

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра хімічної метрології

“ЗАТВЕРДЖУЮ”



Декан хімічного факультету

Олег КАЛУГІН

“27” серпня 2024 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

**Аналітична хімія**

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти: перший бакалаврський рівень

галузь знань: 10 природничі науки

спеціальність: 102 хімія

освітня програма: освітньо-професійна програма «Харчова хімія та харчова безпека»

спеціалізація

вид дисципліни: обов'язкова

факультет: хімічний

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою хімічного факультету

“ 27 ” 08 2024 року, протокол № 7

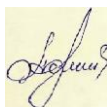
РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

**Нікітіна Наталія Олександрівна**, кандидат хім. наук, доцент, доцент ЗВО кафедри хімічної метрології

Програму схвалено на засіданні кафедри хімічної метрології

Протокол від “26 ” 08 2024 року № 1

Завідувач кафедри хімічної метрології



(підпис)

Олег ЮРЧЕНКО

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми “Харчова хімія та харчова безпека”

Гарант освітньо-професійної програми “ Харчова хімія та харчова безпека ”



(підпис)

Наталія НІКІТІНА

Програму погоджено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол від “26” 08 2024 року № 1

Голова науково-методичної комісії хімічного факультету



(підпис)

Павло ЄФІМОВ

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “**Аналітична хімія**” складена відповідно до освітньо-професійної програми «Харчова хімія та харчова безпека» підготовки рівня вищої освіти Перший бакалаврський рівень напряму 102 "Хімія"

### 1. Опис навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета викладання навчальної дисципліни:

сформуванню теоретичні уявлення про методи, якими одержують фундаментальні хімічні дані про склад хімічних сполук, речовин і матеріалів, та сформуванню навички практичного застосування цих методів.

#### 1.2. Основні завдання вивчення дисципліни:

##### 1.2.1. Формування наступних загальних компетентностей:

**ЗК1.** Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

**ЗК 2.** Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

**ЗК 3.** Здатність працювати у команді.

**ЗК 4.** Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

**ЗК 11.** Здатність бути критичним і самокритичним.

##### 1.2.2. Формування наступних фахових компетентностей:

**ФК2.** Здатність розпізнавати і аналізувати проблеми, застосовувати обґрунтовані методи вирішення проблем, приймати обґрунтовані рішення в області хімії.

**ФК3.** Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт виходячи із вимог хімічної метрології та професійних стандартів в галузі хімії.

**ФК7.** Здатність здійснювати типові хімічні лабораторні дослідження.

**ФК8.** Здатність здійснювати кількісні вимірювання фізико-хімічних величин, описувати, аналізувати і критично оцінювати експериментальні дані.

**ФК9.** Здатність використовувати стандартне хімічне обладнання.

**ФК10.** Здатність до опанування нових областей хімії шляхом самостійного навчання.

**ФК11.** Здатність формулювати етичні та соціальні проблеми, які стоять перед хімією, та здатність застосовувати етичні стандарти досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (академічна доброчесність).

**ФК16.** Здатність до самостійних вимірювань хімічного складу сировини та продуктів харчування до аналізу (в тому числі ідентифікації вітамінів, харчових та дієтичних добавок) та самостійного виконання найпростіших операцій хімічного експерименту

#### 1.3. Кількість кредитів — 8

#### 1.4. Загальна кількість годин — 240

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
<u>Нормативна / за вибором</u>	
Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Рік підготовки	
3-й	
Семестр	
5-й	
Лекції	
48 год.	
Лабораторні заняття	
80 год.	
Самостійна робота	
112 год.	

### 1.6. Заплановані результати навчання

**P01.** 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.

**P03.** Описувати хімічні дані у символічному вигляді.

**P04.** Розуміти основні закономірності та типи хімічних реакцій та їх характеристики.

**P08.** Знати принципи і процедури фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади.

**P09.** Планувати та виконувати хімічний експеримент, застосовувати придатні методики та техніки приготування розчинів та реагентів.

**P13.** Аналізувати та оцінювати дані, синтезувати нові ідеї, що стосуються хімії та її прикладних застосувань.

**P14.** Здійснювати експериментальну роботу з метою перевірки гіпотез та дослідження хімічних явищ і закономірностей.

**P15.** Спроможність використовувати набуті знання та вміння для розрахунків, відображення та моделювання хімічних систем та процесів, обробки експериментальних даних.

**P17.** Працювати самостійно або в групі, отримати результат у межах обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність та наукову доброчесність.

**P18.** Демонструвати знання та розуміння основних фактів, концепцій, принципів та теорій з хімії.

**P30.** Знати загальні характеристики фізико-хімічних явищ, на яких базується аналіз; умови застосування основних методів аналізу для контролю якості сировини та продуктів харчування, в тому числі вітамінів та харчових добавок; метрологічні характеристики цих методів; вміння виконувати найпростіші операції хімічного експерименту, передбачати оптимальні умови проведення аналітичних визначень, самостійно вимірювати хімічний склад окремих об'єктів аналізу.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

### *Розділ 1. Виклад теоретичного матеріалу*

#### *Тема 1. Вступ.*

Предмет та задачі аналітичної хімії. Класифікація методів хімічного аналізу: хімічні, фізичні, фізико-хімічні, біологічні методи; методи виявлення, розподілу та визначення; структурний, елементний та компонентний аналіз; макро-, мікро- і ультрамікроаналіз. Класифікація об'єктів аналізу. Основні етапи розвитку аналітичної хімії, її роль у розвитку природознавства, техніки, економіки.

