

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧЕРКАСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО

## **АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ**

**ПРОГРАМА**  
**навчальної дисципліни**  
**підготовки \_магістра**  
(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)  
**галузі знань \_\_\_0401 Природничі науки**  
**спеціальності \_8.04010101 Хімія**

**2013 рік**

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Валентина Олександрівна Мінаєва, кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії – викладач навчальної дисципліни

РЕЦЕНЗЕНТИ:

---

— \_\_\_\_\_ *Т. С. Нінова*, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри хімії ЧНУ ім. Б. Хмельницького;

---

\_\_\_\_\_ *Т.В. Солодовнік*, кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії та технології неорганічних речовин ЧДТУ.  
(ініціали, прізвище, науковий ступінь, учене звання, посада)

---

Обговорено та рекомендовано до затвердження Вченою радою Навчально-наукового інституту природничих наук

“\_\_28\_\_” 08 \_\_2013 року, протокол №\_1\_

Затверджено Вченою радою Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

“ 29 ”\_\_08\_ 2013\_року\_\_, протокол №\_1\_\_

ББК 24.4 я 73 – 1

УДК 543 (073)

ISBN

© ЧНУ, 2013.

## ВСТУП

Програма вивчення нормативної за ОПП навчальної дисципліни “Аналітична хімія” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістра спеціальності **\_8.04010101 Хімія**.

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни є методи визначення хімічного складу досліджуваних об’єктів.

### **Міждисциплінарні зв’язки:**

#### **Хімія**

1. Неорганічна хімія (всі розділи).
2. Органічна хімія (всі розділи).
3. Фізична хімія (всі розділи).

#### **Математика**

Десяткові і натуральні логарифми, їх властивості. Практичне використання пропорцій. Інтерполяція і екстраполяція. Основні прийоми складання і рішення рівнянь. Графічне зображення функцій. Диференціальне і інтегральне обчислення. Теорія ймовірності.

#### **Фізика**

1. **Динаміка поступального руху.** Закон всесвітнього тяжіння. Маса і вага. Прискорення.
2. **Рідини.** Змочування. Капілярні явища. Випаровування і кипіння рідин. Властивості розбавлених розчинів.
3. **Тверді і аморфні речовини.** Загальні властивості і будова твердих тіл. Загальні властивості і будова аморфних речовин. Адсорбція, абсорбція.
4. **Молекулярна оптика.** Спектр електромагнітного випромінювання. Дисперсія світла. Спектральний аналіз. Поглинання світла .

**Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:**

- 1) Загальні теоретичні основи аналітичної хімії.
- 2) Теоретичні основи методів титриметричного аналізу .
- 3) Фізико-хімічні методи аналізу.
- 4) Методи концентрування в аналітичній хімії.
- 5) Математична обробка хімічного експерименту.

### **1. Мета та завдання навчальної дисципліни**

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни “Аналітична хімія” є дати науково обгрунтовані хімічні методи хімічного аналізу, які дозволяють якісно і кількісно охарактеризувати досліджуваний об’єкт.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни “Аналітична хімія” є

- 1) продовжувати фундаментальну фахову підготовку, основи якої було закладено при вивченні загальної та неорганічної хімії, фізики та математики;

- 2) формувати у студентів уявлення про сучасний рівень розвитку, шляхи та перспективи впровадження хімічних методів дослідження у хімічну науку та виробництво;
- 3) навчити студента техніці експерименту та комп'ютерної обробки дослідних даних;
- 4) навчити студента застосовувати фундаментальні знання для розв'язування конкретних питань планування, організації і проведення фізико-хімічних досліджень.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

**знати :**

- 1) Теоретичні основи методів аналізу хімічних сполук і матеріалів.
- 2) Сучасний стан і рівень розвитку аналітичної хімії.
- 3) Питання відбору проб.
- 4) Основні етапи аналітичного дослідження.
- 5) Класичні і інструментальні методи аналізу об'єктів.
- 6) Методи концентрування в аналітичній хімії.
- 6) Основні етапи математичної обробки результатів хімічного аналізу.

**вміти :**

- 1) Підібрати аналітичну методикку для одержання необхідної інформації про досліджуваній об'єкт.
- 2) Змінювати і перетворювати існуючі методики для аналізу конкретного об'єкту.
- 3) Самостійно проводити аналіз складних об'єктів.
- 4) Правильно представляти результати хімічного аналізу.

