

Програма  
**Комплексного іспиту зі спеціальності 102 "Хімія"**

для студентів Природничого коледжу  
Львівського національного університету імені Івана Франка

Державний іспит з хімії для випускників хімічного відділення Природничого коледжу Львівського національного університету імені Івана Франка покликаний узагальнити і підсумувати отримані студентами під час навчання знання з основних дисциплін професійної і фундаментальної підготовки. Програма державного іспиту включає у себе основні хімічні курси, а саме: загальну і неорганічну хімію, аналітичну хімію, фізичну і колоїдну хімію, органічну хімію, а також спецкурси "Спектральні методи аналізу", "Електроаналітичні методи", "Розділення і концентрування мікроелементів".

**НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ**

1. *Основні положення і поняття атомно-молекулярної теорії.*

Атом, молекула, йон, радикал. Прості і складні речовини. Хімічний елемент, атомна одиниця маси, відносна атомна маса, кількість речовини. Агрегатні стани речовини. Закон Авогадро та висновки з нього. Закон Бойля-Маріотта, Гей-Люсака, рівняння стану газу, рівняння Менделєєва-Клапейрона. Універсальна-газова стала. Закон парціальних тисків.

2. *Будова атомів.*

Розвиток уявлень про будову атомів. Ядерна модель Резерфорда. Закон Мозлі: атомні спектри. Рівняння Рідберга, Двоїста природа світла. Рівняння Планка. Основні ідеї квантової механіки. Постулати Бора. Основний і збуджений стан електрона. Квантово-механічна модель атома. Корпускулярно-хвильовий дуалізм мікросвіту. Принцип невизначеності Гейзенберга. Хвильове рівняння Шредінгера. Атомна орбіталь. Радіальна і сферична складові хвильової функції. Радіальний розподіл ймовірності перебування електрона навколо ядра. Форми атомних орбіталей та їх орієнтація в просторі. Характеристика стану електрона квантовими числами. Головне квантове число, енергетичний рівень, орбітальне квантове число. Магнітне квантове число, спінове квантове число. Будова багатоелектронних атомів. Розподіл електронів по енергетичних рівнях і підрівнях.

3. *Хімічний зв'язок і будова молекул.*

Розвиток уявлень про хімічний зв'язок. Природа хімічного зв'язку, типи хімічного зв'язку. Властивості взаємодіючих атомів: ефективний радіус, ефективний заряд, електронегативність, ступінь окиснення, валентність, координаційне число.

Кількісні характеристики хімічного зв'язку. Метод валентних зв'язків, валентні можливості елементів. Обмінний та донорно-акцепторний механізм утворення ковалентного зв'язку. Кратність хімічного зв'язку. Гібридизація атомних орбіталей. Метод молекулярних орбіталей. Типи молекулярних орбіталей: зв'язуюча, антизв'язуюча, незв'язуюча. Енергетичні діаграми розподілу електронів на молекулярних орбіталях. Порядок зв'язку. Йонний зв'язок. Енергія йонного кристала. Водневий зв'язок, природа і особливості. Вплив водневого зв'язку на властивості речовин. Металічний зв'язок.

4. *Періодичний закон і періодична система елементів Д.І.Менделєєва.*

Варіанти зображення таблиць періодичної системи. Структура періодичної системи: малі і великі періоди, групи, головні і побічні підгрупи, родини елементів. Періодична залежність спорідненості до електрона та йонізаційних потенціалів від протонного числа. Особливості електронних конфігурацій атомів елементів головних і побічних підгруп.

5. *Хімічна кінетика і рівновага.*

Хімічні реакції в гомогенних та гетерогенних системах. Швидкість реакції та фактори, які її визначають. Вплив природи реагуючих речовин та їх концентрацій. Закон діючих мас. Константа швидкості. Молекулярність і порядок реакції. Вплив температури на швидкість реакції. Механізми хімічних реакцій.

6. *Властивості розчинів електролітів.*

Теорія електролітичної дисоціації. Ступінь електролітичної дисоціації. Сильні та слабкі електроліти. Електропровідність розчинів. Рівновага в розчинах слабких електролітів. Константа дисоціації. Властивості розчинів сильних електролітів.

Активність та коефіцієнт активності. Йонна сила розчину. Способи визначення рН середовища. Гідроліз солей. Ступінь гідролізу, константа гідролізу.

7. *Окисно-відновні характеристики елементів.*

Поняття потенціалу іонізації та спорідненості до електрона. Електронегативність, шкали електронегативності. Правила визначення ступеня окиснення. Окисно-відновні реакції, процеси окиснення та відновлення. Типи окисно-відновних реакцій: міжмолекулярні, внутрішньомолекулярні, самоокиснення-самовідновлення. Фактори, що впливають на перебіг окисно-відновних реакцій.

8. *Класифікація та номенклатура неорганічних сполук.*

Взаємозв'язок між основними класами неорганічних сполук. Прості речовини, метали і неметали в періодичній системі. Зміна хімічних і фізичних властивостей у групах і періодах. Форми знаходження металів і неметалів в природі. Бінарні сполуки, їх склад і будова. Сполуки водню, гідриди. Сполуки з киснем: субоксиди, оксиди, пероксиди, озоніди. Типи оксидів. Зміна хімічних властивостей оксидів у межах періодів і груп. Галогеніди, халькогеніди, нітриди, фосфіди.

Характеристика хімічних властивостей елементів головних та побічних підгруп періодичної системи.