**Тема 2. Хімічна рівновага. Закон діючих мас (ЗДМ). Найпростіші розрахунки на основі ЗДМ.**

Основні типи хімічних реакцій. Загальна та рівноважна концентрація, активність, коефіцієнти активності. Константи ЗДМ. Вплив температури та іонної сили розчину на константи ЗДМ. Довідкові дані. Прогнозування можливості хімічного перетворення на основі констант ЗДМ. Обчислення констант ЗДМ для реакцій довільної складності.

Кисотно-основні реакції. Сучасні уявлення про кислоти та основи (теорія Льюїсу, теорія Бренстеда-Лаурі). Кисотно-основні властивості розчинника. Константа автопротолізу, іонний добуток. Протонування основ та дисоціація кислот. Ступінчаті реакції. Зв'язок між загальними та ступінчатими константами ЗДМ. Гідроксокомплекси металів. Комплексоутворення. Загальні та ступінчаті константи стійкості комплексів. Окисно-відновні реакції. Рівновага в гетерогенних системах. Розчинення осаду. Добуток розчинності.

Найпростіші застосування ЗДМ для теоретичного дослідження хімічних систем: прогнозування можливості хімічних перетворень, черговість випадання осадів.

Множини (класи) подібних за складом хімічних форм. Умови переважання окремих хімічних форм в гомогенних системах. Діаграми областей переважання хімічних форм: визначення переважаючої хімічної форми і межі областей її переважання; ускладнення у визначенні областей переважання. Матеріальний баланс компонентів: рівняння матеріального балансу, алгоритм складання системи рівнянь балансу компонентів.

### ***Тема 3. Загальна характеристика методів виявлення. Якісний аналіз.***

Аналітичні реакції у розчині і візуальні ефекти: виділення осаду чи газу, утворення забарвлених сполук. Органічні реагенти для виявлення неорганічних компонентів. Селективність реагентів. Підвищення селективності аналітичних реакцій шляхом розділення та маскування компонентів. Дробний і систематичний аналіз. Схема систематичного аналізу як сполучення методів розділення і виявлення. Принципи розподілу компонентів на аналітичні групи на прикладі кислотно-основної схеми аналізу катіонів.

Екстракція та сорбція – методи розділення і концентрування. Кількісні характеристики екстракції: зв'язок між коефіцієнтом і константою розподілу, ступінь екстракції, константа екстракції, рН напівекстракції.

### ***Тема 4. Буферні розчини.***

Обчислення рН та рівноважного складу у розчинах сильних і слабких кислот і основ. рН-буферні розчини. Принцип буферної дії. Буферна ємність. Розрахунки, пов'язані з приготуванням буферних розчинів: розрахунок рН буферного розчину; розрахунок загальних концентрацій компонентів буферу з заданим значенням рН.

### ***Тема 5. Метрологічні характеристики методів аналізу. Основи статистичної обробки результатів вимірювань.***

Основні поняття метрології. Похибки вимірювань: систематичні та випадкові. Показники якості результатів вимірювань: точність, правильність, прецизійність та її показники – повторюваність (збіжність) та відтворюваність, внутрішньолабораторна прецизійність. Одиниці вимірювання хімічного складу. Аналітичний сигнал. Градувальна характеристика, градувальна функція, градувальний графік. Класифікація методів за способом вимірювань (прямі методи, методи молярної властивості, методи доданків). Основні метрологічні характеристики методів та методик вимірювання хімічного складу: границі діапазону вмісту, що визначають; межа визначення; чутливість; селективність; робастність; трудомісткість; тривалість; апаратурне оснащення.

Нормальний розподіл випадкових похибок. Генеральна сукупність. Вибірка значень. Довірча імовірність. Середнє арифметичне, стандартне відхилення, дисперсія. Виявлення промахів. Обчислення довірчого діапазону. Порівняння середніх і дисперсій двох методів аналізу. Поширення похибок вимірювання на результати обчислень. Формули поширення похибок (систематичних і випадкових). Загальна невизначеність результатів. Способи оцінки правильності результатів аналізу: застосування стандартних зразків складу, метод доданків, метод варіювання наважок, співставлення з результатами, одержаними іншими методами аналізу.

### ***Тема 6. Хімічні методи визначення. Гравіметрія.***

Загальні поняття кількісного аналізу. Етапи хімічного аналізу. Пробовідбір і пробопідготовка. Первинна, лабораторна та аналітична проба. Репрезентативність проби. Відбір середньої проби твердих, рідких, газоподібних речовин: гомогенізація, скорочення і зберігання проби. Підготовка об'єкту до аналізу: озолення органічної матриці, мокре і сухе озолення. Концентрування. Фізичні методи, що базуються на випаровуванні чи виморожуванні розчинника.

Осадження. Механізм утворення твердої фази у розчині. Кристалічні і аморфні осади. Вплив перенасичення на структуру осаду. Залежність розчинності від структури і розміру частинок осаду. Процеси при визріванні осаду: перекристалізація і агрегація первинних часток, оствальдівське визрівання, термічне старіння. Умови одержання кристалічних осадів. Механізми забруднення осадів: співосадження (адсорбція, окклюзія, ізоморфізм) і післяосадження. Позитивна і негативна роль співосадження в аналізі. Колоїдні системи, при-

чини їх утворення. Коагуляція, седиментація і пептизація. Роль колоїдоутворення в хімічному аналізі. Промивання осадів. Формула Бунзена.

Принцип методу гравіметрії, градувальна характеристика. Вимірювання маси. Аналітичні терези. Джерела похибок при зважуванні, їх усунення. Поширення похибок зважування на результати гравіметрії. Етапи гравіметричного визначення. Форма осадження і гравіметрична форма, вимоги до них. Розрахунок наважки та кількості осаджувача. Вибір матеріалу для фільтрування та режиму термообробки.

