колбу об'ємом 100,0 см³, розчиняємо в невеликому об'ємі дистильованої води, доводимо дистильованою водою до мітки, ретельно перемішуємо.

4. Титрування розчину суміші натрій гідрогенкарбонату та динатрій карбонату.

У бюретку:

– робочий розчин хлоридної кислоти, концентрацію якого визначили в роботі №2 на лабораторному занятті №29; $c(\text{HCl})$, моль/дм³.

У колбу для титрування:

– певний об'єм досліджуваного розчину (відміряємо аліквотною піпеткою) $V^a(\text{суміші})$ =....., см³;
 – 2-3 краплі розчину фенолфталеїну.

Титруємо стандартним розчином хлоридної кислоти до зникнення малинового забарвлення. Записуємо об'єм розчину хлоридної кислоти, витрачений на титрування з фенолфталеїном (V_1).

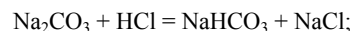
Додаємо до безбарвного розчину, що був відтитрований із фенолфталеїном, 1-2 краплі метилового оранжевого (при цьому розчин забарвлюється в жовтий колір) і титруємо до оранжевого забарвлення. Записуємо об'єм розчину хлоридної кислоти (V_2), який витрачений на титрування з метиловим оранжевим. Титрування проводимо три рази і знаходимо середнє значення V_1 та V_2 .

Результати титрування

	$V_1(\text{HCl})$, см ³ із фенолфталеїном	$V_2(\text{HCl})$, см ³ із метиловим оранжевим
Перше титрування		
Друге титрування		
Третє титрування		
Середнє значення	$\bar{V}_1(\text{HCl})_{\text{ф.фт}} = \dots\dots\dots$, см ³	$\bar{V}_2(\text{HCl})_{\text{м.ор}} = \dots\dots\dots$, см ³

5. Розрахунок масової частки (%) динатрій карбонату в суміші.

Якщо на титрування половини динатрій карбонату витрачено V_1 см³ розчину хлоридної кислоти, то на титрування всього динатрій карбонату витрачено було б $2V_1$ см³ розчину хлоридної кислоти. Якщо на титрування натрій гідрогенкарбонату, що був у суміші, і утвореного під час титрування динатрій карбонату, витрачено V_2 см³ розчину хлоридної кислоти, тоді на титрування лише натрій гідрогенкарбонату, що був у первинній суміші, використано $(V_2 - V_1)$ см³ розчину хлоридної кислоти. Розраховуємо масову частку динатрій карбонату в суміші:



$$f_{\text{екв.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1.$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{\text{в аліквоті}} = n_1(\text{HCl})$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{\text{в аліквоті}} = \frac{c(\text{HCl}) \cdot V_1(\text{HCl})}{1000}, \text{ моль};$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{\text{у наважці суміші}} = \frac{c(\text{HCl}) \cdot V_1(\text{HCl}) \cdot V_{\text{м.к.}}}{1000 \cdot V^a(\text{суміші})}, \text{ моль};$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{c(\text{HCl}) \cdot V_1(\text{HCl}) \cdot V_{\text{м.к.}} \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{1000 \cdot V^a(\text{суміші})}, \text{ г.}$$

$$w(\%)(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot 100}{m(\text{суміші})} =$$

$$= \frac{c(\text{HCl}) \cdot V_1(\text{HCl}) \cdot V_{\text{м.к.}} \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot 100}{1000 \cdot V^a(\text{суміші}) \cdot m(\text{суміші})}.$$

6. Розрахунок масової частки (%) натрій гідрогенкарбонату в суміші.

$$n(\text{NaHCO}_3)_{\text{в аліквоті}} = n_2(\text{HCl})$$

$$n(\text{NaHCO}_3)_{\text{в аліквоті}} = \frac{c(\text{HCl}) \cdot [V_2(\text{HCl}) - V_1(\text{HCl})]}{1000}, \text{ моль.}$$

$$n(\text{NaHCO}_3)_{\text{у наважці суміші}} = \frac{c(\text{HCl}) \cdot [V_2(\text{HCl}) - V_1(\text{HCl})] \cdot V_{\text{м.к.}}}{1000 \cdot V^a(\text{суміші})}, \text{ моль.}$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = n(\text{NaHCO}_3) \cdot M(\text{NaHCO}_3) = \frac{c(\text{HCl}) \cdot [V_2(\text{HCl}) - V_1(\text{HCl})] \cdot V_{\text{м.к.}} \cdot M(\text{NaHCO}_3)}{1000 \cdot V^a(\text{суміші})}, \text{ г.}$$

$$w(\%)(\text{NaHCO}_3) = \frac{m(\text{NaHCO}_3) \cdot 100}{m(\text{суміші})} =$$

$$= \frac{c(\text{HCl}) \cdot [V_2(\text{HCl}) - V_1(\text{HCl})] \cdot V_{\text{м.к.}} \cdot M(\text{NaHCO}_3) \cdot 100}{1000 \cdot V^a(\text{суміші}) \cdot m(\text{суміші})}.$$

Висновки: масова частка (%) динатрій карбонату в досліджуваному зразку складає, а натрій гідрогенкарбонату складає

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА №4

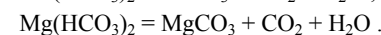
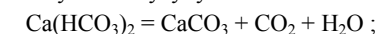
Тема: „Визначення тимчасової (карбонатної) твердості води методом кислотно-основного титрування”

Мета: визначити тимчасову твердість питної води шляхом прямого титрування стандартним розчином хлоридної кислоти.

I. Теоретичні основи визначення

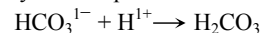
Твердість води обумовлена присутністю таких розчинних солей кальцію і магнію: кальцій гідрогенкарбонату, магній гідрогенкарбонату, кальцій хлориду, магній хлориду, кальцій сульфату, магній сульфату тощо.

Розрізняють два види твердості: карбонатну і некарбонатну. Карбонатна твердість обумовлена присутністю у воді гідрогенкарбонат-йонів. Цю твердість в основному можна усунути кип'ятінням:



Тому карбонатна твердість називається тимчасовою. Карбонатна твердість визначається загальною кількістю мілімоль еквівалентів гідрогенкарбонат-іонів в 1 дм³ води.

Визначення карбонатної твердості води проводять шляхом титрування стандартним розчином хлоридної кислоти аліквотного об'єму води, яку аналізують. При цьому відбувається реакція:



Крива титрування натрій гідрогенкарбонату представлена на рис. 6.

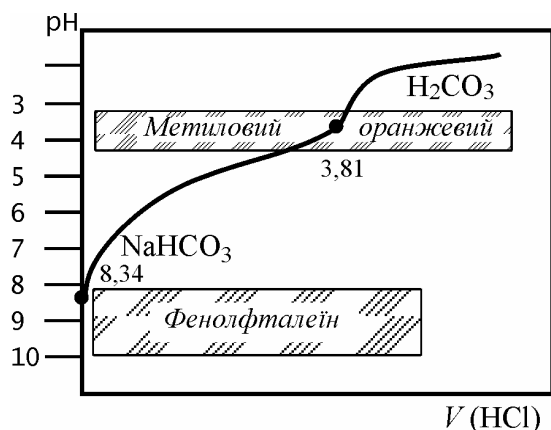


Рис. 6. Крива титрування 0,1 М розчину натрій гідрогенкарбонату 0,1 М розчином хлоридної кислоти

pH у точці еквівалентності розраховуємо за формулою:

$$\text{pH} = 1/2 pK_1(\text{H}_2\text{CO}_3) - 1/21 \lg c(\text{H}_2\text{CO}_3)$$

$$\text{pH} = 1/2(6,35) - 1/21 \lg 5 \cdot 10^{-2} = 3,18 + 0,65 = 3,83.$$

Значення pH у точці еквівалентності показує, що визначення карбонатної твердості води можна проводити шляхом титрування гідрогенкарбонат-іонів розчином хлоридної кислоти з метиловим оранжевим.

II. Порядок виконання роботи

1. Титрування проби води:

У бюретку: стандартний розчин хлоридної кислоти.

У колбу для титрування:

- певний об'єм водопровідної води (відміряємо аліквотною піпеткою об'ємом 100,0 або 50,0 см³);
- 3 краплі розчину метилового оранжевого (зміна жовтого забарвлення на оранжеве).

Результати титрування:

I титрування $V(\text{HCl})$, см³

II титрування....., см³
 III титрування....., см³
 $V(\text{HCl})$, см³

2. Розрахунок тимчасової твердості води.

$$n(\text{HCO}_3^{1-}) = n(\text{HCl})$$

$$n(\text{HCO}_3^{1-})_{\text{в аліквоті}} = c(\text{HCl}) \cdot \bar{V}(\text{HCl}), \text{ ммоль}$$

$$n(\text{HCO}_3^{1-})_{\text{в 1 дм}^3} = \frac{c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) \cdot 1000}{V^a(\text{H}_2\text{O})}, \text{ ммоль/дм}^3$$

$$N_{\text{тимч.}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) \cdot 1000}{V^a(\text{H}_2\text{O})}, \text{ ммоль/дм}^3$$

Висновок: тимчасова твердість водопровідної води складає ммоль еквівалентів кальцій гідрогенкарбонату і магній гідрогенкарбонату у води об'ємом 1 дм³.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА №5

Тема: „Аналіз технічної тартратної (винної) кислоти методом окремих наважок”

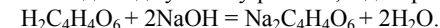
Мета: визначити вміст (%) тартратної кислоти у зразку.

I. Теоретичні основи визначення

Тартратна кислота двохосновна. Відношення констант йонізації менше, ніж 10⁴, тому поетапне титрування проводити не можна.

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{1,04 \cdot 10^{-3}}{4,55 \cdot 10^{-5}} = 22,9 < 10^4.$$

Робочий розчин – натрій гідроксид або калій гідроксид. Тартратну кислоту, яка міститься в досліджуваному розчині, відтитровують повністю:



$$f_{\text{екв.}}(\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6) = 1/2;$$

$$M(1/2\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6) = 75,04 \text{ г/моль}.$$

pH у точці еквівалентності розраховуємо за формулою (гідроліз солі):

$$\text{pH} = 7 + 1/2 pK_2(\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6) + 1/2 \lg c(\text{солі}) = 7 + 2,17 - 0,5 = 8,67.$$

Значення pH у точці еквівалентності показує, що титрування розчину тартратної кислоти можна проводити з індикатором фенолфталеїном (pT = 9).

II. Порядок виконання роботи

1. Розрахунок наважки технічної тартратної кислоти.

При розрахунку наважки тартратної кислоти виходимо з того, що титрувати будемо розчином натрій гідроксиду з молярною концентрацією 0,1 моль/дм³. На титрування наважки тартратної кислоти повинно використовуватися не менше 5 см³ і не більше 25 см³ (об'єм бюретки) стандартного розчину натрій гідроксиду.

$$n(1/2H_2C_4H_4O_6) = n(NaOH);$$

$$\frac{c(NaOH) \cdot V(NaOH)}{1000} = \frac{m(H_2C_4H_4O_6)}{M(1/2H_2C_4H_4O_6)};$$

$$m(H_2C_4H_4O_6) = \frac{c(NaOH) \cdot V(NaOH) \cdot M(1/2H_2C_4H_4O_6)}{1000} = \frac{0,1000 \cdot 25,00 \cdot 75,04}{1000} = 0,1876 \text{ (г)}.$$

2. Взяття наважки.

Для аналізу беремо три наважки тартратної кислоти:

- а) маса бюксу з речовиною....., г
 маса порожнього бюксу , г
 наважка $m_1(H_2C_4H_4O_6)$, г
- б) маса бюксу з речовиною....., г
 маса порожнього бюксу , г
 наважка $m_2(H_2C_4H_4O_6)$, г
- в) маса бюксу з речовиною....., г
 маса порожнього бюксу , г
 наважка $m_3(H_2C_4H_4O_6)$, г

3. Розчинення наважки і титрування.

Взяті наважки переносимо кількісно у три конічні колби для титрування і розчиняємо у довільному об'ємі води (25 см³). Додаємо 2-3 краплі фенолфталеїну і титруємо розчином натрій гідроксиду до малинового забарвлення, яке не зникає 30-40 секунд.

Результати титрування:

$m(H_2C_4H_4O_6)$, г	$V(NaOH)$, см ³
1)	
2)	
3)	

4. Розрахунок дійсного вмісту тартратної кислоти (г) у кожній наважці за формулою:

$$m(H_2C_4H_4O_6) = \frac{c(NaOH) \cdot V(NaOH) \cdot M(1/2H_2C_4H_4O_6)}{1000}$$

$$m_1(H_2C_4H_4O_6)_{\text{практ.}} = \dots\dots\dots, \text{ г}$$

$$m_2(H_2C_4H_4O_6)_{\text{практ.}} = \dots\dots\dots, \text{ г}$$

$$m_3(H_2C_4H_4O_6)_{\text{практ.}} = \dots\dots\dots, \text{ г}$$

5. Розрахунок масової частки тартратної кислоти у кожному досліді за формулою:

$$w(\%) (H_2C_4H_4O_6) = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{наважки}}} \cdot 100$$

$$w_1(\%) (H_2C_4H_4O_6) = \dots\dots\dots$$

$$w_2(\%) (H_2C_4H_4O_6) = \dots\dots\dots$$

$$w_3(\%) (H_2C_4H_4O_6) = \dots\dots\dots$$

6. Знаходження середнього значення масової частки тартратної кислоти у зразку:

$$\bar{w}(\%) (H_2C_4H_4O_6) = \frac{w_1 + w_2 + w_3}{3}$$

Висновок: масова частка (%) тартратної кислоти у досліджуваному зразку складає

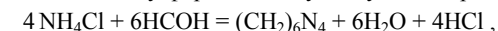
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА №6

Тема: „Визначення Нітрогену в солях амонію формальдегідним методом”

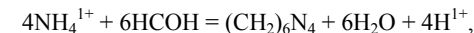
Мета: встановити вміст (%) Нітрогену в амоній хлориді формальдегідним методом. Порівняти експериментальні результати із вмістом Нітрогену в амоній хлориді, розрахованим теоретично.

I. Теоретичні основи визначення

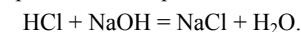
Формальдегідний метод є одним із найточніших методів визначення вмісту Нітрогену в солях амонію. Він ґрунтується на тому, що при додаванні до розчину солі амонію надлишку формальдегіду відбувається реакція:



або в йонно-молекулярному вигляді:



у результаті якої виділяються гідроген-йони в кількості, еквівалентній кількості Нітрогену в солі амонію. Гідроген-йони, які виділилися, відтитровують стандартним розчином натрій гідроксиду в присутності фенолфталеїну до появи рожевого забарвлення:



Цей індикатор необхідно застосовувати тому, що точка еквівалентності знаходиться в лужній області (pH > 7). pH в точці еквівалентності визначається слабкою основою – гексаметилентетраміном (уротропіном), pK якої дорівнює 5. Ця слабка основа залишається в розчині, у той час як гідроген-йони хлоридної кислоти відтитровуються натрій гідроксидом.

