


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ІВАНА ФРАНКА

Кафедра аналітичної хімії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувачка кафедри аналітичної хімії

 Л.О. Дубенська
“29” серпня 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ

освітній рівень _____ перший (бакалаврський) рівень вищої освіти _____
галузь знань _____ 10 “Природничі науки” _____
(шифр і назва галузі знань)
спеціальність _____ 102 “Хімія” _____
(шифр і назва спеціальності)
спеціалізація _____ — _____
освітня програма _____ освітньо-професійна програма _____
факультет _____ хімічний _____

Львів – 2022

Робоча програма навчальної дисципліни “Аналітична хімія” для студентів освітнього рівня бакалавр, спеціальності 102 “Хімія”, 2022.

Розробники: **Дубенська Л.О.**, кандидат хімічних наук, доцент, завідувачка кафедри аналітичної хімії

Тимошук О.С., кандидат хімічних наук, доцент кафедри аналітичної хімії

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри аналітичної хімії

Протокол від “29” серпня 2022 року № 1

1. Опис навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна "Аналітична хімія" є складовою циклу професійної та практичної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр".

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 18	<i>Галузь знань</i> 10 Природничі науки (шифр, назва)	Нормативна	
Модулів – 2		<i>Рік підготовки:</i>	
Змістових модулів – 5	<i>Спеціальність</i> 102 “Хімія”	2-й	–
Курсова робота –		<i>Семестр</i>	
Загальна кількість годин – 540		3,4-й	–
		<i>Лекції</i>	
Тижневих годин для денної форми навчання: I семестр аудиторних – 9 самостійної роботи – 7,875 II семестр аудиторних – 9 самостійної роботи – 7,875	<i>Освітній рівень</i> БАКАЛАВР	64 год	–
		<i>Практичні, семінарські</i>	
		32 год	–
		<i>Лабораторні</i>	
		192 год	–
		<i>Самостійна робота</i>	
		252 год	–
		ІНДЗ: –	
Вид контролю: іспит			

Примітка.

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

для денної форми навчання – **1,14**

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, їх практичного використання, засвоєння фундаментальних знань у галузі аналітичної хімії, які становлять основу для подальшого вивчення циклу хімічних дисциплін. “Аналітична хімія” забезпечує такі знання для вивчення “Органічної хімії”: теоретичні основи взаємодії органічних реагентів з неорганічними іонами, методи ідентифікації, розділення, концентрування і кількісного визначення різних класів органічних сполук. Для вивчення “Фізичної хімії” треба знати: методи ідентифікації речовин, способи визначення концентрації речовин, методи математичної статистики для опрацювання результатів хімічного експерименту, вміння виконувати основні хімічні операції (розбавлення, розчинення, фільтрування, нагрівання, випаровування, перекристалізація, зважування, точне вимірювання об’єму, титрування тощо).

2.2. Головними завданнями вивчення дисципліни “Аналітична хімія” є формування у студентів цілісної системи знань з аналітичної хімії, ключових понять, головних концепцій і теорій у 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 у галузі хімічного і фізико-хімічного аналізу, вироблення уявлень про роль та місце кожного методу аналізу, критеріїв вибору методів аналізу певних об’єктів; підготовка до самостійного виконання операцій хімічного аналітичного експерименту.

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

- ЗК 1.** Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК 2.** Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК 10.** Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК 11.** Здатність бути критичним і самокритичним.

та **спеціальних компетентностей**:

- СК 1.** Здатність застосовувати знання і розуміння математики та природничих наук для вирішення якісних та кількісних проблем в хімії.
- СК 2.** Здатність розпізнавати і аналізувати проблеми, застосовувати обґрунтовані методи вирішення проблем, приймати обґрунтовані рішення в області хімії.
- СК 3.** Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт, виходячи із вимог хімічної метрології та професійних стандартів в галузі хімії.
- СК 4.** Здатність до використання спеціального програмного забезпечення та моделювання в хімії.
- СК 7.** Здатність здійснювати типові хімічні лабораторні дослідження.
- СК 8.** Здатність здійснювати кількісні вимірювання фізико-хімічних величин, описувати, аналізувати і критично оцінювати експериментальні дані.
- СК 9.** Здатність використовувати стандартне хімічне обладнання.

Програмні результати навчання (ПРН):

- ПР01.** Розуміти ключові хімічні поняття, основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються природничих наук та наук про життя і землю, а також хімічних технологій на рівні, достатньому для їх застосування у професійній діяльності та для забезпечення можливості в подальшому глибоко розуміти спеціалізовані області хімії.
- ПР03.** Описувати хімічні дані у символічному вигляді.
- ПР04.** Розуміти основні закономірності та типи хімічних реакцій та їх характеристики.
- ПР05.** Розуміти зв’язок між будовою та властивостями речовин.
- ПР08.** Знати принципи і процедури фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади.
- ПР09.** Планувати та виконувати хімічний експеримент, застосовувати придатні методики та техніки приготування розчинів та реагентів.
- ПР13.** Аналізувати та оцінювати дані, синтезувати нові ідеї, що стосуються хімії та її прикладних застосувань.
- ПР14.** Здійснювати експериментальну роботу з метою перевірки гіпотез та дослідження хімічних явищ і закономірностей.
- ПР15.** Спроможність використовувати набуті знання та вміння для розрахунків, відображення та моделювання хімічних систем та процесів, обробки експериментальних даних.
- ПР16.** Виконувати комп’ютерні обчислення, що мають відношення до хімічних проблем, використовуючи стандартне та спеціальне програмне забезпечення, навички аналізу та відображення результатів.

ПР17. Працювати самостійно або в групі, отримати результат у межах обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність та наукову добросовісність.

2.3. Вимоги до знань та вмінь у результаті вивчення дисципліни “Аналітична хімія”.

Студент повинен знати:

- правила техніки безпеки і 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 обчислення концентрації речовини;
- основи методів молекулярної та атомної спектроскопії;
- основні засади та поняття кінетичних методів аналізу;
- основи потенціометричних визначень, типи, будову та принцип роботи електродів;
- основи кондуктометричного методу аналізу;
- умови проведення та різновиди кулонометричних визначень;
- основи класичної полярографії та різновиди методу вольтамперометрії;
- особливості пробопідготовки та вибору методу аналізу;
- способи вимірювання фізико-хімічних величин;
- способи визначення фізико-хімічних та аналітичних констант;
- статистично опрацювати, аналізувати і критично оцінювати результати аналізу, експериментальні дані.

Студент повинен вміти:

- готувати розчини заданої концентрації і визначати концентрацію розчинів;
- виконувати головні хімічні операції (розчинення, фільтрування, нагрівання, випаровування, кристалізація, переосадження, центрифугування, зважування тощо);
- оцінювати можливості препаративних та інструментальних методів аналізу щодо розв’язування конкретних аналітичних задач;
- використовувати стандартне хімічне 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 деяких 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 речовини методами гравіметрії і титриметрії;
- визначати елементи методами емісійного спектрального та атомно-адсорбційного аналізу;
- вибирати реагент для фотометричного визначення;
- виконувати титрування з потенціометричною, амперометричною, кондуктометричною детекцією кінцевої точки титрування;
- виконувати прямі потенціометричні визначення;
- вибирати метод визначення неорганічних, органічних, елементоорганічних, високомолекулярних сполук, а також аналізу технологічних або природних об’єктів;
- виконувати відбір проб та прості операції пробопідготовки різноманітних об’єктів аналізу;
- працювати з хімічними реактивами, посудом та обладнанням;
- раціонально використовувати лабораторне обладнання та нескладну апаратуру;
- працювати з нескладною аналітичною документацією;
- знати та виконувати правила техніки безпеки під час роботи в хімічній лабораторії з їдкими речовинами, токсичними металами, неметалами та їхніми сполуками, органічними розчинниками, газами, скляним посудом, електричними приладами.

3. 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 господарства. Головні аналітичні терміни (об'єкт, зразок, аналіт, аналіз, визначення, вимірювання). 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.

Загальна схема процесу аналізу.

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

Лабораторна робота 1 (12 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. Мікрористалоскопічний 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, вміст, 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 орацювання результатів аналізу. Статистичні тести.