Джерела інструментальних похибок та їх оцінка. Похибки гравіметрії, що зумовлені розчинністю осаду. Фактори, що впливають на розчинність (іонна сила, температура, конкуруючі реакції, надлишок осаджувача). Умовний добуток розчинності, його залежність від рН. Розрахунок розчинності малорозчинних солей у різних умовах.

Усунення похибок, зумовлених забрудненням осаду. Вибір промивної рідини. Осадження з повільною генерацією іонів осаджувача у розчині (методи, що базуються на гідролізі карбаміду). Найважливіші реагенти і метрологічні характеристики гравіметрії. Роль гравіметрії як високоточного методу визначення.

### ***Тема 7. Хімічні методи визначення. Титриметрія, принцип методу, основні поняття.***

Принцип методу і основні поняття: титрант, точка стехіометричності (ТС) і кінцева точка титрування (КТТ). Розрахунки в титриметрії. Використання величин, пов'язаних з еквівалентом речовини. Число еквівалентності. Титрант, способи стандартизації, вимоги до речовин - первинних стандартів. Вимірювання об'єму розчину. Мірний посуд. Похибки вимірювання об'єму. Перевірка місткості мірного посуду. Класифікація методів титриметрії згідно типу реакції, способу індикації КТТ. Прямі, зворотні і побічні титриметричні визначення. Криві титрування.

### ***Тема 8. Кислотно-основне титрування.***

Реагенти та індикатори. Інтервал переходу забарвлення індикатору, показник титрування, їх зв'язок з константою ЗДМ для індикаторної реакції. Фактори, що впливають на перехід забарвлення індикатора. Стандартизація розчинів кислоти і лугу. Криві титрування. Вплив сили протолізу та концентрації на стрибок титрування. Обчислення рН у ТС.

КЛД для гомогенних систем, алгоритм побудови. Буферна ємність та її оцінка. Побудова графічної залежності  $\lg(\omega/2,3)$  від рН. Використання КЛД для теоретичного дослідження кислотно-основного титрування. Похибки титрування, що зумовлені різницею ТС і КТТ. Перетитровка і недотитровка. Визначення похибки на основі матеріального балансу іонів водню, використання КЛД.

Джерела інструментальних похибок в титриметрії та їх оцінка. Приклади оцінки методичної похибки титриметричних визначень. Приклади практичного застосування кислотно-основного титрування. Титрування сумішей кислот і основ.

### ***Тема 9. Комплексонометричне титрування.***

Амінополікарбоніві кислоти, їх комплекси з металами. Переваги комплексонів як титрантів. Металохромні індикатори. Способи комплексонометричного визначення: пряме, зворотне, побічне, по витісненню. Криві титрування. Фактори, що впливають на вигляд кривих: концентрація іонів металу, стабільність комплексу, конкуруючі реакції. Умовні константи стійкості комплексів, їх залежність від рН. Селективність титрування і способи її підвищення. Обґрунтування умов комплексонометричних визначень.

Визначення похибки титрування на основі матеріального балансу іонів металу або титранту, використання КЛД. Приклади оцінки методичної похибки комплексонометричних визначень. Приклади практичного застосування комплексонометрії. Визначення металів у суміші.

### ***Тема 10. Окисно-відновне титрування.***

Електродний потенціал та рівняння Нернста. Стандартний та формальний потенціали. Зв'язок константи ЗДМ зі стандартним потенціалом. Окисно-відновні реакції в титриметрії. Потенціал системи в процесі титрування. Обчислення потенціалу системи в ТС. Криві титрування. Фактори, що впливають на вигляд кривих: різниця стандартних потенціалів взає-

модіючих речовин, комплексоутворення, рН. Способи індикації КТТ: самоіндикація, специфічні індикатори, редокс-індикатори. Інтервал переходу забарвлення рН-залежних та рН-незалежних редокс-індикаторів. Джерела похибок окисно-відновних визначень.

Приклади практичного застосування редоксиметрії. Перманганатометрія. Кінетичні особливості, джерела похибок. Визначення пероксиду, оксалату, жорсткості води. Дихроматометрія. Особливості та переваги методу дихроматометрії. Йодометрія та йодиметрія; рівняння реакцій, компоненти, що визначаються. Джерела похибок в йодометрії (легкість та диспропорціювання іоду, окислення іодиду, нестабільність розчину тіосульфату) та способи їх усунення. Крохмаль як специфічний індикатор на йод. Броматометрія. Бромуюча суміш, визначення органічних сполук.

### ***Тема 11. Електрохімічні методи аналізу. Потенціометрія.***

Загальна характеристика електрохімічних методів аналізу. Класифікація електрохімічних методів у відповідності з природою аналітичного сигналу. Електрохімічна комірка; індикаторний (робочий) і допоміжний електроди; електрод порівняння; внутрішня і зовнішня частина електрохімічного кола.

Потенціометрія. Аналітичний сигнал. Електроди на основі окислювально-відновних реакцій: електроди 1 і 2-го роду, рівняння потенціалу. Електроди порівняння: хлоридсрібний та каломельний. Мембранні електроди на основі твердих та рідинних (пластифікованих) мембран. Рівняння мембранного потенціалу. Вплив конкуруючих іонів на мембранний потенціал. Рівняння Нікольського, коефіцієнт селективності. Складний електрод для визначення рН, іони, що заважають. Е.р.с. ячеек з переносом та без переносу. Дифузійні потенціали, фактори, що впливають на них, способи елімінації. Прилади для вимірювання е.р.с.