Рівняння матеріального балансу за кількістю речовин еквівалентів при титруванні замісника має вигляд:

$$n(N) = n(NaOH).$$

При виконанні аналізу способом піпеткування масу Нітрогену в зразку солі амонію розраховують за формулою:

$$m(N) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}_{\text{розч.}}) \cdot M(N)}{1000} \cdot \frac{V_{\text{м.к.}}(\text{NH}_4\text{Cl}_{\text{розч.}})}{V^a(\text{NH}_4\text{Cl}_{\text{розч.}})}, \text{ г}$$

II. Порядок виконання роботи

1. Приготування розчину натрій гідроксиду об'ємом 250 см³ ($c(\text{NaOH}) \approx 0,1000$ моль/дм³).

а) Розрахунок наважки натрій гідроксиду для приготування розчину натрій гідроксиду об'ємом 250 см³ ($c(\text{NaOH}) \approx 0,1000$ моль/дм³):

$$m(\text{NaOH}) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH}) \cdot V_{\text{м.к.}}(\text{NaOH}_{\text{розч.}})}{1000} = \frac{0,1000 \cdot 40,00 \cdot 250,00}{1000} = 1,000 \text{ г.}$$

б) Взяття наважки натрій гідроксиду на аналітичних терезах:

маса бюксу з речовиною , г
 маса порожнього бюксу , г
 наважка $m(\text{NaOH})_{\text{практ.}}$, г

в) Розчинення наважки натрій гідроксиду.

Наважку суміші переносимо в мірну колбу об'ємом 250 см³, розчиняємо у невеликому об'ємі дистильованої води, доливаємо дистильованою водою до мітки, ретельно перемішуємо.

2. Приготування розчину хлоридної кислоти з фіксаналу ($c(\text{HCl}) = 0,1000$ моль/дм³).

3. Перевірка молярної концентрації розчину натрій гідроксиду за стандарт-титром хлоридної кислоти.

а) Титрування розчину натрій гідроксиду:

У бюретку:

– стандартний розчин хлоридної кислоти, приготовлений із фіксаналу, з молярною концентрацією речовини 0,1000 моль/дм³.

У колбу для титрування:

– аліквотний об'єм розчину натрій гідроксиду $V^a(\text{NaOH}) = \dots\dots\dots$, см³;

– індикатор фенолфталеїн, 2-3 краплі.

Фенолфталеїн змінює забарвлення з малинового до безбарвного.

Результати титрування:

I титрування $V(\text{HCl}) \dots\dots\dots$, см³
 II титрування $V(\text{HCl}) \dots\dots\dots$, см³
 III титрування $V(\text{HCl}) \dots\dots\dots$, см³
 $\bar{V}(\text{HCl}) = \dots\dots\dots$, см³.

б) Розрахунок молярної концентрації робочого розчину натрій гідроксиду ($c(\text{NaOH})$) із рівняння:

$$c(\text{HCl}) \cdot \bar{V}(\text{HCl}(p.)) = c(\text{NaOH}) \cdot V^a(\text{NaOH}(p.)).$$

Розрахунок титру натрій гідроксиду ($T(\text{NaOH})$) та поправочного коефіцієнту ($K(\text{NaOH})$).

$$c(\text{NaOH}) = \frac{c(\text{HCl}) \cdot \bar{V}(\text{HCl}(p.))}{V^a(\text{NaOH}(p.))} = \dots\dots\dots, \text{ моль/дм}^3;$$

$$T(\text{NaOH}) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH})}{1000} = \dots\dots\dots, \text{ г/см}^3;$$

$$K(\text{NaOH}) = \frac{c_{\text{практ.}}(\text{NaOH})}{c_{\text{теор.}}(\text{NaOH})}.$$

4. Приготування розчину формальдегіду об'ємом 50 см³ із масовою часткою речовини 20 % із наявного розчину в лабораторії.

У лабораторії наявний розчин формальдегіду з масовою часткою речовини 40% (заводський реактив).

Для приготування розчину формальдегіду об'ємом 50 см³ із масовою часткою речовини 20% у мірний стакан відміряємо мірним циліндром 25 см³ вихідного розчину та додаємо 20 см³ дистильованої води, доводимо розчин до об'єму 50 см³ дистильованою водою і перемішуємо скляною паличкою.

5. Приготування розчину амоній хлориду.

а) Взяття наважки амоній хлориду на аналітичних терезах (≈ 1 г)

маса бюксу з речовиною , г
 маса порожнього бюксу , г
 наважка $m(\text{NH}_4\text{Cl})_{\text{практ.}}$, г

б) Розчинення наважки.

Наважку солі амоній хлориду переносимо в мірну колбу об'ємом 100,0 см³, розчиняємо у невеликому об'ємі дистильованої води, доливаємо дистильованою водою до мітки, ретельно перемішуємо.

6. Аналіз розчину амоній хлориду.

а) Титрування розчину амоній хлориду.

У бюретку:

– робочий розчин натрій гідроксиду із встановленою молярною концентрацією $c(\text{NaOH}) = \dots\dots\dots$, моль/дм³.

У колбу для титрування:

– 10,00 см³ розчину амоній хлориду (відміряємо аліквотною піпеткою);

– 5,0 см³ розчину формальдегіду з масовою часткою речовини 20% (відміряємо мірною пробіркою);

– 2-3 краплі розчину фенолфталеїну.

Отриманий розчин залишаємо на 1-2 хвилини.

Титруємо розчином натрій гідроксиду до появи блідо-рожевого забарвлення розчину, стійкого протягом 30 с. Титрування проводимо три рази.

Результати титрування:

$$\begin{aligned} \text{I титрування } V_1(\text{NaOH}) & \dots, \text{ см}^3 \\ \text{II титрування } V_2(\text{NaOH}) & \dots, \text{ см}^3 \\ \text{III титрування } V_3(\text{NaOH}) & \dots, \text{ см}^3 \\ \bar{V}_1(\text{NaOH}) & = \dots, \text{ см}^3. \end{aligned}$$

У результати титрування потрібно ввести поправку на вміст у формальдегіді метанової (форміатної) кислоти. Величину поправки знаходимо із холостого дослідю.

Для цього:

У колбу для титрування:

– 10,0 см³ розчину формальдегіду з масовою часткою речовини 20% (відміряємо мірною пробіркою);

– 2-3 краплі фенолфталеїну.

У бюретку:

– робочий розчин натрій гідроксиду із встановленою молярною концентрацією. $c(\text{NaOH}) = \dots$, моль/дм³.

Титруємо розчином натрій гідроксиду до появи блідо-рожевого забарвлення розчину, стійкого протягом 30 с. Титрування проводимо три рази. Об'єм розчину натрій гідроксиду, який був витрачений на титрування, ділимо на 2 і віднімаємо від об'єму розчину натрій гідроксиду, що витрачений на титрування досліджуваного розчину солі амоній хлориду.

Результати титрування:

$$\begin{aligned} \text{I титрування } V_2(\text{NaOH}) & \dots, \text{ см}^3 \\ \text{II титрування } V_2(\text{NaOH}) & \dots, \text{ см}^3 \\ \text{III титрування } V_2(\text{NaOH}) & \dots, \text{ см}^3 \\ \bar{V}_2(\text{NaOH}) & = \dots, \text{ см}^3 \end{aligned}$$

$$\bar{V}_3(\text{NaOH}) = \bar{V}_2 / 2 = \dots, \text{ см}^3$$

$$\bar{V}_4(\text{NaOH}) = \bar{V}_1(\text{NaOH}) - \bar{V}_3(\text{NaOH}) = \dots, \text{ см}^3.$$

б) Розрахунок вмісту Нітрогену в наважці амоній хлориду (маса практична):

$$m(N)_{\text{практ.}} = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot \bar{V}_4(\text{NaOH розч.}) \cdot M(N)}{1000} \cdot \frac{V_{\text{м.к.}}(\text{NH}_4\text{Cl розч.})}{V^a(\text{NH}_4\text{Cl розч.})}, \text{ г}$$

в) Розрахунок масової частки Нітрогену в амоній хлориді:

$$w(\%) (N) = \frac{m(N)}{m(\text{NH}_4\text{Cl})} \cdot 100.$$

г) Розрахунок теоретичного вмісту Нітрогену в амоній хлориді:

	NH ₄ Cl	—	N
за р. р	<i>n</i>	1 моль	1 моль
	<i>M</i>	53,492 г/моль	14,007 г/моль
	<i>m</i>	53,492 г	14,007 г
за у. з.	<i>m</i>	100 г	<i>x</i> г

$$x = w(\%) (N) = \frac{14,007 \cdot 100}{53,492} = 26,19$$

Висновок.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №32

Тема: „Методи кислотно-основного титрування”
(модульна контрольна робота №5)

Мета: перевірити засвоєння теоретичних основ та області застосування методів кислотно-основного титрування.

Домашнє завдання:

1. [2]; [14] Р. 2, с. 141–215; [15] с. 233–311; [17].

2. Повторити матеріал лекцій із тем:

“Криві кислотно-основного титрування”;

“Індикатори кислотно-основного титрування”;

“Титрування багатоосновних кислот та суміші кислот”;

“Титрування солей”.

Зразок завдань до модульної контрольної роботи №5 із теми: „Методи кислотно-основного титрування”

I. Теоретичний матеріал.

1 Йонно-хромовна теорія індикаторів кислотно-основного титрування. Інтервал переходу індикатора, показник титрування.

2. Визначення вмісту солей амонію зворотним титруванням та титруванням замісника.

II. Розв'язування вправ.

3. З розчину нітратної(V) кислоти об'ємом 50,00 см³, густина якого 1,4 г/см³, приготували розчин у мірній колбі об'ємом 1000,0 см³. На титрування аліквоти стандартного розчину калій гідроксиду об'ємом 20,00 см³ ($T(\text{KOH}/\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,04904 \text{ г/см}^3$) витрачено об'єм 26,88 см³ приготованого розчину нітратної(V) кислоти. Розрахувати масову частку (%) гідроген нітрату(V) у вихідному розчині. $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,08 \text{ г/моль}$, $M(\text{HNO}_3) = 63,01 \text{ г/моль}$.

4. Як визначити вміст дикалій карбонату і калій гідрогенкарбонату при спільній їх присутності (схема титрування, індикатори, рівняння матеріального балансу за кількістю речовин еквівалентів)?

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №33

Тема: „Загальна характеристика методів окисно-

відновного титрування (редоксметрії) ”

Мета: засвоїти теоретичні основи методів окисно-відновного титрування.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Сутність і класифікація методів окисно-відновного титрування.
2. Константа рівноваги окисно-відновної реакції і напрям реакції.
3. Особливості реакцій окиснення-відновлення, які ускладнюють їх використання в титриметричному аналізі. Способи усунення цих недоліків.
4. Криві окисно-відновного титрування. Залежність стрибка титрування від різних факторів.
5. Способи фіксування точки еквівалентності в окисно-відновному титруванні.

Домашнє завдання:

1. [2]; [7]; [14] Р. 2, с.233–243; [15] с. 341–392.
2. Самостійна робота: оформити в зошиті таблицю редоксіндикаторів.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №34

Тема: „Перманганатометрія ”

Мета: засвоїти сутність методу перманганатометрії та його застосування.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Сутність методу, робочий розчин та первинні стандартні речовини в перманганатометрії, умови визначення методом перманганатометрії.
2. Область застосування перманганатометрії.
3. Методика приготування розчину калій перманганату та встановлення його молярної концентрації речовини еквівалента (нормальної концентрації) за оксалатною кислотою в сульфатнокислому середовищі.
4. Методика приготування водного розчину солі Мора.
5. Методика визначення вмісту (%) Fe^{2+} -йонів у солі Мора перманганатометричним методом.

II. Практична частина:

1. Робота №1: Стандартизація розчину калій тетраоксоманганату(VII) за розчином оксалатної кислоти з молярною концентрацією речовини еквівалента $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ 0,05000 моль/дм³, що виготовлений з фіксаналу (або за точною наважкою).

2. Робота №2: Визначення вмісту (%) Fe^{2+} -йонів у солі Мора методом перманганатометрії.

III. Контроль виконання самостійної роботи.

Домашнє завдання:

1. [2] с. 354–358; [5]; [7]; [14] Р. 2, с. 243–265; [15] с. 341–392; [18] с. 7–44.
2. Самостійна робота:
 - 2.1. Опрацювати методозробку [18] с. 7–44.
 - 2.2. Розв’язати задачі відповідного варіанту.
 - 2.3. Оформити в зошиті плани виконання практичних робіт №1 і №2.

Задачі для самостійного розв’язування з теми:

„Перманганатометрія”

№ варіанту	Збірник задач	№ варіанту	Збірник задач	№ варіанту	Збірник задач
	[5]		[5]		[5]
1	511, 524	6	516, 511	11	508, 521
2	512, 525	7	517, 510	12	509, 522
3	513, 526	8	518, 509	13	510, 523
4	514, 527	9	506, 519	14	511, 524
5	515, 512	10	507, 520	15	512, 525

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

Тема: “Стандартизація розчину калій тетраоксоманганату(VII) за розчином оксалатної кислоти з молярною концентрацією речовини еквівалента $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ 0,05000 моль/дм³, що виготовлений із фіксаналу (або за точною наважкою)”

Мета: навчитися стандартизувати робочий розчин калій тетраоксоманганату(VII) методом піпеткування.

Лабораторне обладнання і реактиви (для робіт №1 і №2): штатив Бунзена, бюретка з краником, аліквотна піпетка, лійка, мірні колби об’ємом 100 см³, бюкс, промивалка, технохімічні й аналітичні терези, циліндри об’ємом 50-100 см³, електроплитка, банки для зливання, розчин калій тетраоксоманганату(VII) ($c(1/5KMnO_4) \approx 0,05$ моль/дм³), оксалатна кислота марки „х.ч.” або фіксанал, сіль Мора, розчин сульфатної кислоти ($c(1/2H_2SO_4) = 2$ моль/дм³).

Порядок виконання роботи

I. Приготування стандартного розчину оксалатної кислоти об’ємом 100 см³ із молярною концентрацією речовини еквівалента $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ 0,05000 моль/дм³.

1. Складання рівняння реакції взаємодії оксалатної кислоти з калій перманганатом у кислому середовищі (H_2SO_4) йонно-електронним методом.

2. Розрахунок факторів еквівалентності речовин оксалатної кислоти і калій перманганату та молярної маси еквівалентів цих речовин.

3. Розрахунок наважки оксалатної кислоти для приготування розчину об’ємом 100 см³.

4. Взяття наважки оксалатної кислоти:

маса бюксу з речовиною г
 маса порожнього бюксу г
 наважка $m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})_{\text{практ.}}$ г

5. Приготування розчину оксалатної кислоти.

Наважку переносимо в мірну колбу об'ємом 100 см³, розчиняємо спочатку в невеликій кількості води, потім доводимо водою до мітки. Перемішуємо.

6. Розрахунок характеристик стандартного розчину оксалатної кислоти.

$c(1/2 \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})_{\text{практ.}}$; $T(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$; $K(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$

II. Встановлення молярної концентрації речовини еквівалента калій тетраоксоманганату(VII), титру та поправочного коефіцієнту за стандартним розчином оксалатної кислоти методом піпеткування.

1. Титрування стандартного розчину оксалатної кислоти розчином калій тетраоксоманганату(VII).

У бюретку: розчин калій тетраоксоманганату(VII).

У колбу для титрування:

- аліквотний об'єм оксалатної кислоти $V^a(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = \dots, \text{см}^3$ (визначаємо аліквотною піпеткою);
- розчин сульфатної кислоти, виміряний циліндром. $V(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ розч.}) = 15 \text{ см}^3$.