Лекція 2. Головні метрологічні поняття. Похибки

Головні метрологічні поняття: метод, принцип методу, методика, засоби вимірювання, аналіз. 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. Закон нормального розподілу випадкових похибок, t - і F - розподіл. Поняття надійної імовірності. Геометрична інтерпретація стандартного відхилення. Поняття надійного інтервалу та надійних меж.

Основні метрологічні характеристики методу аналізу: правильність, повторюваність і відтворюваність, коефіцієнт чутливості, межа виявлення, нижня і верхня межі вмісту, який визначається. Способи оцінювання правильності: використання стандартних зразків, метод добавок, метод зміни наважок, зіставлення з іншими методами.

Практичне заняття 1 (2 год.). Метрологічні основи аналітичної хімії

Статистичне опрацювання результатів аналізу. Виявлення промахів (Q-тест). Середнє, дисперсія, стандартне відхилення. Статистичні тести. Перевірка гіпотези нормальності, гіпотези однорідності результатів вимірювання. Порівняння дисперсій та середніх двох методів аналізу.

Завдання для самостійної роботи (9 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 статистичне опрацювання результатів аналізу.

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

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

Головні типи хімічної рівноваги в гомогенній системі: кислотно-основна, комплексоутворення, окисно-відновна. Константа рівноваги. Стан речовини в ідеальних та реальних системах. Сольватація, іонізація, дисоціація. Основи теорії Дебая-Хюкеля. Іонна сила розчину. Коефіцієнт активності. Рівноважна, загальна й активна концентрації. Рівняння матеріального балансу й електронейтральності.

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 й 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. Графічне описання кмслотно-основних рівноваг.

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 кислотно-основних реакцій.

Завдання для самостійної роботи (18 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 подання 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-хромоворна 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. Похибка титрування при визначенні сильних і слабких кислот та основ.

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

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

Лабораторна робота 8 (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 (стандартизація).
4. Визначення вмісту HCl (контрольний розчин).
5. Статистичне опрацювання результатів аналізу
6. Захист роботи.

Практичне заняття 3 (2 год.). Метод протолітометрії

1. Обчислення концентрації речовин (молярності, титру, титру за визначуваною 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 подання 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 індикатора, формули для обчислень, особливості визначення).

Контрольні запитання до змістового модуля 1 (колоквіум 1)

1. Головні 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, повторюваності та відтворюваності результатів хімічного аналізу. Способи перевіряння правильності.
7. Оцінювання правильності хімічного аналізу.
8. Оцінювання повторюваності хімічного аналізу.
9. Нормальний розподіл Гауса. Геометрична інтерпретація стандартного відхилення.
10. Нормальний розподіл Гауса. Поняття надійної імовірності.
11. t-Розподіл Ст'юдента, його використання в хімічному аналізі.
12. Поняття надійного інтервалу та надійних меж.
13. Використання t-тесту Ст'юдента для порівняння середнього результату аналізу з істинним чи теоретичним вмістом визначуваної речовини.
14. Порівнювання відтворюваності (F-тест).
15. Виявлення грубих похибок – промахів (Q-тест Діксона).
16. Статистичне опрацювання результатів аналізу та їхнє подання у звіті.
17. Головні аналітичні характеристики методів аналізу.
18. Чутливість методу аналізу, її оцінювання.
19. Селективність методу аналізу, її оцінювання.
20. Градування у хімічному аналізі, визначення C_{min} .
21. Градувальна функція та градувальний графік.
22. Відносні та абсолютні методи аналізу.
23. Активність, рівноважна, аналітична концентрація. Зв'язок між ними.
24. Іонна сила розчину, коефіцієнт активності.
25. Термодинамічна, концентраційна та умовна константи рівноваги, зв'язок між ними.
26. Суть протолітичної теорії Бренстеда-Лоурі.
27. Катіонні, аніонні, нейтральні кислоти та основи. Амфоліти.
28. Класифікація розчинників за їхніми донорно-акцепторними властивостями.

29. Класифікація розчинників за їхнім впливом на кислотно-основні властивості розчинених речовин.
30. Амфіпротні розчинники, їх характеристика.
31. Обчислення рН у розчинах сильних кислот та основ, у сумішах сильних кислот чи основ.
32. Розрахунок рН у розчинах слабких кислот і основ.
33. Розрахунок рН у розчинах слабких поліпротонних кислот, у сумішах сильної та слабкої кислоти.
34. Амфоліти. Розрахунок рН у розчинах амфолітів.
35. Буферні розчини. Обчислення рН у буферних розчинах.
36. Буферна ємність, її значення. Виготовлення буферного розчину з оптимальними значеннями як рН так і ρ .
37. Титриметричний метод аналізу. Загальна характеристика.
38. Стандартні розчини в методах титриметрії та вимоги до них.
39. Вибір індикатора у методі протолітометрії.
40. Іонно-хромофорна теорія зміни забарвлення індикаторів протолітометрії.
41. Індикаторні похибки титрування сильних кислот і сильних основ.
42. Індикаторні похибки титрування слабких кислот і слабких основ.
43. Первинні стандарти в методах протолітометрії.
44. Крива титрування ацетатної кислоти розчином NaOH.
45. Титрування поліпротонних протолітів.
46. Крива титрування H_3PO_4 розчином NaOH.
47. Визначення тимчасової твердості води методом протолітометрії.
48. Титриметричне визначення борної кислоти.
49. Аналіз суміші NaOH і Na_2CO_3 . Обчислення вмісту речовин.
50. Кислотно-основне титрування у неводних розчинах.
51. Аналіз суміші фосфатної та сульфатної кислот. Обчислення вмісту речовин.
52. 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, внутрішньокмлексні 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. (1 год)

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. Комплексонометричне визначення кальцію, магнію, барію, феруму, алюмінію, торію в розчинах чистих солей, за сумісної наявності.

Лабораторна робота 9 (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 (2 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 (12 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 9. Окисно-відновні реакції в аналітичній хімії. (1 год)

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 окиснення-відновлення.

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

Швидкість окисно-відновних реакцій у 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 10. Редоксиметрія.

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.

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

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

Броматометрія. Система бромат-бромід. Визначення кінцевої точки титрування. Практичне застосування броматометрії (визначення арсену і стибію в суміші, органічних речовин).

Біхроматометрія. Індикатори методу. Практичне застосування біхроматометрії (визначення Феруму (II, III)).

Цериметрія, особливості методу. Індикатори методу. Практичне застосування цериметрії

Лабораторна робота 10 (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 11 (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 опрацювання результатів аналізу.
5. Захист роботи.

Практичне заняття 5 (2 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 (15 год)

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

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 Са 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. Броматометричне визначення Арсену і Стибію за їх одночасної присутності.
22. Броматометричне визначення органічних речовин
23. Цериметрія. Загальна характеристика методу.
24. Йодометрія. Загальна характеристика методу.
25. Йодометричне визначення купруму.

Змістовий модуль 3

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

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

Лекція 11. 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 малорозчинних речовин. Застосування правила константи розчинності в аналізі.

Вплив хімічних чинників на розчинність малорозчинних 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 12. 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.

Меркурометрія. Індикатори меркурометрії. Практичне застосування: визначення галогенідів, тіоціанатів.

Лабораторна робота 12 (6 год). Меркурометричне визначення хлориду.

1. Виготовлення стандартного розчину NaCl.
2. Визначення концентрації $Hg_2(NO_3)_2$
3. Визначення вмісту хлориду у контрольній пробі.
4. Статистична обробка результатів аналізу
5. Захист роботи.

Практичне заняття 6 (2 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 13. Кінетика утворення осадів.

Суть гравіметрії і загальна схема аналізу. Осаджувана форма. Кристалічні та аморфні осаді. 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 осадів. Гомогенне осадження. Старіння осадів. Особливості утворення колоїдно-дисперсних систем та їх використання в хімічному аналізі.

Лекція 14. Гравіметричний аналіз.

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

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

Практичне використання гравіметричного методу аналізу. Визначення калію, натрію, магнію, кальцію, феруму, нікелю, барію, фосфору, органічних речовин та ін.

Лабораторна робота 13 (18 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 7 (2 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.

