

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра хімічної метрології

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Проректор з науково-педагогічної  
роботи

\_\_\_\_\_ А.В. Пантелеймонов

“ ” \_\_\_\_\_ 2018 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: хімія

спеціалізація

вид дисципліни: обов'язкова

факультет: хімічний

2018 / 2019 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою хімічного факультету

“31 ” 08 2018 року, протокол №7

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Решетняк О.О., кандидат хім. наук, доцент, доцент кафедри хімічної метрології

Програму схвалено на засіданні кафедри хімічної метрології

Протокол від “30 ” 08 2017 року № 1

Завідувач кафедри хімічної метрології

\_\_\_\_\_ О.І. Юрченко  
(підпис)

Програму погоджено методичною комісією хімічного факультету

Протокол від “31” 08 2018 року № 1

Голова методичної комісії хімічного факультету

\_\_\_\_\_ П.В. Єфімов  
(підпис)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Аналітична хімія” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки рівня вищої освіти Перший бакалаврський рівень напряму 102 "Хімія"

### 1. Опис навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета викладання навчальної дисципліни:

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

#### 1.2. Основні завдання вивчення дисципліни:

навчити студентів теоретичним основам хімічного аналізу, виробити уявлення про роль та місце кожного методу вимірювання хімічного складу в системі хімічного аналізу, підготувати студентів до самостійних вимірювань хімічного складу окремих об'єктів аналізу та самостійного виконання найпростіших операцій хімічного експерименту.

#### 1.3. Кількість кредитів — 17

#### 1.4. Загальна кількість годин — 510

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
<u>Нормативна</u> / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Рік підготовки	
3-й	3-й
Семестр	
5-й, 6-й	5-й, 6-й
Лекції	
112 год.	38 год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
160 год.	44 год.
Самостійна робота	
238 год.	428 год.
Індивідуальні завдання	
год.	

#### 1.6. Заплановані результати навчання

Студенти повинні **знати**: засоби теоретичного дослідження хіміко-аналітичних процесів у гомогенних та гетерогенних системах; загальні характеристики фізико-хімічних явищ, на яких базується аналіз; умови застосування основних методів аналізу та метрологічні характеристики цих методів; метрологічні засади оптимізації аналітичної процедури та засоби теоретичного дослідження похибок аналізу.

Студенти повинні **вміти**: 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 (5-й семестр)*

#### **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.

Кислотно-основні реакції. Сучасні уявлення про кислоти та основи (теорія Льюїсу, теорія Бренстеда-Лаурі). Кислотно-основні властивості розчинника. Константа автопротолізу, іонний добуток. Протонування основ та дисоціація кислот. Ступінчаті реакції. Зв'язок між загальними та ступінчастими константами ЗДМ. Гідроксокомплекси металів. Комплексоутворення. Загальні та ступінчаті константи стійкості комплексів. Поліядерні, різнолігандні комплекси. Окисно-відновні реакції. Електродний потенціал та рівняння Нернста. Рівновага в гетерогенних системах. Розчинення осаду. Добуток розчинності. Розподіл речовини між двома рідкими фазами. Розчинення газів.

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. Графічні способи дослідження рівноважних гетерогенних систем.**

Незалежна змінна. Концентраційно-логарифмічні діаграми (КЛД) для гетерогенних систем «осад—розчин», алгоритм побудови. Побудова графічної залежності логарифма розчинності осаду від рН або від рL.

#### **Тема 4. 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. Функціонально-аналітичні групи, їх розміщення в молекулі реагенту. Селективність реагентів. Підвищення селективності аналітичних реакцій шляхом розділення та маскування компонентів.

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

виділення і селективність. Екстрагенти для розділення і виділення неорганічних компонентів. Механізми сорбції. Ізотерми сорбції:

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. Інші схеми систематичного аналізу катіонів. Систематичний аналіз аніонів, відмінності від аналізу катіонів. Візуальні тест-методи. Закріплення аналітичних реагентів на носіях. Приклади аналітичних реакцій. Застосування тест-методів в аналізі доквілля та інших галузях.