## **2. Інформаційний обсяг навчальної дисципліни**

На вивчення навчальної дисципліни “Аналітична хімія” відводиться 108 годин /3 кредита ЄКТС.

### **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АНАЛІТИЧНІЙ ХІМІЇ**

#### **ТЕМА 1.1. Стан сильних і слабких електролітів у розчинах**

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

Використання закону дії мас при дослідженні слабких електролітів.

Застосування закону дії мас до процесу дисоціації слабких кислот і основ. Термодинамічна і концентраційна константа дисоціації. Взаємозв'язок між ступенем та константою дисоціації. Закон розведення В.Оствальда. Йонний

добуток води і рН розчинів. Зміщення йонних рівноваг. Дія одноіменного йону. Розрахунки з використанням закону діючих мас.

Рівновага в багатокомпонентних системах. Буферні розчини та їх властивості. Типи буферних систем. Суть буферної дії. Розрахунки рН буферних розчинів. Значення буферних розчинів в аналізі.

Теорії кислот і основ

Теорія електролітичної дисоціації Арреніуса, її обмеження і недоліки. Теорія 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 і рН нейтрального середовища для різних розчинників. Кислоти і основи в амфіпротонних розчинниках. Рівновага в системі кислота-спряжена основа і розчинник. Константа кислотності і константа основності в розчиннику  $\text{HSO}_4^-$ . Вплив природи розчинника на силу кислоти і основи. Переваги протолітичної теорії в порівнянні із класичною теорією Арреніуса.

## **ТЕМА 1.2. 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 і розчинення осаду.

Вплив сторонніх йонів на розчинність малорозчинних електролітів. Сольовий ефект. Осадження. Фактори, які впливають на повноту осадження: розчинність осаджуваної речовини, кількість осаджувача, йонна сила і рН розчину, комплексоутворення. Дробне осадження.

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

## **ТЕМА 1.3. Гідроліз солей**

Суть гідролізу. Застосування закону дії мас до оборотнього процесу гідролізу, константа гідролізу. Ступінь гідролізу.

Виведення робочих формул для обчислення константи, ступеня гідролізу і рН в розчинах солей, які гідролізують.

Гідроліз солей, утворених багатовалентними основами і багатоосновними кислотами.

Практичні прийоми посилення та подавлення гідролізу.

## **ТЕМА 1.4. 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.

Головні 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 з стандартними потенціалами окисно-відновних пар. Обчислення констант рівноваги окисно-відновних реакцій. Фактори, які впливають на напрям окисно-відновних реакцій.

### **ТЕМА 1.5. 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, маскуванню 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 в хімічному аналізі (для відкриття, кількісного визначення, маскуванню йонів). Основні типи сполук, які утворюються за участю органічних реагентів. Хелати, внутрішньокмлексні сполуки.

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

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2**

### **ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МЕТОДІВ ТИТРИМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ**

#### **ТЕМА 2.1. Методи кислотно-основного титрування**

Основна реакція методу. Робочі розчини в кислотно-основному титруванні; стандартні речовини.

Криві титрування. Розрахунки та побудова теоретичних кривих кислотно-основного титрування. Стрибок титрування. Залежність стрибка титрування від концентрації кислот і основ, температури, константи дисоціації слабкої кислоти (основи).

Індикатори в кислотно-основному титруванні.

Йонна, хромофорна, йонно-хромофорна теорії індикаторів. Інтервал переходу індикатора, показник титрування (pT). Вибір індикатора, індикаторні погрішності (похибки) титрування.

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

## **ТЕМА 2.2. Методи окисно-відновного титрування**

Суть 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 з 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.

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

Способи попереднього окиснення або відновлення речовини, яку визначають.

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

Застосування перманганатометрії. Перманганатометричне визначення окисників, відновників і речовин, які не мають окисно-відновних властивостей. Визначення феруму(II), мангану(II), оксалатів, дигідроген пероксиду, нітратів(III), кальцій-йонів.

Дихроматометрія. Загальна характеристика методу. Робочий розчин. Фіксування точки еквівалентності. Застосування методу. Титрування солей феруму(II). Переваги і недоліки методу в порівнянні з перманганатометрією.

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 арсенітів, арсенатів, феруму(III), купруму(II), галогенів, дигідроген пероксиду. Йодометричне визначення кислот.

