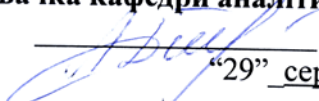


Кафедра аналітичної хімії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувачка кафедри аналітичної хімії

 Л.О. Дубенська  
“29” серпня 2023 року

*РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ*

## АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ

освітній рівень \_\_\_\_\_ перший (бакалаврський) рівень вищої освіти \_\_\_\_\_

спеціальність \_\_\_\_\_ 014 Середня освіта \_\_\_\_\_  
(шифр і назва спеціальності)

спеціалізація \_\_\_\_\_ 014.06 Середня освіта. Хімія \_\_\_\_\_

освітня програма \_\_\_\_\_ освітньо-професійна програма \_\_\_\_\_

факультет \_\_\_\_\_ хімічний \_\_\_\_\_

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

**Коркуна О.Я.**, к.х.н, доцент каф. аналітичної хімії;  
**Дубенська Л.О.**, к.х.н., доцент каф. аналітичної хімії

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри аналітичної хімії

Протокол від “29” серпня 2023 року № 1

© Коркуна О.Я., 2023

© Дубенська Л.О., 2023

## ВСТУП

Програма вивчення навчальної дисципліни “Аналітична хімія” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки *бакалаврів* спеціальності 014 Середня освіта, спеціалізація 014.06 *Середня освіта (Хімія)*.

| Найменування показників  | Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень                  | Характеристика навчальної дисципліни |                       |  |
|--|---|--------------------------------------|-----------------------|--|
|  |   | денна форма навчання                 | заочна форма навчання |  |
| Кількість кредитів – <b>16</b>   | <i>Галузь знань</i><br><b>10 Природничі науки</b><br><small>(шифр, назва)</small> | Нормативна                           |                       |  |
| Модулів – <b>2</b>   |   | <i>Рік підготовки:</i>               |                       |  |
| Змістових модулів – <b>5</b>   | <i>Спеціальність</i><br><b>102 “Хімія”</b>  | <b>2-й</b>                           | –                     |  |
| Курсова робота –   |   | <i>Семестр</i>                       |                       |  |
| Загальна кількість годин – <b>480</b>  |   | <b>3,4-й</b>                         | –                     |  |
|  |   | <i>Лекції</i>                        |                       |  |
| Тижневих годин для денної форми навчання:<br>I семестр<br>аудиторних – <b>8</b><br>самостійної роботи – <b>7</b><br>II семестр<br>аудиторних – <b>9</b><br>самостійної роботи – <b>6</b> | <i>Освітній рівень</i><br><br><b>БАКАЛАВР</b>                                     | <b>64 год</b>                        | –                     |  |
|  |   | <i>Практичні, семінарські</i>        |                       |  |
|  |   | <b>16 год</b>                        | –                     |  |
|  |   | <i>Лабораторні</i>                   |                       |  |
|  |   | <b>192 год</b>                       | –                     |  |
|  |   | <i>Самостійна робота</i>             |                       |  |
|  |   | <b>208 год</b>                       | –                     |  |
| ІНДЗ: –  |   |                                      |                       |  |
| Вид контролю: <b>іспит</b>   |   |                                      |                       |  |

### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – **1**  
для заочної форми навчання –

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**2.1. Метою** викладання навчальної дисципліни “Аналітична хімія” є вивчення теоретичних основ головних методів аналізу, принципів і підходів їхнього практичного використання під час вивчення хімії у закладах середньої освіти.

**2.2. Головними завданнями** вивчення дисципліни “Аналітична хімія” є формування у студентів ключових понять, основних концепцій і теорії в галузі хімічного і фізико-хімічного аналізу, засвоєння принципів і процедур методів аналізу, використання аналітичних реагентів і аналітичних реакцій; формування навичок (здатності) практичного застосування цих методів, використання типового обладнання та приладів, вироблення уявлень про роль та місце кожного методу аналізу; підготовка до самостійного виконання операцій хімічного аналітичного експерименту (розчинення, приготування розчинів заданої концентрації, фільтрування, перекристалізація, титрування тощо).

### 2.3. Вимоги до знань та вмінь в результаті вивчення курсу “Аналітична хімія”.

У разі успішного вивчення дисципліни студент набуде **загальних компетентностей**:

**ЗК1.** Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

**ЗК7.** Здатність застосовувати набуті знання в практичних ситуаціях.

та **спеціальних компетентностей**:

**СК1.** Здатність користуватися символікою і сучасною термінологією хімічної мови.

**СК2.** Здатність розкривати загальну структуру хімічних наук на основі взаємозв'язку основних учень про будову речовини, про періодичну зміну властивостей хімічних елементів та їх сполук, про

спрямованість (хімічна термодинаміка), швидкість (хімічна кінетика) хімічних процесів та їх механізми.

**СК4.** Здатність застосовувати основні методи дослідження для встановлення складу, будови і властивостей речовин, піддавати статистичній обробці та інтерпретувати результати досліджень.

**СК5.** Здатність до перенесення системи наукових хімічних знань у площину навчального предмету хімії, здійснення структурування навчального матеріалу.

**Програмні результати навчання (ПР):**

**ПР01.** Знає хімічну термінологію та сучасну номенклатуру, основні історичні етапи розвитку хімії як науки.

**ПР02.** Знає та розуміє основні концепції, теорії та загальну структуру хімічних наук.

**ПР06.** Знає методи хімічного та фізико-хімічного аналізу, синтезу хімічних речовин, зокрема лабораторні та промислові способи одержання важливих хімічних сполук.

**ПР11.** Уміє застосовувати знання сучасних теоретичних основ хімії для пояснення будови, властивостей і класифікації хімічних речовин, періодичної зміни властивостей хімічних елементів та їх сполук, утворення хімічного зв'язку, направленості (хімічна термодинаміка) та швидкості (хімічна кінетика) хімічних процесів.

**ПР13.** Уміє аналізувати склад, будову речовин і характеризувати їх фізичні та хімічні властивості.

**ПР14.** Характеризує речовини і хімічні реакції в єдності якісної та кількісної сторін.

Після завершення цього курсу **студент повинен знати:**

- правила техніки роботи в аналітичній лабораторії;
- основи якісного аналізу;
- якісні реакції на катіони та аніони;
- способи усунення впливу сторонніх іонів;
- способи розділення іонів у розчині під час їхньої ідентифікації, якісного виявлення;
- основи титриметричного аналізу;
- основи гравіметричного аналізу;
- способи експериментального визначення вмісту речовини;
- основи методів молекулярної та атомної спектроскопії;
- основи методу прямої потенціометрії та потенціометричного титрування;
- основи кондуктометричного методу аналізу;
- основи кулонометричних визначень;
- основи класичної вольтамперометрії та різновиди методу;
- особливості пробопідготовки;
- деякі способи вимірювання фізико-хімічних величин;
- статистично опрацьовувати результати аналізу.

**Студент повинен вміти:**

- готувати розчини заданої концентрації і визначати концентрацію розчинів;
- оцінювати можливості препаративних та інструментальних методів аналізу щодо розв'язування конкретних аналітичних задач;
- використовувати стандартне хімічне обладнання;
- виконувати основні хімічні операції (розчинення, фільтрування, нагрівання, випаровування, кристалізація, переосадження тощо);
- раціонально використовувати стандартне лабораторне обладнання;
- виконувати аналіз та опрацювання результатів вимірювань фізико-хімічних величин, аналітичних визначень;
- користуючись таблицями стандартних термодинамічних величин, розраховувати константи рівноваги, оцінювати умови та можливості перебігу хімічних реакцій;
- користуючись стандартними методиками, виконувати в лабораторних умовах елементний (якісний та кількісний) та функціональний аналіз неорганічних, органічних та координаційних сполук;
- виявляти катіони та аніони у розчині, який містить інші іони, що заважають виявленню, використовуючи методи розділення;
- користуючись стандартними методиками, визначати в лабораторних умовах елементи методами гравіметрії і титриметрії;
- визначати елементи методами емісійного спектрального та атомно-адсорбційного аналізу;
- визначати елементи методами молекулярної спектроскопії;
- виконувати прямі потенціометричні вимірювання, зокрема, рН-метричні;
- виконувати титрування з потенціометричною, амперометричною, кондуктометричною детекцією кінцевої точки титрування;
- знати та виконувати правила техніки безпеки при роботі в хімічній лабораторії з їдкими та отруйними речовинами, неметалами та їх сполуками, органічними розчинниками, газами, електричними приладами.

## Програма навчальної дисципліни

### III СЕМЕСТР

### ХІМІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ

#### Змістовий модуль 1.

#### Предмет аналітичної хімії. Метрологічні основи аналітичної хімії.

#### Рівновага в гомогенній системі. Протолітометрія.

### ТЕМА 1. Вступ. Предмет, завдання, значення аналітичної хімії та її місце серед природничих наук

#### Лекція 1. Предмет аналітичної хімії. Місце аналітичної хімії серед природничих наук

Предмет аналітичної хімії. Значення аналітичної хімії для розвитку природознавства, техніки та народного господарства. Класифікація методів аналізу. Види аналізу: ізотопний, елементний, функціональний, структурний, молекулярний, фазовий. Макро-, мікро- та ультрамікроаналіз. Аналітичні реакції та реагенти, вимоги до них. Аналітичний сигнал. Основні аналітичні проблеми: значення межі виявлення, підвищення точності, експресність, аналіз мікрооб'єктів, локальний та дистанційний аналіз.

Основні етапи розвитку аналітичної хімії. Сучасний стан і тенденції розвитку аналітичної хімії. Наукова хіміко-аналітична література.