Градуювальна характеристика потенціометрії. Градуювальні параметри, їх фізичний зміст. Методи градування: побудова градувальних графіків, градування при постійній іонній силі, градування в шкалі активностей. Методи одного та двох відомих доданків, їх переваги, області застосування. Потенціометричне титрування. Інтегральна та диференціальні криві титрування, їх побудова, знаходження КТТ. Метод Грана. Індикаторні електроди в кисло-основному, осаджувальному, комплексонометричному та редокс-титруванні. Приклади практичного застосування потенціометричного титрування. Застосування неводних середовищ.

Методичні похибки іонометрії: вплив іонного середовища на коефіцієнти активності іонів і дифузійний потенціал, впливи, обумовлені селективністю. Інструментальні похибки. Поширення інструментальних похибок на результати потенціометричного аналізу.

Метрологічні характеристики потенціометрії, переваги і недоліки. Місце потенціометрії в системі методів хімічного аналізу. Потенціометричні прилади в польових дослідженнях та автоматизованих системах контролю.

Практичні застосування потенціометрії. Визначення рН, електроди, стандартні буферні розчини як засоби для градування. Визначення фторидів; реагенти, що демаскують іони фториду в реальних об'єктах аналізу, буфер регулювання загальної іонної сили. Визначення нітратів та хлоридів.

### ***Тема 12. Явища при протіканні струму крізь електролітичну ячейку. Електрогравіметрія. Кулонометрія.***

Електролітичні комірки. Потенціал робочого електроду, рівняння Нернста. Е.р.с. комірки, прикладена напруга. Потенціал виділення. Поляризація електродів. Речовини-деполяризатори. Залежність сили струму від потенціалу електроду. Стадії електрохімічного процесу: масоперенос і перенос заряду. Дифузія, конвекція, міграція.

Концентраційна поляризація, її причини. Граничний та дифузійний струм. Чинники, що впливають на концентраційну поляризацію, засоби зниження. Кінетична поляризація, перенапруга. Стадійність електродного процесу. Чинники, що впливають на кінетичну поляризацію. Перенапруга виділення водню та кисню з водних розчинів, її значення. Напруга, необхідна для електролізу.

Принцип кулонометричного аналізу. Закон Фарадея. Засоби визначення кількості електрики. Електрогравіметрія. Робочий електрод, умови визначень. Використання катодних і

анодних реакцій. Електроліз при постійному струмі, постійному потенціалі електроду, постійній прикладеній напрузі. Практичне застосування електрогравіметрії, метрологічні характеристики.

Кулонометрія з контролем потенціалу робочого електроду (пряма кулонометрія). Вибір значення потенціалу при аналізі багатокомпонентних розчинів. Кулонометрія при постійному струмі (кулонометричне титрування). Вимірювальні схеми. Титрування електроактивних та електронеактивних компонентів. Засоби індикації КТТ. Приклади кулонометричного титрування: електрогенерованим іодом, іонами гідроксиду, водню, заліза(II). Методичні та інструментальні похибки, метрологічні характеристики, переваги і недоліки прямої кулонометрії і кулонометричного титрування, області застосувань.

### ***Тема 13. Полярографія та вольтамперометрія. Амперометричне титрування***

Принцип утворення аналітичного сигналу. Ртутний краплинний електрод. Полярографічна ячейка, електроди. Вольтамперна хвиля, її одержання; характеристики вольтамперної кривої. Потенціал виділення. Потенціал напівхвилі як якісна характеристика речовини-деполяризатора. Чинники, що впливають на величину потенціалу напівхвилі. Причини протікання залишкового струму. Дифузійний струм.

Рівняння Ільковича, градувальна характеристика вольтамперометрії. Похибки, зумовлені конденсаторним та міграційним струмом, розчиненим киснем. Способи усунення похибок. Інверсійна вольтамперометрія. Метрологічні характеристики класичної полярографії та вольтамперометрії, область застосувань.

Амперометричне титрування з одним та двома поляризованими електродами. Криві титрування для різних випадків. Знаходження КТТ.

### ***Тема 14. Оптичні методи аналізу. Вступ.***

Світло і його характеристики. Терміни і одиниці променевої енергії. Пружні і непружні взаємодії випромінювання з речовиною. Основні характеристики випромінювання: довжина хвилі, частота, хвильове число, потужність та інтенсивність випромінювання. Спектр електромагнітного випромінювання. Відповідність областей електромагнітного випромінювання типам переходів в речовині. Ультрафіолетова, видима та інфрачервона область спектру.

Енергетичні переходи в атомах. Основний і збуджений електронний стан атому. Атомні спектри емісії і поглинання, якісна і кількісна характеристика спектральної лінії: довжина хвилі та інтенсивність. Зв'язок інтенсивності з числом частинок, що випромінюють. Ширина спектральної лінії, причини уширення ліній.

### ***Тема 15. Атомно-емісійний аналіз (АЕА).***

Принципова схема приладу в АЕА. Джерела атомізації і збудження: дуга, іскра, полум'я, індуктивно зв'язана плазма, їх порівняльна характеристика. Способи введення проби. Способи детекції аналітичного сигналу (фотоелементи, фотопластинка). Процеси в атомізаторах та похибки АЕА. Градувальна характеристика АЕА. Самопоглинання. Виявлення та визначення компонентів в АЕА: метод останньої лінії, спектри порівняння, гомологічні пари, внутрішній стандарт; методи трьох еталонів, постійного графіку, контрольного еталону, доданків. Емісійна спектроскопія полум'я, компоненти, що визначаються. Вплив матриці об'єкту аналізу на результати АЕА. Спектроскопічні буфери.

### ***Тема 16. Атомно-абсорбційний аналіз (ААА).***

Вимоги до монохроматизації випромінювання у відповідності зі специфікою спектрів поглинання атомів. Джерела монохроматичного випромінювання: лампа з порожнистим катодом, безелектродні лампи. Основні типи атомізаторів: прямоочний пальник, пальник з попереднім змішуванням, неполум'яний атомізатор — графітова кювета. Переваги та недоліки атомізаторів різних типів.