ТЕМА 10. Методи розділення. Екстракція. Хроматографія. Загальна характеристика, класифікація методів та застосування

Лекція 15. Екстракція.

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.

Лекція 16. Хроматографія.

Хроматографія, головні 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. Вимоги до стаціонарної та рухливої фази. Газові хроматографи, основні типи детекторів. Площинна хроматографія.

Практичне заняття 8 (2 год.). Методи розділення. Екстракція. Хроматографія

1. Типи екстракційних систем.
2. Обчислення коефіцієнта розподілу, ступеня вилучення.

Завдання для самостійної роботи (18 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.

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, калію, натрію, магнію, кальцію, барію, феруму, нікелю, фосфору, алюмінію, органічних речовин.
22. Екстракція. Константа та коефіцієнт розподілу.
23. Екстракція. Константи розподілу й екстракції. Ступінь вилучення.
24. Типи екстракційних систем.
25. Вплив рН на екстракцію окремих іонів.
26. Абсолютне та відносне концентрування в екстракції.
27. Реекстракція.
28. Хроматографія. Принцип методу та головні теоретичні положення.
29. Основні види хроматографії та їхнє застосування.
30. Параметри зовнішніх хроматограм.
31. Якісний і кількісний хроматографічний аналіз. Сутність.
32. Класична теорія хроматографії.
33. Кінетична теорія хроматографії.
34. Площинні варіанти хроматографії. Якісний та кількісний аналіз.

IV СЕМЕСТР
ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ
Змістовий модуль 1.
Електрохімічні методи аналізу.

ТЕМА 1. Вступ. Класифікація фізико-хімічних методів аналізу. Основні способи знаходження концентрації речовини. Основні електрохімічні поняття. Класифікація електрохімічних методів аналізу.

Лекція 1. Основні електрохімічні поняття.

Класифікація фізико-хімічних методів аналізу. Основні способи знаходження 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 чарунка та її електричний еквівалент. Чарунки без та з рідинним сполученням. Дифузійний потенціал. Поняття про подвійний електричний шар (Теорії Гемгольца, Гюї-Чапмана, Штерна). Поняття про термодинаміку електрохімічних систем Гальванічний елемент. Явища, що виникають в процесі проходження струму – омичний опір, спад напруги, концентраційна і кінетична поляризація. Рівноважні та нерівноважні електрохімічні системи. Поляризація електрода та перенапруга. Поляризаційні криві. Коефіцієнт перенесення. Класифікація електрохімічних методів.

Завдання для самостійної роботи (12 год)

1. Альтернативні класифікаційні системи в електрохімічних методах аналізу.
2. Критерії оборотності електрохімічних процесів.
3. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.
4. Опрацювання лекційного матеріалу.

ТЕМА 2. Потенціометрія.

Лекція 2. Пряма потенціометрія.

Основні положення потенціометрії. Рівняння Нернста. Класифікація потенціометричних методів аналізу. Електродні потенціали (рівноважний, змішаний, граничний, стандартний, нормальний, формальний (реальний), окисно-відновний, мембранний). Механізми електродних процесів: іонно-електронний (інертний електрод і редокс-система, система метал-іонна), іонно-обмінний (мембранний електрод). Класифікація і характеристика електродів у потенціометрії. Індикаторні електроди і електроди порівняння. Металеві, металооксидні, мембранні електроди. Будова стандартного водневого електрода.

Типи електродів за природою електродної реакції (першого, другого, третього роду та газові електроди) Електроди порівняння (аргентумхлоридний, каломелевий, хінгидронний) та індикаторні електроди в потенціометрії (металеві, іоноселективні (на основі рідинних та кристалічних мембран). Будова електродів, принцип дії та застосування. Електродна функція і коефіцієнт селективності електродів, час відгуку. Пряма потенціометрія та її особливості. Можливості і обмеження. Способи знаходження концентрації речовини: градуювання електрода, стандартних добавок. Приклади практичного застосування прямої потенціометрії – визначення рН розчинів, іонів лужних металів, NH_4^+ , F^- , NO_3^- .

Лекція 3. Потенціометричне вимірювання рН розчину. Потенціометричне титрування.

Електроди для вимірювання концентрації іонів H^+ – водневий, хінгидронний, стибієвий. Електроди із жорсткою матрицею. Скляний електрод. Схема, принцип дії. Первинні та вторинні стандарти у рН-метрії. Переваги і недоліки скляного електрода.

Потенціометричне титрування. Способи визначення кінцевої точки потенціометричного титрування. Стрибок на кривих титрування та фактори, що визначають його величину. Принципова схема приладу для потенціометричного титрування. Приклади практичного застосування потенціометричного титрування. Визначення кислот, основ і солей у водному і неводному середовищі. Титрування в реакціях осадження – визначення Cl^- -іонів. Редокс-титрування – визначення Mn(II) , Cr(VI) .

Лабораторна робота 1 (10 год.). Потенціометричне визначення концентрації дихромату титруванням сіллю Мора.

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

Завдання для самостійної роботи (15 год)

1. Теорія мембранних потенціалів іоноселективних електродів.
2. Газові електроди.

3. Електроди на основі мембран з рухливими носіями
4. Потенціометричні методи визначення фізико-хімічних констант.
5. Використання методу Грана в потенціометричному титруванні.
6. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.
7. Опрацювання лекційного матеріалу.
8. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.

ТЕМА 3. Кондуктометрія.

Лекція 4. Кондуктометрія.

Теоретичні основи методу (питома та еквівалентна електропровідність розчинів, рухливість іонів; вплив природи, концентрації електроліту та температури на електропровідність). Прямі і непрямі (титрування) кондуктометрія. Контроль якості води, визначення вуглекислоти, кислот, основ і солей у водному і неводному середовищі. Автоматизація кондуктометричного титрування. Область застосування і точність методу. Селективна кондуктометрія. Визначення фізико-хімічних та аналітичних констант. Апаратура методу (будова типових кондуктометричних чарунок та їх константи).

Лабораторна робота 2 (10 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 контрольної задачі.
3. Проведення лабораторних вимірювань.
4. Обробка одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи.
5. Захист лабораторної роботи.

Завдання для самостійної роботи (12 год)

1. Хронокондуктометричне і високочастотне кондуктометричне титрування.
2. Нахил віток на титриметричних кондуктометричних залежностях при титруванні сумішей речовин.
3. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.
4. Опрацювання лекційного матеріалу.
5. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.

ТЕМА 4. Електрогравіметрія. Кулонометрія.

Лекція 5. Електрогравіметрія. Кулонометрія.

Електрогравіметрія (основні положення, закони Фарадея, поляризаційні криві, характеристика осадів металів, запобігання виділенню газів, внутрішній електроліз, особливості методу). Рівноважний потенціал і потенціал розкладання. Вплив фізичних і хімічних факторів на виділення і розділення металів електролізом. Зовнішній і внутрішній електроліз. Схема приладу для зовнішнього і внутрішнього електролізу. Електроліз з ртутним катодом.

Кулонометрія. Теоретичні основи. Зв'язок кулонометрії з електрогравіметриєю. Умови проведення кулонометричних визначень. Способи визначення кількості електрики. Прямі кулонометрія (потенціостатична і амперостатична). Кулонометричне титрування. Способи генерації титранта. Титрування електроактивних і електронеактивних компонентів. Визначення кінцевої точки титрування. Кулонометричні сенсори. Особливості кулонометричних методів аналізу. Метрологічні характеристики кулонометрії. Переваги і обмеження методу.

Лабораторна робота 3 (10 год.). Кулонометричне визначення тіосульфату.

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

Завдання для самостійної роботи (12 год)

1. Практичне застосування електролізу для визначення Cu, Pb і Zn. Аналіз кольорових металів і сплавів.
2. Приклади застосування кулонометрії для визначення малих кількостей кислот і основ, мангану (VI), хрому (VI), феруму (III), натрій тіосульфату.
3. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.
4. Опрацювання лекційного матеріалу.
5. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.

ТЕМА 5. Вольтамперометричні методи аналізу.

Лекція 6. Вольтамперометричні методи. Поляррографія.