## **АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ**

1. *Хімічна рівновага в гомогенній системі. Кисотно-основні реакції.*

Основні типи хімічної рівноваги в гомогенній системі: кислотно-основна, комплексоутворення, окисно-відновна. Константа рівноваги. Стан речовини ідеальних та реальних системах. Сольватація, іонізація, дисоціація. Теорія Дебая-Гюккеля. Коефіцієнт

активності. Концентраційні константи. Опис складних рівноваг. Метод конкуруючих реакцій. Загальна і рівноважна концентрації. Умовні константи. Графічний опис рівноваг (розподільча і концентраційно-логіфімічна рівновага).

Сучасні уявлення про кислоти і основи. Теорія Бренстеда-Лоурі. Рівновага в системі кислота – спряжена основа – розчинник. Константи кислотності і основності. Кислотні та основні властивості розчинників. Константа автопротолізу. Вплив природи розчинника на силу кислоти та основи. Кислотно-основна рівновага в багатокомпонентній системі. Буферні розчини та їхні властивості. Буферна ємність. Чинники, які впливають на величину буферної ємності. Обчислення рН розчинів сильних та слабких протолітів, буферних розчинів

## 2. *Хімічна рівновага між твердою фазою та розчином.*

Константа рівноваги реакції осадження-розчинення. Термодинамічна, реальна і умовна константи. Обчислення константи добутку розчинності і розчинності за константою добутку розчинності для електролітів різних типів. Фракційне осадження. Застосування правила добутку розчинності в аналізі.

Вплив хімічних чинників на розчинність важкорозчинних електролітів (концентрації водневих іонів, комплексоутворювачів, окисно-відновних процесів). Розчинність осадів у кислотах. Вплив кислотності середовища на розчинність солей сильних і слабких кислот. Обчислення розчинності в кислотах важкорозчинних електролітів різного складу. Значення надлишку реактиву. Вплив на розчинність однойменних іонів, іонної сили, температури, розміру і форми частинок, структури осаду. Обчислення розчинності важкорозчинного електроліту різного складу у присутності однойменних і різнойменних іонів.

## 3. *Кінетика утворення осаду. Гравіметричний аналіз*

Осади та їхні властивості. Кристалічні та аморфні осади. Залежність структури осаду від його індивідуальних властивостей (розчинність, полярність молекул) та умов осадження (концентрації, іонної сили, рН, температури). Залежність форми осаду від швидкості утворення первинних частинок і їхнього росту. Розчинність осаду залежно від структури та розміру частинок. Умови одержання кристалічних осадів. Гомогенне осадження. Старіння осадів. Причини забруднення осадів (сумісне осадження, співосадження та післяосадження). Класифікація різних видів співосадження (адсорбція, оклюзія, ізоморфізм та ін.). Особливості утворення колоїдно-дисперсних систем та їх використання в хімічному аналізі. Концентрування мікроелементів співосадженням на неорганічних колекторах.

## 4. *Метрологічні основи хімічного аналізу*

Основні метрологічні поняття і уявлення: методи та засоби виміру, метрологічні вимоги до результатів вимірів, основні принципи і способи забезпечення достовірних результатів виміру, похибки. Аналітичний сигнал і перешкоди. Обсяг інформації в аналітичному сигналі.

Абсолютні (безеталонні) та відносні методи аналізу. Класифікація похибок аналізу. Систематичні і випадкові похибки. Похибки окремих стадій хімічного аналізу. Основні характеристики методу аналізу: правильність і відтворення, коефіцієнт чутливості, межа

виявлення, нижня і верхня межі вмісту, який визначається. Статистична обробка результатів вимірів. Q-тест. Закон нормального розподілу випадкових похибок, t-і f-розподіл. Середнє, дисперсія, стандартне відхилення. Перевірка гіпотези нормальності, гіпотези однорідності результатів виміру. Порівняння дисперсій та середніх двох методів аналізу. Способи оцінки правильності: використання стандартних зразків, метод добавок, метод зміни наважок, зіставлення з іншими методами. Стандартні зразки, їхнє виготовлення, атестація і використання.

Вимоги до метрологічної оцінки залежно від об'єкта і мети аналізу. Організація та методологія метрологічного забезпечення діяльності аналітичної служби. Перевірка апаратури, атестація нестандартних засобів виміру. Метрологічна атестація аналітичних лабораторій.

## 5. *Титриметричний аналіз*

Методи титриметричного аналізу. Класифікація. Вимоги до реакцій у титриметричному аналізі. Види титриметричних визначень: пряме і обернене титрування, визначення за заміщенням, суть названих видів визначень, їх порівняння за точністю. Точність вимірювання об'ємів рідин. Способи вираження концентрації розчинів у титриметрії. Обчислення еквівалентних мас у різних методах титриметричного аналізу. Точка еквівалентності і кінцева точка титрування. Первинні стандарти, вимоги до них. Фіксанали. Вторинні стандарти, робочі розчини. Методи окремих наважок та піпетування.

Обчислення результатів аналізу.

## 6. *Протолітометрія (кисотно-основне титрування)*

Обчислення рН у різних точках титрування для побудови кривих нейтралізації: сильних та слабких кислот і основ, багатоосновних кислот та основ. Індикатори методу. Іонна і хромофорна теорії індикаторів. Рівновага в розчині індикаторів. Константа іонізації індикаторів та інтервал переходу забарвлення. Індикаторні похибки. Характеристика деяких індикаторів. Вибір індикатора для встановлення кінцевої точки титрування. Помилка титрування при визначенні сильних і слабких кислот та основ.

Кисотно-основне титрування у водному середовищі. Робочі розчини титрантів. Первинні стандарти (вихідні речовини) для встановлення концентрації робочих розчинів титрантів. Виготовлення розчинів лугу, що не містять карбонатів.

Виготовлення розчинів сильних кислот. Встановлення нормальності (титру).