#### Лабораторна робота 1 (15 год). Методи ідентифікації катіонів I-III груп

1. Правила роботи та техніка безпеки в лабораторії.
2. Вибір методу виявлення та ідентифікації. Дробний та систематичний аналіз. Мікрокристалоскопічний та пірохімічний аналізи. Крапельний аналіз.
3. Методи ідентифікації катіонів I-III груп аналітичних груп згідно з аміачно-фосфатною класифікацією.
4. Контрольна задача на I-III групи.
5. Захист роботи.

#### Лабораторна робота 2 (15 год). Методи ідентифікації катіонів IV-V груп

1. Методи ідентифікації катіонів IV-V груп аналітичних груп.
2. Контрольна задача на I- V групи.
3. Захист роботи.

#### Лабораторна робота 3 (12 год). Методи ідентифікації аніонів

1. Методи ідентифікації аніонів.
2. Контрольна задача на аніони.
3. Захист роботи.

#### Завдання для самостійної роботи (15 год)

1. Обчислення концентрацій розчинених речовин у розчині (молярність, нормальність, титр, масова частка, ppm і ppb). Переведення концентрацій.
2. Поділ катіонів на аналітичні групи за кислотно-основною та гідрогенсульфідною класифікаціями.
3. Написання якісних реакцій на катіони згідно з аміачно-фосфатною класифікацією.
4. Схема аналізу суміші речовин, яка містить катіони I- V груп, аніони. Схема аналізу невідомої речовини.

### ТЕМА 2. Метрологічні основи аналітичної хімії. Статистичне опрацювання результатів аналізу. Статистичні тести.

#### Лекція 2. Основні метрологічні поняття і уявлення. Похибки

Основні метрологічні поняття і уявлення. Абсолютні (безеталонні) та відносні методи аналізу. Обсяг інформації в аналітичному сигналі. Аналітичний сигнал і перешкоди.

Похибки, класифікація похибок аналізу. Систематичні і випадкові похибки, промахи. Похибки окремих стадій хімічного аналізу. Основні характеристики методу аналізу: правильність, повторюваність і відтворюваність, коефіцієнт чутливості, межа виявлення, нижня і верхня межі вмісту, який визначається.

#### Практичне заняття 1 (1 год.). Метрологічні основи аналітичної хімії

Статистичне опрацювання результатів аналізу. Виявлення промахів (Q-тест). Закон нормального розподілу випадкових похибок,  $t$ - і  $f$ - розподіл. Середнє, дисперсія, стандартне відхилення. Статистичні тести. Порівняння дисперсій та середніх двох методів аналізу. Способи оцінювання правильності: використання стандартних зразків, метод добавок, метод зміни наважок, зіставлення з іншими методами.

#### Завдання для самостійної роботи (15 год)

1. Вимоги до метрологічної оцінки залежно від об'єкта і мети аналізу. Організація та методологія метрологічного забезпечення діяльності аналітичної служби. Перевірка апаратури, атестація засобів вимірювання. Метрологічна атестація аналітичних лабораторій. Стандартні зразки, їхнє виготовлення, атестація і використання.

2. Розв'язання задач на статистичну обробку результатів аналізу.

### **ТЕМА 3. Рівновага в гомогенній системі. Основи теорії електролітів.**

**Лекція 3. Основні типи хімічної рівноваги в гомогенній системі. Основи теорії електролітів.**

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

### **ТЕМА 4. Протолітична теорія. Обчислення рН у водних розчинах кислот і основ. Буферні суміші**

**Лекція 4 Протолітична теорія.**

Сучасні уявлення про кислоти й 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.

**Лекція 5. Обчислення рН у водних розчинах кислот і основ. Буферні суміші.**

Обчислення рН розчинів сильних та слабких протолітів, поліпротонних протолітів, амфолітів. Кисотно-основна рівновага в багатокомпонентній системі. Буферні розчини та їхні властивості. Буферна ємність. Чинники, які впливають на значення буферної ємності.

Концентраційні константи. Опис складних рівноваг. Метод конкуруючих реакцій. Загальна і рівноважна концентрації. Умовні константи. Графічний опис.

**Практичне заняття 2 (2 год.). Рівновага в гомогенній системі. Обчислення рН**

1. Константа рівноваги.
2. Обчислення іонної сила розчину і коефіцієнтів активності іонів.
3. Обчислення рН розчинів
  - сильних та слабких протолітів;
  - поліпротонних протолітів;
  - амфолітів;
  - суміші протолітів;
  - буферних розчинів.
4. Обчислення коефіцієнтів конкуруючих реакцій .

**Завдання для самостійної роботи (27 год)**

1. Розв'язування задач на обчислення іонної сили розчину, коефіцієнтів активності, констант рівноваги., рН розчину, мольної частки окремої протолітичної форми.

2. Протолітичні рівноваги у розчинах багатоосновних кислот. Написання рівнянь матеріального балансу та електронейтральності для розчинів багатоосновних кислот. Побудова діаграм розподілу для поліпротонних протолітів.

### **ТЕМА 5. Титриметричні методи аналізу. Протолітометрія.**

**Лекція 6. Титриметричні методи аналізу.**

Класифікація методів титриметричного аналізу. Вимоги до реакцій у титриметрії. Види титриметричних визначень: пряме, обернене титрування, визначення за заміщенням. Точність вимірювання об'ємів рідин. Способи вираження концентрації розчинів у титриметрії. Точка еквівалентності і кінцева точка титрування. Первинні стандарти, вимоги до них. Фіксанали. Вторинні стандарти, робочі розчини. Методи окремих наважок та піпетування. Обчислення результатів аналізу.

**Лекція 7. Протолітометрія.**

Обчислення рН у різних точках титрування для побудови кривих титрування у протолітометрії: сильних та слабких кислот і основ, поліпротонних кислот та основ.

Індикатори методу. Іонно-хромовна теорія 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.

Кислотно-основне титрування у неводному середовищі. Робочі розчини титрантів. Первинні стандарти.

Практичне застосування методу кислотно-основного титрування. Титрування фосфорної, борної кислот. Аналіз суміші натрій карбонату і бікарбонату. Визначення тимчасової твердості води. Визначення солей амонію, органічного нітрогену.

**Лабораторна робота 4 (12 год.). Визначення концентрації контрольного розчину HCl методом протолітометрії**

1. Хімічний посуд: мірні колби, піпетки, бюретки. Техніка виконання експерименту у титриметрії.
2. Виготовлення розчинів NaOH і  $H_2C_2O_4$ .
3. Визначення конц. NaOH.
4. Визначення вмісту HCl.
5. Статистичне оброблення результатів аналізу
6. Захист роботи.

**Практичне заняття 3 (1 год.). Метод протолітометрії**

1. Обчислення концентрації речовин (молярності, титру, титру за визначуваної речовиною) за результатами кислотно-основного титрування.
2. Пряме і непряме титрування.
3. Побудова кривих титрування.

**Завдання для самостійної роботи (15 год)**

1. Розв'язання задач на способи вираження концентрації розчинів, приготування стандартних розчинів
2. Розв'язання задач за результатами титрування.
3. Розв'язання задач на обчислення рН водних розчинів.
4. Протолітометричне визначення тимчасової твердості води, NaOH і  $Na_2CO_3$  у їхній суміші (титрант, рівняння реакцій, вибір індикатора, перехід забарвлення, формули для обчислень, особливості визначення).

**Контрольні запитання до змістового модуля 1 (колоквіум 1)**

1. Основні аналітичні терміни (об'єкт, зразок, аналіт, аналіз, визначення, вимірювання) та співвідношення між ними.
2. Загальна схема процесу аналізу.
3. Поняття “методика”, “метод” та “принцип методу”.
4. Поняття похибки, їх класифікація.
5. Поняття систематичної, випадкової похибки та промаху.
6. Поняття правильності та повторюваності результатів хімічного аналізу.
7. Оцінювання правильності хімічного аналізу.
8. t-Розподіл Стюдента, його використання в хімічному аналізі.
9. Поняття надійного інтервалу та надійних меж.
10. Використання t-тесту Стюдента для порівняння середнього результату аналізу з істинним чи теоретичним вмістом визначуваної речовини.
11. Порівнювання відтворюваності (F-тест).
12. Виявлення грубих похибок – промахів (Q-тест Діксона).
13. Статистичне опрацювання результатів аналізу та їх подання у звіті.
14. Основні аналітичні характеристики методів аналізу.
15. Градування у хімічному аналізі, визначення  $C_{min}$ .
16. Градувальна функція та градувальний графік.
17. Відносні та абсолютні методи аналізу.
18. Активність, рівноважна, аналітична концентрація. Зв'язок між ними.
19. Іонна сила розчину, коефіцієнт активності.
20. Термодинамічна, концентраційна та умовна константи рівноваги, зв'язок між ними.
21. Суть протолітичної теорії Бренстеда- Лоурі.
22. Катіонні, аніонні, нейтральні кислоти та основи. Амфоліти.
23. Класифікація розчинників за їх донорно-акцепторними властивостями.
24. Класифікація розчинників за їх впливом на кислотно-основні властивості розчинених речовин.
25. Амфіпротні розчинники, їх характеристика.
26. Розрахунок рН у розчинах сильних кислот та основ, в сумішах сильних кислот чи основ.
27. Розрахунок рН у розчинах слабких кислот і основ.
28. Розрахунок рН у розчинах слабких поліпротонних кислот, в сумішах сильної та слабкої кислоти.
29. Амфоліти. Розрахунок рН у розчинах амфолітів.
30. Буферні розчини. Розрахунок рН у буферних розчинах .
31. Буферна ємність, її значення. Виготовлення буферного розчину з оптимальними значеннями як рН так і  $\pi$ .

