

Державний вищий навчальний заклад  
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»  
Кафедра хімії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”  
Проректор \_\_\_\_\_ Шарин С.В.  
“ ” \_\_\_\_\_ 2018 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Фізико-хімічні методи аналізу

(шифр і назва навчальної дисципліни)

спеціальність \_\_\_\_\_ 102 - Хімія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва спеціальності)  
спеціалізація \_\_\_\_\_  
(назва спеціалізації)  
інститут, факультет \_\_\_\_\_ Факультет природничих наук \_\_\_\_\_  
(назва інституту, факультету)

Робоча програма навчальної дисципліни «**Фізико-хімічні методи аналізу**» для студентів спеціальності 102 Хімія. «29» серпня 2018 р. – 24 с.

Розробник:

Хацевич Ольга Мирославівна, к.т.н., доцент кафедри хімії;

Федорченко Софія Володимирівна, к.т.н., доцент кафедри хімії.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри хімії факультету природничих наук

Протокол від “29” серпня 2018 р. № 1

Завідувач кафедри теоретичної та прикладної хімії

\_\_\_\_\_ (Миронюк І.Ф.)  
(підпис)

“ 29 ” серпня \_\_\_\_\_ 2018 р.

Схвалено науково-методичною радою факультету природничих наук  
Протокол від “17” жовтня 2018 р № 1

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018 р.

Голова \_\_\_\_\_ (Атаманюк Я.Д.)  
(підпис)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 9	Галузь знань <i>10 «Природничі науки»</i>	<i>Нормативна</i>	
Модулів – 2	Спеціальність (професійне спрямування): <i>102 Хімія</i>	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 3		II	II
Індивідуальне науково-дослідне завдання Не передбачено		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин – <b>270</b>		IV	IV
		<b>Лекції</b>	
Тижневих годин для денної форми навчання:  аудиторних – 6 самостійної роботи студента – 12	Освітньо-кваліфікаційний рівень <i>бакалавр</i>	30 год.	
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		12 год.	-
		<b>Лабораторні</b>	
		48 год	
		<b>Самостійна робота</b>	
		180 год	
		<b>Індивідуальні завдання:</b> не передбачено	
		Вид контролю: попередній, поточний, підсумковий контроль <b>(екзамен)</b>	

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

для денної форми навчання – 33,3 % : 66,7 %.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета дисципліни:** формування системи знань з основ фізико-хімічних методів аналізу, вміння провести раціональний вибір способу вирішення конкретної аналітичної задачі, набуття навичок правильного і точного виконання аналітичних операцій для застосування їх у наступній професійній діяльності.

**Завдання дисципліни:** поглиблено вивчити теоретичні основи фізичних методів, специфічні прийоми фізико-хімічного аналізу для комплексного їх використання під час аналізу неорганічних та органічних речовин різних класів, які реально використовуються в найрізноманітніших сферах діяльності людей, сформувані практичні навички для планування і проведення аналітичних вимірювань.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- природу і сутність явищ, закономірності перебігу хімічних процесів у фізико-хімічних системах;
- основні теоретичні положення, що лежать в основі фізико-хімічних (спектроскопічних, хроматографічних, електрохімічних) методів ідентифікації і визначення речовин;
- специфічність аналітичного сигналу і особливості його вимірювання у фізико-хімічних методах аналізу;
- можливості фізико-хімічних методів аналізу щодо розв'язування конкретних аналітичних задач;
- основні положення, що лежать в основі вибору методу аналізу і схеми аналізу;
- правила пробовідбору і пробопідготовки хімічних об'єктів;
- основні вузли обладнання, що використовується у фізико-хімічних методах аналізу;
- методи розрахунків у кількісному фізико-хімічному аналізі;
- основні положення розрахунку похибок на всіх стадіях виконання інструментального аналізу та результатів аналізу з урахуванням метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки;
- правила техніки безпеки при роботі в хімічній лабораторії з шкідливими речовинами, токсичними металами, неметалами та їх сполуками, органічними розчинниками, газами, електричними приладами.

**вміти:**

- використовувати загально-навчальні і спеціальні уміння та навички для застосування хімічних законів і процесів;
- теоретично розв'язувати пряму та зворотну аналітичну задачу;
- працювати на різних аналітичних установках і приладах, що використовуються у фізико-хімічних методах аналізу;

– користуючись стандартними методиками, самостійно виконувати в лабораторних умовах елементний (якісний та кількісний) аналіз на основі вимірювання величини аналітичного сигналу деяких промислових і природних об'єктів;

– обґрунтовувати оптимальний вибір методу, схеми аналізу, умов реєстрації аналітичного сигналу на основі теоретичних положень інструментальних методів аналізу з урахуванням можливостей і оснащення навчальних хімічних лабораторій;

– проводити аналіз та обробку результатів експериментів з урахуванням похибки використаних методик аналізу на всіх стадіях проведення вимірювань;

– оформляти результати аналізу, грамотно інтерпретувати одержані результати.