Практичне застосування методу кислотно-основного титрування. Титрування фосфорної (карбонатної, боратної) кислоти. Аналіз суміші натрію карбонату і бікарбонату. Визначення тимчасової і постійної твердості води. Визначення нітрогену методом К'ельдаля і солей амонію прямим і непрямим методами. Визначення нітратів і нітритів.

## 7. *Метод осадження*

Загальна характеристика. Вимоги до реакцій, які використовуються у методах осадження. Вплив адсорбції на точність титрування. Побудова кривих титрування. Вплив розчинності сполук, концентрації і температури на характер кривих титрування. Способи визначення кінцевої точки титрування.

Індикаторні методи. Похибки титрування.

Аргентометрія. Метод Мора. Вплив констант розчинності утворених сполук, рН середовища і концентрації індикатора. Метод Фольгарда. Пряме титрування – визначення Аргентуму. Зворотне титрування – визначення хлоридів, бромідів, йодидів. Титрування за допомогою адсорбційних індикаторів. Теоретичне обґрунтування методу.

Меркурометрія. Індикатори меркурометрії. Практичне застосування: визначення галогенідів і роданідів.

#### 8. *Комплексні сполуки в аналітичній хімії*

Типи комплексних сполук, які використовуються в аналітичній хімії. Класифікація комплексних сполук. Дентатність лігандів. Хелати, внутрішньокомплексні сполуки.

Ступінчасте комплексоутворення. Кількісна характеристика комплексних сполук: константа стійкості (ступінчаста і загальна), функція утворення (середнє лігандне число), функція закомплексованості. Кінетична стійкість комплексних сполук.

Вплив комплексоутворення на розчинність сполук, кислотно-основну рівновагу. Застосування комплексних сполук в аналітичній хімії. Реакції комплексоутворення, які використовують у титриметрії, вимоги до них.

Меркуриметрія. Меркурій (II) нітрат як титрант. Індикатори. Практичне застосування: визначення хлоридів. Використання амінополікарбонівих кислот у комплексонометрії. Способи комплексонометричного титрування. Металохромні індикатори, вимоги до них. Селективність титрування та способи її підвищення. Побудова кривих титрування в методі комплексонометрії. Похибки титрування. Визначення Кальцію, Магнію, Феруму, Алюмінію в розчинах чистих солей в разі сумісної наявності.

#### 9. *Окисно-відновні реакції в аналітичній хімії*

Окисно-відновні реакції. Оборотні і необоротні окисно-відновні системи та їхні потенціали. Математичний вираз величини потенціалу системи (стандартні та реальні потенціали окисно-відновних систем). Константи рівноваги окисно-відновних реакцій. Напрямок та інтенсивність перебігу реакцій окиснення-відновлення. Швидкість реакцій в хімічному аналізі. Елементарні стадії реакцій. Каталізатори та інгібітори. Автокаталітичні реакції. Індуковані, ланцюгові і спряжені реакції. Поняття про індуктор, акцептор. Індукційний фактор. Приклади прискорення і сповільнення реакцій та процесів, які використовують у хімічному аналізі. Вплив концентрації реагуючих речовин, концентрації іонів гідрогену, комплексоутворення та інших факторів на окисно-відновні процеси. Поняття про змішані потенціали. Зв'язок між константою рівноваги і нормальними потенціалами. Обчислення потенціалу в різних точках титрування при побудові кривих. Методи визначення кінцевої точки титрування. Окисно-відновні індикатори. Індикаторні помилки.

Основні окисники і відновники, що використовують у практиці оксидиметричних визначень, їхня стійкість. Методи попереднього окиснення чи відновлення визначуваного елемента перед титруванням. Можливість послідовного визначення декількох окисників чи відновників у суміші. Перманганатометрія, Виготовлення робочого розчину калій

перманганату. Первинні стандарти. Встановлення концентрації розчину перманганату. Практичне застосування перманганометрії: визначення оксалатів, Феруму (II і III), Мангану, гідроген пероксиду, нітритів.

Йодометрія. Система йод-йодид-окисник чи відновник залежно від нормальних потенціалів окисно-відновних систем і рН розчинів. Робочі розчини в йодометрії. Первинні стандарти. Виготовлення робочого розчину йоду точної концентрації.

Крохмаль як індикатор. Тіосульфат як відновник. Йодометричне визначення арсенатів, нітритів, Феруму (III), Купруму (II), вільного хлору, броду, гідроген пероксиду. Йодометричне визначення концентрації кислот. Реактив Фішера для визначення води.

Броматометрія. Система бромат-бромід. Визначення кінцевої точки титрування. Практичне застосування броматометрії.

Біхроматометрія. Система біхромат-хром (III). Індикатори методу. Практичне застосування біхроматометрії (визначення Феруму (III)).

## **ФІЗИЧНА І КОЛОЇДНА ХІМІЯ**

### *1. Перший закон термодинаміки.*

Аналітичний вираз для першого закону термодинаміки. Використання першого закону термодинаміки для ідеальних газів.

Ентальпія. Рівноважні та нерівноважні, оборотні та необоротні процеси. Максимальна робота ізотермічного, ізобаричного та адіабатичного розширення ідеального газу. Тепловий ефект хімічного процесу. Закон Гесса та висновок з нього. Теплота утворення хімічної сполуки. Розрахунок теплових ефектів хімічних реакцій. Енергія хімічного зв'язку. Оцінка теплот хімічних реакцій за енергіями зв'язків. Залежність теплового ефекту реакції від температури. Рівняння Кірхгофа. Теплоємність.