Недоліки методу.

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

### **ТЕМА 2.3. Методи осаджувального титрування**

Суть 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, ДР осаду, температура).

Аргентометрія. Безіндикаторні та індикаторні способи фіксування точки еквівалентності. Метод Мора, Фаянса, Фольгарда. Тіоціанатометрія. Застосування методів. Переваги та недоліки методів. Меркурометрія.

### **ТЕМА 2.4. Методи комплексометричного титрування**

Суть комплексометричного титрування. Вимоги до реакцій в комплексометричному титруванні. Найважливіші неорганічні і органічні титранти.

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

Комплексонометрія. Етилендіамінтетраацетатна кислота і її динатрієва сіль як реагенти в комплексонометрії. Способи комплексонометричного титрування (пряме, зворотне, титрування замісника). Металохромні індикатори та принцип їх дії.

Застосування комплексонометрії. Визначення загальної твердості води. Визначення кальцій- та магній-йонів.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3**

### **ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ**

#### **ТЕМА 3.1. 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.



### **ТЕМА 3.2. Класифікація фізико-хімічних методів аналізу за природою аналітичного сигналу**

Методи, що використовують термічні процеси: термічний аналіз, ентальпіметрія, ділатометрія, термогравіметрія.

Аналіз на основі електрохімічних явищ. Методи, що використовують неспецифічні електрохімічні явища: кондуктометрія, діелькометрія, 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.

### **ТЕМА 3.3 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.

### **ТЕМА 3.4. 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, кислотно-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. Полярографія. Дифузійний струм. Рівняння Гейровського-Ільковича. Ємнісний струм та способи його усунення. Диференціальна імпульсна полярографія. Інверсійна полярографія з накопиченням у аналізі мікрокомпонентів. Апаратура методу й область його застосування.

### **ТЕМА 3.5. 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.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4 МЕТОДИ КОНЦЕНТРУВАННЯ В АНАЛІТИЧНІЙ ХІМІЇ**

### **ТЕМА 4.1. Загальна характеристика концентрування. Екстракція**

Концентрування та розділення. Значення концентрування та області його застосування. Індивідуальне та групове концентрування.

Кількісні характеристики концентрування

Класифікація та загальна характеристика методів концентрування.

Екстракція. Сутність екстракції. Переваги і можливості екстракційних методів розділення і концентрування. Термінологія екстракції. Кількісні характеристики процесу екстракції. Вимоги до екстрагенту і до речовини, яку екстрагують.

Класифікації процесів екстракції. Класифікація процесів екстракції за типом сполук, які екстрагують. Екстракція простих сполук з ковалентним зв'язком. Екстракція внутрішньокмлексних сполук. Реагенти, що використовуються в екстракції внутрішньокмлексних сполук. Особливості екстракції внутрішньокмлексних сполук. Екстракція координаційно сольватованих нейтральних комплексних сполук. Поняття про йонні асоціати. Екстракція мінеральних кислот. Екстракція комплексних металокислот. Гідрато-сольватний механізм екстракції. Екстракція координаційно несольватованих солей. Екстракція гетерополісполук. Класифікація процесів екстракції за технікою проведення екстракції. Періодична екстракція. Напівпротитечна і протитечна екстракція. Екстракційна хроматографія.

Застосування екстракції

#### **ТЕМА 4.2. Сорбція як метод концентрування**

Особливості сорбції як методу концентрування.. Сорбція на активних вугіллях. Сорбція на оксидах металів. Сорбція синтетичними іонітами.

Іонообмінні смоли. Підготовка іонообмінних смол до роботи. Фізико-механічні і фізико-хімічні властивості іонітів.

Основні напрямки аналітичного і технологічного використання іонообмінної хроматографії. Приклади використання іонного обміну для концентрування домішок.

#### **ТЕМА 4.3. Концентрування співосадженням**

Неорганічні співосаджувачі. Вимоги до носіїв і колекторів. Основні прийоми концентрування з неорганічними колекторами. Теоретичні питання співосадження. Ізоморфне співосадження. Закон Хлопина. Недоліки неорганічних колекторів. Приклади використання співосадження з неорганічними колекторами.