32. Титриметричний метод аналізу. Загальна характеристика.
33. Стандартні розчини в методах титриметрії та вимоги до них.
34. Вибір індикатора у методі протолітометрії.
35. Іонно-хромофорна теорія зміни забарвлення індикаторів протолітометрії.
36. Індикаторні похибки титрування слабких кислот і основ.
37. Первинні стандарти в методах протолітометрії.
38. Крива титрування ацетатної кислоти розчином NaOH.
39. Визначення тимчасової твердості води методом протолітометрії.
40. Титриметричне визначення борної кислоти.
41. Аналіз суміші NaOH і Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Обчислення вмісту речовин.
42. Титрування поліпротонних протолітів.
43. Крива титрування H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> розчином NaOH
44. Індикаторні похибки титрування сильних кислот і сильних основ.
45. Титриметричне визначення солей амонію.

## Змістовий модуль 2

### Рівновага комплексоутворення, редокс рівновага

#### ТЕМА 6. Комплексні сполуки в аналітичній хімії. Комплексиметрія.

##### Комплексонометрія.

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

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

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

##### Лекція 9. Комплексиметрія. Комплексонометрія.

Реакції комплексоутворення, які використовують у титриметрії, вимоги до них. Меркуриметрія. Меркурій (II) нітрат як титрант. Індикатори. Практичне застосування: визначення хлоридів.

Використання амінополікарбонівих кислот у титриметрії. Способи комплексонометричного титрування. Металохромні індикатори, вимоги до них. Селективність титрування та способи її підвищення. Побудова кривих титрування в методі комплексонометрії. Похибки титрування.

##### Лабораторна робота 5 (6 год). Комплексонометричне визначення твердості води. (1 год)

1. Виготовлення розчину Трилону Б.
2. Визначення твердості води
3. Статистичне опрацювання результатів аналізу
4. Захист роботи.

##### Практичне заняття 4 (1 год). Комплексні сполуки в аналітичній хімії. Комплексонометрія.

1. Розв'язування задач за даними про стійкість комплексних сполук, обчислення молярної частки різних форм комплексних іонів, незакомплексованого іона металу.
2. Розв'язання задач за результатами комплексонометричного титрування.

##### Завдання для самостійної роботи (15 год)

1. Основні органічні реагенти, що застосовуються в аналізі: 8-оксихінолін, диметілглюксим, дитизон.
2. Діаграми розподілу для розчинів комплексних сполук.
3. Пряме і непряме комплексонометричне титрування титрування. Визначення кальцію і магнію за сумісної наявності, алюмінію, торію.

#### ТЕМА 7. Окисно-відновні реакції в аналітичній хімії. Методи редоксиметрії

##### Лекція 10. Окисно-відновні реакції в аналітичній хімії.

Потенціал окисно-відновної системи. Рівняння Нернста, стандартні та реальні потенціали окисно-відновних систем. Константи рівноваги окисно-відновних реакцій. Зв'язок між константою рівноваги і потенціалами. Напрямок та інтенсивність перебігу реакцій окислення-відновлення.

Вплив концентрації реагуючих речовин, концентрації іонів гідрогену, комплексоутворення та інших чинників на окисно-відновні процеси. Поняття про змішані потенціали.

Швидкість реакцій в хімічному аналізі. Елементарні стадії реакцій. Каталізатори та інгібітори. Автокаталітичні реакції. Індуковані, ланцюгові і спряжені реакції. Поняття про індуктор, актор, акцептор. Індукційний фактор. Приклади прискорення і сповільнення реакцій та процесів, які використовують у хімічному аналізі.



### **Лекція 11. Редоксиметрія. Криві титрування.**

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 редоксиметричних визначень, їхня стійкість. Методи попереднього окиснення чи відновлення визначуваного елемента перед титруванням. Можливість послідовного визначення декількох окисників чи відновників у суміші.

### **Лекція 12. Методи редоксиметрії.**

Перманганатометрія. Виготовлення робочого розчину калій перманганату. Первинні стандарти. Встановлення концентрації розчину перманганату. Практичне застосування перманганатометрії: визначення оксалатів, феруму (II, III), Мангану, гідроген пероксиду, нітриту.

Йодометрія, особливості методу. Робочі розчини в йодометрії. Первинні стандарти. Крохмаль як індикатор. Йодометричне визначення арсенатів, нітриту, феруму (III), купруму (II), вільного хлору, бромиду, гідроген пероксиду.

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

Біхроматометрія. Індикатори методу. Практичне застосування біхроматометрії.

Цериметрія, особливості методу. Індикатори методу. Практичне застосування цериметрії

**Лабораторна робота 6 (6 год). Визначення вмісту Феруму(II) у контрольній пробі методом перманганатометрії**

1. Виготовлення стандартного розчину  $H_2C_2O_4$ .
2. Стандартизація розчину  $KMnO_4$ .
3. Визначення феруму(II).
4. Статистичне оброблення результатів аналізу
5. Захист роботи.

**Лабораторна робота 7 (6 год). Визначення вмісту Купруму у контрольній пробі методом йодометрії.**

1. Виготовлення стандартного
2. Стандартизація розчину натрій тіосульфату.
3. Йодометричне визначення Купруму(II).
4. Статистичне оброблення результатів аналізу
5. Захист роботи.

### **Практичне заняття 5 (1 год). Методи редоксиметрії**

1. Розв'язування задач на обчислення окисно-відновного потенціалу, константи рівноваги редокс реакцій.
2. Розв'язування задач на обчислення концентрації речовин за результатами окисно-відновного титрування
3. Побудова кривих окисно-відновного титрування і обчислення похибки.

### **Завдання для самостійної роботи (30 год)**

1. Методи броматометрії, цериметрії, біхроматометрії.
2. Розв'язування задач.

### **Контрольні запитання до змістового модуля 2 (контрольна робота)**

1. Ступінчасті і сумарні константи стійкості комплексних сполук, константа нестійкості, зв'язок між ними.
2. Функція утворення Б'єрума комплексних сполук.
3. Використання комплексних сполук в аналітичній хімії.
4. Меркуриметрія, її використання в аналітичній хімії
5. Побудова теоретичної кривої титрування в методах комплексонометрії.
6. Індикатори методу комплексонометрії, механізм дії, приклади.
7. Які процеси і чому треба враховувати при виборі рН у комплексонометричному титруванні?
8. Комплексонометричне визначення Ca і Mg за їх сумісної присутності.
9. Непряме комплексонометричне титрування. Навести приклади.
10. Вимірювання потенціалу редокс-пари. Гальванічний елемент.
11. Чинники, які впливають на потенціал окисно-відновної пари.
12. Прямий та опосередкований вплив рН розчину на редокс потенціал системи. Навести відповідні приклади.
13. Вплив комплексоутворення на редокс потенціал системи. Навести приклад.
14. Вплив утворення важкорозчинних сполук на редокс потенціал системи. Навести приклад.
15. Константа рівноваги редокс реакцій, її значення, зв'язок з редокс-потенціалом.
16. Швидкість окисно-відновних реакцій, чинники, які впливають на неї.
17. Побудова теоретичної кривої титрування в методах редоксиметрії.
18. Індикатори окисно-відновного титрування, види, механізм дії редокс-індикаторів, приклади.

19. Перманганатометрія. Загальна характеристика методу.
20. Броматометрія. Загальна характеристика методу.
21. Цериметрія. Загальна характеристика методу.
22. Йодометрія. Загальна характеристика методу.
23. Йодометричне визначення купрум(II).

### **Змістовий модуль 3**

#### **Рівновага у гетерогенній системі. Методи седиметрії. Гравіметричний аналіз. Методи розділення.**

#### **ТЕМА 8. Рівновага у гетерогенній системі. Розчинність осадів. Методи седиметрії.**

**Лекція 13. Рівновага у гетерогенній системі. Розчинність осадів. Вплив різних чинників на розчинність осадів.**

Константа рівноваги реакції осадження-розчинення. Термодинамічна, реальна й умовна константи розчинності. Обчислення розчинності важкорозчинних речовин. Застосування правила константи розчинності в аналізі.

Вплив хімічних чинників на розчинність важкорозчинних речовин: температури, розміру і форми частинок, структури осаду, концентрації іонів гідроксонію, комплексоутворювачів, окисно-відновних процесів. Розчинність осадів у кислотах. Вплив кислотності середовища на розчинність солей сильних і слабких кислот. Значення надлишку реактиву. Вплив на розчинність однойменних іонів, іонної сили.

Фракційне осадження. Переведення одних важкорозчинних речовин в інші.

#### **Лекція 14. Методи седиметрії.**

Загальна характеристика. Вимоги до реакцій, які використовують у методах осадження. Вплив адсорбції на точність титрування. Побудова кривих титрування. Вплив розчинності сполук, концентрації і температури на характер кривих титрування. Похибки титрування.

Аргентометрія. Методи однакових помутнінь, Мора, Фольгарда. Титрування за допомогою адсорбційних індикаторів. Теоретичне обґрунтування методу. Практичне використання: визначення Аргентуму хлоридів, бромідів, йодидів.

Меркуриметрія. Індикатори меркуриметрії. Практичне застосування: визначення галогенідів, тіоціанатів.

#### **Практичне заняття 6 (1 год). Розчинність осадів**

Вплив різних чинників на розчинність осадів. Розв'язування задач.

#### **Завдання для самостійної роботи (9 год)**

Розв'язування задач на розчинність осадів.

#### **ТЕМА 9. Гравіметричний аналіз.**

#### **Лекція 15. Кінетика утворення осадів.**

Суть гравіметрії і загальна схема аналізу. Осаджувана форма. Кристалічні та аморфні осадки. 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 швидкості їхнього росту.

Умови одержання кристалічних осадків. Гомогенне осадження. Старіння осадків. Особливості утворення колоїдно-дисперсних систем та їх використання в хімічному аналізі.