### *2. Другий закон термодинаміки.*

Формулювання другого закону термодинаміки. Ентропія як міра хаосу в системі. Зміна ентропії ізольованої системи та напрям процесу. Методи розрахунку ентропії. Статистичний зміст другого закону термодинаміки. Постулат Планка. Обчислення ентропії твердих, рідких та газоподібних речовин. Ізобарно-ізотермічний та ізохорно-ізотермічний потенціали. Критерії можливості та напряму перебігу самочинних процесів. Зв'язок між максимальною корисною роботою та тепловим ефектом реакції. Рівняння Гіббса-Гельмгольца. Хімічний потенціал. Легкість та активність. Рівняння ізотерми хімічної реакції.

### *3. Розчини*

Загальна характеристика розчинів. Концентрація. Розчинність газів у рідинах. Закон Генрі. Закон Генрі-Дальтона. Рівняння Сеченова. Закон Рауля. Відхилення від закону Рауля. Ідеальні та неідеальні розчини. Взаємна розчинність рідин. Склад та тиск насиченої пари над розчином. Розчини твердих речовин у рідинах. Кріоскопія та ебуліоскопія. Осмотичний тиск розчинів. Коефіцієнт Вант-Гоффа.

4. *Вчення про хімічну рівновагу.*

Закон діючих мас. Термодинамічний вивід. Константа рівноваги. Способи вираження константи рівноваги та зв'язок між різними її видами. Обчислення констант рівноваги за допомогою стандартних термодинамічних величин. Залежність константи рівноваги від температури.

5. *Хімічна кінетика та каталіз.*

Кінетика хімічних реакцій. Швидкість та константа швидкості реакції. Методи визначення порядку реакції. Реакції нульового, першого та другого порядків. Поняття про складні реакції (паралельні, послідовні, оборотні). Залежність швидкості реакції від температури. Правило Вант-Гоффа. Рівняння Арреніуса. Ефективна енергія активації та її визначення з дослідних даних. Теорія активних зіткнень. Число активних зіткнень. Стеричний множник. Теорія активного комплексу. Поверхні потенціальної енергії. Фотохімічні реакції. Квантовий вихід. Ланцюгові процеси. Кінетика гетерогенних процесів. Загальні положення каталізу. Автокатализ. Кислотно-основний катализ. Автокаталітичні хімічні процеси. Ферментативний катализ. Фактори, які впливають на швидкість ферментативних реакцій.

6. *Рівновага в розчинах електролітів.*

Основні положення про будову розчинів електролітів. Теорія електролітів С. Арреніуса. Рівноваги в розчинах електролітів. Активність та коефіцієнт активності. Закон іонної сили. Сучасні теорії дисоціації "слабких" та "сильних" електролітів. Основні поняття теорії асоціації іонів, сольватація. Електропровідність розчинів електролітів. Залежність питомої та еквівалентної електропровідності від різних чинників. Закон Кольрауша. Рівняння Онзагера. Рухливість іонів. Аномальна рухливість іонів  $H^+$  та  $OH^-$ . Кондуктометричне титрування. Електропровідність неводних розчинів.

7. *Дисперсні системи та їх молекулярно-кінетичні властивості.*

Умови виникнення, характерні властивості та стійкість дисперсних систем. Класифікація дисперсних систем. Методи одержання колоїдних систем. Конденсація та диспергування. Очистка дисперсних систем. Діаліз, електродіаліз, ультрафільтрація.

Молекулярно-кінетичні властивості дисперсних систем. Спільність молекулярно-кінетичних властивостей дисперсних систем та істинних розчинів. Броунівський рух. Дифузія. Осмотичні властивості. Седиментація та методи седиментаційного аналізу дисперсних систем. Ультрацентрифуга. Структурно-механічні властивості дисперсних систем. Тиксотропія. Емульсії, їх класифікація та методи одержання. Оборотноість фаз в емульсіях. Методи стабілізації емульсій. Піни, методи одержання, стійкість.

8. *Оптичні та електричні властивості дисперсних систем*

Оптичні властивості колоїдних систем. Світлорозсіювання в колоїдних системах. Ефект Тіндалля. Закон Релея. Використання нефелометрії, турбідиметрії, електрофотометрії для визначення концентрації та розмірів частинок дисперсної фази. Ультрамікроскопія. Електронний мікроскоп. Електричні властивості дисперсних систем. Електрокінетичні явища. Електрофорез, електроосмос. Будова подвійного електричного шару. Електрокінетичний потенціал. Будова колоїдних міцел.

9. *Стійкість та коагуляція дисперсних систем.*

Стійкість дисперсних систем. Агрегативна та седиментаційна стійкість. Термодинамічна стійкість ліофільних дисперсних систем. Умови самочинного диспергування. Фактори стабілізації ліофобних дисперсних систем. Електричний фактор стійкості. Значення електрокінетичного потенціалу для дисперсних систем. Кінетичний фактор стійкості. Коагуляція колоїдних систем електролітами. Теорії коагуляції: фізична теорія коагуляції електролітами, адсорбційна теорія коагуляції. Кінетика коагуляції. Значення електрокінетичного потенціалу і будова дифузійного шару в явищах коагуляції та стабілізації дисперсних систем. Правило Шульце-Гарді.

### **СПЕКТРАЛЬНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ**

1. *Спектри атомів і молекул.*

Спектр електромагнітного випромінювання, основні його характеристики (довжина хвилі, частота, хвильове число) та одиниці їхнього виміру. Ділянки спектра, які використовуються в аналізі.

Спектри атомів. Основні і збуджені стани атомів. Енергетичні переходи. Правила відбору. Імовірності електронних переходів і час життя збуджених атомів. Закони випромінювання і поглинання атомами світлової енергії. Спектральні лінії: їх положення у спектрі, інтенсивність, напівширина. Зв'язок інтенсивності з числом випромінюючих частинок.