Для кращого засвоєння навчальної дисципліни на заняттях рекомендується використовувати лабораторний експеримент, сучасні навчально-контролюючі комп'ютерні технології, навчальний і контролюючий дидактичний матеріал. Посилення практичної спрямованості навчального процесу вимагає підвищення уваги до формування експериментально-практичних умінь і навичок, широкого використання хімічного експерименту, надавати значення якості його проведення.

У робочій програмі визначений перелік лекційних і лабораторних занять, що виконуються студентами під керівництвом викладача в процесі навчання, перелік завдань для самостійної роботи і поточного контролю знань та умінь студентів.

## Результати навчання (компетентності)

### Загальні компетентності (ЗК):

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК3. Здатність працювати у команді.

ЗК5. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК7. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК10. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

### Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК):

СК2. Здатність розпізнавати і аналізувати проблеми, застосовувати обґрунтовані методи вирішення проблем, приймати обґрунтовані рішення в області хімії.

СК3. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт виходячи із вимог хімічної метрології та професійних стандартів в галузі хімії.

СК5. Здатність здійснювати сучасні методи аналізу даних.

СК7. Здатність здійснювати типові хімічні лабораторні дослідження.

СК8. Здатність здійснювати кількісні вимірювання фізико-хімічних величин, описувати, аналізувати і критично оцінювати експериментальні дані.

СК9. Здатність використовувати стандартне хімічне обладнання.

### Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН1. Вміти застосувати сучасні закони хімії для створення нових прогресивних технологій.

ПРН2. Отримати навички самостійної роботи з хімічними речовинами і матеріалами, з урахуванням їхніх фізичних і хімічних властивостей, включаючи поводження з небезпечними речовинами.

ПРН8. Вміти визначати хімічні, фізико-хімічні, фізичні, механічні та структурні властивості сполук.

ПРН10. Вимірювати фізико-хімічні параметри хімічних процесів і операцій.

ПРН11. Виконувати стандартні лабораторні процедури, використовувати обладнання при синтезі і аналізі органічних і неорганічних сполук і матеріалів.

ПРН12. Уміти працювати з числовими даними і проводити розрахунки, оцінювати похибки, здійснювати оцінювання за порядком величин, правильно використовувати одиниці вимірювання.

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### МОДУЛЬ 1

##### Змістовий модуль 1.

##### Методи молекулярної спектроскопії та інші спектроскопічні методи.

##### Тема 1. Загальна характеристика фізико-хімічних методів аналізу (ФХМА).

Загальні відомості про фізичні та хімічні методи аналізу речовини та їх фізичні основи. Різноманітність форм зовнішніх впливів на речовину та її реакція на ці впливи, як основа фізико-хімічних методів дослідження речовини. Перелік фізико-хімічних методів аналізу, їх коротка характеристика та загальні принципи техніки експерименту. Методи, що засновані на взаємодії електромагнітних хвиль оптичного діапазону (від ультрафіолетової до далекої інфрачервоної області) з речовиною та їх фізичні основи. Енергетичні рівні молекули, формула Планка. Адіабатичне наближення Борна-Оппенгеймера. Обертальні, коливально-обертальні та електронно-коливально-обертальні енергетичні рівні молекули, переходи між ними. Правила відбору. Інтенсивність випромінювання або поглинання електромагнітних хвиль речовиною. Спектр поглинання. Лінійчастий, смугастий, суцільний спектри поглинання, їх зв'язок з агрегатним станом речовини та коротка характеристика.

**Лекція 1.** Основні поняття аналітичної хімії. Принципи класифікації аналітичних методів. Загальна характеристика фізико-хімічних методів аналізу (ФХМА). Класифікація фізико-хімічних методів аналізу. Методичні прийоми аналітичних вимірів у ФХМА. Загальна схема проведення аналізу в прямих методах виміру. Основні методи розрахунку концентрацій у фізико-хімічних визначеннях. Абсолютні та відносні методи аналізів.

##### Тема 2. Основи спектроскопії. Молекулярна спектроскопія.

**Лекція 2.** Молекулярна абсорбційна спектроскопія (МАС), аналітичний сигнал. Класифікація методів молекулярної спектроскопії. Класифікація абсорбційних методів. Механізм поглинання ЕВ молекулами. Вплив складу молекул на поглинання ЕВ. Якісний аналіз за спектрами поглинання.

**Лекція 3.** Основні поняття фотометрії. Виведення основного закону світлопоглинання. Відхилення від основного закону світлопоглинання. Закон адитивності світлопоглинання. Фотометричні реакції. Вимоги до реакцій, що застосовуються у фотометрії та утворених забарвлених сполук. Практика фотометрії. Вибір оптимальних умов утворення забарвлених сполук. Вибір оптимальних умов фотометрування. Методи визначення концентрації у фотометрії. Фотоелектроколориметричне титрування. Прилади абсорбційної спектроскопії. Блок-схеми приладів для вимірювання поглинання та принцип дії основних вузлів схеми. Переваги та недоліки фотометричних методів.

### **Тема 3. Різновиди спектроскопічних методів аналізу.**

**Інфрачервона (коливальна) спектроскопія (ІЧ).** Особливості поглинання електромагнітних хвиль речовиною в ІЧ-діапазоні. Типи коливань в багатоатомних молекулах та характеристичні частоти коливань зв'язків визначених функціональних груп. Область "відбитків пальців" інфрачервоного спектру. Особливості техніки експерименту в ІЧ-діапазоні. Спектроскопія комбінаційного розсіювання світла (КРС-спектроскопія).

