

---

---

## НАВЧАЛЬНІ ПРОГРАМИ З ХЕМІЇ

---

---

УДК 541.1(075.8)

Г.О. Сіренко, О.В. Кузишин, І.В. Мазепа

### Навчальна програма поглибленого вивчення курсу «Фізичні методи дослідження речовин» (для студентів спеціальности «Хемія»)

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,  
вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76025, Україна*

**Сіренко Г.О., Кузишин О.В., Мазепа І.В.** Навчальна програма поглибленого вивчення курсу «Фізичні методи дослідження речовин». – Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т ім. В.Стефаника, 2009. – 20 с.

Репрезентовано навчальну програму поглибленого вивчення курсу «Фізичні методи дослідження речовин». Теоретична частина програми містить розділи: «Термічна аналіза», «Методи мас-спектроскопії», «Методи визначення електричних дипольних моментів молекул», «Методи визначення геометричної будови молекул», «Методи коливальної спектроскопії. Методи інфрачервоної (ІЧ) спектроскопії та спектроскопії комбінаційного розсіяння (КР) світла», «Методи електронної ультрафіолетової (УФ) та видимої спектроскопії», «Емісійна спектроскопія», «Аналіз нейтронного розсіяння», «Аналіз анігіляції позитронів», «Методи Х-променевої і фотоелектронної спектроскопії», «Методи ядерного магнітного та парамагнітного резонансу», «Методи ядерного квадрупольного резонансу та ядерного гамма-резонансу», «Методи дослідження оптично-активних речовин», «Світлорозсіяння», «Методи вивчення поляризованості та магнітної оптичної активності», «Ефект Фарадея», «Аномальне розсіяння Х-променів. Метод визначення абсолютної конфігурації», «Метод гамма-спектроскопії», «Метод нейтронно-активаційної аналізи», «Методи атомної емісійної спектроскопії». Затверджено на засіданні кафедри теоретичної і прикладної хемії 30 червня 2009 року (протокол № 12).

Навчальна програма курсу призначена для підготовки спеціалістів зі спеціальности «Хемія» в університетах класичного типу. Літ. джерел 73.

**Ключові слова:** фізичні методи дослідження речовин, мас-спектроскопія, коливальна спектроскопія, ядерний магнітний резонанс, світлорозсіяння, електронна ультрафіолетова спектроскопія, видима спектроскопія, нейтронне розсіяння, анігіляція позитронів, Х-променева спектроскопія, фотоелектронна спектроскопія.

*Програма постуила до редакції 2.09.2009; прийнята до друку 2.10.2009.*

## Вступ

Загальна характеристика фізичних методів дослідження речовини. Пряме і зворотне завдання методів. Спектроскопічні методи дослідження. Дифракційні методи. Оптичні та інші методи дослідження. Значення фізичних методів дослідження речовини для теоретичної та прикладної хемії. Сучасний рівень та перспективи розвитку фізичних методів дослідження речовини.

### **I. Термічна аналіза.**

#### **1.1. Основні означення.**

**1.2. Диференціальна термічна аналіза (ДТА).** Суть методу. Термічні криві «час-температура»: прямий і диференціальний запис.

Прилади, що застосовують у ДТА. Термопарі. Схеми простої та диференціальної термопар. Комбінована термопара. Матеріали для термопар. Дзеркальні гальванометри. Характеристики пірометрів. Тиглі. Зразок та еталон. Теоретично можливі криві топлення та твердіння зразка. Приклади термограм утворення та розкладу твердих розчинів та хемічних сполук. Діаграми стану подвійних та потрійних конденсованих систем в координатах «температура – час».

**1.3. Термогравіметрична аналіза (ТГА).** Ізотермічна гравіметрична аналіза (ІТГА). Динамічна термогравіметрична аналіза (ДТГА). Характеристичні точки термогравіметричної кривої. Загальні закономірности термічного

розкладу речовини. Механізми і кінетика термічного розкладу речовини.

#### 1.4. Термоволюметрична аналіза.

### II. Методи мас-спектроскопії.

#### 2.1. Основні принципи мас-спектроскопії.

Процеси йонізації. Утворення мас-спектру. Йонізація атомів і молекул. Процес йонізації і типи йонів. Методи йонізації. Джерело йонів. Мас-аналізатор. Реєструючий пристрій (детектор йонного струму). Система введення речовини, яка аналізується, в йонне джерело. Явище сорбції та «пам'яті» в мас-спектрометрі.

#### 2.2. Принципові схеми мас-спектрометрів.

Магнітний мас-спектрометр. Динамічні мас-спектрометри. Спектрометр йон-циклотронного резонансу. Аналітичне застосування електронів низької енергії.

#### 2.3. Вакуум. Фізичний вакуум. Вакууметрія.

Вакуумна техніка. Вакуумна система мас-спектрометра. Вакуумна арматура. Вакуумні помпи: механічні, струменні, сорбційні, йонні, конденсаційні (криогенні). Ділянки вакууму та дії різних вакуумних pomp. Вакуумні оливи. Вакуумні матеріали.