Спектри молекул. Повна енергія молекул як сума енергій електронних переходів, коливання та обертання. Основні і збуджені стани молекул. Особливості молекулярних спектрів. Залежність вигляду спектра від агрегатного стану речовини. Класифікація оптичних методів аналізу за взаємодією світла з речовиною.

2. *Фотометричний аналіз.*

Теоретичні основи методу. Основний закон світлопоглинання (закон Бугера-Ламберта-Бера), його математичний і графічний вираз. Величини, що характеризують поглинання світла забарвлення сполуками в розчині. Ефективний та істинний молярний коефіцієнт поглинання як міра чутливості фотометричної реакції.

Відхилення від основного закону світлопоглинання. Причини відхилення пов'язані з немонохроматичністю світлового потоку і станом частинок у розчині, що поглинають світло. Способи усунення причин, що викликають відхилення від основного закону світлопоглинання.

Реакції, що використовуються у фотометричному методі та вимоги до них. Вплив різних факторів на перебіг фотометричної реакції і максимальний вихід забарвленого продукту реакції: кислотності середовища, концентрацій компонентів реакції, сторонніх речовин, розчинника, температури. Вибір реагентів у фотометричному аналізі з метою забезпечення чутливості, селективності визначення і контрастності кольорової реакції.

Методи фотометричного аналізу. Фотометрія і спектрофотометрія. Диференційна спектрофотометрія. Сполучення фотометрії з титриметрією. Гібридні методи –



екстракційно-фотометричні, хроматофотометричні.

Нефелометрія і турбідиметрія. Закони Релея. Теоретичні основи методів. Значення вибору оптимальних умов одержання суспензій. Застосування методів.

Способи визначення концентрації речовини у фотометрії – градуйованого графіка, порівняння, добавок, молярного коефіцієнта. Умови їх застосування. Апаратура фотометричного методу. Способи монохроматизації світлового потоку.

Фотоколориметрія і спектрофотометрія. Світлофільтри, характеристика і вибір. Монохроматори. Детектори світлової енергії – фотоелементи, фотомножники та напівпровідникові приймачі світла. Принципові схеми спектрофотометра СФ-46. фотоколориметрів ФЭК-56М, КФК-2, КФК-3 та послідовність роботи на них під час вимірювання аналітичного сигналу.

Метрологічні характеристики фотометричного методу – чутливість (інструментальна чутливість), нижня межа виявлення, інтервал визначуваних концентрацій, точність. Селективність фотометричних визначень.

Основні напрями розвитку фотометричного методу.

Застосування фотометрії для визначення окремих елементів: Fe, Mn, Ni, Co, Cr, Ti, Si, P, іонів  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{F}^-$  у природних та штучних об'єктах. Фотометрія як метод дослідження стану речовини і рівноваг у розчині, визначення констант стійкості комплексних сполук. Фотометричний аналіз органічних речовин.

### 3. *Атомно-емісійний та атомно-абсорбційний спектральний аналіз.*

Джерела атомізації речовини і збудження атомів: електрична дуга сталого і змінного струму, іскровий розряд, індуктивне зв'язана плазма, полум'я. Основні характеристики джерел – температура, склад атмосфери джерела, концентрація електронів. Фізичні і хімічні процеси у джерелах атомізації.

Метрологічні характеристики спектральних методів. Значення фонового сигналу і відношення сигнал/фон. Оцінка мінімального аналітичного сигналу. Межа виявлення і нижня межа визначення. Стандарти у спектральних методах та вимоги до них.

Атомно-емісійний аналіз. Методи аналізу за способом реєстрації сигналу. Якісний та кількісний аналіз. Рівняння зв'язку. Способи визначення концентрації речовини. Хіміко-спектральні методи.

Емісійна фотометрія полум'я. Підготовка проби до аналізу, особливості введення проби в полум'я. Рівняння зв'язку, способи визначення концентрації. Принципова схема фотометра для полум'я.

Техніка визначень і поводження з горючими газами.

Атомно-абсорбційний аналіз. Теоретичні основи методу. Рівняння зв'язку. Способи атомізації речовини. Джерела характеристичного випромінювання. Способи визначення концентрації речовини у розчині. Гібридні і непрямі методи. Можливості методу порівняно з емісійним варіантом полуменевої фотометрії.

Застосування полуменевої фотометрії в аналізі об'єктів довкілля, біологічних матеріалів.

### ***ЕЛЕКТРОАНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ.***

Загальна характеристика і класифікація електрохімічних методів аналізу. Рівноважні і нерівноважні електрохімічні системи. Електрохімічний ланцюг. Явища, що виникають в процесі проходження струму – омичний опір, спад напруги, концентраційна і кінетична поляризація. Поляризаційні криві. Чутливість і селективність електрохімічних методів.

#### 1. *Електрогравіметричний аналіз.*

Теоретичні основи. Рівноважний потенціал і потенціал розкладання. Перенапруга, її види і значення. Вплив фізичних і хімічних факторів на виділення і розділення металів електролізом. Зовнішній і внутрішній електроліз. Схема приладу для зовнішнього і внутрішнього електролізу. Електроліз з ртутним катодом. Практичне застосування електролізу для визначення Сг, Рb і Zn Аналіз кольорових металів і сплавів.

#### 2. *Кулонометрія.*

Теоретичні основи. Рівняння Фарадея. Зв'язок кулонометрії з електрогравіметриєю. Умови реалізації кулонометричного визначення. Способи визначення кількості електрики. Пряма кулонометрія, кулонометричне титрування та його особливості. Способи генерації титранта. Титрування електроактивних і електроннеактивних компонентів. Визначення кінцевої точки титрування. Метрологічні характеристики кулонометрії. Переваги і обмеження методу. Приклади застосування методу: визначення малих кількостей кислот і основ, мангану (VI), хрому(VI), феруму (III), натрію тіосульфату.