Нагриваємо колбу з розчином на плитці до температури $\approx 70\text{-}80^\circ\text{C}$.

Результати титрування:

I титрування $V(\text{KMnO}_4) \dots, \text{см}^3$

II титрування $\dots, \text{см}^3$

III титрування $\dots, \text{см}^3$

$\bar{V}(\text{KMnO}_4) \dots, \text{см}^3$

2. Розрахунок характеристик стандартизованого розчину калій тетраоксоманганату(VII):

$c(1/5 \text{KMnO}_4)_{\text{практ.}}$; $T(\text{KMnO}_4)$; $K(\text{KMnO}_4)$.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

Тема: „Визначення вмісту (%) Fe^{2+} -іонів у солі Мора методом перманганатометрії”

Мета: порівняти отриманий практичний результат масової частки Fe^{2+} -іонів у солі Мора з теоретичним.

Порядок виконання роботи

1. Приготування розчину солі Мора об'ємом 100 см³ ($c(\text{фев.}(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) \approx 0,05 \text{ моль/дм}^3$).

1. Складання рівняння реакції взаємодії перманганат-йону з Fe^{2+} -йоном у кислому середовищі йонно-електронним методом.

2. Розрахунок факторів еквівалентності речовин солі Мора і калій перманганату та молярної маси речовин еквівалента солі Мора і калій

перманганату.

3. Розрахунок наважки солі Мора для приготування розчину об'ємом 100 см³ ($c(\text{фев.}(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) \approx 0,05 \text{ моль/дм}^3$).

4. Взяття наважки солі Мора:

маса бюксу з речовиною г

маса порожнього бюксу г

наважка $m(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ г

5. Розчинення наважки.

У мірну колбу об'ємом 100 см³ поміщаємо 30-40 см³ розчину сульфатної(VI) кислоти ($c(1/2\text{H}_2\text{SO}_4)=2 \text{ моль/дм}^3$) (виміряємо циліндром), переносимо наважку, доводимо водою до мітки, ретельно перемішуємо.

II. Аналіз солі Мора.

1. Титрування розчину солі Мора.

У бюретку: розчин калій тетраоксоманганату(VII).

У колбу для титрування:

- аліквотний об'єм солі Мора. $V^a(\text{солі Мора}) = \dots, \text{см}^3$ (виміряємо аліквотною піпеткою);
- розчин сульфатної кислоти, виміряний циліндром. $V(\text{H}_2\text{SO}_4)=10\text{-}15 \text{ см}^3$.

Результати титрування:

I титрування $V(\text{KMnO}_4) \dots, \text{см}^3$

II титрування $\dots, \text{см}^3$

III титрування $\dots, \text{см}^3$

$\bar{V}(\text{KMnO}_4) \dots, \text{см}^3$

2. Розрахунок масової частки Fe^{2+} -іонів у солі Мора за результатами титрування:

1 спосіб:

а) рівняння матеріального балансу за кількістю речовин еквівалентів:
 $n(\text{Fe}^{2+}) = n(1/5 \text{KMnO}_4)$.

$$\frac{m(\text{Fe}^{2+})_{\text{в аліквоті}}}{M(\text{Fe}^{2+})} = \frac{c(1/5 \text{KMnO}_4) \cdot V(\text{KMnO}_4)}{1000}$$

$$\text{б) } m(\text{Fe}^{2+})_{\text{у наважці}} = m(\text{Fe}^{2+})_{\text{в аліквоті}} \cdot \frac{V_{\text{М.К.}}}{V^a(\text{солі Мора})}$$

в) $w(\%)(\text{Fe}^{2+})_{\text{практ.}}$

2 спосіб:

а) $T(\text{KMnO}_4/\text{Fe}^{2+})$;

б) $m(\text{Fe}^{2+})_{\text{в аліквоті}}$;

в) $m(\text{Fe}^{2+})_{\text{у наважці}}$;

г) $w(\%)(\text{Fe}^{2+})_{\text{практ.}}$

III. Розрахунок теоретичного вмісту (%) Fe^{2+} -іонів у солі Мора.

Висновок: порівняти одержаний практичний результат масової частки Fe^{2+} -йонів у солі Мора з теоретичним і зробити висновок про якість препарату.

!!! Розчин солі Мора зберігати до наступного заняття.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №35

Тема: Застосування перманганатометрії

Мета: одержати навички проведення обчислень вмісту визначуваного компонента при перманганатометричному визначенні прямим, оберненим (зворотним) титруванням та титруванням замісника.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

Перманганатометричне визначення окисників, відновників і речовин, які не мають окисно-відновних властивостей.

II. Розв'язування вправ:

Обчислення вмісту манган(II)-, нітрат(III)-, оксалат-, кальцій-йонів, дигідроген пероксиду, окиснюваності води у зразках.

Домашнє завдання:

- [2] с. 358–360; [7]; [14] Р. 2, с. 249–279; [15] с. 382–392; [18] с. 7–44.
- Самостійна робота: опрацювати методрозробку [18], с. 7–44.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №36

Тема: „Дихроматометрія”

Мета: ознайомитися з методом дихроматометрії, перевагами і недоліками цього методу в порівнянні з методом перманганатометрії.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

- Загальна характеристика дихроматометрії.
- Крива титрування Fe^{2+} -йонів розчином дикалій дихромату. Вплив різних факторів на вид кривої.
- Індикатори в дихроматометрії.
- Застосування дихроматометрії.
- Переваги і недоліки дихроматометрії у порівнянні з перманганатометрією.
- Методика визначення вмісту (%) Fe^{2+} -йонів у солі Мора методом дихроматометрії.
- Розв'язування задач та виконання вправ.

II. Практична частина:

Робота №1: Визначення масової частки (%) Fe^{2+} -йонів у солі Мора методом дихроматометрії.

Домашнє завдання:

- [5]; [7]; [14] с. 302–313; [15] с. 392–395; [16]; [18] с. 45–50.
- Самостійна робота:
 - Розв'язати задачі відповідного варіанту.
 - Опрацювати методрозробку [18], с.45–50.

Задачі для самостійного розв'язування з теми:

„Методи окисно-відновного титрування”

№ варіанту	Збірник задач		№ варіанту	Збірник задач	
	[5]	[16]		[5]	[16]
1	528	972	8	535	992
2	529	973	9	536	993
3	530	974	10	537	994
4	531	975	11	539	995
5	532	989	12	540	1007
6	533	990	13	541	1008
7	534	991	14	528	1012

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

Тема: „Визначення масової частки (%) Fe^{2+} -йонів у солі Мора методом дихроматометрії”

Мета: встановити вміст (%) Fe^{2+} -йонів у солі Мора методом дихроматометрії, порівняти результати аналізу вмісту Fe^{2+} -йонів у солі Мора методом дихроматометрії та перманганатометрії.

Лабораторне обладнання і реактиви: штатив Бунзена, бюретка, аліквотна піпетка об'ємом 5,00; 10,00 або 15,00 cm^3 , циліндр об'ємом 25-50 cm^3 , конічні колби для титрування (300 cm^3), банки для зливання, мірна колба об'ємом 2 dm^3 , лійка, промивалка, розчин солі Мора (з минулого заняття), кислотна суміш (фосфатної і сульфатної (VI) кислот), 1% розчин дифеніламіну в сульфатній кислоті, фіксанал дикалій дихромату.

Порядок виконання роботи

1. Для роботи використовуємо розчин солі Мора, який приготували на попередньому занятті.

$$m((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = \dots, \text{ г} \quad V_{\text{м.к.}} = \dots, \text{ см}^3.$$

2. Приготування розчину дикалій дихромату з фіксаналу з молярною концентрацією речовини еквівалента $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,05000 моль/ dm^3 .

3. Складання рівняння реакції взаємодії Fe^{2+} -йону з $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -йоном у кислому середовищі йонно-електронним методом.

4. Розрахунок факторів еквівалентності речовин солі Мора і дикалій дихромату та молярної маси еквівалентів цих речовин.

5. Розрахунок титру стандартного розчину дикалій дихромату ($T(K_2Cr_2O_7)$) і титру стандартного розчину дикалій дихромату за Fe^{2+} -йоном ($T(K_2Cr_2O_7/Fe^{2+})$).

6. Титрування розчину солі Мора.

У бюретку: розчин дикалій дихромату, приготовлений із фіксаналу.

У колбу для титрування :

– V^a (розчину солі Мора) = , cm^3 (відміряємо аліквотною піпеткою);

– V (кислотної суміші $H_3PO_4 + H_2SO_4$) = 25 cm^3 (відміряємо циліндром);

– 1-2 краплі 1%-ного розчину дифеніламіну в сульфатній кислоті.

Зміна забарвлення розчину в процесі титрування – від зеленого до синьо-фіолетового. Зелене забарвлення розчину, який титрують, обумовлене накопиченням Cr^{3+} -йонів. Для послаблення зеленого забарвлення бажано розчин, що титрують, розбавляти водою.

Результати титрування:

I титрування $V(K_2Cr_2O_7)$, cm^3

II титрування , cm^3

III титрування , cm^3

$\bar{V}(K_2Cr_2O_7)$, cm^3 .

7. Розрахунок масової частки (%) Fe^{2+} -йонів у солі Мора за результатами титрування:

а) $m(Fe^{2+})$ в аліквоті;

б) $m(Fe^{2+})$ в мірній колбі;

в) $w(\%)(Fe^{2+})_{\text{практ.}}$ в солі Мора.

8. Розрахунок теоретичної масової частки Fe^{2+} -йонів у солі Мора.

Висновки:

1. Порівняти одержаний з досліду результат вмісту Fe^{2+} -йонів у солі Мора з теоретичним.

2. Порівняти результати перманганатометричного і дихроматометричного визначення вмісту Fe^{2+} -йонів у солі Мора.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №37

Тема: „Методи окисно-відновного титрування.

Йодометрія”

Мета: ознайомитися з методом йодометрії та його практичним застосуванням.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Загальна характеристика йодометрії.
2. Робочі розчини в йодометрії та їх стандартизація.
3. Способи титрування в йодометрії.
4. Визначення окисників, відновників та кислот у йодометрії.
5. Джерела помилок у йодометрії.

Домашнє завдання:

1. [2] §77, с. 360–364; [5]; [7]; [14] Р. 2, с. 279–286; [15] с. 395–411; [18] с. 51–61.

2. Самостійна робота:

1. Опрацювати методрозробку [18], с. 51–61.
2. Розв'язати задачі відповідного варіанту.

Задачі для самостійного розв'язування з теми:

„Йодометрія”

№ варіанту	Збірник задач		№ варіанту	Збірник задач	
	[5]	[19] с. 147–148		[5]	[19] с. 147–148
1	541	29	8	548	36
2	542	30	9	549	37
3	543	31	10	550	38
4	544	32	11	540	39
5	545	33	12	541	40
6	546	34	13	545	41
7	547	35	14	546	29

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №38

Тема: „Йодометрія”

Мета: закріпити знання про стандартизацію робочих розчинів у йодометрії та визначити вміст (%) купрум(II) сульфат-води (1/5) у зразку мідного купоросу.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Приготування стандартного розчину йоду. Приготування розчину динатрій тіосульфат-вода (1/5) та встановлення його титру за дикалій дихроматом.
2. Методика визначення вмісту (%) купрум сульфат-вода (1/5) у зразку мідного купоросу марки „ч.” і порівняння з даними Держстандарту.
3. Розгляд вправ.

II. Практична частина:

1. Робота №1: „Приготування розчину динатрій тіосульфат-вода (1/5) із молярною концентрацією речовини еквівалента $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O \approx 0,05$ моль/ dm^3 та його стандартизація за 0,05000 н. розчином дикалій дихромату, що виготовлений із фіксаналу”.

2. Робота №2: „Визначення вмісту (%) купрум сульфат-вода (1/5) у зразку мідного купоросу марки «ч.» і порівняння з даними Держстандарту”.

Домашнє завдання:

1. [2] §77, с. 360–364; [14] Р. 2, с. 286–300; [15] с. 395–411; [18] с. 51–61.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

Тема: “Приготування розчину динатрій тіосульфат-вода (1/5) із молярною концентрацією речовини еквівалента $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \approx 0,05 \text{ моль/дм}^3$ та його стандартизація за $0,05000 \text{ н. розчином}$ дикалій дихромату, що виготовлений із фіксаналу”

Мета: закріпити навички приготування розчинів заданої концентрації та їх стандартизації.

Лабораторне обладнання і реактиви (до практичних робіт №1 і №2): штатив Бунзена, бюретки, білий фон, конічні колби, мірна колба об’ємом 100 см^3 , піпетка, сушильна шафа, ексикатор, бюкс, технохімічні й аналітичні терези, банка для зливання, різноважки, $0,2\%$ розчин крохмалю, розчин калій йодиду (10%), кристалічний динатрій тіосульфат-вода (1/5), розчин дикалій дихромату, що виготовлений із фіксаналу, зразок мідного купоросу, скляна пластинка.

Порядок виконання роботи

- I. Приготування розчину динатрій тіосульфат-вода (1/5) із молярною концентрацією речовини еквівалента $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \approx 0,05 \text{ моль/дм}^3$.**

1. Складання рівняння реакції взаємодії тіосульфат-йону з йодом йонно-електронним методом.

2. Розрахунок факторів еквівалентності речовин динатрій тіосульфат-води (1/5) і йоду та молярної маси еквівалентів цих речовин.

3. Розрахунок наважки кристалогідрату динатрій тіосульфату для приготування розчину об’ємом 100 см^3 із молярною концентрацією речовини еквівалента $0,05 \text{ моль/дм}^3$.

- 4. Взяття наважки** кристалогідрату динатрій тіосульфату.

маса бюксу з речовиною....., г

маса порожнього бюксу....., г

наважка $m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{\text{прат.}})$, г

- 5. Розчинення наважки водою** в мірній колбі об’ємом 100 см^3 .

II. Стандартизація розчину динатрій тіосульфат вода (1/5) за розчином дикалій дихромату, що виготовлений із фіксаналу, з молярною концентрацією речовини еквівалента $0,05000 \text{ моль/дм}^3$, титруванням замісника.

1. Складання рівняння реакції взаємодії калій йодиду з дикалій дихроматом у кислому середовищі (H_2SO_4) йонно-електронним методом.

2. Розрахунок фактору еквівалентності речовини дикалій дихромату та молярної маси речовини еквівалента.

3. Запис рівняння матеріального балансу для стандартизації розчину динатрій тіосульфат-вода (1/5) за розчином дикалій дихромату (титрування замісника).

- 4. Титрування.**

У бюретку: стандартний розчин динатрій тіосульфат-вода (1/5).

У колбу для титрування:

– $V^a(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = \dots\dots\dots, \text{ см}^3$ (відміряємо аліквотною піпеткою);

– $V(20\% \text{ H}_2\text{SO}_4) = 20 \text{ см}^3$ (відміряємо циліндром);

– $V(10\% \text{ KI}) = 10 \text{ см}^3$ (відміряємо циліндром).

Закрити колбу склом і на 5-7 хвилин залишити в темному місці.

Йод, що виділився, відтитруємо стандартним розчином динатрій тіосульфату до солом’яно-жовтого кольору, додаємо 3-5 крапель індикатора крохмалю і титруємо до зникнення синього забарвлення розчину. (Титрування можна проводити і без індикатора).