Теоретичні основи. Ртутний крапельний електрод. Поляризація електрода. Схема приладу для поляррографічного визначення. Вольтамперометрична крива (поляррограма) та умови її одержання. Ємнісний, міграційний і дифузійний струми. Граничний дифузійний струм. Класична поляррографія. Рівняння Ільковича та висновки з нього. Рівняння поляррографічної хвилі Ільковича–Гейровського. Графічна обробка поляррографічної хвилі. Знаходження висоти хвилі і потенціалу півхвилі ($E_{1/2}$). Фактори, що впливають на величину $E_{1/2}$. Значення стійкості комплексних іонів. Якісний і кількісний поляррографічний аналізи. Способи знаходження концентрації деполаризатора.

Лекція 7. Різновиди вольтамперометрії. Амперометричне титрування.

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

Амперометричне титрування. Принцип методу. Індикаторні електрооди. Вибір потенціалу індикаторного електрода. Титрування з одним і двома поляризаційними індикаторними електродами, комплексоутворення і окиснення-відновлення. Найпростіша схема приладу для амперометричного титрування. Метрологічні характеристики вольтамперометрії і амперометричного титрування.

Лабораторна робота 4 (9 год.). Поляррографічне визначення концентрації Кадмію способом добавки.

1. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з апаратурою та обладнанням.
2. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Одержання контрольної задачі.
3. Проведення лабораторних вимірювань. Одержання хвилі кисню та її усунення. Одержання хвиль кадмію для розчинів з та без стандартної добавки.
4. Обробка одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи.
5. Захист лабораторної роботи.

Лабораторна робота 5 (9 год.). Визначення концентрації Галію методом амперометричного титрування.

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

Завдання для самостійної роботи (12 год)

1. Вольтамперометричний метод в аналізі органічних речовин.
2. Приклади практичного застосування поляррографічного 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.

Контрольні запитання до змістового модуля 1

1. Опишіть будову електрохімічної чарунки та принцип її роботи.
2. Назвіть основні положення теорії ПЕШ Гемгольца, Гюї – Чапмена, Штерна.
3. З якою метою використовують допоміжний електрод?
4. Дайте визначення наступним поняттям: потенціометр, потенціостат, гальванометр, гальваностат.
5. Які підходи лежать в основі класифікації електрохімічних методів аналізу?
6. На чому базуються потенціометричні методи аналізу? Дайте визначення рівноважного потенціалу. Напишіть рівняння Нернста і поясніть природу величин, які входять в це рівняння.
7. Дайте визначення стандартного та нормального електродних потенціалів.
8. Що називається формальним потенціалом? Як його визначити?
9. Що називають окисно-відновним потенціалом?
10. Які електрооди належать до електродів першого, другого та третього роду? Опишіть принцип роботи цих електродів.
11. Який електрод називається індикаторним і який – електродом порівняння? Вимоги до них.
12. Опишіть будову аргентумхлоридного та каломелевого електродів.
13. Металеві індикаторні електрооди. Переваги та недоліки їх використання.

14. Характеристики іоноселективного електрода: електродна функція, селективність та час відгуку. Дайте визначення.
15. Будова та принцип роботи скляного електрода. Визначення рН.
16. Вимоги до проведення прямих потенціометричних визначень.
17. Основні джерела похибок в прямій потенціометрії.
18. Способи знаходження концентрації в прямій потенціометрії.
19. Як теоретично розраховують потенціал в точці еквівалентності та величину стрибка потенціалу в потенціометричному титруванні?
20. У яких випадках використовують метод кислотно-основного титрування? У чому його перевага над методом титрування з індикаторним знаходженням точки еквівалентності?
21. Суть потенціометричного методу окисно-відновного титрування. Які індикаторні електроди зазвичай використовують в ньому?
22. Суть потенціометричного титрування за реакціями осадження та комплексоутворення. Які індикаторні електроди зазвичай при цьому використовують?
23. Якими методами визначають кінцеву точку потенціометричного титрування?
24. Яким чином за допомогою потенціометричних методів можна знайти константу розчинності важкорозчинної сполуки?
25. Як можна використати потенціометричні методи для знаходження протолітометричних констант?
26. Закон Фарадея та його використання в електрогравіметричному аналізі?
27. Які процеси протікають при електрогравіметричному аналізі?
28. Наведіть приклади типових поляризаційних кривих в електрогравіметрії та поясніть їх.
29. Як впливає на потенціал електрода концентрація визначуваної речовини у розчині?
30. Які процеси можуть супроводжувати електролітичне виділення металів із кислих розчинів?
31. Який порядок виділення металів при електролізі розчину, який містить катіони декількох металів?
32. Запропонуйте умови електролітичного розділення купруму і плумбуму?
33. За яких умов одержують міцні електролітичні осадки?
34. Які методи використовують для запобігання виділення водню на катоді чи аноді?
35. Назвіть умови за яких можна реалізувати внутрішній електроліз?
36. Назвіть головні умови кулонометричних визначень?
37. В чому суть методу кулонометрії при контрольованому потенціалі?
38. Які особливості кулонометрії при контрольованій силі струму?
39. Які способи фіксації кінцевої точки реакції використовують у кулонометричному титруванні?
41. Опишіть принцип роботи газових кулонометрів. Назвіть переваги та недоліки?
42. Які кулонометри належать до титраційних? Наведіть приклад.
43. Які ви знаєте гравіметричні кулонометри? Вкажіть їх переваги та недоліки.
44. В чому суть кондуктометричного методу аналізу?
45. Чим обумовлена електропровідність розчинів?
46. Поясніть зв'язок між еквівалентною електропровідністю та питомим опором розчину?
47. Як розрахувати ступінь дисоціації слабкого електроліту за відомої еквівалентної електропровідності розчину даної концентрації?
48. Поясніть причини аномально високих значень рухливостей іонів H^+ і OH^- у водних розчинах?
49. Опишіть області застосування прямих кондуктометричних визначень?
50. Чи можливе кондуктометричне визначення суміші хлоридної та хромової кислот? Відповідь обґрунтуйте?
51. Запропонуйте умови кондуктометричного визначення суміші $Fe(III)$ та $Zn(II)$?
52. В чому суть полярографічного методу аналізу?
53. Які вимоги висуваються до електродів в полярографії?
54. Які переваги та недоліки ртутного крапаючого електрода?
55. Поясніть форму класичної полярограми?
56. Напишіть рівняння Ільковича. Як воно використовується в полярографічному аналізі? Основні висновки з рівняння.
57. На чому базується якісний та кількісний полярографічний аналіз?
58. Що таке «граничний дифузійний струм»? Назвіть фактори, які визначають величину дифузійного струму.
59. У чому проявляється негативний вплив значного опору полярографічної чарунки. Наведіть принципову схему триелектродної чарунки. Яка роль допоміжного електрода?
60. Вкажіть основні небезпеки при роботі з ртуттю. До яких наслідків може призвести отруєння парами ртуті?
61. Перелічіть основні правила роботи з ртуттю. Які способи демеркуризації Ви знаєте?
62. Як пояснити форму диференційної імпульсної, осцилографічної та зміннострумової полярограми?
63. Які прийоми використовуються в полярографії для підвищення чутливості та роздільної здатності методу?

64. Які електроди можуть бути використані в методі амперометричного титрування?
 65. Назвіть типи кривих амперометричного титрування.
 66. Як визначають положення кінцевої точки титрування при амперометричному титруванні?

Змістовий модуль 2.

Спектральні методи аналізу. Пробопідготовка та вибір методу аналізу. Основні об'єкти аналізу.

ТЕМА 6. Спектральні методи аналізу та їх класифікація.

Лекція 8. Спектральні методи аналізу та їх класифікація.

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

Завдання для самостійної роботи (12 год)

1. Альтернативні класифікаційні системи спектральних методів аналізу.
2. Повторення основних хімічних та фізичних законів вивчених за попередній період.
3. Опрацювання лекційного матеріалу.
4. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.

ТЕМА 7. Молекулярна абсорбційна спектроскопія.

Лекція 9. Основний закон світлопоглинання.