#### 3. *Кондуктометрія.*

Теоретичні основи методу. Питома і еквівалентна електропровідність. Зв'язок між ними. Вплив концентрації електролітів на електропровідність. Пряма кондуктометрія і кондуктометричне титрування., Схема приладу для кондуктометричного титрування. Практичне застосування методу. Контроль якості води, визначення вуглекислоти, кислот, основ і солей у водному і неводному середовищі. Хронокондуктометричне і високочастотне титрування.

#### 4. *Потенціометрія.*

Теоретичні основи методу. Механізми електродних процесів: іонно-електронний (інертний електрод і редокс-система, система метал-іон), іонобмінний (мембранний) електрод. Класифікація і характеристика електродів у потенціометрії. Індикаторні електроди і електроди порівняння. Металеві, металооксидні, мембранні електроди. Електроди для вимірювання концентрації іонів  $H^+$  – водневий, хінгдронний, стибієвий. Складний електрод. Схема, принцип дії. Переваги і недоліки скляного електрода. Класифікація іонселективних електродів: електроди з гомогенними і гетерогенними кристалічними мембранами, електроди з рухливими носіями, "ферментні і газочутливі електроди. Іонометричний аналіз. Електродна функція і коефіцієнт селективності електродів, час відклику. Пряма потенціометрія та її особливості. Можливості і обмеження. Способи знаходження концентрації речовини: градування електрода,

стандартних добавок. Прилади практичного застосування прямої потенціометрії – визначення рН розчинів, іонів лужних металів,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ . Теоретичні основи методу. Механізми електродних процесів: іонно-електронний (інертний електрод і редокс-система, система метал-іонна), іонно-обмінний (мембранний електрод). Класифікація і характеристика електродів у потенціометрії. Індикаторні електроди і електроди порівняння. Металеві, металооксидні, мембранні електроди. Електроди для вимірювання концентрації іонів  $\text{H}^+$  – водневий, хінгидронний, стибієвий. Скляний електрод. Схема, принцип дії. Переваги і недоліки скляного електрода. Класифікація іонселективних електродів: електроди з гомогенними і гетерогенними кристалічними мембранами, електроди з рухливими носіями, ферментні і газочутливі електроди. Іонометричний аналіз. Електродна функція і коефіцієнт селективності електродів, час відклику. Пряма потенціометрія та її особливості. Можливості і обмеження. Способи знаходження концентрації речовини: градування електрода, стандартних добавок. Прилади практичного застосування прямої потенціометрії – визначення рН розчинів, іонів лужних металів,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ .

Потенціометричне титрування. Вимірювання електродного потенціалу в процесі титрування. Реакції, що використовують у потенціометричному титруванні та вимоги до них. Стрибок на кривих титрування та фактори, що визначають його величину: природа реагуючих речовин, концентрації проби і титранта, розчинник, температура. Способи знаходження кінцевої точки титрування. Принципова схема приладу для потенціометричного титрування.

Приклади практичного застосування потенціометричного титрування. Визначення кислот, основ і солей у водному і неводному середовищі. Титрування в реакціях осадження – визначення  $\text{Cl}^-$  іонів. Редокс-титрування – визначення  $\text{Mn(II)}$ ,  $\text{Cr(VI)}$ .

## 5. *Вольтамперометрія.*

Теоретичні основи. Ртутний крапельний електрод. Поляризація електрода. Схема приладу для полярографічного визначення. Вольтамперометрична крива (полярограма) та умови її одержання. Ємнісний, міграційний і дифузійний струми. Граничний дифузійний струм. Класична полярографія. Рівняння Ільковича та висновки з нього. Рівняння полярографічної хвилі Ільковича-Гейровського.

Графічна обробка полярографічної хвилі. Знаходження висоти хвилі і потенціалу півхвилі ( $E_{1/2}$ ). Фактори, що впливають на величину ( $E_{1/2}$ ). Значення стійкості комплексних іонів. Якісний і кількісний полярографічні аналізи. Способи знаходження концентрації деполаризатора. Приклади практичного застосування полярографічного визначення  $\text{Cd(II)}$ ,  $\text{Pb(II)}$ . Аналіз органічних речовин.

Сучасні різновиди вольтамперометрії: диференційна, осцилографічна, зміннострумова, інверсійна. Переваги і недоліки порівняно з класичною.

Амперометричне титрування. Принцип методу. Індикаторні електроди. Вибір потенціалу індикаторного електрода. Титрування з одним і двома поляризійними індикаторними електродами, комплексоутворення і окиснення-відновлення.

Найпростіша схема приладу для амперометричного титрування. Метрологічні характеристики вольтамперометрії і амперометричного титрування. Приклади застосування – титрування  $\text{Ca}^{2+}$  трилоном Б,  $\text{Pb(II)}$  – дихроматом. Аналіз сплавів, об'єктів довкілля.

## **КОНЦЕНТРУВАННЯ І РОЗДІЛЕННЯ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ.**

Основні методи розділення і концентрування, їх вибір та оцінка. Гібридні методи. Одноступіччасті та багатоступінчасті процеси розділення. Константа розподілу. Ступінь добування. Фактор розділення. Коефіцієнт концентрування.

### 1. *Екстракція.*

Теорія екстракційних методів. Закон розподілу. Класифікація екстракційних процесів. Швидкість екстракції. Типи екстракційних систем. Реконструкція. Природа і характеристика екстрагентів. Основні органічні реагенти, які використовують у методі екстракції. Селективне розділення елементів шляхом підбору органічних розчинників, зміна рН водної фази, маскування та демаскування. Прилади для екстракції.