#### ***Тема 5. 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 6. 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, внутришньолабораторна 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 7. 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, причини 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 8. 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 9. Кислотно-основне титрування.***

Реагенти та індикатори. Інтервал переходу забарвлення індикатора, 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 10. 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 11. 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 взаємодіючих 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 (леткість та диспропорціонування іоду, окислення іодиду, нестабільність розчину тіосульфату) та способи їх усунення. Крохмаль як специфічний індикатор на йод. Броматометрія. Бромуюча суміш, визначення органічних сполук.

## ***Розділ 2. Лабораторні заняття (5-й семестр)***

***Тема 12. Аналітичні властивості та систематичний аналіз катіонів та аніонів.***

***Тема 13. Гравіметричні визначення.***

***Тема 14. Перевірка місткості мірного посуду.***

***Тема 15. Кислотно-основне титрування.***

***Тема 16. Комплексонометричне титрування.***

***Тема 17. Окисно-відновне титрування.***

***Тема 18. Виконання курсової роботи (аналіз реального об'єкту).***

## ***Розділ 3. Виклад теоретичного матеріалу (6-й семестр)***

***Тема 19. 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. Приклади для вимірювання е.р.с.

Градувальна характеристика потенціометрії. Градувальні 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 кислотно-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.

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

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

### ***Тема 20. 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 багатоконпонентних 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 21. 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, градуювальна 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 22. 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 23. 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 24. 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: прямочинний 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 25. 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 26. Люмінесцентні та 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.

Спектроскопія дифузного відбиття. Спектри відбиття. Функція Кубелки-Мунка, градувальна характеристика спектроскопії відбиття, застосування в аналізі.

Поляриметрія. Спектри дисперсії оптичного повертання. Прилади для поляриметричних визначень. Приклади визначення оптично-активних речовин.

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 27. Рентген-флуоресцентний метод аналізу.***

Рентгеноспектральні методи. Принцип виникнення аналітичного сигналу. Рентгенівські спектри. Квантометри. Електронний мікрозонд. Застосування рентгеноспектральних методів для експресного аналізу, контролю забруднень навколишнього середовища, дистанційного аналізу. Ядерно-фізичні і радіохімічні методи аналізу. Приклади застосувань.

### ***Тема 28. Хроматографія та електрофорез. Принцип і класифікація методів.***

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.

### ***Тема 29. Тонкошарова та паперова хроматографія***

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 30. Газова 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. Індокси 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.

### ***Тема 31. Рідинна хроматографія***

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

### ***Тема 32. Сучасні тенденції розвитку аналітичної хімії.***

Відносна вагомість та особливості окремих об'єктів аналізу (об'єкти довкілля, продукти споживання, технологічні матеріали). Аналіз за межами лабораторії, дистанційний аналіз. Безперевний аналітичний контроль. Автоматизація аналізу. Багатокомпонентний аналіз. Мультисенсорні пристрої та розпізнавання образів. Задачі розвитку методів аналітичної хімії (розвиток гібридних методів, математизація аналітичних досліджень та інш.).