Теоретичні основи методу. Основний закон світлопоглинання (закон Бугера–Ламберта–Бера) його математичний і графічний вираз. Величини, що характеризують поглинання світла забарвленими сполуками в розчині. Закон адитивності оптичних густин. Спектри поглинання. Повна енергія молекул як сума енергій електронних переходів, коливання та обертання. Основні і збуджені стани молекул. Особливості молекулярних спектрів. Залежність вигляду спектра від агрегатного стану речовини.

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 факторів на перебіг фотометричної реакції і максимальний вихід забарвленого продукту реакції: кислотності середовища, концентрації компонентів реакції, сторонніх речовин, розчинника, температури. Вибір реагентів у фотометричному аналізі з метою забезпечення чутливості, селективності визначення і контрастності кольорової реакції. Оптимізація умов утворення забарвлених сполук. Фотометричний аналіз двокомпонентних систем.

Лекція 10. 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. (чутливість, відтворюваність, правильність та межі визначень, селективність). Метод граничної точності. Диференційна спектрофотометрія. Екстракційно-фотометричний метод. Фотометричне титрування. Нефелометрія і турбідиметрія. Закони Релея. Вибір оптимальних умов одержання суспензій. Основні напрями розвитку фотометричного методу.

Лабораторна робота 6 (8 год.). Одержання електронного спектра поглинання забарвленої сполуки (на вибір: моно-, ди-, трисульфосаліцилату феруму; пероксидного комплексу титану; калій перманганату; калій дихромату).

1. Правила роботи та техніка безпеки в лабораторії фізико-хімічних методів аналізу.
2. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з апаратурою та обладнанням.
3. Виготовлення стандартних та робочих розчинів.
4. Одержання електронного спектра поглинання забарвленої сполуки.
5. Обробка одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи.
6. Захист роботи.

Лабораторна робота 7 (10 год.). Фотометричне визначення Феруму з сульфосаліциловою кислотою з побудовою градуйованого графіка.

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

Лабораторна робота 8 (10 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. Одержання контрольної задачі.
3. Проведення лабораторних вимірювань.
4. Обробка одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи.
5. Захист лабораторної роботи.

Завдання для самостійної роботи (12 год)

1. Детектори світлової енергії. Принцип роботи.
2. Принципові схеми спектрофотометра СФ-46, фотокolorиметрів КФК-2, КФК-3 та послідовність роботи на них під час вимірювання аналітичного сигналу.
3. Застосування фотометрії для визначення окремих елементів: Fe, Mn, Ni, Co, Cr, Ti, Si, P, іонів NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , Cl^- , SO_4^{2-} , F^- у природних та штучних об'єктах.
4. Фотометричний аналіз органічних речовин.
5. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.
6. Опрацювання лекційного матеріалу.
7. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.

ТЕМА 8. Кінетичні методи аналізу.

Лекція 11. Кінетичні методи аналізу.

Основні засади та поняття кінетичних методів аналізу (каталізатор, індикаторна речовина, інгібітор, субстрат). Типи реакцій, які використовують у кінетичних методах аналізу. Вплив різних факторів на швидкість реакції. Варіанти КМ аналізу. Методи вимірювання швидкості реакції та способи визначення концентрації речовини. Чутливість та тенденції розвитку кінетичних методів аналізу.

Завдання для самостійної роботи (12 год)

1. Кінетичні методи визначення Fe, Ni, Co, нітриту, йодиду.
2. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.
3. Опрацювання лекційного матеріалу.

ТЕМА 9. Атомна спектроскопія.

Лекція 12. Атомна спектроскопія. Основи методу.

Загальні положення. Класифікація основних методів атомної спектроскопії. Основи атомно-абсорбційного методу. Основи атомно-емісійного методу. Атомні спектри та спектральні лінії. Природне розширення. Доплерівське розширення. Лоренцівське розширення. Гомологічна та аналітична пара. Атомізатори. Полум'я. Електрична дуга. Електрична іскра. Індуктивно-зв'язана плазма (ІЗП). Основи атомно-флуоресцентної спектроскопії.

Лекція 13. Якісний і кількісний емісійний спектральний аналіз.

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

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

Лекція 14. Полуменева фотометрія.

Основи фотометрії полум'я. Емісійна фотометрія полум'я. Якісний і кількісний аналіз. Абсорбційна 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 характеричного випромінювання. Спектральна смуга пропускання. Роздільча здатність та роздільча сила. Світлосила. Типові спектрометри із селективною фільтрацією. Атомно-абсорбційний аналіз, теоретичні основи методу. Рівняння зв'язку. Способи атомізації речовини. Гібридні і непрямі методи. Можливості методу порівняно з емісійним варіантом полуменевої фотометрії.

Лекція 15. 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). Способи монохроматизації і реєстрації спектрів. Якісний і кількісний аналіз методу ААС. Метрологічні характеристики та порівняння з АЕС. Застосування полуменевої фотометрії в аналізі об'єктів довкілля, біологічних матеріалів.

Лабораторна робота 9 (10 год.).

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

б) Абсорбційна полуменева фотометрія. Визначення Zn чи Cd у воді способом градуйованого графіка.

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

Лабораторна робота 10 (10 год.). Атомно емісійний спектральний аналіз сталі.

1. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з апаратурою та обладнанням.
2. Підготовка зразків до аналізу.
3. Проведення лабораторних вимірювань.
4. Обробка одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи.
5. Захист лабораторної роботи.

Завдання для самостійної роботи (15 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 10. Пробопідготовка та вибір методу аналізу. Основні об'єкти аналізу.

Лекція 16. Підготовка проби та виборі методу аналізу. Основні об'єкти аналізу.

Основні вимоги до проби для аналізу. Проба і метод аналізу. Відбір проб гомогенного і гетерогенного характеру. Способи одержання середньої проби твердих, рідких і газоподібних речовин. Первинна обробка і зберігання проби. Основні способи переведення проби у форму, потрібну для аналізу – розчинення, сплавлення, спікання, розклад під тиском за допомогою ВЧ-розряду, у плазмі. Особливості розкладу органічних речовин. Урахування забруднення і втрат компонентів в процесі підготовки проби до аналізу. Вибір методу аналізу. Можливі підходи до вибору методу – формування завдання, одержання інформації про орієнтовний склад об'єкта, вивчення літератури. Вибір і розроблення методу (методики аналізу). вимоги до методу і методики. Перевірка методики. параметри порівняння – точність, тривалість аналізу, економічність і ін.

Характеристика природних і штучних об'єктів як об'єктів аналізу. Геологічні об'єкти (руди, силікати), значення аналітичних методів у розвідці корисних копалин. Метали, сплави, неметалічні включення і газоподібні домішки в металах та їх аналіз. Неорганічні сполуки (речовини високої чистоти, напівпровідникові матеріали), аналіз цих сполук на домішки, пошаровий і локальний аналіз кристалів і плівок. Космічні об'єкти. Специфіка методів аналізу. Об'єкти довкілля – повітря, природні і стічні води, ґрунти, донні відкладення. Біологічні об'єкти та об'єкти медицини. Завдання аналізу і санітарно-гігієнічний контроль.

Завдання для самостійної роботи (12 год)

1. Перевірка методик. Метод контрольних точок та контрольних карт.
2. Опрацювання лекційного матеріалу.