### 2. *Хроматографія.*

Основні принципи методу, види хроматографічного методу (іонообмінна, рідинна, розподільча, газова, газорідинна та ін.). Основні теоретичні положення. Концепція теоретичних тарілок, її недоліки. Кінетична теорія. Типи стаціонарних та рухливих фаз. Іонний обмін та іонообмінна хроматографія. Газова хроматографія. Основні теоретичні положення. Вимоги до стаціонарної та рухливої фази. Газові хроматографи, основні типи детекторів. Паперова хроматографія.

### 3. *Фізичні методи концентрування мікроелементів.*

Фільтрація, флотація, виморожування; виділення летких сполук, співосадження, сорбція, електровиділення). Визначення у ґрунті вмісту Купруму, Цинку, Нікелю, Кобальту, Молібдену методом послідовної екстракції та з окремих аліквотних частин. Класифікація співосаджувачів. Застосування неорганічних та органічних співосаджувачів для співосадження окремих елементів та сумарного їх співосадження.

Концентрування летких речовин з повітря при відборі у рідке середовище, на тверді сорбенти (їх типи), та фільтри. Способи видалення речовин із пастки.

## **Література**

1. Harvey D. Modern Analytical Chemistry. – Boston, 2000.
2. Кельнер Р., Мерме Ж.-М., Отто М., Видмер Г. Аналитическая химия. Проблемы и подходы. / Пер. с английского под ред. Золотова Ю.- Т.1-2. – Москва, 2004.
3. Клещев Н., Алферов Е., Базалей Н. и др. Задачник по аналитической химии. – Москва, 1993.
4. Крешков А., Мочалов К., Михайленко Ю. и др. Бессероводородные методы полумикроанализа. – Москва, 1979.
5. Мусакин А., Храпковский А., Шайкинд С. и др. Задачник по количественному анализу. – Ленинград, 1972.
6. Ляликов Ю., Булатов М., Бодю В. и др. Задачник по физико-химическим методам анализа. – Москва, 1972.
7. Пилипенко А., Пятницкий И. Аналитическая химия. – Москва, 1990.
8. Ушакова Н. Курс аналитической химии для почвоведов. – Москва, 1984.
9. Алексеев В. Курс качественного химического полумикроанализа. – Москва, 1973.
10. Алексеев В. Количественный анализ. – Москва, 1972.

11. Жаровський Ф., Пилипенко А., П'ятницький І. Аналітична хімія. – Київ, 1982.
12. Бабко А., П'ятницький І. Кількісний аналіз. – Київ, 1974.
13. Набиванець Б., Сухан В., Калабіна Л. Аналітична хімія природного середовища. - Київ, 1996.
14. Ахметов Н. Общая и неорганическая химия. – Москва, 2001.
15. Глинка Н. Общая химия. – Ленинград, 1979.
16. Ключников Н. Руководство по неорганическому синтезу. – Москва, 1965.
17. Реми Г. Курс неорганической химии. - Т.1.-2. – Москва, 1966.
18. Некрасов Б. Основы общей химии. - Т.1.-2. – Москва, 1973.
19. Коренев Ю., Овчаренко В. Общая и неорганическая химия. – Т.1.-3. – Москва, 2000-2002.
20. Мингулина Э., Масленникова Г., Коровин Н. и др. Курс общей химии. – Москва, 1990.
21. Шиманович И., Павлович М., Тикавий В. и др. Общая химия в формулах, определениях, схемах. – Москва, 1990.
22. Chambers C., Hollydey A. Modern Inorganic Chemistry. – GB: Butterworths, 1975.
23. Турова Н.Я. Неорганическая химия в таблицах. – Москва, 1997.
24. Угай Х. Общая и неорганическая химия. – Москва, 1997.
25. Голуб А. Загальна та неорганічна хімія. – Київ, 1971.
26. Бодак О., Телегус В., Заречнюк Щ., Кінжибало В. Основы загальної хімії. Текст лекцій. – Львів, 1991, 1992, 1994, 1996.
27. Глинка Н. Задачи и упражнения по общей химии. – Москва, 2001.
28. Каличак Я., Котур Б., Кінжибало В., Миськів М., Сколоздра Р. Хімія. Задачі, вправи, тести. – Львів, 1999.
29. Деркач Ф. Неорганічна хімія. Лабораторний практикум. – Київ, 1987.
30. Васильева В., Грановская А., Таперова А. Лабораторные работы по общей и неорганической химии. – Ленинград, 1986.
31. Соколовская Е. Практикум по общей химии. – Москва, 1981.
32. Деркач Ф. Практикум з неорганічної хімії. – Львів, 1962.
33. Дероум Э. Современные методы ЯМР для химических исследований. – Москва, 1992.
34. Драго Р. Физические методы в химии. - Т.1-2. – Москва, 1981.
35. Инструментальные методы анализа функциональных групп органических соединений / Под ред. С. Сиггя. – Москва, 1974.
36. Breitmaier E. Structure elucidation by NMR in organic chemistry. – Bonn, 2002.
37. Fundamental processes of dye chemistry / Edition by Paul W. Vittum. – New York, 1949.
38. Industrial biotransformations / Edition by Liese A. – New York, 2002.
39. Курс физической химии / под ред. Герасимова Я. – Москва, 1975. – Т.1-2.
40. Горшков В., Кузнецов И. Физическая химия. – Москва, 1986.
41. Эткинс П. Физическая химия. – Москва, 1980. - Т.1-2.
42. Кнорре Д., Крылова Л., Музыкантов В. Физическая химия. – Москва, 1990.
43. Евстратова К., Купина Н., Малахова Е. Физическая и коллоидная химия. - Москва, 1990.
44. Кудряшов И., Каретников Г. Сборник примеров и задач по физической химии. – Москва, 1991.
45. Практические работы по физической химии / под ред. К. Мищенко, А. Равделя и А. Пономаревой. – Ленинград, 1982.
46. Шукин Е., Перов А., Амелина Е. Коллоидная химия. – Москва, 1982.
47. Воюцкий С. Курс коллоидной химии. – Москва, 1975.
48. Фролов Д. Курс коллоидной химии. – Москва, 1982.
49. Расчеты и задачи по коллоидной химии / под ред. Барановой В. – Москва, 1989.
50. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии / под ред. Ю. Фролова, А.