Органічні співосаджувачі, їх переваги перед неорганічними. Типи і механізм дії органічних співосаджувачів. Приклади використання органічних співосаджувачів для концентрування домішок.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5 МАТЕМАТИЧНА ОБРОБКА ХІМІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ**

### **ТЕМА 5.1. Основні метрологічні поняття**

Основні метрологічні поняття: вимірювання, похибка. Аналітичний сигнал і перешкоди.

Основні етапи хімічного аналізу і джерела похибок. Класифікації похибок аналізу. Абсолютні і відносні похибки. Систематичні і випадкові похибки.

Основні характеристики методу аналізу: правильність і відтворюваність, коефіцієнт інструментальної чутливості, межа визначення, нижня і верхня межі визначення вмісту речовини.

### **ТЕМА 5.2. Систематичні похибки хімічного аналізу**

Систематичні похибки I типу – відомої природи і відомої величини (індикаторні похибки в титриметричному аналізі, похибки при зважуванні в повітряному середовищі, похибки на дифузійний потенціал при точних вимірюваннях потенціалу та інше).

Систематичні похибки II типу – відомої природи, але невідомої величини (інструментальна, реактивна, методична, еталонна та інші).

Систематичні похибки III типу – невідомої природи та невідомої величини.

Релятивізація і рандомізація систематичних похибок хімічного аналізу.

### **ТЕМА 5.3. Випадкові похибки хімічного аналізу**

Результат хімічного аналізу як випадкова величина. Поняття про генеральну і вибірку сукупності в застосуванні до результатів хімічного аналізу.

Функції розподілу випадкових величин. Параметри розподілу випадкових величин – математичне сподівання і дисперсія випадкових величин. Закон нормального розподілу випадкових величин. (Закон нормального розподілу Гаусса). Наслідки із нормального закону розподілу випадкових величин. Довірчий інтервал і довірча ймовірність. Нормований стандартний розподіл. Функція Лапласа.

Перевірка нормальності розподілу результатів хімічного аналізу. Побудова гістограми.

Статистика малих вибірок. Розподіл Стьюдента. Таблиця коефіцієнтів Стьюдента при заданих величинах довірчої ймовірності. Залежність густини ймовірності від ширини довірчого інтервалу в розподілі Стьюдента при різному числі ступенів вільності. Порівняння дисперсій і порівняння середніх значень двох методів аналізу. Критерій Фішера. Метод оцінки правильності аналізу з використанням стандартного зразку.

### ТЕМА 5.4. Застосування методу найменших квадратів для оптимізації лінійних та нелінійних залежностей

Графічні та аналітичні методи обробки досліджуваних даних. Регресійний аналіз. Метод найменших квадратів і його застосування в хіміко-аналітичних дослідженнях.

Застосування методу найменших квадратів для оптимізації лінійних залежностей. Підбір параметрів  $a$  і  $b$  градуовального графіка методом найменших квадратів. Статистична обробка параметрів градуовального графіка. Знаходження вмісту визначуваного компоненту за допомогою рівняння градуовального графіка. Перевірка гіпотези лінійності градуовального графіка.

Застосування методу найменших квадратів для оптимізації нелінійних залежностей

Квадратична залежність. Показникові залежності. Показникова залежність  $y = a \cdot e^{bx}$ . Показникова залежність  $y = a \cdot b^x$ . Степенева залежність.

### 3. Рекомендована література

#### Базова

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

10. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье. – М.: Химия, 1989. – 448 с.
11. Мінаєва В. О. Аналітична хімія: курс лекцій (Частина 1). Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / В. О. Мінаєва. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2013. – 280 с.
12. Мінаєва В. О. Тестові завдання з аналітичної хімії (Частина 1). Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / В. О. Мінаєва. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2013. – 124 с.
13. Мінаєва В. О. Тестові завдання з аналітичної хімії (Частина 2. Хімічні методи кількісного аналізу). Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / В. О. Мінаєва. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2014. – 112 с.
14. Мінаєва В. О. Методи концентрування неорганічних речовин / В. О. Мінаєва. Навч.-мет. посібник. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2014. – 313 с.
15. Мінаєва В. О. Хроматографічний аналіз: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / В. О. Мінаєва. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2013. – 284 с.