Контрольні запитання до змістового модуля 2

1. Природа електронних спектрів атомів, іонів та молекул.
 2. Вплив агрегатного стану та розчинника на електронний спектр поглинання молекул та іонів.
 3. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Правило адитивності оптичних густин та його значення.
 4. Молярний коефіцієнт поглинання та його значення. Ефективне та істинне значення молярного коефіцієнта поглинання.
 5. Процедура одержання електронного спектра поглинання забарвленої сполуки в розчині, способи його графічного зображення. Графічна обробка контуру електронного спектра.
 6. Значення ϵ_λ та ширина смуги у фотометричному аналізі.
 7. Використання електронних спектрів для якісного та кількісного фотометричного аналізу.
 8. Фотометричний аналіз двокомпонентної суміші.
 9. Основний закон світлопоглинання, аналітичне та графічне зображення закону.
 10. Відхилення від основного закону світло поглинання. Причини відхилення та засоби їх усунення.
 11. Основні типи сполук, що використовуються у фотометрії та вимоги до реакцій.
 12. Умови максимального виходу забарвленої сполуки в розчині.
 13. Чутливість, точність та селективність фотометричних визначень.
 14. Методи фотометричного аналізу. Диференціальна спектрофотометрія.
 15. Фотометричне титрування.
 16. Екстракційно-фотометричні методи аналізу.
 17. Непрямі фотометричні методи.
 18. Способи визначення концентрації у фотометрії та умови їх застосування.
 19. Селектори та детектори у фотометрії. Характеристика та вибір.
 20. Схеми і принцип дії фотоколориметрів типу ФЭК-56 М, КФК-2, КФК-3.
 21. Характеристика фотометричних методів визначення окремих елементів:
 - а) феруму – тіоціанатний, саліцилатний та о-фенантроліновий;
 - б) мангану – перманганатний, формальдоксимовий;
 - в) нікелю – диметилгліоксимовий;
 - г) кобальту – тіоціанатний, з нітрозно- R-сілло;
 - д) хрому – хроматний, дифенілкарбазидний;
 - е) титану – пероксидний, з хромотроповою кислотою;
 - ж) фосфору та кремнію – у вигляді жовтих та синіх гетерополімолібденових кислот.
 22. Типи екстракційних систем, які використовуються в екстракційно-фотометричних методах аналізу.
 23. Вибір умов екстракції металів у вигляді хелатів.
 24. Способи звільнення органічних екстрактів від залишків води.
 25. Особливості фотометрування екстрактів.
 26. Засоби і процедура екстракційного розділення.
 27. Основи атомного емісійного спектрального аналізу та його види.
 28. Спектральні лінії атомів, їх характеристика та використання в аналізі. Абсолютна та відносна інтенсивність спектральних ліній.
 29. Джерела атомізації і збудження атомів та іонів: полум'я, електрична дуга, іскровий розряд, плазмотрон, індуктивно-зв'язана плазма. Їх коротка характеристика.
 30. Опис фізичних та хімічних процесів у джерелі атомізації та збудження.
 31. Основи якісного емісійного спектрального аналізу, одержання спектрів, способи ідентифікації спектральних ліній.
 32. Кількісний та напівкількісний спектральний аналіз. Рівняння Ломакіна-Шайбе. Хіміко-спектральний аналіз.
- Основні етапи спектрального визначення елементів
33. Таблиці і атласи спектральних ліній, коротка характеристика та використання.
 34. Характеристична крива фото шару та її значення.
 35. Стандартні зразки для спектральних методів аналізу, основні вимоги до них.
 36. Способи знаходження вмісту компонента у методах з фотоелектричною та фотографічною реєстрацією спектра.
 37. Вибір спектральних ліній для кількісного визначення елементів.
 38. Принцип методу фотометрії полум'я. Емісійний та атомно-адсорбційний варіанти методу. Рівняння зв'язку. Порівняння варіантів з метрологічної точки зору.
 39. Полум'я як атомі затор речовини. Види полум'я та його характеристика.
 40. Коротка характеристика фізико-хімічних процесів у полум'ї при внесенні в нього речовини.
 41. 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.
 42. Метрологічні характеристики полум'яної фотометрії: чутливість, селективність, точність, межі визначуваних концентрацій.

43. Схеми приладів для емісійної та атомно-адсорбційної фотометрії полум'я.
 44. Способи визначення концентрації та умови їх застосування.
 45. Галузі застосування полуменевої фотометрії. Методи прямого та непрямого визначення елементів
 46. Основні спектрально-аналітичні характеристики елементів першої та другої груп Періодичної системи.
 47. Визначення лужних і лужноземельних металів у водах, біологічних об'єктах, хворобах та мінералах.

4. Структура навчальної дисципліни

III СЕМЕСТР

№ теми	НАЗВИ ЗМІСТОВИХ МОДУЛІВ І ТЕМ	Кількість годин			
		л	п	лаб	ср
Змістовий модуль 1.					
Предмет аналітичної хімії. Метрологічні основи аналітичної хімії.					
Рівновага в гомогенній системі. Протолітометрія.					
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		39	15
2	Метрологічні основи аналітичної хімії. Статистичне оброблення результатів аналізу. Статистичні тести.	2	2		9
3	Рівновага в гомогенній системі. Основи теорії електролітів.	2	1		6
4	Протолітична теорія. Обчислення рН у водних розчинах кислот і основ. Буферні суміші	4	1		12
5	Титриметричні методи аналізу. Протолітометрія. Криві титрування методу протолітометрії. Кислотно-основні індикатори. Похибки методу.	4	2	12	15
Модульна робота (колоквиум) 1					
Змістовий модуль 2					
Рівновага комплексоутворення, редокс рівновага					
6	Комплексні сполуки в аналітичній хімії. Комплексиметрія. Комплексонометрія	3	2	6	12
7	Окисно-відновні реакції в аналітичній хімії. Методи редоксиметрії	3	2	12	15
Контрольна робота 1					
Змістовий модуль 3					
Рівновага у гетерогенній системі. Методи седиметрії. Гравіметричний аналіз. Методи розділення.					
8	Рівновага у гетерогенній системі. Розчинність осадів. Вплив різних чинників на розчинність осадів. Методи седиметрії	4	2	6	9
9	Гравіметричний аналіз	4	2	18	15
10	Методи розділення. Екстракція. Хроматографія. Загальна характеристика, класифікація методів та застосування	4	2		18
Модульна робота (колоквиум) 2					
Всього годин		32	16	96	126

IV СЕМЕСТР

№ теми	НАЗВИ ЗМІСТОВИХ МОДУЛІВ І ТЕМ	Кількість годин			
		л	п	лаб	ср
Змістовий модуль 1. Електрохімічні методи аналізу					
1	Класифікація фізико-хімічних методів аналізу. Основні способи знаходження концентрації речовини у фізико-хімічних методах. Основні електрохімічні поняття. Класифікація електрохімічних методів аналізу.	2			12
2	Потенціометрія.	4	2	10	15
3	Кондуктометрія.	2	2	10	12
4	Електрогравіметрія. Кулонометрія.	2	2	10	12
5	Вольтамперометричні методи аналізу.	4	2	18	12
Змістовий модуль 2. Спектральні методи аналізу. Пробопідготовка та вибір методу аналізу. Основні об'єкти аналізу					
6	Спектральні методи аналізу та їх класифікація.	2			12
7	Молекулярна абсорбційна спектроскопія.	4	3	28	12
8	Кінетичні методи аналізу.	2	2		12
9	Атомна спектроскопія	8	3	20	15
10	Пробопідготовка та вибір методу аналізу. Основні об'єкти аналізу.	2			12
Всього годин		32	16	96	126

5. Теми практичних занять

№	Назва теми	Кількість годин
III семестр		
1.	Метрологічні основи аналітичної хімії	2
2.	Рівновага в гомогенній системі. Обчислення рН	2
3.	Метод протолітометрії	2
4.	Комплексні сполуки в аналітичній хімії. Комплексонометрія	2
5.	Методи редоксиметрії	2
6.	Розчинність осадів	2
7.	Розрахунки у гравіметрії.	2
8.	Методи розділення. Екстракція. Хроматографія	2
IV семестр		
1	Рівняння Нернста. Вплив різних чинників на величину рівноважного потенціалу.	2
2	Зв'язок між питомою та еквівалентною електропровідністю розчинів. Кондуктометричне титрування.	2
3	Рівноважний потенціал і потенціал розкладу. Вплив фізичних і хімічних факторів на виділення і розділення металів електролізом. Зовнішній і внутрішній електроліз. Способи визначення кількості електрики. Пряма кулонометрія (потенціостатична і амперостатична). Кулонометричне титрування.	2
4	Рівняння Ільковича та висновки з нього. Рівняння полярографічної хвилі Ільковича–Гейровського. Графічна обробка полярографічної хвилі. Знаходження висоти хвилі і потенціалу півхвилі ($E_{1/2}$). Фактори, що впливають на величину $E_{1/2}$. Значення стійкості комплексних іонів. Якісний і кількісний полярографічний аналіз. Способи знаходження концентрації деполаризатора. Сучасні різновиди вольтамперометрії: диференційна, осцилографічна, зміннострумова, інверсійна. Амперометричне титрування.	2
5	Закон Бугера-Ламберта-Бера. Правило адитивності оптичних густин. Відхилення від основного закону світло поглинання.	3
6	Способи знаходження концентрацій в спектральних методах аналізу. Прикладні аспекти спектральних методів аналізу. Усунення перешкод в методах ААС та АЕС	3
7	Кінетичні методи аналізу	2