Результати титрування:

I титрування $V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$, см^3

II титрування , см^3

III титрування , см^3

$\bar{V}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$, см^3

- 5. Розрахунок характеристик робочого розчину динатрій тіосульфат-вода (1/5):**

$c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}); T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}); K(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}).$

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

Тема: „Визначення вмісту (%) купрум(II) сульфат-вода (1/5) у мідному купоросі марки „ч.” і порівняння з даними Держстандарту”

Мета: встановити вміст (%) купрум(II) сульфату (1/5) у мідному купоросі марки „ч.” методом йодомерії.

Порядок виконання роботи

- I. Приготування 100 см^3 розчину купрум(II) сульфат-вода (1/5) із молярною концентрацією речовини еквіваленту $0,05 \text{ моль/дм}^3$.**

1. Складання рівняння реакції взаємодії купрум(II) сульфату з калій йодидом йонно-електронним методом.

2. Розрахунок фактору еквівалентності купрум(II) сульфат-вода (1/5) та молярної маси речовини еквівалента.

3. Розрахунок наважки купрум(II) сульфат-вода (1/5) для приготування розчину об’ємом $100,0 \text{ см}^3$ із молярною концентрацією речовини еквівалента $0,05 \text{ моль/дм}^3$.

4. Взяття наважки мідного купоросу:

маса бюксу з речовиною....., г

маса порожньої бюксу....., г

наважка $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{\text{прат.}})$, г

5. Приготування розчину:

У мірну колбу об'ємом 100,0 см³ переносимо наважку, розчиняємо в невеликій кількості води, доводимо до мітки водою, ретельно перемішуємо.

II. Визначення вмісту купрум(II) сульфат-вода (1/5) у зразку.

1. Титрування розчину купрум(II) сульфат-вода (1/5).

У бюретку: стандартний розчин динатрій тіосульфат-вода (1/5).

У колбу для титрування :

– $V^a(\text{CuSO}_4) = \dots\dots\dots$, см³ (відміряємо аліквотною піпеткою);

– $V(20\% \text{H}_2\text{SO}_4) = 1,0$ см³ (відміряємо мірною пробіркою);

– $V(10\% \text{KI}) = 10,0$ см³ (відміряємо циліндром або мірною пробіркою).

Закрити колбу склом і на 5-7 хвилин залишити в темному місці.

Йод, що виділився, відтитруємо стандартним розчином динатрій тіосульфату до солом'яно-жовтого кольору, додаємо 3-5 крапель індикатора крохмалю і титруємо до зникнення синього забарвлення розчину (титрування можна проводити і без індикатора).

Результати титрування:

I титрування $V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$, см³

II титрування , см³

III титрування , см³

$\bar{V}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$, см³.

2. Розрахунок практично одержаної молярної концентрації купрум(II) сульфат-вода (1/5):

$$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) .$$

$$c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{р.})) = c(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})_{\text{прат.}} \cdot V^a(\text{CuSO}_4(\text{р.})) .$$

3. Розрахунок вмісту (%) купрум(II) сульфат-вода (1/5) в мідному купоросі марки „ч.” за результатами титрування.

Висновок: порівняти одержаний результат із даними Держстандарту. За Держстандартом препарат мідного купоросу марки „ч.” містить не менше 99 % основної речовини купрум(II) сульфат-води (1/5).

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №39

Тема: „Методи окисно-відновного титрування”

(Контрольна робота)

Мета: перевірити знання теоретичного матеріалу з теми „Методи окисно-відновного титрування” та застосування цих методів при аналізі конкретних об'єктів.

Домашнє завдання:

1. [2]; [14] Р. 2, с. 233–317; [15] с. 343–420; [18].

2. Повторити матеріал лекцій із тем:

„Загальна характеристика методів окисно-відновного титрування”;

„Особливості реакцій окиснення-відновлення, які ускладнюють їх використання в титриметричному аналізі. Способи усунення цих недоліків”;

„Криві окисно-відновного титрування. Залежність стрибка титрування від різних факторів”;

„Способи фіксування точки еквівалентності в окисно-відновному титруванні”.

Зразок завдань до контрольної роботи з теми: „Методи окисно-відновного титрування”

I. Теоретичний матеріал.

1. Особливості реакцій окиснення-відновлення, які ускладнюють їх використання в титриметричному аналізі. Способи усунення цих недоліків. Приклади.

2. Дихроматометрія. Загальна характеристика методу. Фіксування точки еквівалентності. Застосування методу.

II. Задача.

3. Для аналізу солі на вміст ферум(III) хлориду наважку солі масою 4,8900 г розчинили у воді в мірній колбі об'ємом 250,00 см³. 25,00 см³ цього розчину обробили в кислому середовищі калій йодидом. На титрування йоду, що виділився, витрачено стандартний розчин динатрій тіосульфат-вода (1/5) об'ємом 32,10 см³ із молярною концентрацією речовини еквівалента $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1000 моль/дм³ ($K(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,9230$). Визначити масову частку (%) ферум(III) хлориду в зразку.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №40

Тема: „Методи осаджувального титрування.

Аргентометрія”

Мета: ознайомитися із сутністю методів осаджувального титрування, їх класифікацією, особливостями та практичним застосуванням аргентометрії.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Сутність і класифікація методів осаджувального титрування.

2. Аргентометрія. Робочий розчин та стандартні речовини в аргентометрії.

3. Способи фіксування точки еквівалентності в аргентометрії, їх переваги і недоліки.

4. Застосування аргентометрії.

5. Методика стандартизації робочого розчину аргентум нітрату за способом Мора.

6. Методика визначення вмісту хлорид-йонів у воді (мг/дм³) за способом Мора.
7. Розгляд вправ.

II. Практична частина:

1. Робота №1: „Стандартизація розчину аргентум нітрату ($c(\text{AgNO}_3) \approx 0,02$ моль/дм³) за натрій хлоридом з індикатором дикалій хроматом”.
2. Робота №2: „Визначення вмісту (мг/дм³) хлорид-йонів у водопровідній воді за способом Мора”.

Домашнє завдання:

1. [2] § 78, 79, с. 368–382; [5]; [7]; [14] Р. 2, с. 318–328; [15] с. 314–336; [16].
2. Самостійна робота: розв’язати задачі відповідного варіанту.

Задачі для самостійного розв’язування з теми: „Аргентометрія”

№ варіанту	Збірник задач		№ варіанту	Збірник задач	
	[5]	[16]		[5]	[16]
1	566	1222	8	559	1240
2	565	1224	9	558	1243
3	564	1226	10	557	1244
4	563	1230	11	556	1246
5	562	1231	12	555	1248 (2)
6	561	1236	13	560	1248 (3)
7	560	1237	14	566	1260

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

Тема: „Стандартизація розчину аргентум нітрату ($c(\text{AgNO}_3) \approx 0,02$ моль/дм³) за розчином натрій хлориду з індикатором дикалій хроматом методом піпеткування”

Мета: засвоїти метод Мора.

Лабораторне обладнання і реактиви: (до практичних робіт №1 і №2): штатив Бунзена, бюретка, білий фон, конічні колби, мірні колби, піпетки, бюкс, технохімічні й аналітичні терези, різноважки, промивалка, кристалічний натрій хлорид марки „х.ч.”, розчин аргентум нітрату, концентрований розчин амоніаку, 5%-ний або насичений розчин дикалій хромату, банка для зливання, склянки для відходів сполук Аргентуму.

Порядок виконання роботи

I. Приготування стандартного розчину натрій хлориду об’ємом 100 см³ із молярною концентрацією речовини 0,02000 моль/дм³.

1. Запис рівняння реакції; розрахунок факторів еквівалентності речовин аргентум нітрату і натрій хлориду та молярних мас речовин еквівалента.

2. Розрахунок наважки натрій хлориду для приготування розчину об’ємом 100,0 см³ із молярною концентрацією речовини 0,02000 моль/дм³.

3. Взяття наважки:

маса бюксу з речовиною г
маса порожнього бюксу г
наважка $m(\text{NaCl})_{\text{практ.}}$ г

4. Розчинення наважки натрій хлориду. Наважку натрій хлориду переносимо через лійку в мірну колбу на 100,0 см³, розчиняємо у невеликому об’ємі води, потім доводимо до мітки. Ретельно перемішуємо.

5. Розрахунок характеристик одержаного розчину натрій хлориду:
 $c(\text{NaCl})$, $T(\text{NaCl})$, $K(\text{NaCl})$

II. Встановлення молярної концентрації, титру та поправочного коефіцієнта розчину аргентум нітрату.

1. Титрування розчину натрій хлориду:

У бюретку: розчин аргентум нітрату.

У колбу для титрування:

– $V^a(\text{NaCl}) = \dots$, см³ (відміряємо аліквотною піпеткою);

– $\approx 0,5$ см³ 5% розчину дикалій хромату (відміряємо мірною пробіркою).

Титруємо до появи рожевого забарвлення.

Результати титрування:

I титрування $V(\text{AgNO}_3)$, см³

II титрування , см³

III титрування , см³

$\bar{V}(\text{AgNO}_3)$, см³

2. Розрахунок характеристик робочого розчину аргентум нітрату:

$c(\text{AgNO}_3)_{\text{практ.}}$; $T(\text{AgNO}_3)$; $K(\text{AgNO}_3)$.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

Тема: „Визначення вмісту (мг/дм³) хлорид-йонів у водопровідній воді та порівняння одержаних результатів із даними Держстандарту”

Мета: навчитися застосовувати метод аргентометричного титрування під час аналізу конкретних об’єктів.

Порядок виконання роботи

1. Підбір аліквоти.

Аліквоту води для визначення вмісту хлорид-йонів підбирають таким чином, щоб на титрування використовувалось не менше 5 см³ і не більше об’єму бюретки (25 см³) розчину аргентум нітрату.

2. Титрування:

У бюретку: робочий розчин аргентум нітрату.

У колбу для титрування:

– $V^a(\text{H}_2\text{O}) = \dots$, см³ (аліквотною піпеткою);

– $\approx 0,5$ см³ 5% розчину дикалій хромату (мірною пробіркою).

Результати титрування:

- I титрування $V(\text{AgNO}_3)$, см³
 II титрування , см³
 III титрування , см³
 $\bar{V}(\text{AgNO}_3)$, см³.

3. Розрахунок вмісту хлорид-йонів у воді, мг/дм³.

$$n(\text{Cl}^{-}) = n(\text{AgNO}_3)$$

$$n(\text{Cl}^{-}) \text{ ммоль в аликвоті води} = c(\text{AgNO}_3) \cdot \bar{V}(\text{AgNO}_3 \text{ розч.});$$

$$m(\text{Cl}^{-}) \text{ в аликвоті води} = c(\text{AgNO}_3) \cdot \bar{V}(\text{AgNO}_3 \text{ розч.}) \cdot M(\text{Cl}^{-});$$

$$m(\text{Cl}^{-}) = c(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3 \text{ розч.}) \cdot M(\text{Cl}^{-}).$$

$$\frac{100 \text{ мг у } 1 \text{ дм}^3}{V^a(\text{H}_2\text{O})} \cdot \bar{V}(\text{AgNO}_3(p)) \cdot M(\text{Cl}^{-}) \cdot \frac{1000}{V^a(\text{H}_2\text{O})}, \text{ мг у } 1 \text{ дм}^3.$$

Висновок: порівнюємо одержані результати вмісту хлорид-йонів у воді з даними Державних санітарних правил і норм. Згідно ДСанПН–383-96, затвердженими Міністерством охорони здоров'я України, „Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого водопостачання” допустима концентрація хлорид-йонів у питній воді 250 мг/дм³.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №41

Тема: „Методи осаджувального титрування. Тіоціанометрія”

Мета: ознайомитися з методом тіоціанометрії, особливостями визначення хлорид- та йодид-йонів.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Робочі розчини в тіоціанометрії та їх стандартизація.
2. Індикатори в тіоціанометрії.
3. Область застосування тіоціанометрії.
4. Способи титрування.
5. Переваги тіоціанометрії в порівнянні з аргентометрією.
6. Недоліки тіоціанометрії та способи їх усунення.
7. Методика стандартизації робочого розчину амоній тіоціанату за аргентум нітратом.
8. Методика визначення вмісту (%) бромід-йонів у натрій броміді за способом Фольгарда.
9. Розгляд вправ.

II. Практична частина:

1. Робота №1: „Приготування і стандартизація розчину амоній тіоціанату ($c(\text{NH}_4\text{SCN}) \approx 0,02 \text{ моль/дм}^3$) за аргентум нітратом”.
2. Робота №2: „Визначення вмісту (%) бромід-йонів у натрій броміді”.

Домашнє завдання:

1. [2] §79, с. 371–376; [14] Р. 2, с. 328–331; [15] с. 330–332; [16].
2. Самостійна робота: розв'язати задачі відповідного варіанту.

Задачі для самостійного розв'язування з теми: „Тіоціанометрія”

№ варіанту	Збірник задач	№ варіанту	Збірник задач
	[16]		[16]
1	1185, 1266	8	1202, 1228
2	1186, 1264	9	1203, 1227
3	1193, 1263	10	1204, 1223
4	1195, 1261	11	1207, 1222
5	1198, 1259	12	1208, 1221
6	1200, 1233	13	1218, 1211
7	1201, 1229	14	1219, 1209

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

Тема: „Приготування і стандартизація розчину амоній тіоціанату ($c(\text{NH}_4\text{SCN}) \approx 0,02 \text{ моль/дм}^3$) за розчином аргентум нітрату”

Мета: закріпити навички стандартизації робочих розчинів, використовуючи вторинні стандартні розчини; встановити молярну концентрацію, титр і поправочний коефіцієнт робочого розчину амоній тіоціанату.

Лабораторне обладнання і реактиви (до робіт №1 і №2): штатив Бунзена, бюретка, промивалка, лійка, мірні колби (100,0 см³ і 250,0 см³), аликвотні піпетки (5,00; 10,00; 15,00 см³), бюкс, технохімічні й аналітичні терези, різноважки, банка для зливання відходів; кристалічний амоній тіоціанат, розчин аргентум нітрату ($c(\text{AgNO}_3) \approx 0,02000 \text{ моль/дм}^3$), концентрований розчин амоніаку, насичений розчин амонійнозалізного галуни ($(\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O})$), кристалічний натрій бромід.

Порядок виконання роботи

I. Приготування розчину амоній тіоціанату об'ємом 100 см³ із молярною концентрацією речовини еквівалента 0,02000 моль/дм³.

1. Запис рівняння реакції взаємодії аргентум нітрату з амоній тіоціанатом та **розрахунок фактора еквівалентності** амоній тіоціанату і молярної маси речовини еквівалента.

2. Розрахунок наважки амоній тіоціанату для приготування розчину об'ємом 100 см³ із молярною концентрацією NH_4SCN 0,02000 моль/дм³.

3. Взяття наважки амоній тіоціанату:

маса бюксу з речовиною....., г
 маса порожнього бюксу , г
 наважка $m(\text{NH}_4\text{SCN})_{\text{практ.}}$, г

4. Розчинення наважки. Наважку переносимо через лійку в мірну колбу, розчиняємо в невеликій кількості води, доливаємо дистильованою водою до мітки і ретельно перемішуємо.