#### Допоміжна

16. Мінаєва В. О. Математична обробка даних хімічного експерименту : [навч. посібн.] / В. О. Мінаєва, В. М. Бочарнікова, Т. А. Григоренко. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2003. – 208 с.
17. Кунце У. Основы качественного и количественного анализа / У. Кунце, Г. Швед. – М.: Мир, 1977. – 424 с.
18. Пономарев В. Д. Аналитическая химия (в двух частях). Ч. 2. Количественный анализ / В. Д. Пономарев. – М.: Высшая школа, 1982. – 288 с.
19. Васильев В. П. Аналитическая химия. В 2 ч. Ч. 1. Гравиметрический и титриметрический методы анализа / В. П. Васильев. – М.: Высшая школа, 1989. – 320 с.
20. Бабко А. К. Кількісний аналіз / А. К. Бабко, І. В. П'ятницький. – К.: Вища шк., 1974. – 351 с.
21. Янсон Э. Ю. Теоретические основы аналитической химии / Э. Ю. Янсон. – М.: Высш. шк., 1987. – 304 с.
22. Скуг Д. Основы аналитической химии / Д. Скуг, Д. Уэст; пер. с англ. Е. Н. Дороховой, Г. В. Прохоровой; под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Мир, 1979. – 480 с.
23. Бончев П. Р. Введение в аналитическую химию / П. Р. Бончев. – Л.: Химия, 1978. – 496 с.
24. Петерс Д. Химическое разделение и измерение: Теория и практика аналитической химии. Т. 1–2 / Дж. Хайес, Г. Хифтье. – М.: Химия, 1978. – 816 с.

25. Пиккеринг У. Ф. Современная аналитическая химия / У. Ф. Пиккеринг. – М.: Химия, 1977. – 558 с.
26. Аналитическая химия. Проблемы и подходы. Т. 1, 2 / Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Мир, АСТ, 2004. – Т. 1. – 608 с., Т. 2. – 728 с.
27. Фритц Дж. Количественный анализ / Дж. Фритц, Г. Шенк; пер. с англ. Т. Н. Шеховцовой, О. А. Шпигуна; под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Мир, 1978. – 557 с.
28. Крешков А. П. Основы аналитической химии / А. П. Крешков. Т. 1–3. – М.: Химия, 1976. – Т. 1. – 472 с., Т. 2. – 480 с., Т. 3. – 488 с.
29. Бишоп Э. Индикаторы. Т.1, 2 / Э. Бишоп; пер. с англ. И. В. Матвеевой; под ред. И. Н. Марова. – М.: Мир, 1976. – Т.1. – 496 с. – Т.2. – 446 с.
30. Шварценбах Г. Комплексонометрическое титрование / Г. Шварценбах, Г. Флашка; пер. с нем. Ю.И. Вайнштейн. – М.: Химия, 1970. – 360 с.
31. Волков А. И. Большой химический справочник / А. И. Волков, И. М. Жарский. – Мн.: Современная школа, 2005. – 608 с.
32. Елементи хімічні та речовини прості. Терміни та визначення основних понять. Умовні позначення: ДСТУ 2439–94. – [Чинний від 1995-01-01]. – К. Держстандарт України, 1995. – 17 с.
33. Сабадвари Ф. История аналитической химии / Ф. Сабадвари, А. Робинсон. – М.: Мир, 1984. – 304 с.
34. Файгль Ф. Капельный анализ неорганических веществ. Т. 1–2 / Ф. Файгль, В. Ангер. – М.: Мир, 1976. – Т. 1. – 392 с., Т. 2. – 320 с.

#### **4. Форма підсумкового контролю успішності навчання : залік.**

#### **5. Засоби діагностики успішності навчання.**

Діагностика знань студентів здійснюється з допомогою:

- 1) усних опитувань на практичних заняттях;
- 2) письмових контрольних робіт;
- 3) контролю самостійної роботи
- 4) контролю індивідуальних завдань (за варіантом).

Автор

(В. О. Мінаєва)



Валентина Олександрівна Мінаєва

## **АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ**

### **ПРОГРАМА**

**навчальної дисципліни**

**підготовки \_магістра**

**галузі знань \_0401 Природничі науки**

**спеціальності \_8.04010101 Хімія**

Підписано до друку 29.08.2013. Формат 60×84/16.

Ум. друк. арк. 0,81. Тираж 50 пр.

Видавець Черкаський національний університет  
імені Богдана Хмельницького

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

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

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

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

Друк: ФОП Белінська О. Б.

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

Тел/факс: (0472) 33-03-46.