**Спектроскопія ядерного магнітного резонансу (ЯМР).** Фізичні основи методу: магнітний момент та магнітне квантове число ядра, ефект Зеемана, ларморова частота та умова резонансного поглинання зовнішнього радіочастотного електромагнітного поля ядрами, релаксаційні процеси в ядерній системі, спин-гратова та спин-спінова релаксація. Сигнал та спектр ЯМР. Екранування ядер, константа екранування, хімічний зсув ЯМР-сигналу, дельта-шкала. Приклади ЯМР- спектрів та їх аналіз.

**Мас-спектроскопія.** Фізичні основи та суть методу. Методи іонізації молекул: іонізація та руйнування молекул електронним ударом, основні напрямки фрагментації молекулярного іону, "м'яка" іонізація - фотоіонізація, іонізація електричним полем, хімічна іонізація. Взаємодія заряджених часток з електричними та магнітними полями, сила Лоренца. Техніка експерименту у мас-спектроскопії. Приклади мас-спектрів та принципи їх аналізу.

**Рентгеноструктурний та рентгеноспектральний аналіз.** Джерело рентгенівського випромінювання - рентгенівська трубка, її характеристики та конструкція. Потік рентгенівського випромінювання та його залежність від довжини хвилі. Суцільний та лінійчатий спектри рентгенівського випромінювання (гальмівне та характеристичне випромінювання). Рентгенівські енергетичні рівні атома та переходи між ними. Закон Мозлі - основа якісного спектрального аналізу. Спектр поглинання рентгенівського випромінювання речовиною. Рівняння Вульфа-Брега. Техніка експерименту (блок-схема) у рентгенівському діапазоні. Приклади рентгенівських спектрів та їх якісний аналіз.

**Люмінесцентний аналіз речовини.** Види люмінесценції. Квантові механізми люмінесценції. Фотолюмінесценція. Закон Стокса. Квантовий і енергетичний виходи люмінесценції. Люмінесцентний аналіз речовини. Хемілюмінесценція і біоломінесценція.

**Мікроскопічний аналіз.** Оптична схема та принцип дії мікроскопа. Одержання зображення об'єкта в мікроскопі. Формула збільшення мікроскопа. Роздільна здатність мікроскопа та шляхи її підвищення. Корисне збільшення мікроскопа. Методи оптичної мікроскопії та області їх застосування. Методи світлого і темного поля. Метод фазового контрасту. Ультрафіолетова та інфрачервона мікроскопія. Люмінесцентна мікроскопія. Поляризаційна мікроскопія. Ультрамікроскопія. Використання мікроскопічного аналізу для проведення конкретних досліджень в фармації. Хвилі де Бройля. Будова та особливості роботи з електронним мікроскопом. Види (типи) електронних



мікроскопів: растровий, тунельний, дзеркальний, емісійний, відбиваючий. Використання електронної мікроскопії в фармації.

#### **Тема 4. Рефрактометричний метод аналізу.**

**Лекція 4.** Суть рефрактометричного методу аналізу. Рефракція. Показник заломлення і його залежність від різних факторів. Дисперсія речовини і молекулярна рефракція. Вимірювання показника заломлення. Граничні кути заломлення і повного внутрішнього відбивання. Дисперсія речовини і молекулярна рефракція. формула Лоренц-Лоренца. Визначення електронної поляризованості та ефективного радіусу молекул методом рефрактометрії. Апаратура для рефрактометричних вимірів. Застосування рефрактометричних вимірювань.

### **Змістовий модуль 2. Методи розділення і концентрування**

#### **Тема 5. Класифікація методів концентрування та розділення. Хроматографічні методи аналізу. Основні поняття.**

**Лекція 5.** Загальні кількісні характеристики методів концентрування та взаємозв'язок між ними. Способи концентрування, переваги та недоліки кожного з підходів. Суть і особливості хроматографічних методів аналізу. Класифікація хроматографічних методів аналізу.

**Лекція 6.** Сорбція та розподіл молекул між фазами. Сили міжмолекулярної взаємодії. Адсорбція. Ізотерма адсорбції. Абсорбція. Хроматограма та її характеристики. Основні положення теорії хроматографічного аналізу. Завдання теорій хроматографічного розділення. Варіанти хроматографічного процесу. Селективність розділення. Ефективність хроматографічного розділення. Теорія еквівалентних тарілок. Критерій розділення. Дифузійна (кінетична) теорія.

#### **Тема 6. Характеристика найпоширеніших хроматографічних методів.**

**Лекція 7.** Йонообмінна хроматографія. Іонний обмін як принцип розділення. Класифікація та будова іонообмінних сорбентів. Іонообмінні смоли. Основні властивості іонітів. Константа йонного обміну. Вибір систем елюювання. Підготовка іонообмінних смол. Застосування іонообмінної хроматографії.