II. Встановлення молярної концентрації, титру та поправочного коефіцієнту розчину амоній тіоціанату.

1. Титрування розчину аргентум нітрату:

У бюретку: розчин амоній тіоціанату.

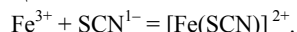
У колбу для титрування:

– розчин аргентум нітрату, попередньо стандартизований за натрій хлоридом.
 $c(\text{AgNO}_3)_{\text{практ.}} = \dots\dots\dots$, моль/дм³;

– $V^a(\text{AgNO}_3) = \dots\dots\dots$, см³ (відміряємо аліквотною піпеткою);

– $V(\text{інд.}) = 0,5$ см³ (насичений розчин амонійнозалізного галууну).

Титрують до появи рожевого забарвлення внаслідок утворення комплексу Fe^{3+} -йону з тіоціанат-йоном:



Результати титрування:

I титрування $V(\text{NH}_4\text{SCN}) \dots\dots\dots$, см³

II титрування $\dots\dots\dots$, см³

III титрування $\dots\dots\dots$, см³

$\bar{V}(\text{NH}_4\text{SCN}) \dots\dots\dots$, см³

2. Розрахунок характеристик робочого розчину амоній тіоціанату:

$c(\text{NH}_4\text{SCN})_{\text{практ.}}$; $T(\text{NH}_4\text{SCN})$; $K(\text{NH}_4\text{SCN})$.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

Тема: „Визначення вмісту (%) бромід-йонів у натрій броміді за способом Фольгарда”

Мета: навчитися застосовувати метод тіоціанатометричного титрування при аналізі конкретних об'єктів; засвоїти спосіб оберненого титрування.

Порядок виконання роботи

1. Приготування розчину натрій броміді об'ємом 100,0 см³ із молярною концентрацією речовини еквівалента 0,02000 моль/дм³.

1. Запис рівняння реакції взаємодії натрій броміді з аргентум нітратом і амоній тіоціанату з аргентум нітратом; **розрахунок факторів еквівалентності** цих речовин. **Розрахунок молярних мас речовин еквівалента** натрій броміді і бромід-йону.

2. **Розрахунок наважки натрій броміді для приготування розчину об'ємом 100,0 см³ із молярною концентрацією речовин еквівалента 0,02000 моль/дм³.**

3. Взяття наважки натрій броміді :

маса бюксу з речовиною....., г

маса порожньої бюкси....., г

наважка $m(\text{NaBr})_{\text{практ.}}$, г

4. Розчинення наважки (так само як і в попередній роботі).

II. Встановлення вмісту (%) Br^{1-} -йонів у зразку натрій броміді.

1. Титрування натрій броміді. Для роботи використовують дві бюретки: одну заповнюють стандартним розчином аргентум нітрату ($c(\text{AgNO}_3)=0,02000$ моль/дм³, $K(\text{AgNO}_3)=\dots$), другу – стандартним розчином амоній тіоціанату.

У колбу для титрування:

– $V^a(\text{NaBr}) = \dots\dots\dots$, см³ (відміряємо аліквотною піпеткою).

З першої бюретки додаємо в колбу для титрування стандартний розчин аргентум нітрату. Об'єм розчину аргентум нітрату приблизно вдвічі більший за об'єм аліквоти розчину натрій броміді.

Не відфільтровуючи осад, додаємо індикатор – насичений розчин амонійнозалізного галууну ($\approx 0,5$ -1 см³).

Титруємо стандартним розчином амоній тіоціанату до появи рожевого кольору.

Результати титрування:

I титрування $V(\text{NH}_4\text{SCN}) \dots\dots\dots$, см³

II титрування $\dots\dots\dots$, см³

III титрування $\dots\dots\dots$, см³

$\bar{V}(\text{NH}_4\text{SCN}) \dots\dots\dots$, см³.

2. Розрахунок масової частки бромід-йонів у натрій броміді за результатами титрування:

$$n(\text{Br}^{1-}) = n(\text{NaBr}) = n(\text{AgNO}_3)_{\text{заг.}} - n(\text{NH}_4\text{SCN})_{\text{C11}};$$

$n(\text{Br}^{1-})_{\text{в аліквоті}} =$

$$= \frac{c(\text{AgNO}_3)_{\text{практ.}} \cdot V(\text{AgNO}_3)_{\text{розч.}} - c(\text{NH}_4\text{SCN})_{\text{практ.}} \cdot V(\text{NH}_4\text{SCN})_{\text{розч.}}}{1000}, \text{ моль.}$$

Вміст Br^{1-} -йонів у наважці:

$$m(\text{Br}^{1-})_{\text{у наважці}} = \frac{n(\text{NaBr})_{\text{в аліквоті}} \cdot M(\text{Br}^{1-}) \cdot V_{\text{м.к.}}}{V^a(\text{NaBr})}, \text{ г}$$

$$w(\%) (\text{Br}^{1-}) = \frac{m(\text{Br}^{1-})}{m(\text{NaBr})_{\text{нав.}}} \cdot 100.$$

III. Розрахунок теоретичної масової частки Br^{1-} -йонів у натрій броміді.

Висновок: (порівнюємо одержаний із досліду результат масової частки Br^{1-} -йонів у натрій броміді з теоретичним).

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №42

Тема: „Методи комплексометричного титрування. Комплексонометрія”

Мета: засвоїти сутність комплексонометрії та її застосування.

План заняття

I. Перевірка знань теоретичного матеріалу:

1. Класифікація методів комплексометричного титрування.
2. Комплексонометрія та їх застосування в кількісному аналізі. Сутність комплексонометрії.
3. Робочі розчини в комплексонометрії, їх приготування і стандартизація.
4. Способи фіксування точки еквівалентності в комплексонометрії. Металохромні індикатори і принцип їх дії.
5. Способи комплексонометричного титрування.
6. Умови комплексонометричного титрування.
7. Твердість води та способи її усунення.
8. Методика визначення загальної твердості води.
9. Методика комплексонометричного визначення вмісту кальцій- і магній-йонів у їх суміші.
10. Розгляд вправ.

II. Практична частина:

1. Робота №1: „Приготування розчину динатрій етилендіамінтетраацетат-вода (1/2) ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$; ЕДТА; комплексон III) з молярною концентрацією речовини еквівалента $0,05000$ моль/дм³ за точною наважкою або з фіксаналу”.

2. Робота №2: „Визначення загальної твердості водопровідної води комплексонометричним методом”.

3. Робота №3: „Окреме визначення вмісту кальцій- і магній-йонів при спільній їх присутності”.

Домашнє завдання:

1. [2] §81–83, с. 378–383; [5]; [7]; [14] Р. 2, с 346–354; [16].
2. Самостійна робота: розв’язати задачі відповідного варіанту.

Задачі для самостійного розв’язування з теми:

„Комплексонометрія”

№ варіанту	Збірник задач		№ варіанту	Збірник задач	
	[5]	[16]		[5]	[16]
1	567	1282	8	567	1296
2	568	1283	9	569	1297
3	569	1285	10	570	1298
4	570	1286	11	572	1299
5	571	1287	12	568	1300
6	572	1288	13	570	1301
7	571	1295	14	571	1302

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

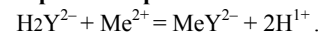
Тема: „Приготування розчину ЕДТА з молярною концентрацією речовини еквівалента $0,05000$ моль/дм³ за точною наважкою або з фіксаналу”

Мета: навчитися готувати робочі розчини, використовуючи первинні стандартні речовини і стандарт-титри.

Лабораторне обладнання та реактиви до практичних робіт №1-3: штативи Бунзена, бюретка, промивалка, лійка, конічні колби, аликвотні піпетки (5,00; 10,00; 50,00; 100,0 см³), бюкс, технохімічні й аналітичні терези, різноважки, банка для зливання, кристалічний динатрій етилендіамінтетраацетат-вода (1/2), водопровідна вода, амоніачний буфер, фіксанал кальцій дихлориду (або магній сульфату); індикатори (хромоген чорний і мурексид), 20 % розчин натрій гідроксиду.

Порядок виконання роботи

1. Запис рівняння реакції взаємодії $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (ЕДТА) з кальцій-йонами (або магній-йонами) та **розрахунок факторів еквівалентності** реагуючих речовин і **молярних мас речовин еквівалента**.



2. Розрахунок наважки ЕДТА для приготування розчину об’ємом $100,0$ см³ із молярною концентрацією речовини еквівалента $0,05000$ моль/дм³.

3. Взяття наважки $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$:

маса бюксу з речовиною, г

маса пустого бюксу, г

наважка $m(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}\cdot 2\text{H}_2\text{O})_{\text{практ.}}$, г

4. Розчинення наважки (так само як і у попередній роботі).

5. Розрахунок характеристик стандартного розчину ЕДТА: $c(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}\cdot 2\text{H}_2\text{O})$; $T(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}\cdot 2\text{H}_2\text{O})$; $K(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}\cdot 2\text{H}_2\text{O})$.

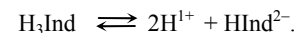
ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

Тема: „Визначення загальної твердості водопровідної води комплексонометричним методом”

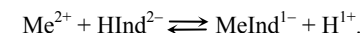
Мета: навчитися визначати загальну твердість води комплексонометричним титруванням.

I. Теоретичні основи визначення

При рН 7-11 індикатор хромоген чорний (слабка трьохосновна кислота) йонізує з утворенням аніонів HInd^{2-} синього кольору:

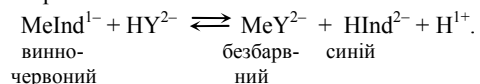


У присутності Ca^{2+} - і Mg^{2+} -йонів з аніонами індикатора утворюються комплекси MeInd^{1-} вино-червоного кольору:



При титруванні розчином ЕДТА комплекс MeInd^{1-} руйнується й

утворюється безбарвний комплекс MeY^{2-} , аніони HInd^{2-} синього кольору накопичуються у розчині. При цьому спостерігається зміна забарвлення розчину з винно-червоного на синє.



II. Порядок виконання роботи

1. Підбір аліквоти досліджуваної води і титрування.

У бюретку: стандартний розчин ЕДТА.

У колбу для титрування:

- аліквотний об'єм досліджуваної води. $V^a(\text{H}_2\text{O})=100,0 \text{ см}^3$;
- 15 см^3 амоніачної буферної суміші до $\text{pH}=10$;
- індикатор – хромоген чорний (20-30 мг сухої суміші його з натрій хлоридом або калій хлоридом).

Досліджуваний розчин перемішуємо до розчинення індикатора.

Аліквоту води підбирають таким чином, щоб на титрування використовувалось не менше 5 см^3 стандартного розчину ЕДТА.

Титруємо до переходу винно-червоного кольору в синій.

Результати титрування:

I титрування $V(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \dots\dots\dots, \text{ см}^3$

II титрування $\dots\dots\dots, \text{ см}^3$

III титрування $\dots\dots\dots, \text{ см}^3$

$\bar{V}(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \dots\dots\dots, \text{ см}^3$

2. Розрахунок загальної твердості води.

$$N(\text{заг.}) = n(\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}) = \frac{c(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}(p)) \cdot 1000}{V^a(\text{H}_2\text{O})}, \text{ ммоль екв. в } 1\text{дм}^3 \text{ H}_2\text{O}.$$

3. Визначення рівня твердості води.

$N(\text{заг.})$ до $2,5 \text{ ммоль екв./дм}^3$ – вода з незначною твердістю;

$2,5-10 \text{ ммоль екв./дм}^3$ – вода із середньою твердістю;

більше $10 \text{ ммоль екв./дм}^3$ – вода з високою твердістю.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (1994 р.) оптимальний діапазон твердості для питних вод дорівнює $3-4 \text{ ммоль екв./дм}^3$.

Висновок: порівнюємо одержаний результат твердості питної води з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

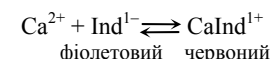
Тема: „Визначення вмісту (мг/дм^3) кальцій- і магній-йонів у воді при їх сумісній присутності

Мета: навчитися комплексонометричним методом визначати вміст кальцій- і магній-йонів у їх суміші.

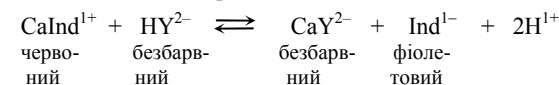
I. Теоретичні основи визначення

Визначення окремого вмісту кальцій- і магній-йонів у їх суміші засноване на попередньому визначенні загального вмісту Ca^{2+} - і Mg^{2+} -йонів титруванням аліквотного об'єму досліджуваного розчину стандартним розчином ЕДТА з індикатором хромогеном чорним (робота №2) і наступним визначенням у аліквотному об'ємі вмісту Ca^{2+} -йонів титруванням розчином ЕДТА в лужному середовищі ($\text{pH} > 12$) з індикатором мурексидом. У лужному середовищі Mg^{2+} -йони осаджуються у вигляді магній дигідроксиду і не взаємодіють з ЕДТА. Вміст Mg^{2+} -йонів розраховують за різницею загальної твердості води та кількості речовини еквівалента Ca^{2+} -йонів.

Мурексид ($\text{C}_8\text{H}_8\text{N}_6\text{O}_6$) (амонійна сіль пурпурної кислоти) при $\text{pH} > 11$ присутній у розчині у вигляді аніонів фіолетового кольору. З Ca^{2+} -йонами він утворює комплекси яскраво-червоного кольору.



При титруванні розчином ЕДТА яскраво-червоний комплекс CaInd^{1+} руйнується і утворюється безбарвний комплекс CaY^{2-} , при цьому спостерігається зміна забарвлення з яскраво-червоного на фіолетове, (забарвлення аніонів індикатора).



II. Порядок виконання роботи

1. Титрування.

У бюретку: стандартний розчин ЕДТА.

У колбу для титрування:

- аліквотний об'єм досліджуваної води. $V^a(\text{H}_2\text{O}) = 100,0 \text{ см}^3$ (відміряємо аліквотною піпеткою);
- 5 см^3 20 % розчину натрій гідроксиду (відміряємо мірною пробіркою);
- 20-30 мг сухої суміші мурексиду з натрій хлоридом.

Розчин, який аналізують, перемішуємо до розчинення індикатора.

Розчин повинен мати яскраво-червоний колір.

Титруємо розчином ЕДТА до фіолетового кольору.

Результати титрування:

I титрування $V(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \dots\dots\dots, \text{ см}^3$

II титрування $\dots\dots\dots, \text{ см}^3$

III титрування $\dots\dots\dots, \text{ см}^3$

$\bar{V}(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \dots\dots\dots, \text{ см}^3$

2. Розрахунок вмісту Ca^{2+} -йонів у ммоль екв./дм³ і в мг/дм³.

$$n(\text{Ca}^{2+}) = \dots\dots\dots, \text{ ммоль екв.};$$

$$m(\text{Ca}^{2+}) = \dots\dots\dots, \text{ мг.}$$

3. Розрахунок вмісту Mg^{2+} -йонів у ммоль екв./дм³ і в мг/дм³.

$$n(\text{Mg}^{2+}) = N_{\text{заг.}} - n(\text{Ca}^{2+}) = \dots\dots\dots, \text{ ммоль екв.};$$

$$m(\text{Mg}^{2+}) = \dots\dots\dots, \text{мг}.$$

Висновок: порівнюємо вміст Ca^{2+} -йонів зі вмістом Mg^{2+} -йонів у воді.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №43

Тема: „Застосування методів окисно-відновного, осаджувального і комплексонометричного титрування”

Мета: перевірити знання кількісного аналізу різних об'єктів методами окисно-відновного, осаджувального та комплексонометричного титрування.