6. Теми лабораторних занять

Тижні	Назва теми	Кількість годин
III семестр		
1-2	Методи ідентифікації катіонів I-III груп	12
3-4	Методи ідентифікації катіонів IV-V груп	12
5	Методи ідентифікації катіонів IV-V груп	3
5-6	Методи ідентифікації аніонів	12
7	Методи ідентифікації аніонів	3
7-9	Визначення концентрації контрольного розчину HCl методом протолітометрії	12
10	Комплексонометричне визначення твердості води	6
11	Визначення вмісту феруму(II) у контрольній пробі методом перманганатометрії	6
12	Визначення вмісту купруму(II) у контрольній пробі методом йодометрії	6
13	Меркурометричне визначення хлориду	6
14-16	Гравіметричне визначення феруму або нікелю	18
IV семестр		
1-2	Потенціометричне визначення концентрації дихромату титруванням сіллю Мора.	10
2-3	Кондуктометричне титрування суміші сильної та слабкої кислот.	10
4-5	Кулонометричне визначення тіосульфату.	10
6-7	Полярграфічне визначення концентрації Кадмію способом добавки.	9
7-8	Визначення концентрації Галію методом амперометричного титрування.	9
9	Одержання електронного спектра поглинання забарвленої сполуки (на вибір: моно-, ди-, трисульфосаліцилату феруму; пероксидного комплексу титану; калій перманганату; калій дихромату).	8
10-11	Фотометричне визначення феруму з сульфосаліциловою кислотою з побудовою градуйованого графіка.	10
11-12	Екстракційно-фотометричне визначення нікелю за допомогою диметилгліоксиму з визначенням концентрації способом порівняння оптичних густин.	10
13-14	На вибір: а) Емісійна полуменева фотометрія. Визначення K, Na чи Ca у воді способом градуйованого графіка. б) Абсорбційна полуменева фотометрія. Визначення Zn чи Cd у воді способом градуйованого графіка.	10
15-16	Атомно емісійний спектральний аналіз сталі.	10

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	К-сть год
1	Обчислення концентрацій розчинених речовин у розчині (молярність, нормальність, титр, масова частка, вміст, ppm і ppb). Переведення концентрацій. Поділ катіонів на аналітичні групи за кислотно-основною та гідрогенсульфідною класифікаціями. Написання якісних реакцій на катіони згідно з аміачно-фосфатною класифікацією. Схема аналізу суміші речовин, яка містить катіони I–V груп, аніони. Схема аналізу невідомої речовини.	15
2	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. Розв'язання задач на статистичне опрацювання результатів аналізу.	9
3	Розв'язування задач на обчислення іонної сили розчину, коефіцієнтів активності, констант рівноваги. pH розчину, мольної частки окремої протолітичної форми. Протолітичні рівноваги у розчинах багатоосновних кислот. Написання рівнянь матеріального балансу та електронейтральності для розчинів багатоосновних кислот. Побудова діаграм розподілу для поліпротонних протолітів.	18
4	Розв'язання задач на способи подання концентрації розчинів, приготування стандартних розчинів. Розв'язання задач за результатами титрування. Розв'язання задач на обчислення pH водних розчинів. Протолітометричне визначення тимчасової твердості води, NaOH і Na ₂ CO ₃ у їхній суміші (титрант, рівняння реакцій, вибір індикатора, перехід забарвлення індикатора, формули для обчислень, особливості визначення).	15
5	Основні органічні реагенти, що застосовуються в аналізі: 8-оксихінолін, диметілглюксим, дитизон. Діаграми розподілу для розчинів комплексних сполук. Пряме і непряме комплексометричне титрування титрування. Визначення кальцію і магнію за сумісної наявності, алюмінію, торію.	12
6	Методи броматометрії, цериметрії, біхроматометрії. Розв'язування задач за темою.	15
7	Розв'язування задач на розчинність осадів.	9
8	Гравіметричне визначення магнію, кальцію, фосфору, сульфуру, алюмінію, галогенідів, органічних речовин. Розв'язування задач з гравіметрії.	15
9	Швидкість екстракції. Природа і характеристика екстрагентів. Типи стаціонарних та рухливих фаз у хроматографії. Іонний обмін та іонообмінна хроматографія. Високоєфективна рідинна хроматографія (ВЕРХ). Надкритична флюїдна хроматографія.	18
10	Альтернативні класифікаційні системи в електрохімічних методах аналізу. Критерії оборотності електрохімічних процесів. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми. Опрацювання лекційного матеріалу.	12
11	Теорія мембранних потенціалів іонселективних електродів. Газові електроди. Електроди на основі мембран з рухливими носіями. Потенціометричні методи визначення фізико-хімічних констант. Використання методу Грана в потенціометричному титруванні. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми. Опрацювання лекційного матеріалу. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.	15
12	Хронокондуктометричне і високочастотне кондуктометричне титрування. Нахил віток на титриметричних кондуктометричних залежностях при титруванні сумішей речовин. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми. Опрацювання лекційного матеріалу. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.	12
13	Практичне застосування електролізу для визначення Cu, Pb і Zn. Аналіз кольорових металів і сплавів. Приклади застосування кулонометрії для визначення малих кількостей кислот і основ, мангану (VI), хрому (VI), феруму (III), натрій тіосульфату. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми. Опрацювання лекційного матеріалу. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.	12
14	Вольтамперометричний метод в аналізі органічних речовин. Приклади практичного застосування полярографічного визначення Cd(II), Pb(II). Приклади застосування амперометричного титрування: визначення Ca ²⁺ за допомогою трилону Б, Pb(II) – дихромату. Аналіз сплавів та об'єктів довкілля. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми. Опрацювання лекційного матеріалу. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.	12
15	Альтернативні класифікаційні системи спектральних методів аналізу. Повторення основних хімічних та фізичних законів вивчених за попередній період. Опрацювання лекційного матеріалу. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.	12
16	Детектори світлової енергії. Принцип роботи. Принципові схеми спектрофотометра СФ-46, фотоколориметрів КФК-2, КФК-3 та послідовність роботи на них під час вимірювання аналітичного сигналу. Застосування фотометрії для визначення окремих елементів: Fe, Mn, Ni, Co, Cr, Ti, Si, P, іонів NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , F ⁻ у природних та штучних об'єктах. Фотометричний аналіз органічних речовин. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми. Опрацювання лекційного матеріалу. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.	12
17	Кінетичні методи визначення Fe, Ni, Co, нітриту, йодиду. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми. Опрацювання лекційного матеріалу.	12
18	Застосування атомної спектроскопії при аналізі складних об'єктів. Полуменево-фотометрії	15

	аналіз природних вод на вміст іонів лужних та лужно-земельних металів. Урахування взаємного впливу на величину аналітичного сигналу. Техніка проведення аналізу сплавів в атомно-абсорбційному методі. Які можливі перешкоди одержання надійних результатів? Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.. Опрацювання лекційного матеріалу. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.	
19	Перевірка методик. Метод контрольних точок та контрольних карт. Опрацювання лекційного матеріалу.	12
	Разом	252

8. Методи навчання

Використовуються такі методи організації і здійснення навчально-пізнавальної діяльності (лекція, пояснення, бесіда, робота з підручником; ілюстрування, демонстрування, самостійне спостереження, вправи, лабораторні та практичні роботи) та методи стимулювання навчальної діяльності (навчальна дискусія, створення проблемної ситуації у процесі викладання, створення ситуації новизни).

Використовуються такі методи навчання:

- словесні – лекція, пояснення, бесіда, тьюторство, консультації, інструктаж (вступний та поточний) під час виконання лабораторних робіт;
- наочні – ілюстрування лекційного матеріалу таблицями, схемами, графіками та демонстрація хімічних дослідів на лабораторних заняттях;
- 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 вмінь і навичок виконання лабораторних досліджень різноманітних об'єктів; практичні заняття з розв'язування задач для якнайповнішого засвоєння і закріплення теоретичного матеріалу.
- виконання домашнього завдання, самостійна робота.