**Лекція 8.** Газова хроматографія. Фізико-хімічні основи методу. Вплив різних факторів на газохроматографічне розділення суміші речовин. Рухома фаза у газовій хроматографії. Особливості газоадсорбційної хроматографії. Адсорбенти. Блок-схема газового хроматографа. Класифікація детекторів за універсальністю, за способом вимірювання. Основні характеристики детектора. Особливості газорідної хроматографії (самопідготовка).

## **Змістовий модуль 3. Електрохімічний аналіз**

### **Тема 7. Класифікація електрохімічних методів аналізу. Потенціометричні методи аналізу.**

**Лекція 9.** Роль електрохімічних методів в аналітичній хімії, їх місце серед інших фізико-хімічних методів аналізу, переваги й обмеження. Електрод. Електродний потенціал: виникнення і вимірювання. Електрохімічна комірка. Рівняння Нернста. Стандартний і реальний (формальний) потенціал. Види потенціометрії. Пряма потенціометрія (іонометрія). Залежність потенціалу електрода від активності іонів у розчині. Потенціометричне титрування. Прилади потенціометрії.

**Лекція 10.** Класифікація електродів за різними ознаками. Загальні вимоги до електродів. Індикаторні електроди. Електроди порівняння. Теорія скляного електрода К.П. Нікольського.

### **Тема 8. Кондуктометрія.**

**Лекція 11.** Основні положення теорії електропровідності. Електропровідність розчинів електролітів. Швидкість руху і рухливість іонів. Вільна енергія, активність і коефіцієнт активності електроліту. Кондуктометрія. Вимірювання електропровідності. Апаратурне оформлення методу. Прямий кондуктометричний аналіз. Кондуктометричне титрування.

### **Тема 9. Кулонометрія, вольтамперометрія.**

**Лекція 12.** Основні положення кулонометричного аналізу. Закони електролізу. Закони Фарадея. Вихід за струмом при електродних реакціях. Способи вимірювання кількості електрики. Класифікація методів кулонометрії. Пряма кулонометрія. Кулонометрія з контрольованим потенціалом. Кулонометричне титрування при постійній величині струму електролізу. Кулонометричне титрування.

## МОДУЛЬ 2

### Програма лабораторного практикуму

**Тема 1.** Фотоколориметричне визначення  $\text{Cu}^{2+}$  в розчині купрум сульфату методом калібрувального графіку.

**Тема 2.** Фотоколориметричне визначення  $\text{Fe}^{3+}$  методом добавок.

**Тема 3.** Турбідиметричне визначення сульфат-йонів у природних водах.

**Тема 4.** Екстракційно-рефрактометричне визначення нафтопродуктів у воді.

**Тема 5.** Ідентифікація амінокислот методом тонкошарової хроматографії.

**Тема 6.** Визначення вмісту натрій хлориду у вершковому маслі методом іонообмінної хроматографії з катіонітом.

**Тема 7.** Вимірювання рН водних розчинів методом іонометрії.

**Тема 8.** Визначення рН і лужності природної води методом потенціометричного титрування.

### Програма практичних занять

**Тема 1.** Спектрофотометрія та фотокалориметрія.

**Тема 2.** Рефрактометрія.

**Тема 3.** Хроматографічні методи аналізу. Методи концентрування.

**Тема 4.** Потенціометричні методи аналізу.

**Тема 5.** Кондуктометрія.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
<b>Модуль 1</b>						
<b>Змістовий модуль 1. Методи молекулярної спектроскопії та інші спектроскопічні методи</b>						
Тема 1.	17	2				15
Тема 2.	24	4				20
Тема 3.	22	2				20
Тема 4.	17	2				15
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>80</b>	<b>10</b>				<b>70</b>
<b>Змістовий модуль 2. Методи розділення та концентрування</b>						
Тема 5.	19	4				15
Тема 6.	19	4				15
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>38</b>	<b>8</b>				<b>30</b>
<b>Змістовий модуль 3. Електрохімічний аналіз</b>						
Тема 7.	34	4				30
Тема 8	34	4				30
Тема 9.	24	4				20
<b>Разом за змістовим модулем 3</b>	<b>92</b>	<b>12</b>				<b>80</b>
<b>Усього годин</b>	<b>210</b>	<b>30</b>				<b>180</b>
<b>Модуль 2 (лабораторний практикум)</b>						
<b>Змістовий модуль 1.</b>						
Тема 1.	6		2	4		
Тема 2	6		2	4		
Тема 3	4			4		
Тема 4	6		2	4		
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>22</b>		<b>6</b>	<b>16</b>		

1	2	3	4	5	6	7
<b>Змістовий модуль 2.</b>						
Тема 5	6		2	4		
Тема 6	4			4		
Разом за змістовим модулем 2	10		2	8		
<b>Змістовий модуль 3.</b>						
Тема 7	4		2	2		
Тема 8	2		2			
Тема 9						
Разом за змістовим модулем 3	8		4	4		
<b>Усього годин</b>	60		12	48		
<b>Разом</b>	270	30	12	48		180