Процеси в атомізаторі та джерела похибок: емісія полум'я, фонове поглинання, похибки, зумовлені атомізацією проби. Вплив матриці об'єкту аналізу. Засоби усунення похибок. Градувальна характеристика в ААА, закон Бугера. Метрологічні характеристики ААА з різними типами атомізаторів: характеристична концентрація, межа визначення, діапазон вмісту, що визначається, відносне стандартне відхилення.

Порівняльна характеристика АЕА і ААА, області їх застосування



### **Тема 17. Молекулярна абсорбційна спектрометрія (спектрофотометрія).**

Схема електронних рівнів молекули. Повна енергія молекули як сума трьох складових. Основні і збуджені електронні стани. Особливості молекулярних спектрів в УФ і видимій областях спектру. Спектри поглинання молекул та інших частинок у розчинах: максимум поглинання, напівширина смуги поглинання. Основні вузли приладів для МАС. Джерела випромінювання, монохроматори (світлофільтри, диспергуючі призми, дифракційні ґратки) і детектори в фотоколориметрах і спектрофотометрах для УФ і видимої області спектру. Принцип вимірювання в однопроменевому та двопробному приладах. Фур'є-спектрофотометри. Структурний, функціональний та компонентний аналіз.

Закон Бугера-Ламберта-Бера та градувальна характеристика МАС. Адитивність поглинання. Коефіцієнт молярного поглинання, його залежність від типу електронних переходів. Причини відхилень від основного закону світопоглинання і методичні похибки МАС. Інструментальні похибки МАС. Оптимальний діапазон поглинання.

Методи МАС: пряма та різницева (диференційна) спектрофотометрія, методи градувального графіку та доданків, спектрофотометричне титрування, багатокомпонентний аналіз. Вибір поглинаючої форми у відповідності з діапазоном визначуваних концентрацій. Застосування органічних реагентів при визначенні неорганічних компонентів.

Приклади практичного застосування МАС: визначення одного та двох компонентів. Екстракційно-фотометричне визначення.

### **Тема 18. Інші оптичні методи аналізу.**

Діаграма Яблонського: коливальна релаксація, внутрішня конверсія, інтеркомбінаційна конверсія, флуоресценція та фосфоресценція. Порівняння спектру флуоресценції та спектру поглинання, правило дзеркальної симетрії Левшина. Незалежність спектру флуоресценції від довжини хвилі випромінювання, що збуджує молекулу. Закон Стокса.

Аналітичний сигнал та градувальна характеристика люмінесцентного аналізу. Гасіння флуоресценції, ефект внутрішнього фільтру та перепоглинання випромінювання. Схема приладу для вимірювання флуоресценції. Використання в аналізі власної люмінесценції аналітів; реагенти для люмінесцентного аналізу. Визначення елементів за їх власною флуоресценцією. Порівняння метрологічних характеристик люмінесцентних методів і молекулярної абсорбційної спектрометрії.

Абсорбційна спектрометрія в інфрачервоному діапазоні. Інфрачервоний (коливальний) спектр поглинання. Скелетні коливання („відбитки пальців”) і коливання характеристичних груп. Особливості спектрофотометрів для ІЧ-області. Застосування ІЧ-спектрометрії в аналізі.

Нефелометрія і турбідиметрія: принцип методів, компоненти, що визначаються. Дистанційний аналіз повітря.

Кінетичні методи. Кінетичне рівняння для каталітичних та некаталітичних реакцій. Кінетичні криві. Кінетичний некаталітичний аналіз, область його застосування та метрологічні характеристики. Каталіметрія. Індикаторні реакції. Використання каталітичних реакцій - можливість визначення малих та ультрамалих вмістів. Метод тангенсів, методи фіксованого часу та фіксованої концентрації. Основи біохімічного аналізу, визначення токсикантів.

### **Тема 19. Хроматографія. Принцип і класифікація методів. Тонкошарова хроматографія.**

Принцип хроматографічного розділення. Стаціонарна і рухома фази. Класифікація методів хроматографії згідно природи фаз, механізму розділення та техніки експерименту. Способи хроматографування (фронтальна, елюентна, витісняюча хроматографія). Хроматограма, її характеристики: час утримування, об'єм, що утримується, напівширина та стандартне відхилення хроматографічного піку, висота і площа піку. Коефіцієнт ємності, його зв'язок з коефіцієнтом розподілу. Характеристики ефективності та селективності розділення. Концепція теоретичних тарілок.

Принципи, засади та класифікація електрофоретичних методів. Гель-електрофорез: носії та обладнання. Капілярний електрофорез: принципи та обладнання.

Хроматографія на колонці та в площині (паперова, тонкошарова). Сорбенти і розчинники для тонкошарової хроматографії. Одержання та обробка хроматограм на тонкошарових

пластинках, способи проявлення зон. Фактор утримування, його зв'язок з коефіцієнтом розподілу. Разрешение, селективність. Особливості паперової хроматографії. Застосування площинної хроматографії для розділення та виявлення неорганічних та органічних компонентів. Елюенти.

**Тема 20. Газова та рідинна хроматографія.**

Газо-твердофазна та газо-рідинна хроматографія. Газо-носії. Рівняння Ван-Деемтера, оптимальна швидкість рухомої фази. Сорбенти. Колонки. Основні вузли газового хроматографу. Детектори: полум'яно-іонізаційний, детектор по теплопровідності, детектор електронного захвату. Принципи дії детекторів. Програмування температури як спосіб оптимізації характеристик хроматографічного розділення.

Ідентифікація компонентів. Індеси Ковача. Методи кількісного хроматографічного аналізу: нормування, абсолютного градування, внутрішнього стандарту.