План заняття

I. Перевірка готовності студентів до виконання контрольної експериментальної роботи (наявності теоретичного обґрунтування роботи, плану роботи, переліку необхідного обладнання і реактивів, вміння проводити необхідні розрахунки).

Домашнє завдання:

Самостійно скласти план виконання контрольної експериментальної роботи згідно з вимогами (див. методрозробки робіт із заняття №31).

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №44

Тема: „Застосування методів окисно-відновного, осаджувального і комплексонометричного титрування”

Мета: перевірити вміння проводити кількісний аналіз різних об'єктів методами окисно-відновного, осаджувального та комплексонометричного титрування.

План заняття

Виконання контрольної експериментальної роботи із такого переліку:

1. Йодометричне визначення вмісту (%) сульфат(IV)-йонів у технічному зразку.
2. Перманганатометричне визначення вмісту (%) дигідроген пероксиду в розчині.
3. Перманганатометричне визначення вмісту (%) натрій нітрату(III) в технічному зразку.
4. Комплексонометричне визначення вмісту кальцій- і магній-йонів (мг/100 г ґрунту в повітряно-сухому стані) у водній витяжці з ґрунту.
5. Йодометричне визначення вмісту (%) активного хлору у хлорному вапні.

Домашнє завдання:

1. Повторити матеріал лекцій з тем:
„Перманганатометрія”;
„Дихроматометрія”;
„Йодометрія”;
„Аргентометрія”;
„Комплексонометрія”.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №45

Тема: „Методи осаджувального і комплексонометричного титрування”

Мета: перевірити знання теоретичного матеріалу з теми „Методи осаджувального і комплексонометричного титрування” та вміння застосовувати ці методи при аналізі конкретних об'єктів.

План заняття

Виконання контрольної роботи з теми „Методи осаджувального і комплексонометричного титрування”.

Домашнє завдання:

1. [2]; [14] Р. 2, с. 318–365; [15] с. 314–340.
2. Повторити матеріал лекцій із тем:
„Загальна характеристика методів осаджувального титрування”;
„Аргентометрія”;
„Тіоціанатометрія”;
„Методи комплексонометричного титрування. Комплексонометрія”.

**Зразок завдань до контрольної роботи з теми:
„Методи осаджувального і комплексонометричного титрування”**

I. Теоретичний матеріал.

1. Індикаторні способи фіксування точки еквівалентності в аргентометрії. Метод Мора. Метод Фаянса. Переваги та недоліки методів.
2. Визначення кальцій- та магній-йонів при спільній їх присутності титруванням ЕДТА.

II. Задача.

1. Наважку сильвініту масою 1,8640 г розчинили у мірній колбі і довели дистильованою водою до об'єму $500,0 \text{ см}^3$. На титрування приготовленого розчину об'ємом $25,00 \text{ см}^3$ витрачено розчину аргентуму нітрату об'ємом $21,30 \text{ см}^3$ з молярною концентрацією AgNO_3 $0,05140 \text{ моль/дм}^3$. Яка масова частка (%) калій хлориду у зразку сильвініту?

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №46

Тема: „Титриметричний аналіз” (модульна контрольна робота №6)

Мета: перевірити засвоєння теоретичних основ та області застосування методів титриметричного аналізу.

Домашнє завдання:

1. [2]; [14] Р. 2, с. 141–355; [15] с. 233–416.
2. Повторити матеріал лекцій з тем:
 - “Криві кислотно-основного титрування”;
 - “Індикатори кислотно-основного титрування”;
 - “Титрування багатоосновних кислот та суміші кислот”;
 - “Титрування солей”;
 - „Загальна характеристика методів окисно-відновного титрування”;
 - „Особливості реакцій окиснення-відновлення, які ускладнюють їх використання в титриметричному аналізі. Способи усунення цих недоліків”;
 - „Криві окисно-відновного титрування. Залежність стрибка титрування від різних факторів”;
 - „Способи фіксування точки еквівалентності в окисно-відновному титруванні”;
 - „Загальна характеристика методів осаджувального титрування”;
 - „Аргентометрія”;
 - „Тіоціанометрія”;
 - „Методи комплексометричного титрування. Комплексонометрія”.

Зразок завдань до модульної контрольної роботи з теми: „Титриметричний аналіз”

I. Теоретичний матеріал.

1. Розрахунок кривих окисно-відновного титрування. Фактори, які впливають на ширину стрибка титрування. Вибір індикатора.
2. Аналіз суміші динатрій карбонату і натрій гідрогенкарбонату. Теоретичні основи визначення. Рівняння реакцій, вибір індикаторів, обчислення результатів аналізу.

II. Розв’язування задач .

3. Для аналізу солі на вміст динатрій сульфату(IV) наважку цієї солі масою 0,3878 г розчинили у воді й обробили стандартним розчином йоду об’ємом 50,00 см³ з титром 0,01245 г/см³. На титрування залишку йоду витрачено стандартний розчин динатрій тіосульфат-вода (1/5) об’ємом 25,40 см³ ($T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,02502 \text{ г/см}^3$). Яка масова частка (%) динатрій сульфату(IV) у зразку?
4. Для стандартизації розчину сульфатної(VI) кислоти з наважки динатрій тетраборат-вода (1/10) масою 2,4000 г приготували стандартний розчин у мірній колбі об’ємом 200,0 см³. На титрування аліквоти розчину сульфатної(VI) кислоти об’ємом 10,00 см³ витрачено стандартний розчин динатрій тетраборат-

вода (1/10) об’ємом 16,93 см³. Обчислити молярну концентрацію речовини еквівалента дигідроген сульфату(VI) у розчині; титр розчину дигідроген сульфату(VI), титр розчину дигідроген сульфату(VI) за динатрій оксидом; поправочний коефіцієнт розчину сульфатної(VI) кислоти.

ДОДАТКИ

ЗРАЗОК ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Додаток 1

Дата: _____

Лабораторна робота №1

Тема: Характерні реакції катіонів першої аналітичної групи (K^{1+} , Na^{1+} , NH_4^{1+})

Катіон, який визначають.	Характерний реактив	Середовище	Умови проведення реакції	Ефект, що спостерігається	Рівняння реакції в йонно-молекулярному вигляді
K^{1+}	Натрій гексагідрокобальтат (III)	Нейтральне або слабкокислое	Свіжоприготовлений реактив, відсутність NH_4^{1+} -йонів. Попирання склянною паличкою	Жовтий кристалічний осад	$2K^{1+} + Na^{1+} + [Co(NO_2)_6]^{3-} = K_2Na[Co(NO_2)_6] \downarrow$ дйкалий натрій гексанітрокобальтат (III)

Додаток 2

ЗРАЗОК ОФОРМЛЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

«АНАЛІЗ СУМІШІ КАТІОНІВ І–ІІІ АНАЛІТИЧНИХ ГРУП (K^{1+} , NH_4^{1+} , Ag^{1+} , Rb^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+})»

Номер виданого розчину: _____ Дата: _____

№	Об'єкт аналізу	Операція, що проводиться	Реактив, яким демо, та умови проведення операції	Ефект, що спостерігається	Рівняння реакції в йонно-молекулярному вигляді	Висновок
1	Контрольний розчин	3	4	5	6	7
1	Контрольний розчин	Перемішують для одержання однорідної суміші				
2	0,5 см ³ контрольного розчину	Виявляємо NH_4^{1+} -йон	0,5 см ³ 2 М NaOH	Запах амоніаку, посилення універсального індикатору	$NH_4^{1+} + OH^{-} \xrightarrow{r^o} NH_3 \uparrow + H_2O$	Присутній NH_4^{1+} -йон
3	1/2 контрольного розчину	Відокремлення та виявлення	2 М HCl	катіонів II групи	$Ag^{1+} + Cl^{-} = AgCl \downarrow$ $Rb^{2+} + 2Cl^{-} = RbCl_2 \downarrow$	Катіони II групи присутні

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

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

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

1	2	3	4	5	6	7
19	Соловий розчин з осадом карбонатів	Відокремлюємо осад від розчину	Фільтруємо, фільтрат не досліджуємо			
20	Осад №3 карбонатів BaCO ₃ та CaCO ₃ на фільтрі	Видаляємо домішки	Промиваємо 2-3 рази холодною водою			
21	Осад №3 карбонатів на фільтрі або в чашці	Розчиняємо карбонати III групи катіонів	CH ₃ COOH	Осад розчиняється	$BaCO_3 + 2CH_3COOH = Ba^{2+} + 2CH_3COO^{1-} + H_2O + CO_2 \uparrow$ $CaCO_3 + 2CH_3COOH = Ca^{2+} + 2CH_3COO^{1-} + H_2O + CO_2 \uparrow$	Одержали розчин, який вміщує катіони III групи
22	½ ацетатного розчину	Визначаємо Ba ²⁺ -йони	Розчин K ₂ CrO ₄	Жовтий кристалічний осад	$Ba^{2+} + CrO_4^{2-} = BaCrO_4 \downarrow$	Ba ²⁺ -йони присутні
23	У тій же пробі	Перевіряємо на повноту осадження Ba ²⁺ -іонів	1 краплю K ₂ CrO ₄ обережно по стінці пробірки	Осад не утворюється		Ba ²⁺ -йони осажені повністю

1	2	3	4	5	6	7
24	У тій же пробі	Відокремлюємо розчин від осаду, осад відкладаємо	Фільтруємо			Одержали фільтрат №4, який містить Ca^{2+} -йони
25	$\frac{1}{2}$ фільтрату №4	Визначаємо Ca^{2+} -йони	Розчин $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$	Білий дрібнокристалчний осад	$\text{Ca}^{2+} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} = \text{CaC}_2\text{O}_4\downarrow$	Ca^{2+} -йони присутні
26	1 краплю фільтрату №4 поміщаємо на предметне скло	Виявляємо Ca^{2+} -йони	1 краплю 2н. H_2SO_4 , нагріти до появи білого кола по краю краплі	Під мікроскопом спостерігаємо голчасті кристали, які в деяких місцях утворюють скупчення	$\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}\downarrow$	Ca^{2+} -йони присутні
27	$\frac{1}{2}$ фільтрату №3	Видаляємо NH_4^{1+} -йони	Виявлення Кип'ятимо з NaOH	катіонів I	групи $\text{NH}_4^{1+} + \text{OH}^{1-} \xrightarrow{f^\circ} \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$	

1	2	3	4	5	6	7
28	1 краплю розчину фільтрату №3 після кип'ятіння з NaOH	Перевіряємо на повноту видалення NH_4^{1+} -йонів	1 краплю реактиву Неслера	Червоно-бурий осад не утворюється		NH_4^{1+} -йони видалені повністю
29	$\frac{1}{2}$ розчину фільтрату №3 після видалення NH_4^{1+} -йонів	Відкриваємо K^{1+} -йони	NaNH_4O_6 , нейтральне або слабкокисле середовище, охолодження, потирання склянкою паличкою	Утворюється білий кристалічний осад	$\text{K}^{1+} + \text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6^{1-} = \text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6\downarrow$	K^{1+} -йони присутні
30	$\frac{1}{2}$ розчину фільтрату №3 після видалення NH_4^{1+} -йонів	Відкриваємо K^{1+} -йони	$\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$, нейтральне або слабкокисле середовище, потирання склянкою паличкою	Утворюється жовтий кристалічний осад	$2\text{K}^{1+} + \text{Na}^{1+} + [\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-} = \text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]\downarrow$	K^{1+} -йони присутні

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

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

Додаток 3

Номер виданого розчину: _____ Дата: _____

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

147

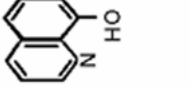
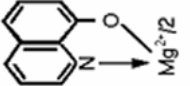
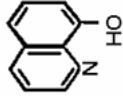
продовження таблиці додатку 3

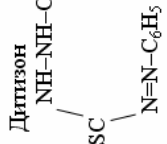
		3	4	5	6	7
4	Окрема порція контрольного розчину	Відкриваємо Fe^{2+} -йони	Розчин $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	Синій осад	$\text{K}^{1+} + \text{Fe}^{2+} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} = \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$	Fe^{2+} -йони присутні
5	Окрема порція контрольного розчину	Відкриваємо Fe^{3+} -йони	Розчин $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	Синій осад	$\text{K}^{1+} + \text{Fe}^{3+} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} = \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$	Fe^{3+} -йони присутні
		Cu^{2+} -йони	Розчин $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	Червоно-бурий осад	$2\text{Cu}^{2+} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} = \text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$	Cu^{2+} -йони присутні
6	Контрольний розчин	Перемішано для одержання однорідної сульши	Відокремлення	катіонів	IV аналітичної	групи
7	1/3 контрольного розчину	Розчинення осаду	2 M HNO_3	Осад повністю розчинився		

148

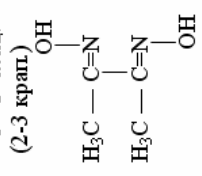
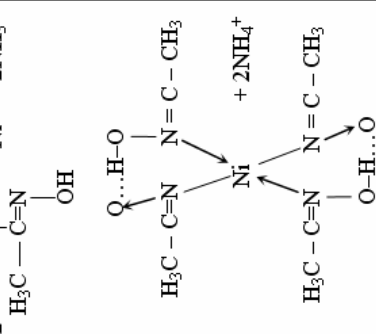
1	2	3	4	5	6	7
8	1/3 контроль-ного розчину після дії HNO ₃	Осаджуємо гідроксиди V-VI груп	Осаджуємо гідроксиди доданням по краплям 4 M NaOH (рН 10-12) і 8-10 крапель H ₂ O ₂ . Ретельно перемішуємо та нагриваємо до повного виділення надлишку H ₂ O ₂ . Якщо після нагривання бульбашки кисню не виділяються,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

1	2	3	4	5	6	7
10	Осад гідроксидів катіонів V-VI груп на фільтрі	Виділяємо домішки	Промиваємо водою			
11	Осад гідроксидів катіонів V-VI груп на фільтрі	Відокремлюємо VI групу катіонів від V групи	Відокремлення осад концентруємо розчином NH ₃ ·H ₂ O	Осад частково розчиняється	групи $Ni(OH)_2 \downarrow + 6NH_3 \cdot H_2O = [Ni(NH_3)_6]^{2+} + 2OH^{-} + 6H_2O$ $Co(OH)_3 \downarrow + 6NH_3 \cdot H_2O = [Co(NH_3)_6]^{3+} + 3OH^{-} + 6H_2O$ $Cu(OH)_2 \downarrow + 4NH_3 \cdot H_2O = [Cu(NH_3)_4]^{2+} + 2OH^{-} + 4H_2O$	На фільтрі – осад гідроксидів катіонів V групи, в фільтраті №2 (етикетка) – VI група катіонів
12	Осад на фільтрі	Виділяємо домішки	Промиваємо водою	суміші	катіонів V групи $Mg(OH)_2 + 2NH_4^{+} = Mg^{2+} + 2NH_3 \cdot H_2O$	
13	Осад гідроксидів катіонів V групи на фільтрі	Розчиняємо Mg(OH) ₂	Обробляємо осад концентруємо розчином NH ₄ Cl	Осад частково розчиняється		На фільтрі – осад Fe(OH) ₃ і H ₂ MnO ₃ , в фільтраті №3 (етикетка) – Mg ²⁺ -іони