9. Методи контролю та розподіл балів

III СЕМЕСТР

Система контролю знань та умови складання іспиту. Навчальна дисципліна "Аналітична хімія" оцінюється за модульно-рейтинговою системою. Вона складається з 2 модулів.

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

№	Модуль	Види контролю	К-сть видів	Сума балів
1	Предмет аналітичної хімії. Метрологічні основи аналітичної хімії. Рівновага в гомогенній системі. Протолітометрия.	Колоквіум	1	6,5
		Лабораторна робота	4	4,0-12,0
2	Комплексні сполуки та окисно-відновні реакції в аналітичній хімії. Методи комплексиметрії та редоксиметрії.	Контрольна робота	1	5,0
		Лабораторна робота	4	4,0-12,0
3	Рівновага в гетерогенній системі. Методи седиметрії. Гравіметричний аналіз. Методи розділення. Екстракція, Хроматографія.	Колоквіум	1	6,5
		Контрольна робота	1	5,0
		Лабораторна робота	1	1,0-3,0

Рейтингове оцінювання контролю знань студентів (у балах)

№	Види контролю	К-сть видів	Бали	Сума балів
1	Колоквіум	2	6,5	13,0
2	Виконання і захист лабораторної роботи	9	1,0-3,0	10,0-27,0
3	Контрольна робота	2	5,0	10,0
Загальна сума балів за семестр				50,0

Критерії оцінювання лабораторної роботи з аналітичної хімії у III-ьому семестрі

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 перевиявлено (недовиявлено) 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 зраховується 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. Результати навчальної діяльності студентів в семестрі оцінюються за 50-бальною шкалою. У IV семестрі курс поділяється на 2 змістові модулі, за кожен з яких студент може отримати по 25 балів. Максимальний бал за іспит – 50балів.

№	Модуль	Види контролю	К-сть видів	Сума балів
1	Електрохімічні методи аналізу	Допуск до лабораторної роботи	5	2,5
		Виконання лабораторної роботи	5	2,5
		Комплексний захист лабораторної роботи	3	15
		Контрольне опитування	1	2,5
		Домашнє завдання	1	2,5
2	Спектральні (молекулярна та атомна спектроскопія) та кінетичні методи аналізу.	Допуск до лабораторної роботи	5	2,5
		Виконання лабораторної роботи	5	2,5
		Комплексний захист лабораторної роботи	3	15
		Контрольне опитування	1	2,5
		Домашнє завдання	1	2,5

Рейтингова оцінка контролю знань студентів (у балах)

№	Вид контролю	Кількість форм контролю	Бал	Сумарний бал
1	Допуск до лабораторної роботи	10	0,5	5
2	Виконання лабораторної роботи	10	0,5	5
3	Комплексний захист лабораторної роботи	6	5	30
4	Контрольне опитування	2	2,5	5
5	Домашнє завдання	2	2,5	5
Загальна сума балів				50
Іспит		1	50	100

Критерії оцінювання виконання лабораторної роботи з аналітичної хімії у IV-ому семестрі

Оцінювання виконання лабораторної роботи здійснюється на двох етапах:

– Допуск до лабораторної роботи, який максимально може бути оцінений в 0,5 бала. На допуск до лабораторної роботи виносять підготовку до роботи та питання щодо методики її виконання,

типову будову приладу та принцип роботи його основних вузлів. Основні фізичні та хімічні закони, які лежать в основі методу.

– Виконання лабораторної роботи максимально оцінюється у 0,5 бал. Результат вважається відмінним, якщо відносна похибка визначення не перевищує 5%, добрим – 5-10%, задовільним – 15%, незадовільним – більше 15%. Робота з незадовільним результатом не зараховується і повинна бути переробленою.

Рейтингове оцінювання виконання лабораторної роботи

Результат виконання	Бал
відмінний	0,5
добрий	0,3-0,4
задовільний	0,2

Критерії оцінювання комплексного захисту лабораторних робіт з аналітичної хімії у IV-ому семестрі

На комплексний захист виносяться 6 завдань – 2 теоретичні, 1 практичне та 2 задачі. Кожне завдання оцінюється по 1 балу. Разом – 5 балів за кожний комплексний захист.

№	Теми	№ лаб. робіт	Сумарний бал
1	Потенціометрія. Кондуктометрія.	1-2	5
2	Електрогравіметрія. Кулонометрія.	3	5
3	Вольтамперометричні методи.	4-5	5
4	Закон Бера. Закон адитивності оптичних густин.	6-7	5
5	Фотометричні методи. Кінетичні методи.	8	5
	Атомна спектроскопія.	9-10	5
Загальна сума балів			30

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

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	Незадовільно із можливістю повторного складання
0-29	F		Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

10. Методичне забезпечення

1. 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.
2. Дубенська Л. О. Аналітична хімія (конспект лекцій). Кафедра аналітичної хімії Львівського національного університету імені Івана Франка (2022).
3. Тимошук О.С. Аналітична хімія – інструментальні методи аналізу (конспект лекцій). Кафедра аналітичної хімії Львівського національного університету імені Івана Франка (2021).

11. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова

4. Кузьма Ю., Ломницька Я., Чабан Н. Аналітична хімія. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2001 – 298 с.

5. *Зінчук В.К., Гута О.М.* Хімічні методи якісного аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2006 – 151 с.
6. *Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О.* Фізико-хімічні методи аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2008 – 363 с.
7. *Ломницька Я., Чабан Н., Кузьма Ю.* Лабораторний практикум з аналітичної хімії. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. – 231 с.
8. *Левицька Г.Д., Дубенська Л.О.* Електрохімічні методи аналізу: навч. посібник. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 273 с.
9. *Тимошук О.С., Тимошук С.В., Врублевська Т.Я., Пацай І.О.* Основи електроаналітичної хімії // Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2018. – 438 с.
10. *Зінчук В.К., Левицька Г.Д.* Оптичні методи аналізу. Львів : Видавничий центр Львів. ун-ту ім. І. Франка, 2000. 79 с.
11. *Левицька Г.Д.* Лабораторний практикум з курсу “Електрохімічні методи аналізу”. Львів: Видавничий центр Львів. ун-ту ім. І. Франка, 2000. 49 с.

Додаткова

1. *Алемасова А.С., Зайцев В.М., Єнальєва Л.Я, Шепіна Н.Д., Гождзінський С.М.* Аналітична хімія. / За ред. В.М. Зайцева. – Донецьк: Ноулідж, – 2010 – 417 с.
2. *Analytical Chemistry: A Modern Approach to Analytical Science / Ed. by R. Kellner, J.-M. Mermet, M. Otto, M. Valcarcel, H.M. Widmer.* – UK: Wiley, 2004. – 1181 p.
3. *Christian G.D., Dasgupta P.K., Schug K.A.* Analytical Chemistry, 7th Edition. – Wiley, 2014. – 848 p.
4. *Harvey D.* Modern Analytical Chemistry. – USA: McGraw-Hill Higher Education. – 2000 – 543 p.
5. *Мідяний С., Мицук О., Антонишин. І.* Аналітична хімія: навч. Посібник.к – Львів: ЛНУВМБ, 2009. – 368 с.
6. *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.
7. *Skoog D., Holler F., Nieman T.* Principles of Instrumental Analysis. – USA: Thomson Learning, 1998.
8. *Skoog D. A., West D. M., Holler F. J., Crouch S. R.* Fundamentals of Analytical Chemistry, 9th edition. – Brooks/Cole, 2014. – 1090 p.
9. *Ломницька Я.Ф., Чабан Н.Ф.* Хімічні та фізико-хімічні методи аналізу в екологічних дослідженнях. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 365 с.

Інформаційні ресурси

<http://chem.lnu.edu.ua/kah/ah/index.htm>
<http://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=334>
<http://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=64>

Викладачі кафедри аналітичної хімії:

доц. Дубенська Л.О.
 доц. Тимошук О.С.
 проф. Каличак Я.М.
 доц. Коркуна О.Я.
 доц. Пацай І.О.
 доц. Ридчук П.В.
 доц. Стельмахович Б.М.