#### 2.4. Обладнання для мас-спектрометрії.

Мас-спектрометри з простим фокусуванням. Методи введення зразків, які застосовуються в мас-спектрометрії. Мас-спектрометри високого розв'язання. Квадрупольні мас-спектрометри.

**2.5. Апаратура і методика піролітичної мас-спектрометрії.** Піролізна комірка. Введення продуктів деструкції в мас-спектрометр. Електронударна піролітична мас-спектрометрія. Йонізація в електричному полі. Лазерна піролітична мас-спектрометрія. Атомно-йонна мас-спектрометрія. Поєднання піролітичної газової хроматографії з мас-спектрометрією. Мас-спектрометрія з електрогідродинамічною йонізацією.

**2.6. Методи аналізу даних піролітичної мас-спектрометрії.** Отримання та використання мас-термограм. Визначення кінетичних характеристик. Встановлення структури продуктів деструкції за мас-спектрами.

#### 2.7. Застосування мас-спектрометрії.

Ідентифікація та встановлення будови речовин. Визначення потенціалів йонізації молекул та появи йонів. Мас-спектральні термодинамічні дослідження. Мас-спектрометрія в хемічній кінетиці.

**2.8. Застосування мас-спектрометрії для характеристики та аналізу органічних речовин.**

2.8.1. Якісний аналіз, ідентифікація та встановлення структури органічних сполук.

2.8.2. Кількісний аналіз. Кількісний аналіз продуктів деструкції високомолекулярних сполук.

2.8.3. Мас-спектри вуглеводнів, спиртів, оксигенвмісних сполук, галогенвмісних сполук,

сульфурвмісних сполук, нітрогенвмісних сполук, силіційвмісних та інших сполук.

### III. Методи визначення електричних дипольних моментів молекул.

**3.1. Теоретичні основи методів.** Електричний дипольний момент молекули. Енергія молекули в зовнішньому електричному полі. Орієнтаційна поляризація молекул. Ефект Штарка і квантомеханічний підхід до виведення орієнтаційної поляризації молекул. Діелектрик в електричному полі.

**3.2. Експериментальні методики** та застосування даних за електричними дипольними моментами в хемії. Перший метод Дебая – визначення електричного дипольного моменту пари речовин. Другий метод Дебая – визначення електричних дипольних моментів молекул речовин у розбавлених розчинах. Відхилення молекулярного пучка в неоднорідному електричному полі. Метод електричного резонансу. Використання даних за дипольними моментами в хемії.

### IV. Методи визначення геометричної будови молекул.

**4.1. Мікрохвильовий метод** дослідження оберտальних спектрів молекул. Обертальні спектри поглинання молекул. Методика експерименту в мікрохвильовій оберտальній спектроскопії. Методи розрахунку геометричних параметрів молекул. Визначення електричних дипольних моментів молекул. Дослідження внутрішнього оберտання та інверсії молекул. Деякі результати мікрохвильових досліджень.

**4.2. Чисто оберտальні спектри комбінаційного розсіяння (КР).** Теоретичні основи методу. Методика експерименту оберտальної спектроскопії КР. Визначення геометрії молекул.

#### 4.3. Метод газової електроннографії

**4.3.1. Розсіяння електронів атомами.** Пружне розсіяння електронів атомами. Непружне розсіяння електронів атомами. Повна інтенсивність атомного розсіяння.

**4.3.2. Розсіяння електронів молекулами.** Молекулярна складова інтенсивності розсіяння. Перетворення Фур'є в газовій електроннографії. Двоатомні молекули. Принципова схема електроннографа. Мікрофотометрування. Виділення молекулярної складової інтенсивності розсіяння.

**4.3.3. Розшифрування електроннограм.** Вплив внутрімолекулярних коливань на конфігурацію молекул, яку визначають методом газової електроннографії. Можливості методу газової електроннографії. Визначення геометрії молекул при сумісному використанні електроннографічних та спектроскопічних даних. Деякі стереохемічні результати електроннографічних досліджень.

## **V. Методи коливальної спектроскопії. Методи інфрачервоної (ІЧ) спектроскопії та спектроскопії комбінаційного розсіяння (КР) світла.**

**5.1. Теоретичні основи коливальної спектроскопії.** Квантомеханічне представлення коливальних спектрів. Основи класичної теорії коливальних спектрів. Практичний розрахунок коливальних спектрів.

**5.2. Симетрія молекул і нормальних коливань.** Загальні уявлення про симетрію молекул. Якісні уявлення про симетрію коливань. Результати теоретико-групового аналізу коливань. Резонанс Фермі. Ефекти кристалічності.

**5.3. Аналіз та інтерпретація спектрів.** Визначення симетрії і структури молекул. Висліди із співставлення ІЧ та КР спектрів. Поляризація смуг у спектрах КР. Контури обертальної структури смуг. Групові або характеристичні частоти. Ізотопні ефекти.