## ***Розділ 4. Лабораторні заняття (6-й семестр)***

***Тема 33. Потенціометричне титрування зі скляним електродом та потенціометричне редокс-титрування.***

***Тема 34. Визначення методом прямої потенціометрії з використанням іоноселективних електродів.***

***Тема 35. Полум'яно-емісійне визначення лужних металів в мінеральних водах.***

***Тема 36. Атомно-абсорбційне визначення важких металів у соках, водах та нафтопродуктах.***

***Тема 37. Фотометричне визначення іонів металів та фенолу у водах.***

***Тема 38. Фотометричний двокомпонентний аналіз.***

***Тема 39. Кінетичне визначення дихромат-іонів.***

***Тема 40. Розділення та визначення компонентів за методом тонкошаровій хроматографії.***

***Тема 41. Розділення барвників за методом гель-електрофорезу.***

## **3. Структура навчальної дисципліни**

Назви розділів і тем	Кількість годин	
	денна форма	заочна форма

	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с.р.		л	п	лаб.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Розділ 1. Виклад теоретичного матеріалу (5-й сем.)</b>												
Тема 1. Вступ.	1	1										
Тема 2. Хімічна рівновага. Закон діючих мас. Найпростіші розрахунки на основі ЗДМ.	15	11				4	17	3				14
Тема 3. Графічні способи дослідження рівноважних гетерогенних систем	6	2				4	13	3				10
Тема 4. Якісний аналіз	8	4				4	13	3				10
Тема 5. Буферні розчини	6	2				4	3	1				2
Тема 6. Основи статистичної обробки результатів вимірювань.	9	5				4	12	2				10
Тема 7. Гравіметрія.	13	9				4	17	3				14
Тема 8. Титриметрія, принцип методу, основні поняття.	6	2				4	1					1
Тема 9. Кислотно-основне титрування	14	10				4	18	3				15
Тема 10. Комплексонометричне титрування	13	9				4	18	3				15
Тема 11. Окисно-відновне титрування	13	9				4	18	3				15
Разом за розділом 1	104	64				40	130	24				106
<b>Розділ 2. Лабораторні заняття (5-й сем.)</b>												
Тема 12. Аналітичні властивості та систематичний аналіз катіонів та аніонів	33			25		8	25			4		21
Тема 13. Гравіметричні визначення	16			10		6	26			6		20
Тема 14. Перевірка місткості мірного посуду	18			10		8	13			3		10
Тема 15. Кислотно-	16			10		6	24			4		20

основне титрування.												
Тема 16. Комплексно-нометричне титрування	11			5		6	13			3		10
Тема 17. Окисно-відновне титрування	16			10		6	24			4		20
Тема 18. Виконання курсової роботи (аналіз реального об'єкту).	41			10			31					
Разом за розділом 2	151			80		71	125			24		101
<b>Разом за розділами 1 та 2</b>	255	64		80		111	255	24		24		207
<b>Розділ 3. Виклад теоретичного матеріалу (6-й сем.)</b>												
Тема 19. Потенціометрія	15	7				8	23	3				20
Тема 20. Електрогравіметрія. Кулонометрія	8	4				4	11	1				10
Тема 21. Полярографія та вольтамперометрія	11	3				8	11	1				10
Тема 22. Оптичні методи аналізу. Вступ.	4	2				2	6	1				5
Тема 23. Атомно-емісійний аналіз	7	3				4	11	1				10
Тема 24. Атомно-абсорбційний аналіз	7	3				4	17	2				15
Тема 25. Спектрофотометрія	16	8				8	23	3				20
Тема 26. Люмінесцентні методи аналізу	5	3				2	5					5
Тема 27. Рентген-флуоресцентний метод аналізу	4	2				2	5					5
Тема 28. Хроматографія та електрофорез. Вступ.	7	3				4	1	1				
Тема 29. Тонкошарова хроматографія	5	3				2	10					10
Тема 30. Газова хроматографія	7	3				4	10					10
Тема 31. Рідинна хроматографія	6	2				4	10					10
Тема 32. Сучасні тенденції розвитку	6	2				4	6	1				5

аналітичної хімії											
Разом за розділом 3	108	48				60	149	14			135
<b>Розділ 4. Лабораторні заняття (6-й сем.)</b>											
Тема 33. Потенціометричне титрування	22			15		7	14			4	10
Тема 34. Пряма потенціометрія з використанням іоноселективних електродів	23			15		8	27			4	23
Тема 35. Полум'яно-емісійне визначення лужних металів в мінеральних водах	12			5		7	15				15
Тема 36. Атомно-абсорбційне визначення важких металів у соках, водах та нафтопродуктах.	18			10		8	14			4	10
Тема 37. Фотометричне визначення іонів металів та фенолу у водах	16			10		6	14			4	10
Тема 38. Фотометричний двокомпонентний аналіз	18			10		8	13			4	9
Тема 39. Кінетичне визначення дихромат-іонів	13			5		8					
Тема 40. Розділення та визначення компонентів методом тонкошаровій хроматографії	13			5		8	9				9
Тема 41. Розділення барвників за методом гелі-електро-форезу.	12			5		7					
Разом за розділом 4	147			80		67	106			20	86
<b>Разом за розділами 3 та 4</b>	255	48		80		127	255	14		20	221
<b>Усього годин</b>	510	112		160		238	510	38		44	428