### 5. Теми семінарських занять

Денна форма навчання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачені	

### 6. Теми практичних занять

Денна форма навчання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	<b>Тема 1.</b> Спектрофотометрія та фотокалориметрія.	4
2.	<b>Тема 2.</b> Рефрактометрія.	2
3.	<b>Тема 3.</b> Хроматографічні методи аналізу. Методи концентрування.	2
4.	<b>Тема 4.</b> Потенціометричні методи аналізу.	2
5.	<b>Тема 5.</b> Кондуктометрія.	2
<b>Всього</b>		<b>12</b>

## 7. Теми лабораторних занять

Денна форма навчання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Фотоколориметричне визначення $\text{Cu}^{2+}$ в розчині купрум сульфату методом калібрувального графіку	8
2.	Фотоколориметричне визначення $\text{Fe}^{3+}$ методом добавок	4
3.	Турбідиметричне визначення сульфат-йонів у природних водах	4
4.	Екстракційно-рефрактометричне визначення нафтопродуктів у воді	8
5.	Ідентифікація амінокислот методом тонкошарової хроматографії	8
6.	Визначення вмісту натрій хлориду у вершковому маслі методом іонообмінної хроматографії з катіонітом	4
7.	Вимірювання рН водних розчинів методом іонометрії	4
8.	Визначення рН і лужності природної води методом потенціометричного титрування	4
<b>Усього годин</b>		<b>44</b>

## 8. Самостійна робота

Денна форма навчання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Сучасний стан і тенденції розвитку аналітичної хімії: інструменталізація, автоматизація, математизація, мініатюризація, збільшення частки фізичних методів, перехід до багатокомпонентного аналізу, створення сенсорів і тест-методів. Види аналітичних сигналів у фізико-хімічних методах аналізу. Властивості аналітичних сигналів.	15
2.	Природа, характеристики і діапазони електромагнітного випромінювання. Взаємодія електромагнітного випромінювання з речовиною. Види спектрів. Класифікація спектроскопічних методів аналізу. Визначення і роль оптичних спектроскопічних методів аналізу. Будова молекул і походження молекулярних спектрів. Будова молекули. Повна енергія молекули. Походження молекулярного спектру. Характеристика переходів між енергетичними рівнями і видів молекулярних спектрів. Електронні спектри. Типи переходів електронів у молекулі.	15
3.	Візуальні фотометричні методи (метод стандартних серій, метод розбавлення, колориметричне титрування, тест-	20

	методи аналізу). Метод диференційної спектрофотометрії. Інфрачервона спектроскопія. Нефелометрія і турбідиметрія. Люмінесцентний аналіз. Спектри люмінесценції. Закони люмінесценції. закон затухання люмінесценції, закон С.І.Вавилова, закон Стокса-Ломмеля, правило Каши та дзеркальної симетрії Льовшина В.Л. Залежність інтенсивності від концентрації. Гасіння люмінесценції. Флуоресценція та фосфоресценція. Обмеження люмінесцентного аналізу, обумовлені гасінням свічення (температурне гасіння, поняття про порогову концентрацію та ефект внутрішнього фільтру). Люмінесцентні індикатори, особливості їх будови (необхідна і достатня умови наявності люмінесцентних властивостей в молекулі органічного реагента). Сорбційно-люмінесцентні методи.	
4.	Методи вимірювання показника заломлення: метод граничного заломлення променя і метод повного внутрішнього відбивання. Практичне застосування рефрактометричних вимірів. Аналіз двокомпонентних систем і трикомпонентних систем. Рефрактометричні визначення чистоти, ідентифікація і дослідження будови речовини.	15
5.	Види концентрування. Концентрування мікрокомпонентів методом осадження. Концентрування методами випаровування та відгонки. Відгонка з розчинів. Відгонка з твердого тіла (сублімація). Дистиляційні методи розділення. Закономірності екстракційного концентрування. Фундаментальні закони екстракції: правило фаз Гіббса, закон розподілу і сфера його виконання, закон діючих мас і його наслідки. Закономірності процесів концентрування та розділення в методах, основаних на утворенні речовиною, що виділяється, нової фази.	15
6.	Електроосадження із зовнішнім джерелом струму. Хімічне осадження, внутрішній електроліз, цементация та інші різновиди електроосадження. Ідентифікація і визначення концентрації речовин у хроматографії. Якісний хроматографічний аналіз. Кількісний хроматографічний аналіз.	10
7.	Газорідинна хроматографія. Рідкі нерухомі фази і вимоги до них. Принцип роботи детекторів: катарометра (ДТП), полуменево- іонізаційного (ПІД), електронозахоплюючого (ЕЗД) детекторів. Термодинамічна (Нікольського) та концентраційна константи іонного обміну. Іонна хроматографія, принцип методу, відмінність від класичної іонообмінної.	10
8.	Мембранні і дифузійні потенціали. Використання скляного	10