#### **Лекція 16. Гравіметричний аналіз.**

Причини забруднення осадків (сумісне осадження, співосадження та післяосадження). Класифікація різних видів співосадження (адсорбція, оклюзія, ізоморфізм та ін.). Концентрування мікроелементів співосадженням на неорганічних колекторах. Способи очищення осадків від забруднення. Фільтрування осадків.

Вагова (гравіметрична) форма. Вимоги до вагової форми. Способи переведення осаджуваної форми у вагову. Обчислення у гравіметрії.

Практичне використання гравіметричного методу аналізу

#### **Лабораторна робота 8 (16 год.). Гравіметричне визначення феруму або нікелю**

1. Підготовка посуду, розчинення зразка.
2. Отримання осаджуваної форми.
3. Сушильна шафа та муфельна піч. Правила техніки безпеки при роботі з ними.
4. Отримання гравіметричної форми.
5. Захист роботи.

#### **Практичне заняття 8 (1 год). Розрахунки у гравіметрії.**

1. Розв'язання задач з гравіметрії (на гравіметричний фактор, масу наважки для аналізу, кількість осаджувача, оптимальне рН розчину, кількість промивної рідини, масу гравіметричної форми).

#### **Завдання для самостійної роботи (15 год)**

1. Гравіметричне визначення магнію, кальцію, фосфору, сульфуру, алюмінію, галогенідів, органічних речовин.
2. Розв'язування задач з гравіметрії.

### **Контрольні запитання до змістового модуля 3**

1. Константа розчинності. Види констант. Правило константи розчинності (добутку розчинності), його значення в аналізі.
2. Вплив розміру кристалів на розчинність малорозчинних сполук.
3. Вплив комплексоутворення на розчинність осадів. Навести приклад.
4. Розчинність осадів у кислотах. Навести приклади.
5. Вивести формулу для обчислення розчинності осадів складу  $M_2A$ ,  $MA_2$ ,  $M_2A_3$  у присутності надлишку однойменного іона  $A$ .
6. Вивести формулу для обчислення розчинності осадів складу  $M_2A$  і  $M_2A_3$  ( $A$  – аніон слабкої кислоти) у присутності сильної кислоти.
7. Перетворення одних важкорозчинних сполук в інші, мета таких перетворень, приклади.
8. Фракційне осадження, його використання в аналізі. Навести приклад.
9. Співосадження, його позитивне і негативне значення для аналізу.
10. Вимоги, які висувають до реакцій у титриметричних методах осадження.
11. Методи однакових помутнінь, Мора, Фольгарда, Фаянса в аргентометрії.
12. Меркурометрія. Загальна характеристика методу.
13. Адсорбційні індикатори методів осадження, механізм дії, приклади.
14. Гравіметрія. Загальна характеристика методу, класифікація методів гравіметрії. Обчислення у гравіметрії.
15. Умови осадження кристалічних осадів.
16. Гомогенне осадження у гравіметрії. Навести приклади.
17. Старіння осаду, його значення в аналізі.
18. Сольовий ефект, його значення для аналізу.
19. Колоїдні розчини, їх значення для гравіметричного аналізу.
20. Причини забруднення осадів. Способи очищення осадів у гравіметрії.
21. Гравіметричне визначення галогенідів, магнію, кальцію, фосфору, сульфуру, алюмінію, галогенідів, органічних речовин.

## **IV СЕМЕСТР**

### **ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ**

#### **Змістовий модуль 1**

#### **Електрохімічні методи аналізу**

**ТЕМА 1. Вступ. Класифікація фізико-хімічних методів аналізу. Основні способи визначення концентрації речовини.**

**Основні електрохімічні поняття. Класифікація електрохімічних методів аналізу.**

**Лекція 1. Класифікація фізико-хімічних методів аналізу. Загальна характеристика і класифікація електрохімічних методів аналізу.**

Класифікація фізико-хімічних методів аналізу. Основні способи визначення концентрації речовини у фізико-хімічних методах: безпосередньо з рівняння зв'язку, спосіб порівняння, добавки, градуйованого графіка, багатьох добавок.

Загальна характеристика і класифікація електрохімічних методів аналізу. Електрохімічна комірка, її різновиди.

Потенціал. Рівняння Нернста. Поняття про дифузійний потенціал. Поняття про подвійний електричний шар. Рівноважні та нерівноважні електрохімічні системи.

**Завдання для самостійної роботи (7 год)**

1. Поляризація електрода та перенапряга. Поляризаційні криві.
3. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.
4. Опрацювання лекційного матеріалу.

## **ТЕМА 2. Потенціометрія.**

### **Лекція 2. Пряма потенціометрія.**

Основні положення потенціометрії. Класифікація потенціометричних методів аналізу. Електродні потенціали (рівноважний, змішаний, граничний, стандартний, нормальний, формальний (реальний), окисно-відновний, мембранний).

Класифікація і характеристика електродів у потенціометрії. Індикаторні електроди і електроди порівняння. Класичні та мембранні електроди. Будова стандартного водневого електрода.

Типи електродів за природою електродної реакції (першого, другого, третього роду та газові електроди). Електроди порівняння (аргентумхлоридний, каломелевий) та індикаторні електроди в потенціометрії (металеві, іоноселективні (на основі рідинних та кристалічних мембран)).

### **Лекція 3. Пряма потенціометрія. Потенціометричне вимірювання рН розчину. Потенціометричне титрування.**

Пряма потенціометрія та її особливості. Можливості і обмеження. Способи визначення концентрації речовини. Електроди для вимірювання концентрації іонів  $H^+$  – водневий, хінгідронний, стибієвий. Скляний електрод. Схема, принцип дії. Переваги і недоліки скляного електрода. Приклади практичного застосування прямої потенціометрії – визначення рН розчинів,  $F^-$ ,  $NO_3^-$ .

Потенціометричне титрування. Способи визначення кінцевої точки потенціометричного титрування. Приклади практичного застосування потенціометричного титрування.

#### **Практичне заняття 1 (2 год). Розрахунки у потенціометрії.**

1. Розв'язання задач з потенціометрії (обчислення теоретичних потенціалів електродів різних видів, обчислення концентрації аналіту за даними потенціометричних вимірювань).

#### **Лабораторна робота 1 (13 год). Вимірювання рН методом прямої потенціометрії зі скляним електродом.**

1. Правила роботи та техніка безпеки в лабораторії фізико-хімічних методів аналізу.
2. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з обладнанням.
3. Виготовлення стандартних розчинів. Одержання контрольного розчину.
4. Виконання лабораторних вимірювань.
5. Опрацювання одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи.
6. Захист лабораторної роботи.

#### **Лабораторна робота 2 (6,5 год). Визначення вмісту нітрат-іонів методом прямої потенціометрії з нітрат-селективним електродом.**

1. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з обладнанням.
2. Виготовлення стандартних розчинів. Одержання контрольного розчину.
3. Виконання лабораторних вимірювань.
4. Опрацювання одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи.
5. Захист лабораторної роботи.

#### **Завдання для самостійної роботи (14 год)**

1. Теорія мембранних потенціалів іоноселективних електродів.
4. Потенціометричні методи визначення фізико-хімічних констант.
5. Використання методу потенціометричного титрування.
6. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.
7. Опрацювання лекційного матеріалу.
8. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.

## **ТЕМА 3. Кулонометрія.**

### **Лекція 4. Кулонометрія.**

Основні положення, закони Фарадея, поляризаційні криві. Теоретичні основи кулонометрії. Рівноважний потенціал і потенціал розкладання. Вплив фізичних і хімічних чинників на виділення і розділення металів електролізом. Умови проведення кулонометричних визначень. Способи визначення кількості електрики.

### **Лекція 5. Кулонометрія.**

Пряма кулонометрія. Електрогравіметрія. Кулонометричне титрування. Способи генерації титранта. Титрування електроактивних і електронеактивних компонентів. Визначення кінцевої точки титрування. Зовнішній і внутрішній електроліз. Електроліз з ртутним катодом. Кулонометричні сенсори. Особливості кулонометричних методів аналізу. Метрологічні характеристики кулонометрії. Переваги і обмеження методу.

#### **Практичне заняття 2 (1 год). Розрахунки у кулонометрії.**

1. Розв'язання задач на закони Фарадея, обчислення вмісту аналіту за даними кулонометричних вимірювань.

**Лабораторна робота 3 (6,5 год). Кулонометричне визначення тіосульфату.**

1. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з апаратурою та обладнанням.
2. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Одержання контрольного розчину.
3. Виконання лабораторних вимірювань.
4. Опрацювання одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи.
5. Захист лабораторної роботи.

**Завдання для самостійної роботи (17,5 год)**

1. Практичне застосування електролізу для визначення Cu, Zn. Аналіз кольорових металів і сплавів.
2. Приклади застосування кулонометрії для визначення малих кількостей кислот і основ, аскорбінової кислоти, окисників.
3. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.
4. Опрацювання лекційного матеріалу.
5. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.

**ТЕМА 4. Вольтамперометричні методи аналізу.****Лекція 6. Класична полярографія.**

Теоретичні основи класичної полярографії. Поляризація електрода. Схема приладу для полярографічного визначення. Полярографічна крива (полярограма) та умови її одержання. Ємнісний, міграційний і дифузійний струми. Граничний дифузійний струм. Рівняння Ільковича та висновки з нього. Рівняння полярографічної хвилі. Висота полярографічної хвилі і потенціалу півхвилі ( $E_{1/2}$ ). Чинники, які впливають на  $E_{1/2}$ . Якісний і кількісний полярографічний аналізи. Способи знаходження концентрації деполаризатора.