#### 4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
-------	------------	-----------------

		денна форма	заочна форма
1	Аналітичні властивості та систематичний аналіз катіонів	20	4
2	Аналітичні властивості аніонів	5	-
3	Гравіметричні визначення	10	6
4	Повірка місткості мірного посуду	10	3
5	Кислотно-основне титрування.	10	4
6	Комплексонометричне титрування	5	3
7	Окисно-відновне титрування	10	4
8	Виконання курсової роботи (аналіз реального об'єкту).	10	-
9	Потенціометричне титрування	15	4
10	Пряма потенціометрія з використанням іоноселективних електродів	15	4
11	Полум'яно-емісійне визначення лужних металів в мінеральних водах	5	-
12	Атомно-абсорбційне визначення важких металів у соках, водах та нафтопродуктах	10	4
13	Фотометричне визначення іонів металів та фенолу у водах	10	4
14	Фотометричний двокомпонентний аналіз	10	4
15	Кінетичне визначення дихромат-іонів	5	-
16	Розділення та визначення компонентів методом тонкошаровій хроматографії	5	-
17	Розділення барвників за методом гель-електрофорезу.	5	
	Разом	160	44

### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
5-й семестр			
1	Тема 1. Вступ.	-	-
2	Тема 2. Хімічна рівновага. Закон дії мас. Розрахункові завдання: обчислення констант хімічної рівноваги для лінійної комбінації рівнянь реакцій; визначення черговості випадання осадів; складання системи рівнянь балансу компонентів.	4	14
3	Тема 3. Графічні способи дослідження рівноважних гетерогенних і гомогенних систем. Розрахункові завдання: побудова діаграм областей переважання окремих хімічних форм в гомогенних системах; побудова концентраційно-логарифмічних діаграм (КЛД) для гетерогенних і гомогенних систем	4	10
4	Тема 4. Якісний аналіз. Аналітичні властивості та систематичний аналіз катіонів та аніонів.	4	10
5	Тема 5. Буферні розчини. Розрахункові завдання: обчислення рН у розчинах кислот, основ та у буферних розчинах; приготування буферних розчинів із заданим значенням рН.	4	2

6	Тема 6. Розрахункові завдання: статистична обробка результатів вимірювань, перевірка статистичних гіпотез:	4	10
7	Тема 7. 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	14
8	Тема 8. Титриметрія, принцип методу, основні поняття..	4	1
9	Тема 9. Кислотно-основне титрування. Розрахункові завдання: стехіометричні обчислення в кислотно-основному титруванні; оцінка буферної ємності розчину. Застосування КЛД для вибору індикатора та оцінки похибки кислотно-основного титрування.	4	15
10	Тема 10. Комплексонометричне титрування. Розрахункові завдання: стехіометричні обчислення в комплексонометрії; обчислення умовної константи стійкості комплексних сполук при заданому значенні рН; оцінка методичної похибки комплексонометричних визначень	4	15
11	Тема 11. Окисно-відновне титрування. Розрахункові завдання: стехіометричні обчислення в редоксиметрії; обчислення та графічне представлення зміни окисного потенціалу системи у процесі окисно-відновного титрування.	4	15
12	Тема 12. Аналітичні властивості та систематичний аналіз катіонів та аніонів (лабораторна робота). Оформлення лабораторного журналу: запис рівнянь хімічних реакцій для катіонів та аніонів; складання звітних карточок для теоретичної та експериментальної контрольних задач з аналізу суміші катіонів	8	21
13	Тема 13. 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.	6	20
14	Тема 14.. Перевірка місткості мірного посуду (лабораторна робота). Оформлення лабораторного журналу: обчислення поправок до місткості мірного посуду.	8	10
15	Тема 15. 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.	6	20
16	Тема 16. 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.	6	10
17	Тема 17. Окисно-відновне титрування (лабораторні роботи).		20