**5.4. Інше застосування коливальних спектрів.** Визначення силових полів молекул. Кореляція силових сталих молекул з іншими властивостями. Крутильні коливання та потенціальні перешкоди внутрішнього обертання. Використання фундаментальних частот для розрахунку коливальних вкладів у термодинамічні функції. Ідентифікація сполуки та якісна аналіз сумішей. Кількісна аналіз. Дослідження рівноваг. Комплекси з водневими зв'язками. Кінетичні дослідження. Коливальна спектроскопія високомолекулярних сполук.

### **5.5. Прилади та експериментальна техніка**

**5.5.1. Техніка і методики ІЧ-спектроскопії.** Принципи будови та дії ІЧ-спектрометрів. Двопроменевий спектрометр. Оптичні матеріали для ІЧ-спектроскопії. Поводження з оптичними матеріалами, які використовуються в ІЧ-спектроскопії, та їх зберігання. Підготовка зразків різного типу. Методика приготування зразків: тверді полімери, ізотропні плівки, орієнтовані плівки. Вирізання полімерних зразків. Видалення із спектрів плівкових зразків інтерференційних смуг. Зменшення розсіяння від поверхні зразків. Приготування зразків полімерних гелів для спектроскопічних досліджень. Приготування волокон для спектроскопічних досліджень. Мікроспектроскопія окремих волокон. Спектроскопія пучків волокон. Рідкі полімери. Розчини. Багатопрхідні кювети. Додаткові прилади. Дослідження зразків спеціального призначення. Якісна аналіз в ІЧ-спектроскопії. Визначення ступеня кристалічності полімерів методом інфрачервоної спектроскопії. Інфрачервона спектроскопія поверхні полімерних кристалів. Вимірювання мікродзеркального відбивання. Спектроскопія внутрішнього відбивання. Інфрачервона відбивально-абсорбційна спектроскопія. Інфрачервона фур'є-спектроскопія. Близня інфрачервона

спектроскопія. Дальня інфрачервона спектроскопія.

**5.5.2. Порушене повне внутрішнє відбивання.**

**5.5.3. Техніка спектроскопії КР.** Спектральна апаратура та зразки. Резонансне та інверсійне КР. Методи нелінійної спектроскопії КР.

**5.6. Коливання карбон-карбонових та карбон-гідрогенових зв'язків:** валентних, деформаційних та карбонового ланцюга алканів, алкенів, алкінів та алленів, ароматичних сполук.

**5.7. Коливання карбон-оксигенових та оксиген-гідрогенових зв'язків:** валентних, міжмолекулярних, внутрішньомолекулярних та деформаційних зв'язків спиртів, фенолів, етерів, пероксидів, галогенвмісних сполук, карбонатів, альдегідів, кетонів, карбонових кислот, естерів.

**5.8. Коливання карбон-нітрогенних та нітроген-гідрогенових зв'язків:** валентних та деформаційних коливань амідів, білків та поліпептидів, аміно- та амідокислот, амінів, гетероциклічних ароматичних сполук.

**5.9. Коливання між елементами структури зв'язків сполук,** що містять Фосфор, Галогени, Силіцій, Сульфур та інші елементи.

## **VI. Методи електронної ультрафіолетової (УФ) та видимої спектроскопії.**

**6.1. Основи теорії електронних спектрів молекул.** Загальна характеристика властивостей електронних станів. Номенклатура і символіка електронних станів. Класифікація електронних переходів, їх відносне положення. Правила відбору та інтенсивність переходів.

**6.2. Застосування електронних спектрів.** Структурно-спектральні кореляції: органічні сполуки, неорганічні і комплексні сполуки. Аналітичні застосування: якісна аналіз та ідентифікація речовин, кількісний аналіз.

**6.3. Техніка, прилади, методики електронної спектроскопії.** Апаратура абсорбційної спектроскопії. Прилади для електронної спектроскопії. Двопроменевий спектрометр. Кювети для зразків та кювети порівняння. Кювети високого тиску для оптичних досліджень. Розчинники для ультрафіолетової спектроскопії. Підготовка зразків. Спектроскопія з диференціюванням, спектроскопія різниці (відмінності) та двохвильова спектроскопія. Спектри люмінесценції: теоретичні основи, практичне застосування та техніка люмінесцентної спектроскопії.

## **VII. Емісійна спектроскопія.**

**7.1. Ексимери та ексиплекси.**

**7.2. Флуоресценція.** Прилади для флуоресцентної спектроскопії: флуоресцентні спектрофотометри. Методи вимірювання тривалості флуоресценції. Метод рахунку окремих фотонів. Осцилографічний імпульсний метод. Метод, пов'язаний із зсувом фаз.

**7.3. Поляризована флуоресценція.** Вивчення молекулярної рухливості флуоресцентним методом.

**7.4. Фосфоресценція.** Прилади для фосфоресцентної спектроскопії: фосфоресцентні спектрофотометри. Вимірювання тривалості фосфоресценції.