**Лекція 7. Різновиди вольтамперометрії. Амперометричне титрування.**

Сучасні різновиди вольтамперометрії: диференційна імпульсна, з швидкою розгорткою, зміннострумова, інверсійна. Переваги і недоліки порівняно з класичною.

Амперометричне титрування. Принцип методу. Індикаторні електроди. Вибір потенціалу індикаторного електрода.

**Практичне заняття 3 (1 год). Розрахунки у вольтамперометрії.**

1. Розв'язання задач на рівняння Ільковича, обчислення вмісту аналіту за даними вольтамперометричних вимірювань.

**Лабораторна робота 4 (13 год). Полярографічне визначення концентрації кадмію способом добавки.**

1. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з апаратурою та обладнанням.
2. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Одержання контрольного розчину.
3. Виконання лабораторних вимірювань. Експериментальне одержання хвилі кисню та її усунення. Одержання хвиль кадмію для розчинів з та без стандартної добавки.
4. Опрацювання одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи.
5. Захист лабораторної роботи.

**Лабораторна робота 5 (13 год.). Визначення концентрації галію методом амперометричного титрування.**

1. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з апаратурою та обладнанням.
2. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Одержання контрольного розчину.
3. Виконання лабораторних вимірювань.
4. Опрацювання одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи.
5. Захист лабораторної роботи.

**Завдання для самостійної роботи (17,5 год)**

1. Вольтамперометричний метод в аналізі органічних речовин.
2. Приклади практичного застосування полярографічного визначення Cd(II), Pb(II).
3. Приклади застосування амперометричного титрування: визначення  $Ca^{2+}$  за допомогою трилону Б, Pb(II) – дихромату.
4. Аналіз сплавів та об'єктів довкілля.
5. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.
6. Опрацювання лекційного матеріалу.
7. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.

**ТЕМА 3. Кондуктометрія.****Лекція 8. Кондуктометрія.**

Теоретичні основи методу (питома та еквівалентна електропровідність розчинів, рухливість іонів; вплив природи, концентрації електроліту та температури на електропровідність). Пряма і непряма кондуктометрія. Визначення фізико-хімічних та аналітичних констант.

Практичне використання кондуктометрії у контролі якості води, технологічних процесів. Автоматизація кондуктометричного визначення.

#### **Практичне заняття 4 (1 год). Розрахунки у кондуктометрії.**

Розв'язання задач на обчислення вмісту аналіту за даними кондуктометричних вимірювань.

#### **Лабораторна робота 6 (6,5 год). Кондуктометричне титрування суміші сильної та слабкої кислот.**

1. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з апаратурою та обладнанням.
2. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Одержання контрольного розчину.
3. Виконання лабораторних вимірювань.
4. Опрацювання одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи.
5. Захист лабораторної роботи.

#### **Завдання для самостійної роботи (14 год)**

1. Високочастотне кондуктометричне титрування.
3. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.
4. Опрацювання лекційного матеріалу.
5. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.

#### **Контрольні запитання до змістового модуля 1**

1. Електрохімічна комірка, різновиди комірок та принципи роботи.
2. За якими принципами класифікують електрохімічні методи аналізу?
3. На чому ґрунтуються потенціометричні методи аналізу?
4. Дайте визначення рівноважного потенціалу.
5. Запишіть рівняння Нернста і поясніть значення усіх величин, які є у цьому рівнянні.
6. Дайте визначення стандартного електродного потенціалу.
7. Що називають формальним потенціалом?
8. Які електроди називають електродами порівняння? Наведіть приклади.
9. Який електроди називають індикаторними? Класифікація індикаторних електродів.
10. Які електроди називають електродами першого, другого роду?
11. Які електроди належать до електродів третього роду? Опишіть принцип роботи цих електродів.
12. Опишіть принцип дії та будову аргентумхлоридного та каломелевого електродів.
13. Характеристики іоноселективного електрода: електродна функція, селективність та час відгуку.
14. Будова та принцип роботи скляного електрода. Визначення рН.
15. Способи визначення концентрації в прямій потенціометрії.
16. У чому полягає перевага кислотно-основного потенціометричного титрування над методом титрування з кольоровими індикаторами?
17. Які індикаторні електроди використовують для потенціометричного методу окисно-відновного титрування?
18. Потенціометричне титрування за реакціями осадження та комплексоутворення. Які індикаторні електроди для цього використовують?
19. Якими методами визначають кінцеву точку потенціометричного титрування?
20. Закони Фарадея та їхнє використання в аналізі?
21. Які процеси можуть супроводжувати електролітичне виділення металів із кислих розчинів?
22. Які методи використовують для запобігання виділення водню під час електролізу розчинів?
23. Що таке внутрішній електроліз?
24. Назвіть головні умови кулонометричних визначень?
25. Які способи фіксації закінчення реакції використовують у кулонометрії?
26. Що таке кулонометри? Опишіть принцип роботи газових кулонометрів.
27. Які кулонометри належать до гравіметричних?
28. Чим зумовлена електропровідність розчинів?
29. В чому суть кондуктометричного методу аналізу?
30. Поясніть причини аномально високих значень рухливостей іонів  $H^+$  і  $OH^-$  у водних розчинах?
31. Опишіть галузі застосування прямої кондуктометрії.
32. В чому суть полярографічного методу аналізу?
33. Які вимоги висувають до електродів у вольтамперометрії?
34. Поясніть форму класичної полярограми?
35. Рівняння Ільковича, його використання у полярографічному аналізі.
36. Якісний та кількісний полярографічний аналіз?
37. Що таке граничний дифузійний струм? Назвіть чинники, які впливають на дифузійний струм.
38. Перелічіть основні правила роботи з ртуттю. Які способи демеркуризації Ви знаєте?
39. Як пояснити форму диференційної імпульсної та зміннострумової полярограми?
40. Що таке інверсійна вольтамперометрія?

41. Які електроди використовують у методі амперометричного титрування?
42. Опишіть виписані криві амперометричного титрування.
43. Як визначають положення кінцевої точки титрування в амперометричному титруванні?

## Змістовий модуль 2

### Оптичні методи аналізу. Пробопідготовка та вибір методу аналізу.

#### ТЕМА 6. Атомна спектроскопія.

##### Лекція 9. Атомна спектроскопія. Основи методу. Якісний і кількісний емісійний спектральний аналіз.

Вступ. Корпускулярно-хвильовий дуалізм електромагнітного випромінювання. Зв'язок між енергією фотона, довжиною та частотою хвилі, хвильовим числом. Поняття про електромагнітний спектр. Молекулярна та атомна спектроскопія. Класифікація спектральних методів аналізу за діапазоном енергій електромагнітних хвиль.

Класифікація основних методів атомної спектроскопії Основи атомно-абсорбційного методу. Основи атомно-емісійного методу. Атомні спектри та спектральні лінії.

Спектри атомів. Основні і збуджені стани атомів. Енергетичні переходи. 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.

Атомізатори: полум'я, електрична дуга, електрична іскра, індуктивно-зв'язана плазма

Якісний спектральний аналіз: спосіб інтерполяції; спосіб дисперсійної кривої. Кількісний спектральний аналіз. Способи одного стандартного зразка, трьох стандартних зразків, сталого графіка, твердого графіка, спосіб добавок. Напівкількісний аналіз. Хіміко-спектральний аналіз. Метрологічні характеристики спектральних методів. Значення фонових сигналів і відношення сигнал/фон. Оцінка мінімального аналітичного сигналу. Межа виявлення і нижня межа визначення. Стандарти у спектральних методах та вимоги до них.

##### Лекція 10. Полуменева фотометрія.

Основи фотометрії полум'я. Емісійна фотометрія полум'я. Якісний і кількісний аналіз. 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. Атомізатори методу АА (полум'я, електротермічні атомізатори). Джерела характеристичного випромінювання. Рівняння зв'язку. Способи атомізації речовини. Можливості методу порівняно з емісійним варіантом полуменевої фотометрії.

##### Лекція 11. Спектральні та фізико-хімічні перешкоди в атомно-абсорбційному та атомно-емісійному аналізі.

Спектральні перешкоди (самопоглинання, випромінювання і поглинання фону, накладання атомних спектральних ліній). Фізико-хімічні перешкоди (температура, повнота випаровування і атомізація проби, іонізація, температура атомізатора, спектроскопічні буфери, випалювання). Метрологічні характеристики і аналітичні можливості атомно-емісійного методу (чутливість, діапазон визначуваних вмістів, відтворюваність, селективність, якісний аналіз та кількісний аналіз).

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

##### Практичне заняття 5 (1 год). Розрахунки в атомній спектроскопії.

Розв'язання задач на основний закон світло поглинання, зв'язок оптичної густини і світло пропускання, обчислення вмісту аналіту.

##### Лабораторна робота 7 (13 год.).

**а) Емісійна полуменева фотометрія. Визначення К, Na або Ca у природній воді способом градуйованого графіка.**

**б) Абсорбційна полуменева фотометрія. Визначення Zn у природній воді або у технологічному розчині способом градуйованого графіка.**

1. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з апаратурою та обладнанням.
2. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Одержання контрольного розчину.
3. Проведення лабораторних вимірювань.
4. Опрацювання одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи.
5. Захист лабораторної роботи.

##### Лабораторна робота 8 (6,5 год). Атомно емісійний спектральний аналіз сталі.

1. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з обладнанням.
2. Проведення лабораторних вимірювань.
3. Опрацювання одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи.
4. Захист лабораторної роботи.

##### Завдання для самостійної роботи (14 год)

1. Застосування атомної спектроскопії при аналізі складних об'єктів. Полуменево-фотометричний аналіз природних вод на вміст іонів лужних та лужно-земельних металів. Урахування взаємного впливу на величину аналітичного сигналу.