	Оформлення лабораторного журналу: запис результатів титрувань та розрахунок концентрації аналітів у пробі; статистична обробка результатів аналізу, що були отримані всіма студентами групи.	6	
18	Тема 18. Виконання курсової роботи (аналіз реального об'єкту).	31	-
6-й семестр			
19	Тема 19. Потенціометрія. Розрахункові завдання: обчислення потенціалів виділення та е.р.с. гальванічного елемента; обчислення в прямій потенціометрії; обчислення результатів потенціометричного титрування.	8	20
20	Тема 20. Електрогравіметрія. Кулонометрія. Розрахункові завдання: обчислення в кулонометрії.	4	10
21	Тема 21. Полярографія та вольтамперометрія. Розрахункові завдання: обчислення в вольтамперометрії	8	10
22	Тема 22. Оптичні методи аналізу. Вступ. Основні поняття, класифікація методів.	2	5
23	Тема 23. Атомно-емісійний аналіз. Розрахункові завдання: обчислення в атомно-емісійній спектроскопії.	4	10
24	Тема 24. Атомно-абсорбційний аналіз. Розрахункові завдання: обчислення в атомно-абсорбційній спектроскопії.	4	15
25	Тема 25. Спектрофотометрія. Розрахункові завдання: обчислення в спектрофотометрії.	8	20
26	Тема 26. Люмінесцентні методи аналізу. Розрахункові завдання: обчислення результатів люмінесцентного аналізу.	2	5
27	Тема 27. Рентген-флуоресцентний метод аналізу. Розрахункові завдання: обчислення результатів рентген-флуоресцентного аналізу.	2	5
28	Тема 28. Хроматографія та електрофорез. Вступ.	4	-
29	Тема 29. Тонкошарова хроматографія. Розрахункові завдання: обчислення результатів тонкошарової хроматографії.	2	10
30	Тема 30. Газова хроматографія. Розрахункові завдання: обчислення результатів газової хроматографії.	4	10
31	Тема 31. Рідинна хроматографія. Розрахункові завдання: обчислення результатів рідинної хроматографії.	4	10
32	Тема 32. Сучасні тенденції розвитку аналітичної хімії.	4	5
33	Тема 33. 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; розрахунок масової частки заліза у досліджуваному зразку.	7	10
34	Тема 34. Пряма потенціометрія з використанням іоноселективних електродів (лабораторна робота). Оформлення лабораторного журналу: запис результатів градування потенціометричної комірки, розрахунок масової	8	23

	частки аналіту у досліджуваному зразку методом градуювального графіка.		
35	Тема 35. Полум'яно-емісійне визначення лужних металів в мінеральних водах (лабораторна робота). Оформлення лабораторного журналу: запис результатів градуювання та результатів визначення масової концентрації $\text{Na}^+$ і $\text{K}^+$ в мінеральних водах методом градуювального графіка.	7	15
36	Тема 36. 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.	8	10
37	Тема 37. 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.	6	10
38	Тема 38. Фотометричний двокомпонентний аналіз (лабораторна робота). Оформлення лабораторного журналу: запис результатів градуювання та результатів визначення вмісту перманганату та дихромату, $\text{Ni(II)}$ і $\text{Co(II)}$ при їх сумісній присутності у досліджуваних зразках.	8	9
39	Тема 39. Кінетичне визначення дихромат-іонів (лабораторна робота). Оформлення лабораторного журналу: запис результатів вимірювання кінетичних залежностей, градуювання та результатів визначення вмісту дихромат-іонів у досліджуваному зразку.	8	-
40	Тема 40. Розділення та визначення компонентів методом тонкошаровій хроматографії (лабораторна робота). Оформлення лабораторного журналу: запис результатів розрахунку основних характеристик ТШХ.	8	9
41	Тема 41. Розділення барвників за методом гель-електрофорезу (лабораторна робота). Оформлення лабораторного журналу: запис результатів розрахунку основних характеристик розділення барвників	7	-
	Разом	238	428

### 6. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

### 7. Методи контролю

Перевірка домашніх письмових завдань та письмових контрольних робіт. Захист курсової роботи. Семестрові екзамени (письмові роботи).