- Городского. – Москва, 1986.
51. Семчиков Ю., Жильцов С., Кашева В. Введение в химию полимеров. – Москва, 1988.
  52. Шур А. Высокомолекулярные соединения. – Москва, 1981.
  53. Боечко Ф. Основы хімії полімерів. – Київ, 1988.
  54. Зильберман Е., Наволокина Р. Примеры и задачи по химии высокомолекулярных соединений. – Москва, 1984.
  55. Краткий справочник физико-химических величин / под ред. К. Мищенко, А. Равделя. – Москва, 1983.
  56. Волков Л., Пентин Ю. Физические методы исследования в химии. – Москва, 1989.
  57. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложение. – Москва, 1971.
  58. Гармаш А. Введение в спектроскопические методы анализа. Оптические методы анализа. – Москва, 1995.
  59. Гюнтер Х. Введение в курс спектроскопии ЯМР. – Москва, 1984.
  60. Булатов М., Калинин И. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. – Ленинград, 1986.
  61. Упор Э., Мохай М., Новак Д. Фотометрические методы определения следов неорганических соединений. – Москва, 1985.
  62. Кузяков Ю., Семенов К., Зоров Н. Методы спектрального анализа. – Москва, 1990.
  63. Карякин А., Грибовская И. Методы оптической спектроскопии и люминесценции в анализе природных и сточных вод. – Москва, 1987.
  64. Хавезов И., Цалев Д. Атомно-абсорбционный анализ. – Ленинград, 1983.
  65. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия. – Москва, 1982.
  66. Головина А., Левшин Л. Химический люминесцентный анализ неорганических веществ. – Москва, 1978.
  67. Марченко З. Фотометрическое определение элементов. – Москва, 1971.
  68. Коренман И. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений. – Москва, 1975.
  69. Бабко А., Пилипенко А. Фотометрический анализ. Методы определения неметаллов. – Москва, 1974.
  70. David K. Gosser, Jr. Cyclic voltammetry: simulation and analysis of reaction mechanisms – New York, 1994.
  71. Зарецкий С., Сучков В., Животинский П. Электрохимическая технология неорганических веществ и химические источники тока. – Москва, 1980.  
Байзер М., Лунд Х. Органическая электрохимия / Пер. с английского под ред. Петросяна В. и Фиоктистова Л. – Москва, 1988. – Т.1. - С.1-469.; Т.2. - С.470-1024с.
  72. Бахчисарайцян Н., Борисоглебский И., Буркат Г. и др. Практикум по прикладной электрохимии. – Ленинград, 1990.
  73. Осипова Е. Электроаналитические методы и проблема охраны окружающей среды // Соросовский образовательный журнал. – 2001. - №2. - С.47-54.
  74. Айвазов Б. Практическое руководство по хроматографии. - Москва, 1968.
  75. James M. Miller Chromatography: concepts and contrasts. – New York/ Chichester/ Brisbane/ Toronto/ Singapore, 2004.
  76. Cazes J., Scott R.P.W. Chromatography Theory.- New York/ Basel, 2002.
  77. Бражников В. Детекторы для хроматографии. - Москва, 1992.
  78. Фритц Дж., Гьерде Д., Поланд К. Ионная хроматография. – Москва, 1984.
  79. Лебедев К., Казанцев Е., Розманов В. и др. Иониты в цветной металлургии. - Москва, 1975.
  80. Мархол М. Ионообменники в аналитической химии. - Т.1-2. - Москва, 1985.
  81. Сычев С., Сычев К., Гаврилина В. Высокоэффективная жидкосная хроматография на микроколоночных хроматографах серии "милихром". – Орел, 2002.
  82. Гейсс Ф. Основы тонкослойной хроматографии. - Т.1. – 2. – Москва, 1988.

83. Рудаков О., Востров И., Федоров С. и др. Спутник хроматографиста. Методы жидкостной хроматографии. – Воронеж, 2004.
84. Осипова Е. Экстракция как метод разделения и концентрирования // Соросовский образовательный журнал. – 1999. - №6. - С.39-46.
87. Царев Н., Царев В., Катраков И. Практическая газовая хроматография. – Барнаул, 2000.
88. Набиванец Б., Мазуренко Е. Хроматографический анализ. – Київ, 1979.
89. Петерс Д, Хайес Дж. Химическое разделение и измерение. – Москва, 1978.
90. Белявская Т., Большова Т., Брыкина Г. Хроматография неорганических веществ. – Москва, 1986.
91. Айвазов Б. Введение в хроматографию. – Москва, 1983.
92. Золотов Ю., Кузьмин Н. Концентрирование микроэлементов. – Москва, 1982.
93. Скут Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. - Т.2. – Москва, 1979.
94. Вольнец М. Тонкослойная хроматография в неорганическом синтезе. – Москва, 1974.
95. Золов Ю., Кузьмин Н. Экстракционное концентрирование. – Москва, 1971.
96. Брайна Х., Нейман Е. Инверсионная электроаналитическая химия. – Москва, 1981.
97. Кальвода Р., Зыка Я., Штулик К., Нейман Е. Электроаналитические методы в контроле окружающей среды. – Москва, 1990.