**7.5. Імпульсна кінетична спектроскопія.**

**7.6. Наносекундна імпульсна спектроскопія.**

**7.7. Хемілюмінесценція і термолюмінесценція.**

**7.8. Застосування емісійної спектроскопії для дослідження полімерів.**

## **VIII. Аналіза нейтронного розсіяння.**

**8.1. Властивості нейтронів.**

**8.2. Прилади для аналізу нейтронного розсіяння:** джерела нейтронів, спектрометри розсіяння нейтронів. Детектори нейтронів. Приготування зразків.

**8.3. Застосування аналізу нейтронного розсіяння** для вивчення структури полімерів.

## **IX. Аналіза анігіляції позитронів.**

**9.1. Властивості позитронів.**

**9.2. Експериментальні методи.**

**9.3. Прилади для аналізу анігіляції позитронів:** джерела позитронів, гамма-сцинтиляційні лічильники. Система вимірювання часу життя позитрона. Приготування зразків.

**9.4. Застосування аналізу анігіляції позитронів** для дослідження структури полімерів.

## **X. Методи X-променевої і фотоелектронної спектроскопії.**

**10.1. Фізичні основи методів та експериментальна техніка.**

**10.1.1. Загальні принципи.**

**10.1.2. Параметри і структура фотоелектронних спектрів.** Хемічний зсув. Спін-орбітальний зв'язок у молекулах та деякі інші ефекти. Коливальна структура фотоелектронних спектрів. Інтенсивність фотоелектронних піків. Глибина виходу фотоелектронів.

**10.1.3. Техніка і методика експерименту.** Апаратура. Стандарти для обліку зарядки зразків і калібрування спектрометрів. Комплексні установки та методики. X-променевофлуоресцентні спектрометри.

**10.2. Застосування методів фотоелектронної спектроскопії в хемії.**

**10.2.1. Структурно-аналітичне застосування.** Елементна аналіза та ідентифікація сполук. Структурна інформація. Кількісна аналіза.

**10.2.2. Теоретичне моделювання та пояснення хемічних зсувів.**

**10.2.3. Деякі закономірності та кореляції хемічних зсувів.** Зв'язок із ефективним зарядом та ступенем окиснення. Адитивність хемічних

зсувів. Кореляція хемічних зсувів з даними інших методів.

**10.2.4. Адсорбція, каталіз та інші галузі застосування.**

## **XI. Методи ядерного магнітного та парамагнітного резонансу.**

**11.1. Основи ядерного магнітного резонансу (ЯМР).** Основи фізичної теорії спектроскопії ЯМР. Ядерний спін. Система координат, що обертається (СКО). Імпульсне збудження ядерних спінів. Частотне і часове представлення сигналу ЯМР. Позарезонансні ефекти. Параметри спектрів ЯМР. Хемічні зсуви. Спін-спінова взаємодія (ССВ). Хемічний зсув і спін-спінова взаємодія. Екранування ядер електронами, хемічні зсуви сигналів ЯМР. Спін-спінова взаємодія і мультиплетність спектрів ЯМР. Інтенсивність сигналів. Поведінка в СКО хемічних зсувів та розщеплень. Імпульсні послідовності. Релаксація спінів. Спін-спінова взаємодія з квадрупольним ядром. Методи розв'язки (декаплінгу) ядерних спінів. Фізичні основи декаплінгу. Гомоядерний декаплінг. Зсуви Блоха-Сігерта. Ядерний ефект Овергавзера (ЯЕО). Стаціонарні ЯЕО. ЯЕО у двоспіновій системі. ЯЕО і молекулярний рух. ЯЕО і відстані між спінами. Гетероядерні ЯЕО. ЯЕО в багато спінових системах. Додаткові шляхи релаксації. Визначення міжспінових відстаней. Непрямі ефекти і дифузія спінів. Перенесення насичення. Перенесення поляризації. Дія імпульсних градієнтів поля на поперечну намагніченість.

Фізичні принципи методу. Магнітний момент ядра та його взаємодія з магнітним полем. Умови ядерного магнітного резонансу. Реалізація умов магнітного резонансу.

**11.2. Застосування і техніка експерименту.**

**11.2.1. Застосування в структурних дослідженнях.**

**11.2.2. Фізико-хемічні застосування.**

**11.2.3. Динамічний ЯМР.**

**11.2.4. Техніка і методика експерименту. Спектрометри ЯМР.**

**11.2.4.1. Спектрометр ЯМР.** Імпульсне збудження. Детектування сигналу. Відбір точок спаду вільної індукції (СВІ). Квадратурне детектування. Фазові цикли, селекція сигналів. Згладжувальні функції (функції аподизації). Фазова корекція. Підготовка зразка. Підготовка спектрометра. Калібрування спектрометра.