Компоненти, що визначаються. Реакційна газова хроматографія. Застосування газової хроматографії в контролі довкілля, аналізі харчових продуктів, фармацевтичних препаратів.

Типи стаціонарних і рухомих фаз. Нормальнофазова і оберненофазова хроматографія. Капілярні колонки. Основні вузли хроматографу. Детектори: флуориметричний, рефрактометричний, фотометричний, електрохімічний. Градієнтне елюювання. Компоненти, що визначаються. Іонний обмін та іонна хроматографія. Принцип, компоненти, що визначаються.

**Розділ 2. Лабораторні заняття**

**Тема 21. Аналітичні властивості та систематичний аналіз катіонів.**

**Тема 22. Гравіметричні визначення.**

**Тема 23. Кислотно-основне титрування.**

**Тема 24. Комплексонометричне титрування.**

**Тема 25. Окисно-відновне титрування.**

**Тема 26. Потенціометричне титрування зі скляним електродом.**

**Тема 27. Визначення методом прямої потенціометрії з використанням іоноселективних електродів.**

**Тема 28. Атомно-абсорбційне визначення важких металів у соках, водах та нафтопродуктах.**

**Тема 29. Фотометричне визначення іонів металів та фенолу у водах.**

**Тема 30. Фотометричний двокомпонентний аналіз.**

**Тема 31. Кінетичне визначення дихромат-іонів.**

**Тема 32. Розділення та визначення компонентів за методом тонкошарової хроматографії.**

**Тема 33. Виконання курсової роботи (аналіз реального об'єкту).**

**3. Структура навчальної дисципліни**

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
<b>Розділ 1. Виклад теоретичного матеріалу</b>						
<b>Тема 1. Вступ.</b>	3	1				2
<b>Тема 2. Хімічна рівновага. Закон діючих мас (ЗДМ). Найпростіші розрахунки на основі ЗДМ.</b>	8	4				4
<b>Тема 3. Загальна характеристика методів виявлення. Якісний аналіз.</b>	4	2				2
<b>Тема 4. Буферні розчини.</b>	6	2				4
<b>Тема 5. Метрологічні характеристики методів аналізу. Основи статистичної обробки результатів ви-</b>	7	3				4

<i>мірювань.</i>						
<i>Тема 6. Хімічні методи визначення. Гравіметрія.</i>	8	4				4
<i>Тема 7. Хімічні методи визначення. Титриметрія, принцип методу, основні поняття.</i>	6	2				4
<i>Тема 8. Кислотно-основне титрування.</i>	8	4				4
<i>Тема 9. Комплексонометричне титрування.</i>	4	2				2
<i>Тема 10. Окисно-відновне титрування.</i>	6	2				4
<i>Тема 11. Електрохімічні методи аналізу. Потенціометрія.</i>	7	3				4
<i>Тема 12. Явища при протіканні струму крізь електролітичну ячейку. Електрогравіметрія. Кулонометрія.</i>		2				4
<i>Тема 13. Полярографія та вольтамперометрія. Амперометричне титрування.</i>	6	2				4
<i>Тема 14. Оптичні методи аналізу. Вступ.</i>	6	2				4
<i>Тема 15. Атомно-емісійний аналіз (АЕА).</i>	5	2				3
<i>Тема 16. Атомно-абсорбційний аналіз (ААА).</i>	6	2				4
<i>Тема 17. Молекулярна абсорбційна спектрометрія (спектрофотометрія).</i>	6	2				4
<i>Тема 18. Інші оптичні методи аналізу.</i>	6	2				4
<i>Тема 19. Хроматографія. Принцип і класифікація методів. Тонкошарова хроматографія.</i>	6	2				4
<i>Тема 20. Газова та рідинна хроматографія.</i>	7	3				4
<b>Всього за розділом 1</b>	<b>121</b>	<b>48</b>				<b>73</b>
<b>Розділ 2. Лабораторні заняття</b>						
<i>Тема 21. Аналітичні властивості та систематичний аналіз катіонів.</i>	14			10		4
<i>Тема 22. Гравіметричні визначення.</i>	13			10		3
<i>Тема 23. Кислотно-основне титрування.</i>	8			5		3
<i>Тема 24. Комплексонометричне титрування.</i>	7			5		2
<i>Тема 25. Окисно-відновне титрування.</i>	8			5		3
<i>Тема 26. Потенціометричне титрування зі скляним електродом.</i>	7			5		2
<i>Тема 27. Визначення методом прямої потенціометрії з використанням іоноселективних електродів.</i>	7			5		2

<i>Тема 28. Атомно-абсорбційне визначення важких металів у соках, водах та нафтопродуктах.</i>	7			5		2
<i>Тема 29. Фотометричне визначення іонів металів та фенолу у водах.</i>	7			5		2
<i>Тема 30. Фотометричний двокомпонентний аналіз.</i>	8			5		3
<i>Тема 31. Кінетичне визначення дихромат-іонів.</i>	8			5		3
<i>Тема 32. Розділення та визначення компонентів за методом тонкошарової хроматографії.</i>	7			5		2
<i>Тема 33. Виконання курсової роботи (аналіз реального об'єкту).</i>	18			10		8
<b>Всього за розділом 2</b>	<b>119</b>			<b>80</b>		<b>39</b>