2. Техніка проведення аналізу сплавів в атомно-абсорбційному методі. Які можливі перешкоди одержання надійних результатів?

3. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.

4. Опрацювання лекційного матеріалу.

5. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.

## **ТЕМА 6. Молекулярна абсорбційна спектроскопія.**

### **Лекція 12. Спектральні методи аналізу та їх класифікація.**

#### **Основний закон світлопоглинання.**

Теоретичні основи методу молекулярної абсорбційної спектроскопії. Основний закон світлопоглинання (закон Бугера–Ламберта–Бера) його математичний і графічний вираз. Величини, що характеризують поглинання світла забарвленими сполуками в розчині. Спектри поглинання.

#### **Лекція 13. Молярний коефіцієнт поглинання.**

Молярний коефіцієнт поглинання. Ефективний та істинний молярний коефіцієнт поглинання як міра чутливості фотометричної реакції. Реакції, що використовуються у фотометричному методі та вимоги до них. Вплив різних чинників на перебіг фотометричної реакції і максимальний вихід забарвленого продукту реакції: кислотності середовища, концентрації компонентів реакції, сторонніх речовин, розчинника, температури. Вибір реагентів у фотометричному. Закон адитивності оптичних густин. Фотометричний аналіз двокомпонентних систем.

#### **Лекція 14. Відхилення від основного закону світлопоглинання. Метрологічні характеристики фотометричного методу. Різновиди молекулярної спектроскопії.**

Відхилення від основного закону світлопоглинання (немонохроматичність джерела і вплив розсіяного світла, хімічні процеси, вплив показника заломлення). Метрологічні характеристики фотометричного методу. Екстракційно-фотометричний метод. Фотометричне титрування. Поняття про диференційну спектрофотометрію. Поняття про нефелометрію і турбідиметрію.

Поняття про кінетичні методи аналізу.

#### **Практичне заняття 6 (2 год). Розрахунки у фотометрії.**

Розв'язання задач на основний закон світлопоглинання, зв'язок оптичної густини і світлопропускання, обчислення вмісту аналіту за даними фотометричних вимірювань.

#### **Лабораторна робота 9 (6,5 год.). Одержання електронного спектра поглинання забарвлених сполук феруму з сульфосаліциловою кислотою (моно-, ди- і трисульфосаліцилату).**

1. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з апаратурою та обладнанням.

2. Виготовлення розчинів Fe(III) моно-, ди- і трисульфосаліцилату.

3. Експериментальне одержання електронного спектра поглинання забарвлених сполук.

4. Оформлення лабораторної роботи.

5. Захист роботи.

#### **Лабораторна робота 10 (6,5 год). Спектрофотометричне визначення Fe(III) з використанням сульфосаліцилової кислоти способом порівняння оптичних густин**

1. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з обладнанням.

2. Виготовлення розчинів Fe(III) моноссульфосаліцилату.

3. Експериментальні вимірювання оптичних густин розчинів (досліджуваного і порівняння).

4. Обчислення результатів та оформлення звіту лабораторної роботи.

5. Захист роботи.

#### **Лабораторна робота 11 (6,5 год). Екстракційно-фотометричне визначення Нікелю за допомогою диметилглюксиму з визначенням концентрації способом порівняння оптичних густин.**

1. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з апаратурою та обладнанням.

2. Виготовлення стандартних та робочих розчинів.

3. Проведення лабораторних вимірювань.

4. Опрацювання одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи.

5. Захист лабораторної роботи.

#### **Завдання для самостійної роботи (21 год)**

1. Детектори світлової енергії. Принцип роботи.

2. Принципові відмінності спектрофотометрів і фотоколориметрів.

3. 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.

4. Фотометричний аналіз органічних речовин.



5. Кінетичні методи визначення
6. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.
7. Опрацювання лекційного матеріалу.
8. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.

## **ТЕМА 8. Методи розділення. Екстракція. Хроматографія. Загальна характеристика, класифікація методів та застосування**

### **Лекція 15. Екстракція. Хроматографія.**

Основні методи розділення і концентрування. Гібридні методи. Одноступінчасті та багатоступінчасті процеси розділення. Константа розподілу. Ступінь вилучення. Фактор розділення. Коефіцієнт концентрування.

Екстракція. Теорія екстракційних методів. Закон розподілу. Класифікація екстракційних процесів. Швидкість екстракції. Типи екстракційних систем. Реекстракція. 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.

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. Площинна хроматографія.

### **Практичне заняття 7 (1 год.). Методи розділення. Екстракція. Хроматографія**

1. Обчислення коефіцієнта розподілу, ступеня вилучення.

#### **Завдання для самостійної роботи (7 год)**

1. Швидкість екстракції. Природа і характеристика екстрагентів.
2. Типи стаціонарних та рухливих фаз у хроматографії.
3. Іонний обмін та іонообмінна хроматографія.
4. Високоєфективна рідинна хроматографія (ВЕРХ).
5. Надкритична флюїдна хроматографія.

## **ТЕМА 8. Пробопідготовка та вибір методу аналізу. Основні об'єкти аналізу.**

### **Лекція 16. Підготовка проби та вибір методу аналізу. Основні об'єкти аналізу.**

Основні вимоги до проби для аналізу. Способи одержання середньої проби твердих, рідких і газуватих речовин. Зберігання проби. Основні способи переведення проби у форму, потрібну для аналізу – розчинення, сплавляння, спікання, розкладання. Урахування забруднення і втрат компонентів під час підготовки проби до аналізу.

Вибір методу аналізу. Можливі підходи до вибору методу – формування завдання, одержання інформації про орієнтовний склад об'єкта, вивчення літератури. Вимоги до методу і методики, параметри порівняння – точність, селективність, тривалість аналізу, економічність тощо.

Характеристика природних і штучних об'єктів як об'єктів аналізу. Метали, сплави, неметалічні включення. Об'єкти довкілля – повітря, природні і стічні води, ґрунти, донні відкладення. Біологічні об'єкти, лікарські, харчові продукти. Завдання аналізу і санітарно-гігієнічний контроль.

#### **Завдання для самостійної роботи (7 год)**

1. Геологічні об'єкти (руди, силікати), значення аналітичних методів у розвідці корисних копалин.
2. Неорганічні сполуки (речовини високої чистоти, напівпровідникові матеріали), аналіз цих сполук на домішки, пошаровий і локальний аналіз кристалів і плівок. Космічні об'єкти.
3. Опрацювання лекційного матеріалу.

### **Контрольні запитання до змістового модуля 2**

1. Природа електронних спектрів атомів, іонів та молекул.
4. Основи атомного емісійного спектрального аналізу та його види.
5. Спектральні лінії атомів, характеристика та використання в аналізі. Абсолютна та відносна інтенсивність спектральних ліній.
6. Джерела атомізації і збудження атомів та іонів: полум'я, електрична дуга, іскровий розряд, плазмотрон, індуктивно-зв'язана плазма. Їх коротка характеристика.
7. Опис фізичних та хімічних процесів у джерелі атомізації та збудження.
8. Основи якісного емісійного спектрального аналізу, одержання спектрів, способи ідентифікації спектральних ліній.
9. Кількісний та напівкількісний спектральний аналіз. Рівняння Ломакіна-Шайбе. Хіміко-спектральний аналіз.

10. Вибір спектральних ліній для кількісного визначення елементів.
11. Принцип методу фотометрії полум'я. Емісійний та атомно-адсорбційний варіанти методу. Рівняння зв'язку. Порівняння варіантів з метрологічної точки зору.
12. Полум'я як атомізатор речовини. Види полум'я та його характеристика.
13. Коротка характеристика фізико-хімічних процесів у полум'ї при внесенні в нього речовини.
14. Фізичні та хімічні перешкоди у полум'яній фотометрії: спектральні перешкоди, фон полум'я, неселективне поглинання, утворення хімічних сполук у полум'ї, значення фізичних властивостей розчину. Засоби врахування та усунення перешкод.
15. Метрологічні характеристики полум'яної фотометрії: чутливість, селективність, точність, межі визначуваних концентрацій.
16. Схеми приладів для емісійної та атомно-адсорбційної фотометрії полум'я.
17. Галузі застосування полум'яної фотометрії.
18. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Правило адитивності оптичних густин та його значення.
19. Молярний коефіцієнт поглинання та його значення. Ефективне та істинне значення молярного коефіцієнта поглинання.
20. Процедура одержання електронного спектра поглинання забарвленої сполуки в розчині, способи його графічного зображення.
21. Значення  $\epsilon_\lambda$  та ширини смуги у фотометричному аналізі.
22. Використання електронних спектрів для якісного та кількісного фотометричного аналізу.
23. Фотометричний аналіз двокомпонентної суміші.
24. Основний закон світлопоглинання, аналітичне та графічне зображення закону.
25. Відхилення від основного закону світлопоглинання. Причини відхилення та засоби їх усунення.
26. Типи сполук, що використовують у фотометрії, та вимоги до реакцій.
27. Умови максимального виходу забарвленої сполуки в розчині.
28. Чутливість, точність та селективність фотометричних визначень.
29. Методи фотометричного аналізу. Диференціальна спектрофотометрія.
30. Фотометричне титрування.
31. Екстракційно-фотометричні методи аналізу.
32. Способи визначення концентрації у фотометрії та умови їх застосування.
33. Характеристика фотометричних методів визначення окремих елементів:
  - a) феруму – тіоціанатний, сульфосаліцилатний та о-фенантроліновий;
  - b) мангану – перманганатний, формальдоксимовий;
  - c) нікелю – диметилглюксимовий;
  - d) кобальту – тіоціанатний, з нітросо- R-сіллю;
  - e) хрому – хроматний, дифенілкарбазидний;
  - f) титану – пероксидний, з хромотроповою кислотою;
  - g) фосфору та силіцію – у вигляді жовтих та синіх гетерополімолібденових кислот.
34. Поняття про люмінесцентні методи аналізу. Різновиди люмінесценції.
35. Екстракція. Константа та коефіцієнт розподілу. Ступінь вилучення.
36. Типи екстракційних систем.
37. Вплив рН на екстракцію окремих іонів.
38. Абсолютне та відносне концентрування в екстракції.
39. Реекстракція.
40. Хроматографія. Принцип методу та головні теоретичні положення.
41. Основні види хроматографії та їхнє застосування.
42. Якісний і кількісний хроматографічний аналіз. Сутність.
43. Площинні варіанти хроматографії. Якісний та кількісний аналіз.