	електрода для визначення рН водних розчинів та іонів металів. Способи знаходження кінцевих точок титрування.	
9.	Ємнісні й індуктивні комірки, їх електричні еквіваленти. Проблема коефіцієнта активності окремих іонів. Високочастотна кондуктометрія. Високочастотне титрування в неводних середовищах і його переваги перед титруванням у водних розчинах. Діапазон визначуваних концентрацій, метрологічні характеристики методів.	20
10.	Електрогравіметрія. Принцип електрогравіметрії. Принципова схема установки. Переваги й обмеження методу. Електрогравіметрія з контрольованим потенціалом. Електрогравіметрія при заданій величині струму. Діапазон визначуваних концентрацій, метрологічні характеристики методу. Швидкість електрохімічної реакції. Поняття стадії, що лімітує швидкість процесу. Струм обміну. Поляризація електродів. Перенапруга. Дифузійна і концентраційна поляризація. Граничний дифузійний струм. Криві сила струму-напруга. Потенціал півхвилі. Вольтамперометрія на ртутному краплинному електроді (полярографія). Рівняння Ільковича.	30
11.	Амперометрія (самопідготовка). Амперометрія. Визначення концентрації речовини за величиною струму при заданому потенціалі в умовах стаціонарної дифузії. Амперометричне титрування з одним чи двома індикаторними електродами. Види кривих титрування і способи знаходження кінцевої точки титрування. Використання методу для автоматичного аналізу. Амперометричні сенсори.	20
	<b>Разом</b>	180

## 9. Індивідуальні завдання

Не передбачені

## 10. Методи навчання

- інформаційно-рецептивний (словесні, наочні)
  - репродуктивний
  - проблемний
  - частково-пошуковий (евристичний)
- Форма навчання: лекції, лабораторні заняття, самостійна робота.

## 11. Методи контролю

1. **Загальний поточний контроль** знань, здійснюється у формі письмових контрольних робіт (30 хв) за матеріалами лекцій і лабораторних занять, проводиться з метою активізації систематичної роботи студентів.



2. **Лабораторно-практичний контроль** знань і умінь студентів (лабораторні роботи виконуються індивідуально і оцінюються з урахуванням рівня підготовки до роботи, виконання аналізів та якості отриманих результатів). Здійснюється у формі письмової перевірки знання теоретичного матеріалу, перевірки знання порядку виконання дослідів, правил техніки безпеки, контролю за виконанням роботи та перевірки оформлення звітів у лабораторному журналі.
3. **Усний метод контролю**, використовується для захисту лабораторних робіт і включає оформлення звіту про виконання роботи (згідно інструкції до лабораторної роботи) та його усний захист, що вимагає знання теоретичного матеріалу, знання порядку виконання дослідів, правил техніки безпеки, контролю за виконанням роботи.
4. **Модульний контроль** (№ 1-3) – письмова контрольна робота тривалістю до 60 хвилин за матеріалами частини робочої програми, які студенти пишуть після вивчення її в лекційному курсі.
5. **Модульний контроль** – підведення підсумку проведення і захисту робіт, передбачених лабораторним практикумом.
6. Після завершення вивчення дисципліни складається письмовий екзамен. Умовою допуску до екзамену є виконання і захист лабораторних робіт та успішне проходження контролю за модульними контрольними роботами. Екзаменаційна оцінка виставляється на підставі всіх елементів контролю та письмової роботи за матеріалами наведеної програми.  
Форми контролю: поточне, модульне оцінювання, екзамен.

#### **Завдання для поточного контролю знань і умінь студентів**

1. Назвіть види абсорбційних спектроскопічних методів.
2. Як класифікують фотометричні методи аналізу?
3. Що відбувається з поглинутою молекулами енергією ЕВ?
4. Сформулюйте основний закон світлопоглинання і запишіть математичний вираз у степеневому і лінійному вигляді.
5. Поясніть різницю між коефіцієнтом світлопоглинання  $k$  і молярним коефіцієнтом поглинання  $\epsilon_{\lambda}$ . Що вони характеризують?
6. Як ще називають оптичну густину? Чому вона дорівнює?
7. Як оптична густина залежить від концентрації речовини та товщини поглинаючого шару розчину?
8. Умови застосування закону Бугера-Ламберта-Бера. Відхилення від закону.
9. Як зображують графічно спектр поглинання?
10. Як використовують в аналітичній практиці спектр поглинання?
11. Які речовини краще поглинають світло – інтенсивно забарвлені чи слабо забарвлені?
12. Для чого проводять фотометричні реакції?
13. Для чого використовуються фотометричні реактиви?
14. Які прилади використовують для вимірювання світлопоглинання. Чим вони відрізняються?
15. Що є джерелом випромінювання найчастіше в приладах, що вимірюють