**11.2.4.2. Спектр ЯМР на ядрах  $^1\text{H}$ .** Кореляції будови структурних фрагментів молекул з хемічними зсувами в спектрах на ядрах  $^1\text{H}$ . Кореляції структурних фрагментів з виглядом сигналів у спектрах ПМР. Аналіза спектру чистої сполуки з неспівпадаючими сигналами. Аналіза спектру сполуки, що містить домішки. Аналіза складних спектрів ПМР. Знаходження спектральних параметрів. Зв'язок величин

константи спин-спінової взаємодії (КССВ) на ядрах  $^1\text{H}$  зі структурою хемічних сполук. Кореляції хемічних зсувів ядер  $^{13}\text{C}$  зі структурою молекули. Константи спин-спінової взаємодії ядер  $^{13}\text{C}$ - $^1\text{H}$ . Адитивні схеми обчислення хемічних зсувів ядер  $^{13}\text{C}$ . Аналіза вуглецевого спектру сполуки. Основні закономірності спектрів  $^{19}\text{F}$ . Програми обробки спектрів. Динамічні ефекти в ЯМР.

**11.2.4.3. Одномірні методики ЯМР.** Оптимізація одноімпульсного експерименту. Вимірювання спектрів ядерного ефекту Овергавзера. Кількісне вимірювання ЯЕО. Застосування спектрів ЯЕО. Використання ароматичних розчинників для спрощення спектру ЯМР. Придушення сигналу розчинника. Гетероядерний декаплінг. Редагування спектрів  $^{13}\text{C}$  за допомогою спінової луни. Визначення квадрупольних ядер.

**11.2.4.4. Двомірна спектроскопія ЯМР.** Подвійний резонанс. Зразки, розчинники, стандарти. Генерація двомірних спектрів. Вступ до двомірних методик. Генерація другого виміру. Методи графічного подання двомірних спектрів. Тонка структура піків. Інтерпретація структури мультиплетів. Ускладнення, що виникають при інтерпретації спектрів.

**11.3. Спектроскопія електронного парамагнітного резонансу (ЕПР).**

**11.3.1. Теоретичні основи методу: умови ЕПР.** Положення резонансного сигналу та g-фактор. Електрон-ядерна взаємодія і тонка структура спектрів ЕПР анізотропних систем. Інтенсивність, ширина і форма лінії.

**11.3.2. Додатки спектроскопії ЕПР.** Структурні дослідження. Кінетичні та інші дослідження.

**11.3.3. Техніка та експериментальні методики спектроскопії ЕПР.** Загальні відомості. Методи подвійного резонансу. Хемічна поляризація ядер та електронів.

**ХІІ. Методи ядерного квадрупольного резонансу та ядерного гамма-резонансу.**

**12.1. Ядерний квадрупольний резонанс (ЯКР).**

**12.1.1. Основи теорії.** Загальні відомості. Електростатична взаємодія квадрупольного ядра з електричним полем. Квадрупольні рівні енергії та переходи. Інтенсивність, ширина і мультиплетність сигналу.

**12.1.2. Додатки та інтерпретація спектрів ЯКР.** Частоти ЯКР. Структурні додатки. Інтерпретація градієнту неоднорідного електричного поля на ядрі. Кореляції спектральних параметрів ЯКР з іншими фізико-хемічними характеристиками.

**12.1.3. Техніка і методи експерименту.**

**12.2. Мессбауерівська та імпедансна спектроскопія.**

**12.2.1. Загальна характеристика і теоретичні основи методу.**

**12.2.2. Параметри мессбауерівських спектрів.** Ізомерний (хемічний) зсув. Квадрупольне розщеплення. Надтонка структура магнітних взаємодій.

**12.2.3. Застосування в хемії.** Емпіричні кореляції і структурні дослідження. Динамічні ефекти.

**12.2.4. Техніка і методи експерименту.**

**ХІІІ. Методи дослідження оптично-активних речовин.**

**13.1. Оптичні методи.**

**13.1.1. Властивості електромагнітного випромінювання.**

**13.1.2. Спектроскопічні методи для дослідження полімерів.** Абсорбційна спектроскопія.

**13.1.3. Неспектроскопічні оптичні методи дослідження полімерів.** Поляризоване випромінювання.

**13.1.4. Оптичні матеріали.**

**13.1.5. Джерела світла.** Дейтерієві джерела світла. Жарівки на інертному газі. Ртутні дугові жарівки.

**13.1.6. Лазери.** Гелієво-неоновий лазер. Аргонний йонний лазер. Рубіновий лазер. Лазери на органічних барвниках.

**13.1.7. Оптичні детектори.** Фотопровідні і фотоелектричні детектори. Теплові детектори. Фотоплівка.

**13.2. Показник заломлення.**

**13.2.1. Визначення інкременту показника заломлення.**

**13.2.2. Автоматичний диференціальний рефрактометр.**

**13.2.3. Визначення питомого об'єму розчиненої речовини за показником заломлення розчину.**

**13.3. Дисперсія оптичного обертання (ДОО).** Лінійно поляризоване випромінювання. Кругова поляризація світла. Квантомеханічний розгляд оптичної активності та спіральна модель молекули. Симетрія молекул та оптична активність. Криві ДОО. Ефект Коттона. Принципова схема експерименту.