1	2	3	4	5	6
14	Фільтрат №3	Відкриття Mg^{2+} -йонів	Білий кристалічний осад	$Mg^{2+} + HPO_4^{2-} + NH_3 \cdot H_2O = MgNH_4PO_4 \downarrow + H_2O$ $Mg^{2+} +$  =  $+H^{1+}$ магній оксінат	Mg^{2+} -йони присутні
15	Осад гідроксидів катіонів V групи на фільтрі (Fe(OH) ₃ , H ₂ MnO ₃)	1) $Na_2HPO_4 + NH_3 \cdot H_2O$ 2) оксінолін рН = 9  2. <i>M</i> HNO ₃	Зеленувато-жовтий кристалічний осад	Осад частково розчинився	На фільтрі – осад H ₂ MnO ₃ , у фільтраті №4 (етикетка) – Fe ³⁺ -йони
16	Осад на фільтрі	Промиваємо водою	Темно-бурий осад на фільтрі	H ₂ MnO ₃	Mn ²⁺ -йони присутні
17	Фільтрат №4, окрема порція	Відкриття Fe ³⁺ -йонів	Криваво-червоне забарвлення розчину	KSCN K ₄ [Fe(CN) ₆]	Fe ³⁺ -йони присутні

1	2	3	4	5	6
Аналіз суміші катіонів IV аналітичної групи					
18	Фільтрат №1	Відокремлення CrO ₄ ²⁻ -йонів від йонів Алюмінію і Цинку	Утворюється осад	$[Al(OH)_4]^{-} + 4H^{1+} = Al^{3+} + 4H_2O$ $Al^{3+} + 3CO_3^{2-} + 3H_2O = Al(OH)_3 \downarrow + 3HCO_3^{-}$ $[Zn(OH)_4]^{2-} + 4H^{1+} = Zn^{2+} + 4H_2O$ $2Zn^{2+} + 3CO_3^{2-} + 2H_2O = Zn_2(OH)_2CO_3 \downarrow + 2HCO_3^{-}$	У фільтраті №5 (етикетка) – CrO ₄ ²⁻ -йони, на фільтрі – осад Al(OH) ₃ і Zn ₂ (OH) ₂ CO ₃
19	Осад на фільтрі Al(OH) ₃ і Zn ₂ (OH) ₂ CO ₃	НСІ	Осад розчинився	$Al(OH)_3 + 3H^{1+} = Al^{3+} + 3H_2O$ $Zn_2(OH)_2CO_3 + 4H^{1+} = 2Zn^{2+} + 3H_2O + CO_2$	У фільтраті №6 – Al ³⁺ - і Zn ²⁺ -катіони
20	Окрема порція фільтрату №6	Дитизон 	Яскраво-рожеве забарвлення водного розчину	$SC \begin{matrix} / NH-NH-C_6H_5 \\ \backslash N=N-C_6H_5 \end{matrix} + Zn^{2+} =$ $CS \rightarrow Zn^{2+/2}$ або $N=N-C_6H_5$ $NH-N-C_6H_5$ $Zn^{2+/2}$ $N=N-C_6H_5$	Zn ²⁺ -йони присутні

1	2	3	4	5	6
21	Окрема порція фільтрату №6	Алізарин в амоніачному середовищі. Умови [2], с. 165 $C_{14}H_6O_2(OH)_2$	Оранжево-червоне забарвлення водного розчину		Al ³⁺ -іони присутні
22	Фільтрат №5	2н. H ₂ SO ₄ + H ₂ O ₂ + ефір BaCl ₂ , нейтральне або слабкокислое середовище	Ефірний шар сільного кольору Жовтий кристалічний осад	$2CrO_4^{2-} + 2H^{1+} \rightarrow Cr_2O_7^{2-} + H_2O$ $Cr_2O_7^{2-} + 4H_2O_2 + 2H^{1+} \rightarrow 2CrO_5 + 5H_2O$ або $2H_2CrO_6 + 3H_2O$ $Va^{2+} + CrO_4^{2-} \rightarrow VaCrO_4 \downarrow$	CrO ₄ ²⁻ -іони присутні
Аналіз суміші катіонів VI аналітичної групи					
23	Фільтрат №2	Додаємо HCl + H ₂ SO ₄ до кислого середовища	Універсальний індикатор червоне	$[Ni(NH_3)_6]^{2+} + 6H^{1+} = Ni^{2+} + 6NH_4^{1+}$ $[Cu(NH_3)_4]^{2+} + 4H^{1+} = Cu^{2+} + 4NH_4^{1+}$ $[Co(NH_3)_6]^{3+} + 6H^{1+} = Co^{3+} + 6NH_4^{1+}$	Середовище кисле, амоніачні комплекси руйнуються
24	Фільтрат №2 (1/2 порції)	Насичений свіжо-приготовлений розчин Na ₂ S ₂ O ₃ , кип'ятити 3 хв.	Чорний осад Cu ₂ S	$2Cu^{2+} + 4S_2O_3^{2-} = Cu_2S \downarrow + S \downarrow + SO_2 \uparrow$ $+ 3SO_4^{2-} + S_4O_6^{2-}$ $Co^{3+} + \bar{e} \rightarrow Co^{2+}$	Cu ²⁺ -іони присутні

1	2	3	4	5	6
25	Фільтрат №2 з осадом (1/2 порції)	Фільтруємо			Фільтрат №7 містить Co ²⁺ та Ni ²⁺ -іони
26	Окрема порція фільтрату №7	KSCN _{крисл.} + ефір, перемшати	Синє забарвлення	$Co^{2+} + 4SCN^{-1} = [Co(SCN)_4]^{2-}$	Co ²⁺ -іони присутні
27	Окрема порція фільтрату №7	Диметил-глюксим, NH ₃ :H ₂ O _{конц.} (2-3 крапл.) 	Червоне забарвлення розчину, при більшій концентрації Ni ²⁺ -іонів утворюється червоний осад		Ni ²⁺ -іони присутні

Висновок: у контрольному розчині № ____ присутні катіони _____

Константи йонізації найважливіших кислот і основ

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

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

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

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

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

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

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
$\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2$	Тристронцій дифосфат(V)	$1,0 \cdot 10^{-31}$
SrSO_4	Стронцій сульфат(VI)	$3,2 \cdot 10^{-7}$
ZnCO_3	Цинк карбонат	$1,45 \cdot 10^{-11}$
$\text{Zn}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	Цинк гексацианоферат(II)	$2,1 \cdot 10^{-16}$
$\text{Zn}[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$ $(\text{Zn}^{2+}, [\text{Hg}(\text{SCN})_4]^{2-})$	Цинк тетратіоціанатомеркурат(II)	$2,2 \cdot 10^{-7}$
$\text{Zn}(\text{OH})_2$ $(\text{Zn}^{2+}, 2\text{OH}^{1-})$ $(\text{ZnOH}^{1+}, \text{OH}^{1-})$	Цинк дигідроксид	$1,4 \cdot 10^{-17}$ $1,4 \cdot 10^{-11}$
$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$	Трицинк дифосфат	$9,1 \cdot 10^{-33}$
ZnS (сфалерит)	Цинк сульфід	$1,6 \cdot 10^{-24}$
ZnS (вюрцит)		$2,5 \cdot 10^{-22}$

Додаток 6

Стандартні електродні потенціали деяких систем у водних розчинах

Рівняння процесу	E° , В
<i>1</i>	<i>2</i>
АРГЕНТУМ	
$\text{Ag}^{2+} + e = \text{Ag}^{1+}$	2,00
АЛЮМІНІЙ	
$\text{Al}^{3+} + 3e = \text{Al}$	-1,66
АРСЕН	
$\text{AsO}_4^{3-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{AsO}_2^{1-} + 4\text{OH}^{1-}$	-0,710
$\text{H}_3\text{AsO}_4 + 2\text{H}^{1+} + 2e = \text{HAsO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,560
АУРУМ	
$\text{Au}^{3+} + 2e = \text{Au}^{1+}$	1,410
$\text{Au}^{3+} + 3e = \text{Au}$	1,500
$\text{Au}^{1+} + e = \text{Au}$	1,680
БІСМУТ	
$\text{NaBiO}_3 + 4\text{H}^{1+} + 2e = \text{BiO}^{1+} + \text{Na}^{1+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,800
БРОМ	
$2\text{BrO}^{1-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Br}_2 + 4\text{OH}^{1-}$	0,450
$2\text{BrO}_3^{1-} + 6\text{H}_2\text{O} + 10e = \text{Br}_2 + 12\text{OH}^{1-}$	0,500
$\text{CrO}_3^{1-} + 3\text{H}_2\text{O} + 6e = \text{Br}^{1-} + 6\text{OH}^{1-}$	0,610
$\text{BrO}^{1-} + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Br}^{1-} + 2\text{OH}^{1-}$	0,760
$\text{Br}_2 + 2e = 2\text{Br}^{1-}$	1,087
$\text{BrO}_3^{1-} + 6\text{H}^{1+} + 6e = \text{Br}^{1-} + 3\text{H}_2\text{O}$	1,450
$2\text{BrO}_3^{1-} + 12\text{H}^{1+} + 10e = \text{Br}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	1,520
$2\text{HBrO} + 2\text{H}^{1+} + 2e = \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,600

продовження додатку 6

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

продовження додатку 6

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

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

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

Комплексо- утворювачі	Йонізація комплексів	Константа нестійкості, K_H
Ag^{1+}	$[Ag(NH_3)_2]^{1+} \rightleftharpoons Ag^{1+} + 2NH_3$	$5,75 \cdot 10^{-8}$
	$[AgCl_2]^{1-} \rightleftharpoons Ag^{1+} + 2Cl^{1-}$	$9,12 \cdot 10^{-6}$
	$[AgI_2]^{1-} \rightleftharpoons Ag^{1+} + 2I^{1-}$	$5,50 \cdot 10^{-12}$
	$[Ag(S_2O_3)_2]^{1-} \rightleftharpoons Ag^{1+} + 2S_2O_3^{2-}$	$3,47 \cdot 10^{-14}$
	$[Ag(S_2O_3)]^{1-} \rightleftharpoons Ag^{1+} + S_2O_3^{2-}$	$1,00 \cdot 10^{-13}$
	$[Ag(CN)_2]^{1-} \rightleftharpoons Ag^{1+} + 2CN^{1-}$	$1,41 \cdot 10^{-20}$
	$[Ag(SCN)_2]^{1-} \rightleftharpoons Ag^{1+} + 2SCN^{1-}$	$5,88 \cdot 10^{-9}$
$[Ag(NO_2)_2]^{1-} \rightleftharpoons Ag^{1+} + 2NO_2^{1-}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	
Al^{3+}	$[Al(OH)_4]^{1-} \rightleftharpoons Al^{3+} + 4OH^{1-}$	$1,0 \cdot 10^{-33}$
	$[Al(F_6)]^{3-} \rightleftharpoons Al^{3+} + 6F^{1-}$	$2,14 \cdot 10^{-21}$
	$[Al(SO_4)_2]^{1-} \rightleftharpoons Al^{3+} + 2SO_4^{2-}$	$1,26 \cdot 10^{-6}$
	$[Al(C_2O_4)_3]^{3-} \rightleftharpoons Al^{3+} + 3C_2O_4^{2-}$	$5,00 \cdot 10^{-17}$
	$[AlEДТА]^{1-} \rightleftharpoons Al^{3+} + EДТА^{4-}$	$7,41 \cdot 10^{-1}$
Cd^{2+}	$[Cd(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4NH_3$	$2,75 \cdot 10^{-7}$
	$[Cd(CN)_4]^{2-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4CN^{1-}$	$1,76 \cdot 10^{-18}$
	$[CdI_4]^{2-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4I^{1-}$	$7,94 \cdot 10^{-7}$
	$[Cd(S_2O_3)_2]^{2-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 2S_2O_3^{2-}$	$3,31 \cdot 10^{-7}$
Co^{2+} Co^{3+}	$[Co(NH_3)_6]^{2+} \rightleftharpoons Co^{2+} + 6NH_3$	$7,80 \cdot 10^{-6}$
	$[Co(NH_3)_6]^{3+} \rightleftharpoons Co^{3+} + 6NH_3$	$6,16 \cdot 10^{-36}$
	$[Co(CN)_6]^{4-} \rightleftharpoons Co^{2+} + 6CN^{1-}$	$8,13 \cdot 10^{-20}$
	$[Co(CN)_6]^{3-} \rightleftharpoons Co^{3+} + 6CN^{1-}$	$1,00 \cdot 10^{-64}$
	$[CoEДТА]^{2-} \rightleftharpoons Co^{2+} + EДТА^{4-}$	$1,00 \cdot 10^{-17}$
$[CoEДТА]^{1-} \rightleftharpoons Co^{3+} + EДТА^{4-}$	$1,00 \cdot 10^{-36}$	
Cu^{1+}	$[Cu(NH_3)_2]^{1+} \rightleftharpoons Cu^{1+} + 2NH_3$	$1,36 \cdot 10^{-11}$
	$[Cu(CN)_4]^{3-} \rightleftharpoons Cu^{1+} + 4CN^{1-}$	$5,00 \cdot 10^{-31}$
Cu^{2+}	$[Cu(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Cu^{2+} + 4NH_3$	$9,33 \cdot 10^{-13}$
	$[Cu(C_2O_4)_2]^{2-} \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2C_2O_4^{2-}$	$5,00 \cdot 10^{-11}$
	$[CuCl_4]^{2-} \rightleftharpoons Cu^{2+} + 4Cl^{1-}$	$2,40 \cdot 10^{-6}$
	$[CuEДТА]^{2-} \rightleftharpoons Cu^{2+} + EДТА^{4-}$	$1,58 \cdot 10^{-19}$