- світлопоглинання ?
16. Поясніть принцип роботи фотоелектроколориметра.
  17. Чи є фотометричні методи відносними фізико-хімічними методами? Поясніть чому.
  18. Дайте загальну характеристику фотометричним методам аналізу.
  19. Що називається спектром поглинання речовини і в яких координатах його можна представити?
  20. Наведіть вимоги до реакцій, які використовуються в фотометричному аналізі для утворення забарвлених розчинів.
  21. Що означає властивість адитивності оптичної густини?
  22. Дія яких факторів може призвести до порушення лінійної залежності оптичної густини від концентрації розчину?
  23. Поясніть суть методу добавок. Як розраховується концентрація визначуваної речовини цим методом з допомогою графіка?
  24. При яких умовах визначення використовується метод добавок. Які його переваги?
  25. Поясніть суть методу різницевої фотометрії.
  26. Поясніть суть методу визначення концентрації за середнім значенням молярного коефіцієнта поглинання.
  27. Суть турбідиметричного і нефелометричного методів аналізу.
  28. Поясніть відмінність турбідиметрії від нефелометрії.
  29. Наведіть основний закон світлорозсіювання. Охарактеризуйте величини, які входять в це рівняння.
  30. Фактори впливу на турбідиметричне і нефелометричне вимірювання.
  31. Яка точність вимірів розглянутих методів?
  32. Які умови необхідно зберігати для забезпечення проведення турбідиметричних визначень?
  33. Які прилади використовують для проведення нефелометричного і турбідиметричного аналізу? Охарактеризуйте принцип їх дії.
  34. З якою метою при приготуванні суспензій використовують стабілізуючі агенти?
  35. Суть рефрактометричного методу аналізу.
  36. Назвіть основні завдання, які може вирішувати рефрактометричний метод.
  37. В чому полягає явище рефракції?
  38. Що характеризує молярна рефракція?
  39. Що таке дисперсія?
  40. Що таке показник заломлення? Від чого він залежить?
  41. Наведіть визначення поняття і відповідні формули для абсолютного і відносного показника заломлення. По відношенню до якого середовища вимірюють показник заломлення на практиці?
  42. Наведіть залежність показника заломлення ( $n$ ) від  $C$ .
  43. Назвіть складові частини рефрактометра РХЛ-4 і їхню роль.
  44. Що називається екстракцією і коефіцієнтом розподілу?

45. Поясніть зв'язок показника заломлення з природою і концентрацією речовини.
46. Назвіть переваги і недоліки рефрактометричного методу.
47. Методи якісного хроматографічного аналізу.
48. Використання логарифмічних індексів Ковача в хроматографічному аналізі.
49. Кількісні параметри хроматографічного піку.
50. Відносні (непрямі) методи кількісного аналізу.
51. Принцип методу абсолютного калібрування, його переваги і недоліки.
52. Варіанти методу абсолютного калібрування.
53. Принцип методу внутрішньої нормалізації, його переваги і недоліки.
54. Суть і знаходження нормувального множника компонента аналізованої суміші.
55. Суть методу внутрішнього стандарту.
56. Вимоги до внутрішнього стандарту (мітки).
57. Які різновиди хроматографічного аналізу належать до площинної (планарної) хроматографії?
58. Які переваги та недоліки площинної хроматографії порівняно з колонковою хроматографією?
59. Як пояснюється самочинне просування рухомої фази вздовж шару сорбенту?
60. Поясніть суть висхідної, низхідної, кругової та двовимірної хроматографії.
61. В якому агрегатному стані може бути НФ і РФ у ТШХ?
62. Назвіть адсорбенти і рідкі нерухомі фази, які використовуються у тонкошаровій хроматографії.
63. Назвіть основну якісну характеристику речовини, розділеної і проаналізованої методом тонкошарової хроматографії. Як її визначають за хроматограмою?
64. Нарисуйте в загальному вигляді хроматографу в ТШХ і поясніть її.
65. Яким показником характеризується швидкість переміщення речовини в тонкому шарі сорбенту?
66. Коефіцієнт рухливості є якісною чи кількісною характеристикою речовини? Яких значень він може набувати?
67. Чи залежить величина  $R_f$  від тривалості хроматографування? А від концентрації?
68. Як проводять ідентифікацію речовин (якісний аналіз) у площинній хроматографії?
69. Чи можна проводити в ТШХ кількісний аналіз за отриманою хроматограмою? Яким чином?
70. У чому суть іонообмінної хроматографії?
71. Дайте визначення поняттям «катіоніт» і «аніоніт». Які функціональні групи вони містять?
72. Напишіть реакції обміну і регенерації катіонітів і аніонітів в загальному вигляді і для даного визначення.

73. Яка будова катіоніту КУ-2? Як відбуваються процеси обміну і регенерації катіоніту КУ-2?
74. Що з себе представляють амфотерні іони – амфоліти?
75. Від яких факторів залежить іонообмінна здатність іонітів?
76. Суть потенціометричного методу аналізу.
77. На якій залежності ґрунтується потенціометрія?
78. Наведіть визначення поняття “електрод”.
79. Поясніть поняття “електродний потенціал”.
80. На чому ґрунтується пряма потенціометрія?
81. На чому ґрунтується графічний метод прямої потенціометрії?
82. Методика визначення величини рН та різні способи реалізації?
83. Виразіть концентрацію йонів Гідрогену через рН.
84. Суть методики вимірювання рН розчину. Роль відповідних електродів.
85. Наведіть рівняння Нернста для визначення Е скляного електроду.