**13.4. Круговий дихроїзм (КД).** Поглинання променів з різною круговою поляризацією. Зв'язок кругового дихроїзму та обертальної сили переходу. Схема експерименту. Формування променів з круговою поляризацією.

**13.5. Застосування спектрополяриметрії в хемії.** Загальні питання застосування методів ДОО та КД. Емпіричні закономірності. Правила Брюстера та октантів.

**ХІV. Світлорозсіяння.**

**14.1. Ширококутове розсіяння світла.** Розсіяння маленькими частинками у розчині. Визначення молекулярної маси маленьких

часточок методом світлорозсіяння. Розсіяння розчинами макромолекул. Визначення середньомасової молекулярної маси методом світлорозсіяння. Метод асиметрії. Метод Зімма. Визначення другого віріального коефіцієнта методом світлорозсіяння. Визначення середньоквадратичної відстані між кінцями полімерного ланцюга методом світлорозсіяння. Прилади для вимірювання світлорозсіяння. Приготування зразків для вимірювання розсіяння світла. Застосування світлорозсіяння для дослідження полімерів.

**14.2. Імпульсно-індуковане критичне розсіяння.**

**14.3. Малокутове лазерне світлорозсіяння.**

**14.4. Спектроскопія відбиття світла.**

**14.5. Спектроскопія Релея-Бріллюена.**  
Інтерферометри Фабрі-Перо.

**XV. Методи вивчення поляризованості та магнітної оптичної активності.**

**15.1. Релеєвське розсіяння світла.**  
Релеєвське розсіяння світла в газах та розчинах. Схема та умови експерименту.

**15.2. Ефект Керра.** Закон Керра. Методика експерименту. Теорія ефекту Керра. Застосування методу релеєвського розсіяння світла та ефекту Керра: визначення головних значень еліпсоїда поляризованості молекул; визначення головних значень еліпсоїда поляризованості хемічного зв'язку і групи атомів; вивчення конформацій і внутрішнього обертання молекул.

**XVI. Ефект Фарадея.**

**16.1. Явище Фарадея.** Схема експерименту.

**16.2. Теорія ефекту.** Зв'язок з ефектом Зеємана.

**16.3. Магнітний круговий дихроїзм (МКД) і дисперсія магнітного оптичного обертання (ДМОО).**

**16.4. Застосування ефекту Фарадея в хемії.**  
Адитивні властивості сталої Верде. Вивчення електронних переходів у комплексних сполуках за допомогою МКД. Аналітичне застосування ефекту Фарадея.

**XVII. Аномальне розсіяння X-променів. Метод визначення абсолютної конфігурації.**

**17.1. Абсолютна конфігурація молекул у декартовій системі координат.**

**17.2. Нормальне розсіяння і закон Фріделя.**

**17.3. Розсіяння X-променів у ділянці поглинання атома.**

**17.4. Аномальне розсіяння та визначення абсолютної конфігурації молекул.**

**XVIII. Метод гамма-спектроскопії.**

Метод гамма-спектроскопії. Фізична суть методу. Джерела гамма-випромінювання. Характеристика гамма-випромінювання. Гамма-радіоактивні ізотопи. Характеристика сцинтиляційного гамма-спектрометра. Підготовка проб до аналізу. Омолітичний апарат оцінки результатів. Чутливість та відтворюваність результатів. Різновидности гамма-спектроскопії. Обмеження методу. Галузі використання методу.

**XIX. Метод нейтронно-активаційної аналізи.**

Метод нейтронно-активаційної аналізи. Фізична суть нейтронної активації. Основний принцип методу. Розрахунок числа радіоактивних атомів. Основні стадії методу. Чутливість методу. Лабораторне обладнання. Принцип будови ядерних (атомних) реакторів. Будова реактора ИР-100. Характеристика нейтронних потоків. Експериментальні канали. Геометрія зразків для дослідження. Система обчислення гамма-спектрів досліджуваних речовин. Підготовка проб до аналізу. Структура програмного пакету. Аналітична система LABSOCS та її переваги. Фізичні та хемічні обмеження нейтронно-активаційної аналізи. Застосування нейтронно-активаційної аналізи.

**XX. Методи атомної емісійної спектроскопії.**

Методи атомної емісійної спектроскопії. Фізична суть емісійних процесів. Види спектроскопії: атомна, ядерна, суб'ядерна. Прикладні аспекти аналізу: лазерна, ядерна (атомна) енергетика. Атомна емісійна спектроскопія з індуктивно зв'язаною аргонною плазмою. Склад плазми та особливості її використання в аналітичній хемії. Атомний емісійний спектрометр Плазмоквант PQ-110. Будова спектрометра. Основні модулі структури PQ-110. ІСП-модуль. Спектрометр, система управління приладом. Допоміжні модулі: система охолодження, гідридна система. Система автоматичної подачі проб. Програмне забезпечення для управління і обробки результатів дослідження. Основні ознаки і переваги пакету програм. Чутливість, точність та відтворюваність результатів. Основні галузі застосування атомно-емісійних спектрометрів.