#### 4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		денна форма
1	Тема 21. Аналітичні властивості та систематичний аналіз катіонів.	10
2	Тема 22. Гравіметричні визначення.	10
3	Тема 23. Кислотно-основне титрування.	5
4	Тема 24. Комплексометричне титрування.	5
5	Тема 25. Окисно-відновне титрування.	5
6	Тема 26. Потенціометричне титрування зі скляним електродом.	5
7	Тема 27. Визначення методом прямої потенціометрії з використанням іоноселективних електродів.	5
8	Тема 28. Атомно-абсорбційне визначення важких металів у соках, водах та нафтопродуктах.	5
9	Тема 29. Фотометричне визначення іонів металів та фенолу у водах.	5
10	Тема 30. Фотометричний двокомпонентний аналіз.	5
11	Тема 31. Кінетичне визначення дихромат-іонів.	5
12	Тема 32. Розділення та визначення компонентів за методом тонкошарової хроматографії.	5
13	Тема 33. Виконання курсової роботи (аналіз реального об'єкту).	10
	<b>Разом</b>	<b>80</b>

#### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
		денна форма
5-й семестр		
1	Тема 1. Вступ. Опрацювати матеріал.	2
2	Тема 2. Хімічна рівновага. Закон дії мас. Розрахункові завдання: обчислення констант хімічної рівноваги для лінійної комбінації рівнянь реакцій.	4
3	Тема 3. Загальна характеристика методів виявлення. Якісний аналіз. Аналітичні властивості та систематичний аналіз катіонів та аніонів.	2
4	Тема 4. Буферні розчини.	4

	Розрахункові завдання: обчислення рН у розчинах кислот, основ та у буферних розчинах; приготування буферних розчинів із заданим значенням рН.	
5	Тема 5. Метрологічні характеристики. Розрахункові завдання: статистична обробка результатів вимірювань, перевірка статистичних гіпотез	4
6	Тема 6. Гравіметрія. Розрахункові завдання: стехіометричні обчислення в гравіметрії; обчислення розчинності осаду в різних умовах; обчислення умовного добутку розчинності при фіксованому значенні рН; оцінка методичної похибки гравіметричних визначень.	4
7	Тема 7. Титриметрія, принцип методу, основні поняття.	4
8	Тема 8. Кисотно-основне титрування. Розрахункові завдання: стехіометричні обчислення в кисотно-основному титруванні; оцінка буферної ємності розчину. Застосування КЛД для вибору індикатору та оцінки похибки кисотно-основного титрування.	4
9	Тема 9. Комплексонометричне титрування. Розрахункові завдання: стехіометричні обчислення в комплексонометрії.	2
10	Тема 10. Окисно-відновне титрування. Розрахункові завдання: стехіометричні обчислення в редоксиметрії.	4
11	Виконання контрольної роботи за темами №№1-10	-
12	Тема 11. Потенціометрія. Розрахункові завдання: обчислення потенціалів виділення та е.р.с. гальванічного елемента; обчислення в прямій потенціометрії; обчислення результатів потенціометричного титрування.	4
13	Тема 12. Електрогравіметрія. Кулонометрія. Розрахункові завдання: обчислення в кулонометрії.	4
14	Тема 13. Полярографія та вольтамперометрія. Розрахункові завдання: обчислення в вольтамперометрії	4
15	Тема 14. Оптичні методи аналізу. Вступ. Основні поняття, класифікація методів.	4
16	Тема 15. Атомно-емісійний аналіз. Розрахункові завдання: обчислення в атомно-емісійній спектроскопії.	3
17	Тема 16. Атомно-абсорбційний аналіз. Розрахункові завдання: обчислення в атомно-абсорбційній спектроскопії.	4
18	Тема 17. Спектрофотометрія. Розрахункові завдання: обчислення в спектрофотометрії.	4
19	Тема 18. Інші оптичні методи аналізу. Розрахункові завдання: обчислення результатів люмінесцентного аналізу.	4
20	Тема 19. Хроматографія. Тонкошарова хроматографія. Розрахункові завдання: обчислення результатів тонкошарової хроматографії.	4
21	Тема 20. Газова хроматографія. Рідинна хроматографія. Розрахункові завдання: обчислення результатів газової хроматографії. обчислення результатів рідинної хроматографії.	4
22	Виконання контрольної роботи за темами №№ 11-20	-
23	Тема 21. Аналітичні властивості та систематичний аналіз катіонів (лабораторна робота).	4

	Оформлення лабораторного журналу: запис рівнянь хімічних реакцій для катіонів та аніонів; складання звітних карточок для теоретичної та експериментальної контрольних задач з аналізу суміші катіонів	
24	Тема 22. Гравіметричні визначення (лабораторна робота). Оформлення лабораторного журналу: запис результатів зважувань та розрахунок масової частки аналіту у пробі; статистична обробка результатів аналізу, що були отримані всіма студентами групи.	3
25	Тема 23. Кислотно-основне титрування (лабораторні роботи). Оформлення лабораторного журналу: запис результатів титрувань та розрахунок концентрації аналітів у пробі; статистична обробка результатів аналізу, що були отримані всіма студентами групи.	3
26	Тема 24. Комплексонометричне титрування (лабораторні роботи). Оформлення лабораторного журналу: запис результатів титрувань та розрахунок концентрації аналітів у пробі; статистична обробка результатів аналізу, що були отримані всіма студентами групи.	2
27	Тема 25. Окисно-відновне титрування (лабораторні роботи). Оформлення лабораторного журналу: запис результатів титрувань та розрахунок концентрації аналітів у пробі; статистична обробка результатів аналізу, що були отримані всіма студентами групи.	3
28	Тема 26. Потенціометричне титрування (лабораторні роботи). Оформлення лабораторного журналу: запис результатів грубого та точного титрувань; розрахунок концентрації кислоти у пробі; розрахунковий доказ того, яка кислота (хлороводнева або уксусна) знаходилась у пробі.	2
29	Тема 27. Пряма потенціометрія з використанням іоноселективних електродів (лабораторна робота). Оформлення лабораторного журналу: запис результатів градуювання потенціометричної комірки, розрахунок масової частки аналіту у досліджуваному зразку методом градуювального графіка.	2
30	Тема 28. Атомно-абсорбційне визначення важких металів у соках, водах та нафтопродуктах (лабораторна робота). Оформлення лабораторного журналу: запис результатів пробопідготовки з використанням ультразвуку, градуювання та результатів визначення масової концентрації важких металів у досліджуваних зразках методом градуювального графіка.	2
31	Тема 29. Фотометричне визначення іонів металів та фенолу у водах (лабораторні роботи). Оформлення лабораторного журналу: запис результатів градуювання та результатів визначення масової концентрації іонів металів та фенолу у досліджуваних зразках методом градуювального графіка.	2
32	Тема 30. Фотометричний двокомпонентний аналіз (лабораторна робота). Оформлення лабораторного журналу: запис результатів градуювання та результатів визначення вмісту перманганату та дихромату.	3
33	Тема 31. Кінетичне визначення дихромат-іонів (лабораторна робота). Оформлення лабораторного журналу: запис результатів вимірювання кінетичних залежностей, градуювання та результатів визначення вмісту дихромат-іонів у досліджуваному зразку.	3
34	Тема 32. Розділення та визначення компонентів методом тонкошарової хроматографії (лабораторна робота). Оформлення лабораторного журналу: запис результатів розрахунку основних характеристик ТШХ.	2
35	Тема 33. Виконання курсової роботи (аналіз реального об'єкту).	8
	Разом	112