## Структура навчальної дисципліни

## ІІІ СЕМЕСТР

| № теми  | НАЗВИ ЗМІСТОВИХ МОДУЛІВ І ТЕМ  | Кількість годин |          |           |            |
|---|--|-----------------|----------|-----------|------------|
|   |  | л               | п        | лаб       | сп         |
| <b>Змістовий модуль 1.</b>  |  |                 |          |           |            |
| <b>Предмет аналітичної хімії. Метрологічні основи аналітичної хімії.</b>                              |  |                 |          |           |            |
| <b>Рівновага в гомогенній системі. Протоліометрія.</b>  |  |                 |          |           |            |
| 1   | Предмет аналітичної хімії. Місце аналітичної хімії серед природничих наук. Класифікація методів аналізу. Аналітичні реакції та реагенти, вимоги до них. Аналітичний сигнал. Методи ідентифікації катіонів і аніонів. | 2               |          | 48        | 14         |
| 2   | Метрологічні основи аналітичної хімії. Статистичне оброблення результатів аналізу. Статистичні тести.  | 2               | 1        |           | 12         |
| 3   | Рівновага в гомогенній системі. Основи теорії електролітів.  | 2               | 1        |           | 10         |
| 4   | Протолітична теорія. Обчислення рН у водних розчинах кислот і основ. Буферні суміші  | 4               | 1        |           | 12         |
| 5   | Титриметричні методи аналізу. Протоліометрія. Криві титрування методу протоліометрії. Кислотно-основні індикатори. Похибки методу.   | 4               | 1        | 12        | 14         |
| <b>Модульна робота (колоквиум) 1</b>  |  |                 |          |           |            |
| <b>Змістовий модуль 2</b>   |  |                 |          |           |            |
| <b>Рівновага комплексоутворення, редокс рівновага</b>   |  |                 |          |           |            |
| 6   | Комплексні сполуки в аналітичній хімії. Комплексиметрія. Комплексонометрія   | 4               | 1        | 6         | 14         |
| 7   | Окисно-відновні реакції в аналітичній хімії. Методи редоксиметрії  | 6               | 1        | 6         | 14         |
| <b>Контрольна робота 1</b>  |  |                 |          |           |            |
| <b>Змістовий модуль 3</b>   |  |                 |          |           |            |
| <b>Рівновага у гетерогенній системі. Методи седиметрії. Гравіметричний аналіз. Методи розділення.</b> |  |                 |          |           |            |
| 8   | Рівновага у гетерогенній системі. Розчинність осадів. Вплив різних чинників на розчинність осадів. Методи седиметрії   | 4               | 1        |           | 8          |
| 9   | Гравіметричний аналіз  | 4               | 1        | 16        | 14         |
| <b>Модульна робота (колоквиум) 2</b>  |  |                 |          |           |            |
| <b>Всього годин</b>   |  | <b>32</b>       | <b>8</b> | <b>88</b> | <b>112</b> |

## IV СЕМЕСТР

| № теми   | НАЗВИ ЗМІСТОВИХ МОДУЛІВ І ТЕМ   | Кількість годин |          |            |           |
|--|---|-----------------|----------|------------|-----------|
|  |   | л               | пр       | лаб        | ср        |
| <b>Змістовий модуль 1.</b><br>Електрохімічні методи аналізу  |   |                 |          |            |           |
| 1  | Класифікація фізико-хімічних методів аналізу. Основні способи визначення концентрації речовини у фізико-хімічних методах. Основні електрохімічні поняття. Класифікація електрохімічних методів аналізу. | 2               |          |            | 6         |
| 2  | Потенціометрія.   | 4               | 2        | 19,5       | 12        |
| 3  | Електрогравіметрія. Кулонометрія.   | 4               | 1        | 6,5        | 12        |
| 4  | Вольтамперометричні методи аналізу.   | 4               | 1        | 26         | 12        |
| 5  | Кондуктометрія.   | 2               | 1        | 6,5        | 12        |
| <b>Змістовий модуль 2.</b><br>Оптичні методи аналізу. Методи розділення. Пробопідготовка та вибір методу аналізу |   |                 |          |            |           |
| 6  | Атомна спектроскопія  | 6               | 1        | 19,5       | 12        |
| 7  | Молекулярна абсорбційна спектроскопія.  | 6               | 1        | 26         | 18        |
| 8  | Екстракція. Хроматографія.  | 2               | 1        |            | 6         |
|  | Пробопідготовка та вибір методу аналізу. Основні об'єкти аналізу.   | 2               |          |            | 6         |
| <b>Всього годин</b>  |   | <b>32</b>       | <b>8</b> | <b>104</b> | <b>96</b> |

## Теми практичних занять

| №                  | Назва теми  | Кількість годин |
|--------------------|---|-----------------|
| <b>III семестр</b> |   |                 |
| 1.                 | Метрологічні основи аналітичної хімії                     | 1               |
| 2.                 | Рівновага в гомогенній системі.                           | 1               |
| 3.                 | Протолітична теорія. Обчислення рН                        | 1               |
| 4.                 | Метод протолітометрії                                     | 1               |
| 5.                 | Комплексні сполуки в аналітичній хімії. Комплексонометрія | 1               |
| 6.                 | Методи редоксиметрії                                      | 1               |
| 7.                 | Розчинність осадів  | 1               |
| 8.                 | Розрахунки у гравіметрії.                                 | 1               |
| <b>IV семестр</b>  |   |                 |
| 1                  | Розрахунки у потенціометрії..                             | 2               |
| 2                  | Розрахунки у кулонометрії.                                | 1               |
| 3                  | Розрахунки у вольтамперометрії.                           | 1               |
| 4                  | Розрахунки у кондуктометрії.                              | 1               |
| 5                  | Розрахунки в атомній спектроскопії.                       | 1               |
| 6                  | Розрахунки у молекулярній фотометрії..                    | 1               |
| 7                  | Методи розділення. Екстракція. Хроматографія              | 1               |

## Теми лабораторних занять

| Тижні              | Назва теми   | Кількість годин |
|--------------------|--|-----------------|
| <b>III семестр</b> |  |                 |
| 1-3                | Методи ідентифікації катіонів I-III груп   | 15              |
| 3-5                | Методи ідентифікації катіонів IV-V груп  | 15              |
| 6-7                | Методи ідентифікації аніонів   | 12              |
| 8-10               | Визначення концентрації контрольного розчину HCl методом протолітометрії   | 12              |
| 11                 | Комплексонометричне визначення твердості води  | 6               |
| 12                 | Визначення вмісту Феруму(II) у контрольній пробі методом перманганатометрії  | 6               |
| 13                 | Визначення вмісту Купруму(II) у контрольній пробі методом йодометрії   | 6               |
| 14-16              | Гравіметричне визначення Феруму або Нікелю   | 16              |
| <b>IV семестр</b>  |  |                 |
| 1-2                | Вимірювання рН методом прямої потенціометрії зі скляним електродом.  | 13              |
| 3                  | Визначення вмісту нітрат-іонів методом прямої потенціометрії з нітрат-селективним електродом   | 6,5             |
| 4                  | Кулонометричне визначення тіосульфату.   | 6,5             |
| 5-6                | Полярографічне визначення концентрації Кадмію способом добавки.  | 13              |
| 7-8                | Визначення концентрації Галію методом амперометричного титрування.   | 13              |
| 9                  | Кондуктометричне титрування суміші сильної та слабкої кислот.  | 6,5             |
| 10                 | Атомно емісійний спектральний аналіз сталі.  | 6,5             |
| 11-12              | Емісійна полуменева фотометрія. Визначення K, Na або Ca у природній воді способом градуйованого графіка.<br>Абсорбційна полуменева фотометрія. Визначення Zn у природній воді або у технологічному розчині способом градуйованого графіка. | 13              |
| 13                 | Одержання електронного спектра поглинання забарвлених сполук Феруму з сульфосаліциловою кислотою (моно-, ди- і трисульфосаліцилату).   | 6,5             |
| 14                 | Спектрофотометричне визначення Fe(III) з використанням сульфосаліцилової кислоти способом порівняння оптичних густин   | 6,5             |
| 15                 | Екстракційно-фотометричне визначення Нікелю за допомогою диметилглюксиму з визначенням концентрації способом порівняння оптичних густин.   | 6,5             |

## Методи навчання

Використовуються такі методи навчання:

а) словесні – лекція, пояснення, бесіда, консультації, інструктаж (вступний та поточний) під час виконання лабораторних робіт;

б) наочні – ілюстрування лекційного матеріалу таблицями, схемами, графіками та демонстрація хімічних дослідів на лабораторних заняттях;

в) практичні – виконання лабораторних робіт, що передбачає організацію навчальної роботи з використанням спеціального обладнання та за визначеною технологією для отримання нових знань,

перевірки певних наукових гіпотез на рівні досліджень та формування вмій і навичок виконання лабораторних досліджень різноманітних об'єктів; практичні заняття з розв'язування задач для якнайповнішого засвоєння і закріплення теоретичного матеріалу.