### **Типові завдання для контрольних робіт**

#### **Варіант 1**

1. Області оптичного діапазону електромагнітного випромінювання. Кольори і інтервали довжин хвиль у видимій області спектру. Пояснення явища забарвленості речовин.
2. Дайте визначення спектру поглинання речовини. Зобразіть спектр поглинання у графічній формі в різних координатах. Поясніть причини розмивання молекулярних спектрів поглинання.
3. Виведіть рівняння, що показує вплив на показник заломлення речовини її густини (рівняння Лоренца-Лорентца). Поняття питомої рефракції.
4. Наважку зразка масою 0,1500 г розчинили і довели об'єм розчину до 100 мл. У дві колби на 50 мл відібрали аліквоти по 10 мл цього розчину. В одну з колб додали стандартний розчин, який вміщує 0,0010 г Осмію. Після додавання необхідних розчинів довели об'єм розчину до 50 мл і отримали наступні результати фотометрування:  $A_x=0,240$ ,  $A_{x+ст.}=0,365$ . Визначте масову частку Осмію в зразку.

#### **Варіант 2**

1. Наведіть класифікацію ФХМА за принципами одержання аналітичного сигналу і коротко охарактеризуйте основні групи методів.
2. Назвіть властивості спектрів поглинання, на яких ґрунтується якісний аналіз у МАС. Яким чином використовують стандартні зразки в якісному аналізі в МАС?
3. Поясніть використання методу граничного заломлення променя для вимірювання показника заломлення розчинів.
4. Енергія електромагнітного випромінювання у видимій області спектра становить 400 кДж/моль. Яка довжина хвилі цього випромінювання (нм)? Обчислити величину хвильового числа для цього випромінювання.

### **Приклади екзаменаційних білетів**

Державний вищий навчальний заклад  
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»  
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавра  
Спеціальність 102 «Хімія» Семестр III



## 12. Розподіл балів, які отримують студенти Екзамен

Поточне оцінювання та самостійна робота			Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Модуль 1	Модуль 2	Самостійна робота	50	100
3 контрольні роботи за темами 1-9*	Захист лабораторних робіт	Реферат, презентація		
20	20	10		

\*Теми 1-9 – теми змістових модулів.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
80 – 89	<b>B</b>	добре	
70 – 79	<b>C</b>		
60 – 69	<b>D</b>		
50 – 59	<b>E</b>	задовільно	
26 – 49	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-25	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

### 13. Методичне забезпечення

1. Робоча навчальна програма курсу.
2. Підручники в бібліотеці – обмежена кількість.
3. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт.
4. Методичні вказівки до самостійної роботи.
5. Питання для поточного контролю знань та екзамену.

### 14. Рекомендована література

#### Базова

1. Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Фізико-хімічні методи аналізу: Навчальний посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 362 с.

2. Сегеда А.С. Аналітична хімія. Кількісний аналіз. – Київ: Фітосоціоцентр, 2006. – 280 с.
3. Г. Кристиан. Аналитическая химия: в 2 томах. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. – 509 с.
4. Аналитическая химия. Проблемы и подходы. (Лучший зарубежный ученик) / Под ред. Р. Кельнера, Ж.-М. Мерме, М. Отто, Г.М. Видмера; под. общ. ред. акад. Ю.А. Золотова. – М.: Мир “АСТ”, 2004. – Т. 1. – 608 с.; Т.2. – 728 с.
5. Васильев В.П. Аналитическая химия: в 2 кн. Кн. 1. Физико-химические методы анализа / В.П. Васильев. – М.: Дрофа, 2003. – 384 с.
6. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика): в 2 кн. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа / Ю.Я. Харитонов. – М.: Высш. шк., 2001. – 559 с.
7. Основы аналитической химии. В 2-х кн. Учеб. для вузов. / Золотов Ю.А., Дорохова Я.Н., Фадеева и др. Под ред. Золотова Ю.А. – М.: Высш. шк., 2000.
8. Основы аналитической химии. Практическое руководство / В.И. Фадеева, Т.Н. Шеховцева, В.М. Иванов [и др.]; под ред. Ю.А.Золотова. – М.: Высш. шк., 2001. – 463 с.
9. Сегеда А.С. Лабораторний практикум з аналітичної хімії. Якісний і кількісний аналіз. – Київ: ЦУЛ, Фітосоціоцентр, 2004. – 544 с.
10. Тикунова И.В., Шаповалов Н.А., Артеменко А.И. Практикум по аналитической химии и физико-химическим методам анализа: Учебное пособие – М.: Высшая школа, 2006. – 208 с.
11. Методичні вказівки до лабораторних робіт з аналітичної хімії (ФХМА) / Федорченко С.В., Хацевич О.М., - Івано-Франківськ: Територія А, 2015. – 174с.
12. Методичні вказівки до самостійної роботи з аналітичної хімії/Хацевич О.М., Федорченко С.В. - Івано-Франківськ: Територія А, 2016. – 185 с.

### **Допоміжна**

1. Лисенко О.М., Набиванець Б.Й. Вступ до хроматографічного аналізу. Навчальний посібник. – К.: Корвін-прес, 2005. – 187с.
2. Методичні вказівки по фізико-хімічним методам аналізу для студентів 2-3 курсів денної форми навчання. / Укл. О.О. Мураєва, Т.П. Нат, та інші./ –Харків: ХДАМГ, 2003 р.
3. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з оптичних методів аналізу для студентів хімічного факультету. – К.:ВПЦ «Київський університет», 2002. – 47 с.