### 8. Схема нарахування балів (денна форма)

5-й семестр		
Поточний контроль, самостійна робота	Екзамен*	Сума

Розділ 1			Розділ 2			Контрольні роботи, передбачені навчальним планом	Разом (три блоки)	Курсова робота (Т18)	(залікова робота)	
T2	T3	T5	T12	T13	7,5	15,5	10	40	100	
2	1	0,5	7,5	3,5						
T6		T7	T14			7,5	11,5			
0,5		2	2							
T9	T10	T11	T15	T16	T17	23				
2,5	1,5	1	3	3	5					
<b>6-й семестр</b>										
Розділ 3			Розділ 4			Контрольні роботи, передбачені навчальним планом	Разом (три блоки)	Екзамен (залікова робота)	Сума	
T19	T20	T21	T33	T34	12	21.0	40	100		
1	0,5	0,5	7,5	2,5						
T23	T24	T25	T35	T36	12	27.0				
0,5	0,5	0,5	2,5	2,5						
T26		T27	T37	T38	12	12				
0,5		0,5	5	5,5						
T29	T30	T31	T40	T41						
0,5	0,5	0,5	2,5	2						

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

- Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 кн. – 6-е изд., стереотип.  
Кн. 1: Титриметрические и гравиметрические методы анализа. – М.: Дрофа, 2007. – 368 с. Кн. 2: Физико-химические методы анализа. – М.: Дрофа, 2007. – 383 с.

2. Основы аналитической химии. В 2 кн. / Под ред. Ю.А. Золотова. – 3-е изд., перераб. и доп. Кн. 1: Общие вопросы. Методы разделения. – М.: Высш. шк., 2004. – 361 с. Кн. 2: Методы химического анализа. – М.: Высш. шк., 2004. – 503 с.
3. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. В 2 т. - М.: Мир, 1979. Т. 1. – 480 с. Т. 2. – 440 с.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Бугаєвський О.А., Решетняк О.О. Таблиці констант хімічних рівноваг, що застосовуються у аналітичній хімії / Харків: ХНУ, 2000. – 77 с.
10. Юрченко О.І., Дрозд А.В., Бугаєвський О.А. Аналітична хімія. Загальні положення. Якісний аналіз / Харків: ХНУ, 2002. — 123 с.
11. Бугаевский А.А., Логинова Л.П., Миндрин В.Ф. и др. Методические указания к проведению лабораторных работ по теме «Аналитические реакции катионов» / Харьков: ХГУ, 1986. – 39 с.
12. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – М.: Химия, 1972.

#### Допоміжна література

13. Аналитическая химия. Проблемы и подходы. В 2 т. : Пер. с англ. / Под ред. Р. Кельнера, Ж.-М. Мерме, М. Отто, М. Видмера. – М.: «Мир»: ООО «Издательство АСТ», 2004.- (Лучший зарубежный учебник). Т.1. – 608 с. Т. 2. – 728 с.
14. Отто М. Современные методы аналитической химии. В 2 т. Пер. с нем. – М.: «Техносфера», 2004. Т.1. – 328 с. Т. 2. – 281 с.
15. Аналітична хімія: підручник для вищих навчальних закладів / під ред. В.М. Зайцева. – Донецьк: «Ноулідж», 2010. – 417 с.
16. Юинг Г. Инструментальные методы химического анализа. –М.: Мир, 1989.
17. Петерс Д., Хайес Д., Хифтье Т. Химическое разделение и измерение. Теория и практика аналитической химии. –М.: Химия, 1978.

#### 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>