## Рекомендована література

### Основна література

1. Сіренко Г.О., Кузишин О.В. Курс лекцій «Фізичні методи дослідження речовин». – Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т ім. В. Стефаника, 2010. – 450 с. (проект).

## Використані джерела інформації

1. **Агибалов Ю.В., Будковская Н.Г., Цыпин А.Б.** Микроскоп // БМЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1981. – Т. 15. – 576 с. – С. 191-198.
2. **Аверина А.П., Григорьев А.М., Хавкин Л.П.** Вакуумметрия // БСЭ. – 1971. – Т. 4. – С. 241-243.
3. **Айвазов Б.В.** Практическое руководство по хроматографии. – М.: Высш. шк., 1968. – 280 с.: ил. (48 рис.). – Табл. 19. – Список принятых обозн.: с. 275-276. – Библиогр.: после гл. (212 назв.).
4. **Аксенов С.И., Крутских В.И.** Ядерный магнитный резонанс // БМЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1986. – Т. 283. – 544 с. – С. 434-435.
5. **Алиев Р.А., Сапожников Ю.А., Калмыков С.Н.** Гамма-спектрометрический анализ. Методическое руководство к курсу "Основы радиохимии и радиоэкологии". – М.: Химический факультет МГУ, 2004. – С.1-31.
6. **Астров Д.Н.** Термопара // БСЭ. – 1976. – Т. 25. – С. 491.
7. **Бабко А.К., Пилипенко А.Т.** Фотометрический анализ: Методы определения неметаллов. – М.: Химия, 1974. – 360 с.: ил. (78 рис.). – Табл. 12. – Библиогр.: после гл. (1500 назв.).
8. **Балицкий А.В.** Вакуумная арматура // БСЭ. – 1971. – Т. 4. – С. 243.
9. **Беллами Л.** Инфракрасные спектры сложных молекул / Пер. с англ. В.М. Акимова, Ю.А. Пентина, Э.Г. Тетерина: Под ред. Ю.А. Пентина с издания: The infra-red spectra of complex molecules by L.J. Bellamy. – London: Methuen and co.LTD; New York: John Willey and Sons, Inc. – М.: Издательство, 1963. – 591 с.: ил. (35 рис.). – Табл. 22. – Библиогр.: после гл. (1687 назв.).
10. **Бенуэлл К.** Основы молекулярной спектроскопии. – М.: 1985.
11. **Бобрівник Л.Д., Руденко В.М., Лезенко Г.О.** Органічна хімія: Підручник. – Київ – Ірпінь: Перун, 2005. – 544 с.: іл. (304 рис.). – Табл. 34. – 1.5. Дослідження будови органічних сполук: с. 100-132. – 1.5.5. Фізичні методи дослідження: с. 114-132. – Предмет. покажчик: с. 529-539. – Контрол. Питання та завдання за текст. – ISBN 966-569-132-5.
12. **Булатов М.И., Калинин И.П.** Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектрофотометрическим методам анализа. – Изд. 4-е, пер., доп. – Л.: Химия, 1976. – 376 с.: ил. (117 рис.). – Табл. 40. – Библиогр.: с. 360-368 (388 назв.). – Предмет. указ.: с. 369-371. – Прилож.: с. 336-359.
13. **Вакуумная спектроскопия** // БСЭ. – 1971. – Т. 4. – С. 243.
14. **Воловенко Ю.М., Туров О.В.** Ядерный магнитный резонанс: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. – Київ – Ірпінь: Перун, 2007. – 476 с.: іл. (315 рис.). – Табл. 42.– Предмет. покажчик: с. 463-469. – ISBN 978-966-569-246-1.
15. **Вонсовский С.В.** Ферромагнитный резонанс // БСЭ. – Т. 27. – М.: Сов. Энциклопедия, 1977. – 624 с. – С. 319.
16. **Вонсовский С.В.** Ферромагнетизм // БСЭ. – Т. 27. – М.: Сов. энциклопедия, 1977. – 624 с. – С. 317-318.
17. **Вонсовский С.В.** Ферромагнетики // БСЭ. – Т. 27. – М.: Сов. энциклопедия, 1977. – 624 с. – С. 318-319.
18. **Гаранин В.К., Кудрявцев Г.П., Посухова Т.В., Сергеева Н.Е.** Электронно-зондовые методы изучения минералов. // М.: Издательство Московского университета, 1987.
19. **Грассели Дж., Снайвили М., Балкин Б.** Применение спектроскопии КР в химии. – М.: 1984.
20. **Гроб Р.Л.** Хроматографический анализ окружающей среды / Пер. с англ. Д.Н. Соколова, А.С. Бочкова; под ред. В.Г. Березкина. – М.: Химия, 1979. – 607 с.: ил. (79 рис.). – Табл. 98. – Библиогр.: после гл. (1953 назв.).
21. **De Soete D., Gijbels R., Hoste J.,** Neutron activation analysis, L., 1972.
22. **Ельяшевич М.А.** Фотоэлектронная спектроскопия // БСЭ. – Т. 27. – М.: Сов. Энциклопедия, 1977. – 624 с. – С. 605.
23. **Жуков Л.Л.** Константан // БСЭ. – 1973. – Т. 13. – С. 44.
24. **Жуков Л.Л.** Манганин // БСЭ. – 1974. – Т. 15. – С. 316.
25. **Зайцев Е.И., Сотсков Ю.П., Резников Р.С.** Нейтронно-активационный анализ горных пород на редкие элементы. – М., 1978.
26. **Зимон А.Д., Лещенко Н.Ф.** Физическая химия: Учебник. – М.: Химия, 2000. – 320 с.: ил. (78 рис.). – Табл. 7. – Разд. 3. Строение вещества: с. 121-150. – Словарь-указатель основных терминов: с. 307-316. – Библиогр.: с. 317- (11 назв.). – ISBN 5-7245-1090-1.
27. **Инфракрасные спектры поглощения полимеров и вспомогательных веществ:** Атлас ИК-спектров / Г.С. Попова, Л.И. Таругина, Л.Н. Пирожная и др. – Л.: Химия, 1969. – 356 с.: ил. (266 рис.). – Указ. к атласу: с. 7-10. – Библиогр.: с. 277-355 (1574 назв.).
28. **Карнаузов В.П., Смольянинов В.М.** Микроспектральный анализ // БМЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1981. – Т. 15. – 576 с. – С. 200-202.