продовження додатку 7

Fe ²⁺ Fe ³⁺	[Fe(CN) ₆] ⁴⁻ ⇌ Fe ²⁺ + 6CN ¹⁻	1,00·10 ⁻²⁴
	[Fe(CN) ₆] ³⁻ ⇌ Fe ³⁺ + 6CN ¹⁻	1,00·10 ⁻³¹
	[FeF ₆] ³⁻ ⇌ Fe ³⁺ + 6F ¹⁻	7,94·10 ⁻¹⁷
	[FeEDTA] ¹⁻ ⇌ Fe ³⁺ + EDTA ⁴⁻	7,94·10 ⁻²⁶
	[Fe(C ₂ O ₄) ₃] ³⁻ ⇌ Fe ³⁺ + 3C ₂ O ₄ ²⁻	6,31·10 ⁻²¹
Hg ²⁺	[Hg(NH ₃) ₄] ²⁺ ⇌ Hg ²⁺ + 4NH ₃	5,20·10 ⁻²⁰
	[HgCl ₄] ²⁻ ⇌ Hg ²⁺ + 4Cl ¹⁻	8,50·10 ⁻¹⁶
	[HgBr ₄] ²⁻ ⇌ Hg ²⁺ + 4Br ¹⁻	1,00·10 ⁻²¹
	[HgI ₄] ²⁻ ⇌ Hg ²⁺ + 4I ¹⁻	1,48·10 ⁻³⁰
	[Hg(CN) ₄] ²⁻ ⇌ Hg ²⁺ + 4CN ¹⁻	3,09·10 ⁻⁴²
	[Hg(SCN) ₄] ²⁻ ⇌ Hg ²⁺ + 4SCN ¹⁻	1,70·10 ⁻²⁰
Ni ²⁺	[Ni(NH ₃) ₆] ²⁺ ⇌ Ni ²⁺ + 6NH ₃	1,23·10 ⁻⁸
	[Ni(CN) ₄] ²⁻ ⇌ Ni ²⁺ + 4CN ¹⁻	1,00·10 ⁻³¹
	[NiEDTA] ²⁺ ⇌ Ni ²⁺ + EDTA ⁴⁻	2,40·10 ⁻¹⁹
Pb ²⁺	[Pb(S ₂ O ₃) ₂] ²⁻ ⇌ Pb ²⁺ + 2S ₂ O ₃ ²⁻	6,31·10 ⁻⁸
	[PbEDTA] ²⁻ ⇌ Pb ²⁺ + EDTA ⁴⁻	9,12·10 ⁻¹⁹
Zn ²⁺	[Zn(NH ₃) ₄] ²⁺ ⇌ Zn ²⁺ + 4NH ₃	2,00·10 ⁻⁹
	[Zn(OH) ₄] ²⁻ ⇌ Zn ²⁺ + 4OH ¹⁻	2,19·10 ⁻¹⁵
	[Zn(C ₂ O ₄) ₃] ⁴⁻ ⇌ Zn ²⁺ + 3C ₂ O ₄ ²⁻	7,08·10 ⁻⁹
	[Zn(CN) ₄] ²⁻ ⇌ Zn ²⁺ + 4CN ¹⁻	1,00·10 ⁻¹⁰
	[ZnEDTA] ²⁻ ⇌ Zn ²⁺ + EDTA ⁴⁻	3,16·10 ⁻¹⁷

Додаток 8

Найважливіші кислотно-основні індикатори

Індикатор	Інтервал переходу, од. рН	рТ	Забарвлення індикатора	
			кислотна форма	основна форма
Метилловий оранжевий	3,1 – 4,4	4,0	червоне	жовте
Метилловий червоний	4,2 – 6,2	5,5	червоне	жовте
Фенолфталеїн	8,2 – 10,0	9,0	безбарвне	малинове
Тимолфталеїн	9,3 – 10,5	10,0	безбарвне	синє

Додаток 9

Молярні маси речовин та молярні маси речовин еквівалента

Речовина	Молярна маса M, г/моль	Речовина	Молярна маса M, г/моль
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
Ag	107,87	CO	28,01
AgBr	187,78	CO ₂	44,01
AgSCN	165,96	1/2CO ₂	22,01
AgCl	143,32	Ca	40,08
Ag ₂ CrO ₄	331,73	1/2Ca	20,04
Ag ₂ CO ₃	275,75	CaCO ₃	100,09
AgI	234,77	1/2CaCO ₃	50,05
AgNO ₃	169,88	CaC ₂ O ₄	128,10
Ag ₂ O	231,74	CaC ₂ O ₄ ·H ₂ O	146,12
Ag ₂ S	247,80	CaF ₂	78,08
Al	26,98	CaCl ₂	110,99
1/3Al	8,99	CaCl ₂ ·6H ₂ O	219,08
2Al	53,96	Ca ₃ (PO ₄) ₂	310,18
Al(C ₉ H ₆ ON) ₃ (оксикінолінат)	459,44	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	234,04
Al ₂ O ₃	101,96	CaO	56,08
1/6Al ₂ O ₃	16,99	1/2CaO	28,04
Al(OH) ₃	78,00	Ca(OH) ₂	74,10
Al ₂ (SO ₄) ₃	342,15	1/2Ca(OH) ₂	37,05
Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O	666,42	Ca(NO ₃) ₂	164,09
As	74,92	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O	252,06
As ₂ O ₃	197,84	CaSO ₄	136,14
As ₂ S ₃	246,04	CaSO ₄ ·2H ₂ O	172,17
1/4As ₂ O ₃	49,46	Cd ₂ P ₂ O ₇	398,74
As ₂ O ₅	229,84	Cl	35,45
Ba	137,34	2Cl	70,90
1/2Ba	68,67	C ₆ H ₅ OH	94,11
BaBr ₂	297,16	Cr ₂ O ₃	151,99
BaCO ₃	197,35	1/2Cr ₂ O ₃	76,01
BaCl ₂	208,25	CrO ₃	100,00
BaCl ₂ ·2H ₂ O	244,28	1/3CrO ₃	33,33
BaCrO ₄	253,33	Cr(OH) ₃	103,02
Ba(OH) ₂	171,36	Cu	63,55
BaSO ₄	233,40	CuSCN	121,62
BaSO ₃	217,40	Cu ₂ O	143,08
B ₂ O ₃	69,62	CuO	79,54
		1/2CuO	39,77

Br	79,91
C	12,01

CuSO ₄	159,60
CuSO ₄ ·5H ₂ O	249,68

H ₂ SO ₄	98,08
1/2H ₂ SO ₄	49,04

MgSO ₄	120,37
MgSO ₄ ·7H ₂ O	246,48

продовження додатку 9

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

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

продовження додатку 9

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

1	2
NaMg(UO ₂) ₃ ·(CH ₃ COO) ₉	1388,94
NaCl	58,44
Na ₂ CrO ₄	161,98
NaHCO ₃	84,01
Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O	358,14
NaPO ₃	101,96
NaI	149,89
NaNO ₂	69,00
NaNO ₃	85,00
Na ₂ O	61,98
1/2Na ₂ O	30,99
Na ₂ O ₂	77,98
NaOH	40,00
Na ₂ S	78,04
1/2Na ₂ S	39,02
Na ₂ S ₂ O ₃	158,11
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O	248,18
Na ₂ SO ₃	126,04
1/2Na ₂ SO ₃	63,02
Na ₂ SO ₃ ·7H ₂ O	252,15
1/2Na ₂ SO ₃ ·7H ₂ O	126,08
Na ₂ SO ₄	142,04
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	322,19
Ni	58,71
NiO	74,71
Ni(C ₄ N ₂ O ₂ H ₇) ₂	288,94
NiSO ₄ ·7H ₂ O	280,88
O	15,999
OH ⁻	17,01
P	30,97
P ₂ O ₅	141,98
P ₂ O ₅ ·24MoO ₃	3596,50
Pb	207,19
PbBr ₂	368,01
Pb(CH ₃ COO) ₂ ·3H ₂ O	379,33
PbCO ₃	267,20
PbCl ₂	278,10
PbCrO ₄	323,18
PbI ₂	461,00
PbO	223,19

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

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

Наближені значення коефіцієнтів активності при різній йонній силі розчину

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

Найважливіші окисно-відновні індикатори

Індикатор	E°, В	Забарвлення індикатора	
		відновлена форма	окиснена форма
Дифеніламін	+0,76	безбарвне	синє-фіолетове
Дифеніламіноссульфокислота	+0,85	безбарвне	червоно-фіолетове
Фенілантранілова кислота	+1,08	безбарвне	червоно-фіолетове
Метиленовий синій	+0,53	безбарвне	синє
Ферроїн	+1,06	червоне	слабко-блакитне

**Допустимі відхилення від номінальної ємності
градуйованого посуду технічного класу при 20 °С**

Аліквотні піпетки

Ємність, см ³	Клас 1		Клас 2	
	Допустиме відхилення, см ³	Час витікання, с.	Допустиме відхилення, см ³	Час витікання, с.
200	±0,10	45–50	±0,20	40–50
100	±0,08	35–40	±0,16	30–40
50	±0,05	35–40	±0,10	30–40
25	±0,04	25–30	±0,08	15–25
20	±0,03	25–30	±0,06	15–25
15	±0,03	25–35	±0,06	15–25
10	±0,02	25–35	±0,04	15–25
5	±0,01	15–20	±0,020	10–20
2	±0,005	15–25	±0,010	10–20
1	±0,005	15–25	±0,010	10–20
0,5	±0,005	15–25	±0,010	10–20

Градуйовані піпетки

Ємність, см ³	Клас 1		Клас 2	
	Допустиме відхилення, см ³	Час витікання, с.	Допустиме відхилення, см ³	Час витікання, с.
200	–	–	–	–
100	±0,10	–	±0,20	–
50	±0,08	–	±0,16	–
25	±0,05	30–40	±0,10	10–35
20	±0,05	30–40	±0,10	10–35
15	±0,05	30–40	±0,10	10–35
10	±0,05	30–40	±0,10	10–35
5	±0,025	15–25	±0,050	5–25
2	±0,010	15–25	±0,020	3–20
1	±0,005	15–25	±0,010	3–20
0,5	±0,005	15–25	±0,010	3–20

Мірні колби

Ємність, см ³	Допустиме відхилення від номінальної ємності, см ³		Ємність, см ³	Допустиме відхилення від номінальної ємності, см ³	
	Клас 1	Клас 2		Клас 1	Клас 2
2000	±0,50	±1,00	100	±0,10	±0,20
1000	±0,30	±0,60	50	±0,05	±0,10
500	±0,15	±0,30	25	±0,03	±0,06
250	±0,10	±0,20	10	±0,02	±0,04
200	±0,10	±0,20	5	±0,01	±0,02

Бюретки

Ємність, см ³	Допустиме відхилення, см ³	
	Клас 1	Клас 2
100	±0,10	±0,20
50	±0,05	±0,10
25	±0,05	±0,10
10	±0,025	±0,050

Мікробюретки

Ємність, см ³	Допустиме відхилення, см ³	
	Клас 1	Клас 2
10	±0,010	±0,020
5	±0,010	±0,020
3	±0,005	±0,010
2	±0,005	±0,010
1	±0,005	±0,010

Література

1. Сегеда А.С. Аналітична хімія. Якісний аналіз. – К.: ЦУЛ, 2002. – 524 с.
2. Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия. – М.: Просвещение, 1975. – 478 с.
3. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия. Т. 1-2. – М.: Химия, 1990. – Т. 1. – 479 с., Т. 2. – 845 с.
4. Основы аналитической химии. В 2 кн. Под ред. Золотова Ю.А. – М.: Высш. шк., 2004.–Т. 1. – 361 с., Т. 2. – 503 с.
5. Воскресенский А.Г., Солодкин И.С., Семиколенов Г.Ф. Сборник задач и упражнений по аналитической химии. – М.: Просвещение, 1985. – 173 с.
6. Сегеда А.С., Галаган Р.Л. Збірник задач і вправ з аналітичної хімії. Якісний аналіз. – Київ: ЦУЛ. Фітосоціоцентр, 2002. – 429 с.
7. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – М.: Химия, 1989. – 448 с.
8. Мінаєва В.О. Найважливіші окисники і відновники, які використовують в аналізі. Метод. розробка. – Черкаси: ЧДУ, 2001. – 41 с.
9. Мінаєва В.О. Протолітична теорія кислот і основ Бренстеда-Лоурі. Метод. розробка. – Черкаси: ЧДУ, 2001. – 16 с.
10. Мінаєва В.О. Основні етапи аналітичного дослідження. Метод. розробка. – Черкаси: ЧДУ, 2001. – 25 с.
11. Янсон Э.Ю. Теоретические основы аналитической химии. – М.: Высш. шк., 1987. – 304 с.
12. Нінова Т.С. Методичні рекомендації до теми „Аналіз мінеральних добрив”. – Черкаси: ЧДУ, 2001. – 35 с.
13. Мінаєва В.О. Аналіз сплавів. Метод. розробка. – Черкаси: ЧДУ, 2001. – 14 с.
14. Сегеда А.С. Аналітична хімія. Кількісний аналіз. – Київ: Фітосоціоцентр, 2006. – 544 с.
15. Алексеев В.Н. Количественный анализ. – М.: Химия, 1972. – 504 с.
16. Сегеда А.С. Збірник задач і вправ з аналітичної хімії. Кількісний аналіз. – Київ: Фітосоціоцентр, 2005. – 491 с.
17. Аналітична хімія. Титриметричний аналіз / Укладачі: В.О. Мінаєва, Т.С. Нінова, В.М. Бочарнікова. – Черкаси: ЦНТЕІ, 2003. – 153 с.
18. Методичні рекомендації до самостійної роботи студентів з теми „Методи окисно-відновного титрування” / В.О. Мінаєва, Т.С. Нінова. – Черкаси: ЧНУ, 2006. – 105 с.
19. Ярославцев А.А. Сборник задач и упражнений по аналитической химии. – М.: Высш. шк., 1979. – 224 с.
20. Чарыков А.К. Математическая обработка результатов химического анализа. – Л.: Химия, 1984. – 168 с.
21. Математична обробка даних хімічного експерименту. Навч. посібник / Укладачі: В.О. Мінаєва, В.М. Бочарнікова, Т.А. Григоренко. – Черкаси: Вид. відділ ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2003. – 208 с.
22. Крешков А.П. Основы аналитической химии. Т. 1-3. – М.: Химия, 1976. – Т. 1. – 472 с., Т. 2. – 480 с., Т. 3. – 488 с.
23. Бончев П.Р. Введение в аналитическую химию.–Л.: Химия, 1978. – 496 с.
24. Бабко А.К., Пятницкий И.В. Количественный анализ. – М.: Высш. шк., 1968. – 495 с.
25. Петерс Д., Хайес Дж., Хифтье Г. Химическое разделение и измерение: Теория и практика аналитической химии. Т. 1-2. – М.: Химия, 1978. – 816 с.
26. Золотов Ю.А. Очерки аналитической химии. – М.: Химия, 1977. – 240 с.
27. Сабадвари Ф., Робинсон А. История аналитической химии. – М.: Мир, 1984. – 304 с.
28. Пиккеринг У.Ф. Современная аналитическая химия. – М.: Химия, 1977. – 558 с.
29. Файгль Ф., Ангер В. Капельный анализ неорганических веществ. Т. 1-2. – М.: Мир, 1976. – Т. 1. – 392 с., Т. 2. – 320 с.
30. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. – Л.: Химия, 1986. – 432 с.
31. Кунце У., Швед Г. Основы качественного и количественного анализа. – М.: Мир, 1977. – 424 с.
32. Аналитическая химия. Проблемы и подходы. Т. 1, 2. / Под ред. Золотова Ю. А. – М.: Мир, АСТ, 2004. – Т. 1. – 608 с., Т. 2. – 728 с.

Навчально-методичне видання

**ПРАКТИЧНИЙ ПОСІБНИК
З ЯКІСНОГО ТА КІЛЬКІСНОГО
АНАЛІЗУ**

Укладачі:

Валентина Олександрівна Мінаєва,
Тетяна Степанівна Нінова,
Віра Миколаївна Бочарнікова

Підписано до друку ____ .03.2008. Формат 60x84/16. Гарнітура Таймс
Папір офсет. Ум. друк. арк. 7,5. Тираж 75 пр. Зам. № ____.

Віддруковано з оригінал-макету у видавничому відділі
Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького
Свідоцтво про внесення до державного реєстру
суб'єктів видавничої справи ДК № 294 від 22.12.2002 р.

Адреса: 18031, м. Черкаси, бул. Шевченка, 81, кім. 117.
Тел. (0472) 37-13-16, факс (0472) 37-22-33,
e-mail: vydav@cdu.edu.ua, <http://www.cdu.edu.ua>