г) виконання домашнього завдання, самостійна робота.

## Методи контролю та розподіл балів

Навчальна дисципліна "Аналітична хімія" оцінюється за модульно-рейтинговою системою. Вона складається з 2 модулів.

### ІІІ СЕМЕСТР

#### Система контролю знань та умови складання іспиту.

Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою в кожному семестрі окремо. У першому семестрі курс поділяється на 3 змістові модулі (див. табл.). Разом це 1 модуль, оцінений у 50 балів

| № | Модуль  | Види контролю                           | К-сть видів | Сума балів      |
|---|---|---|-------------|-----------------|
| 1 | Предмет аналітичної хімії.<br>Метрологічні основи аналітичної хімії.<br>Рівновага в гомогенній системі.<br>Протолітометрия. | Колоквіум<br>Лабораторна робота         | 1<br>4      | 8<br>4,0-12,0   |
| 2 | Комплексні сполуки та окисно-відновні реакції в аналітичній хімії.<br>Методи комплексиметрії та редоксиметрії.              | Контрольна робота<br>Лабораторна робота | 1<br>3      | 10,0<br>3,0-9,0 |
| 3 | Рівновага в гетерогенній системі.<br>Методи седиметрії. Гравіметричний аналіз.  | Колоквіум<br>Лабораторна робота         | 1<br>1      | 8<br>1,0-3,0    |

#### Рейтингове оцінювання контролю знань студентів (у балах)

| №                              | Види контролю                          | К-сть видів | Бали    | Сума балів |
|--------------------------------|--|-------------|---------|------------|
| 1                              | Колоквіум                              | 2           | 8       | 16,0       |
| 2                              | Виконання і захист лабораторної роботи | 8           | 1,0-3,0 | 8,0-24,0   |
| 3                              | Контрольна робота                      | 1           | 10,0    | 10,0       |
| Загальна сума балів за семестр |  |             |         | 50,0       |

#### Критерії оцінювання лабораторної роботи з аналітичної хімії (ІІІ семестр)

Оцінювання лабораторної роботи здійснюється па підставі результату виконання роботи та її захисту. Критерії оцінювання результату роботи такі. Для робіт з виявлення речовин результат вважається добрим, якщо виявлено (не виявлено) не більше одного іона, задовільним – не більше двох іонів, незадовільним – більше двох іонів. Для робіт з кількісного визначення речовин результат вважається добрим, якщо відносна похибка визначення не перевищує 2 %, задовільним – відносна похибка визначення є в межах 2-5 %, незадовільним – більше 5 %. Робота з незадовільним результатом не зараховується і повинна бути переробленою.

На захист роботи виносяться теоретичні основи роботи та методика її виконання. Критерії оцінювання захисту роботи такі: захист вважається відмінним при безпомилковому знанні теоретичних основ і методики виконання роботи, добрим – при допущенні несуттєвих помилок або неточностей, задовільним – при допущенні окремих значних помилок, незадовільним – при відсутності розуміння теоретичних основ та методики роботи.

#### Рейтингове оцінювання виконання та захисту лабораторної роботи

| Результат виконання               | Захист        | Бал  |
|-----------------------------------|---------------|------|
| відмінний, добрий                 | відмінний     | 3,0  |
| задовільний                       | відмінний     | 2,75 |
| відмінний                         | добрий        | 2,5  |
| добрий                            | добрий        | 2,25 |
| задовільний                       | добрий        | 2,0  |
| відмінний, добрий                 | задовільний   | 1,75 |
| задовільний                       | задовільний   | 1,5  |
| відмінний, добрий або задовільний | незадовільний | 1,0  |

## IV СЕМЕСТР

**Система контролю знань та умови складання іспиту.** У IV семестрі курс поділяється на 2 змістові модулі:

| № | Модуль  | Види контролю                 | К-сть видів | Сума балів |
|---|---|-------------------------------|-------------|------------|
| 1 | Електрохімічні методи аналізу   | Допуск до лабораторної роботи | 6           | 3          |
|   |   | Виконання лабораторної роботи | 6           | 6          |
|   |   | Захист лабораторної роботи    | 6           | 15         |
|   |   | Домашнє завдання              | 1           | 3          |
| 2 | Оптичні методи аналізу.<br>Методи розділення.<br>Пробопідготовка та вибір методу аналізу. | Допуск до лабораторної роботи | 5           | 2,5        |
|   |   | Виконання лабораторної роботи | 5           | 5          |
|   |   | Захист лабораторної роботи    | 5           | 12,5       |
|   |   | Домашнє завдання              | 1           | 3          |

### Рейтингова оцінка контролю знань студентів (у балах)

| №                              | Вид контролю                  | Кількість форм контролю | Бал | Сумарний бал |
|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----|--------------|
| 1                              | Допуск до лабораторної роботи | 11                      | 0,5 | 5,5          |
| 2                              | Виконання лабораторної роботи | 11                      | 1   | 11           |
| 3                              | Захист лабораторної роботи    | 11                      | 2,5 | 27,5         |
| 4                              | Домашнє завдання              | 2                       | 3   | 6            |
| Загальна сума балів за семестр |                               |                         |     | 50           |
| Іспит                          |                               | 1                       | 50  | 50           |
| Загальна сума балів            |                               |                         |     | 100          |

### Критерії оцінювання лабораторних робіт у IV семестрі

Лабораторні роботи оцінюються на трьох етапах:

**Допуск** до лабораторної роботи, який максимально може бути оцінений в 0,5 бала. На допуск до лабораторної роботи студент повинен знати методiku її виконання, принцип вимірювання, фізичні та хімічні закони, які лежать в основі методу виконання, типову будову приладу та принцип роботи його основних вузлів.

**Виконання** лабораторної роботи максимально оцінюється в один бал. Результат виконання вважається відмінним, якщо відносна похибка визначення не перевищує 5 %, добрим – 10 %, задовільним – 15 %, незадовільним – більше 15 %. Робота з незадовільним результатом не зараховується, студент повинен її переробити.

#### Рейтингове оцінювання виконання лабораторної роботи

| Результат виконання | Бал |
|---------------------|-----|
| відмінний           | 1,0 |
| добрий              | 0,7 |
| задовільний         | 0,5 |

На **захист** роботи виносяться теоретичні основи роботи та методика її виконання. Захист лабораторної роботи максимально оцінюється у 2,5 бала. Під час захисту лабораторної роботи студент повинен вирішити три відкритих завдання: два теоретичних питання і одну розрахункову задачу. Критерії оцінювання захисту роботи такі: захист вважається відмінним при безпомилковому знанні теоретичних основ виконання роботи, добрим – при допущенні несуттєвих помилок або неточностей, задовільним – при допущенні окремих значних помилок, незадовільним – при відсутності розуміння теоретичних основ та методики роботи.

## Підсумкова оцінка

| Бал    | ECTS | Оцінка |                          |
|--------|------|--------|--------------------------|
| 90-100 | A    | 5      | Відмінно                 |
| 81-89  | B    | 4      | Добре                    |
| 71-80  | C    |        |                          |
| 61-70  | D    | 3      | Задовільно               |
| 51-60  | E    |        |                          |
| 30-50  | FX   | 2      | Можлива перездача іспиту |
| 0-29   | F    |        | Повторення всього курсу  |

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна

1. Кузьма Ю., Ломницька Я., Чабан Н. Аналітична хімія. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2001 – 298 с.
2. Зінчук В.К., Гута О.М. Хімічні методи якісного аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2006 – 151 с.
3. Дубенська Л.О., Коркуна О.Я., Ломницька Я.Ф. Кількісний хімічний аналіз. Лабораторний практикум : навч.-метод. Посібник. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2023. – 302 с.
4. Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Фізико-хімічні методи аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2008 – 363 с.
5. Бабко А.К., П'ятницький І.В. Кількісний аналіз. – К.:Вища школа.–1974–351с.
6. Дубенська Л. О., Тимошук О.С. Методичні рекомендації до самостійної роботи з дисципліни «Аналітична хімія» – Львів: Малий видавничий центр хімічного та фізичного факультетів ЛНУ імені Івана Франка, 2012. – 126 с.

### Додаткова

1. Harvey D. Modern Analytical Chemistry. – USA: McGraw-Hill Higher Education. – 2000 – 543 p.
2. Жаровський Ф.Г., Пилипенко А.Т., П'ятницький І.В. Аналітична хімія. – К., 1982
3. Алемасова А.С., Зайцев В.М., Єнальєва Л.Я, Щепіна Н.Д., Гождзінський С.М. Аналітична хімія. / За ред. В.М. Зайцева. – Донецьк: Ноулідж, – 2010 – 417 с.
4. Бугаєвський О.А., Дрозд А.В., Логінова Л.П., Решетняк О.О., Юрченко О.І. Теоретичні основи та способи розв'язування задач з аналітичної хімії. Навчальний посібник / За ред. О.А. Бугаєвського. Харків, ХНУ, – 2003. – 320 с.
5. В.К. Зінчук, Г.Д. Левицька. Оптичні методи аналізу. Львів : Видавничий центр Львів. ун-ту ім. І. Франка, 2000. 79 с.
6. Левицька Г.Д.. Лабораторний практикум з курсу “Електрохімічні методи аналізу”. Львів: Видавничий центр Львів. ун-ту ім. І. Франка, 2000. 49 с.
7. Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Електрохімічні методи аналізу: навч. посібник. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 273 с.

### Інформаційні ресурси

<http://chem.lnu.edu.ua/kah/ah/index.htm>

<https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=3993>

Викладачі кафедри аналітичної хімії:

доц. Дубенська Л.О.  
проф. Каличак Я.М.  
доц. Жак О.В.  
доц. Коркуна О.Я.  
доц. Пацай І.О.