## 6. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

## 7. Методи контролю

Перевірка домашніх письмових завдань та письмових контрольних робіт. захист курсової роботи. Семестровий екзамен (письмові роботи). При проведенні екзамену в дистанційній формі використовуються технічні і програмні засоби, які дозволяють забезпечити аудіо- і відео- фіксацію (ZOOM).

## 8. Схема нарахування балів (денна форма)

Поточний контроль, самостійна робота				Екзамен* (залікова робота)	Сума			
Лабораторний практикум (30 балів)								
				Домашні завдання	КР (2 шт)	Курсова робота (Т33)		
3 (Т21)	2 (Т24)	3 (Т27)	3 (Т30)	10	10	10	40	100
3 (Т22)	2 (Т25)	2 (Т28)	3 (Т31)					
2 (Т23)	2 (Т26)	3 (Т29)	2 (Т32)					

T1, T2 ... – теми розділів.

\*Екзамен вважається зданим, якщо студент набирає на екзамені не менш 10 балів.

## Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
90 — 100	відмінно
70 — 89	добре
50 — 69	задовільно
1 — 49	незадовільно

## 9. Рекомендована література

### Основна література

- Кузьма Ю., Ломницька Я., Чабан Н. Аналітична хімія. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2001 – 298 с.
- Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Фізико-хімічні методи аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2008 – 363 с.
- Зінчук В.К., Гута О.М. Хімічні методи якісного аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2006 – 151 с.
- Douglas A. Skoog, Donald M. West, F. James, Holler, Stanley R. Crouch **Fundamentals of Analytical Chemistry**, Ninth Edition, Publisher: Mary Finch, 2014. 957 p.
- Бугаєвський О.А., Дрозд А.В., Логінова Л.П., Решетняк О.О., Юрченко О.І. Теоретичні основи та способи розв'язання задач з аналітичної хімії / Харків: ХНУ, 2003. – 320 с.
- Юрченко О.І., Бугаєвський О.А., Дрозд А.В., Мельник В.В., Холін Ю.В. Аналітична хімія. Загальні положення. Рівноваги. Якісний та кількісний аналіз. Навчальний посібник / Під редакцією О.І. Юрченко. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013. – 344 с.
- Юрченко О.І., Бугаєвський О.А., Дрозд А.В., Мельник В.В., Холін Ю.В. Аналітична хімія. Загальні положення. Рівноваги. Якісний та кількісний аналіз. Навчальний посібник / Під редакцією О.А.Бугаєвського і А.В.Дрозда. Харків: ХДУ, 1999. – 140 с.

8. Бугаєвський О.А., Дрозд А.В., Науменко В.А., Юрченко О.І. Лабораторний практикум з аналітичної хімії / Під редакцією О.І. Юрченко. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013. – 344 с.
9. Л.П.Логінова, В.М.Клещевнікова, О.О.Решетняк, О.В.Харченко. Збірник задач з аналітичної хімії. Навчальний посібник / За ред. Л.П. Логінової. Харків, ХВУ, ХДУ, 1999. – 248 с.
10. Бугаєвський О.А., Решетняк О.О. Таблиці констант хімічних рівноваг, що застосовуються у аналітичній хімії / Харків: ХНУ, 2000. – 77 с.
11. Юрченко О.І., Дрозд А.В., Бугаєвський О.А. Аналітична хімія. Загальні положення. Якісний аналіз / Харків: ХНУ, 2002. — 123 с.

#### **Допоміжна література**

12. Analytical Chemistry by Robert Kellner (Editor), Matthias Otto (Editor), H. Michael Wimer (Editor) Publisher : Wiley-VCH; 1st edition (March 9, 1998), 942 pages
13. Аналітична хімія: підручник для вищих навчальних закладів А.С. Алемасова, В.М. Зайцев, Л.Я. Єнальєва, Н.Д. Щепіна, С.М. Гождзінський / під ред. В.М. Зайцева. – Донецьк: «Ноулідж», 2010. – 417 с.

#### **10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення**

1. <http://www-chemistry.univer.kharkov.ua/files/ionic%20equilibrium.pdf>
2. <http://dspace.univer.kharkov.ua/handle/123456789/10500>
3. <http://dspace.univer.kharkov.ua/handle/123456789/9678>