29. **Колебательная** спектроскопия: Современные воззрения. Тенденции развития / Х. Хэллэм, Дж. Тернер, И. Битти и др. / Под ред. А. Барнса, У. Орвилл-Томаса / Пер. с англ. М.Р. Алиева, А.В. Боброва, Я.М. Кимельфельда; под ред. В.Т. Алексаняна. – М.: Мир, 1981. – 480 с.: ил. (112 рис.). – Табл. 70. – Предмет. указ.: с. 470-474. – Формульный указатель соед.: с. 474. – Библиогр.: после гл. (972 назв.).
30. **Колотов Владимир Пантелеймонович.** Многоэлементный нейтронно-активационный анализ с субстехиометрическим выделением: ил РГБ ОД 61:85-2/34.
31. **Копель** // БСЭ. – 1973. – Т. 13. – С. 122.
32. **Корн М.Я., Варшавский В.А., Хесин Я.Е.** Люминесцентная микроскопия // БМЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1980. – Т. 13. – 552 с. – С. 329-332.
33. **Костюк П.Г., Агибалов Ю.В., Цыпин А.Б.** Микроэлектродный метод исследования // БМЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1981. – Т. 15. – 576 с. – С. 223-225.
34. **Краткий курс** физической химии: Учеб. пособ. / С.М. Кочергин, Г.А. Добренков, В.Н. Никулин и др. / Под ред. С.Н. Кондратьева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1978. – 312 с.: ил. (96 рис.). – Табл. 9. – Гл. III. Методы исследования строения молекул: с. 36-64. – Библиогр.: с. 309 (17 назв.).
35. **Кузнецов Р.А.** Активационный анализ, 2 изд. – М., 1974.
36. **Лидеман Р.Р., Билькевич В.И.** Фотометрия // БМЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1985. – Т. 26. – 560 с. – С. 407-408.
37. **Лидеман Р.Р., Матвеева Н.П.** Люминесценция: Методы анализа и приборы // БМЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1981. – Т. 15. – 576 с. – С. 575-576.
38. **Литвин Б.Л., Романюк А.Л.** Фізичні методи дослідження органічних речовин: навч-метод. посібник. – Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т. ім. В. Стефаника, 2003. – 118 с.: ил. (27 рис.). – Табл. 7. – Вправо: с. 112-113 (50 спектрів). – Бібліогр.: 114-115 (19 назв.). – ISBN 966-640-116-9.
39. **Люминесценция** / А.Я. Потапенко, Ю.В. Новиков, В.А. Пеккель, В.В. Томилин // БМЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1980. – Т. 13. – 552 с. – С. 332-335.
40. **Мартинсон Е.Н.** Вакуумное масло // БСЭ. – 1971. – Т. 4. – С. 245.
41. **Мартинсон Е.Н., Плещенко Е.Г.** Вакуумные материалы // БСЭ. – 1971. – Т. 4. – С. 245-246.
42. **Муминов В.А., Мухаммедов С.** Ядернофизические методы анализа газов в конденсированных средах. – Таш., 1977.
43. **Nondestructive activation analysis**, ed. by S. Amiel, Amst.-[a. o.], 1981.
44. **Павлов В.П.** Вакуум физический // БСЭ. – 1971. – Т. 4. – С. 241.
45. **Паркер С.** Фотолюминесценция растворов / Пер. с англ. Н.Л. Комисаровой, Б.М. Ужинова: под ред. Р.Ф. Васильева. – М.: Мир, 1972. – 512 с.
46. **Пауков В.С., Кранчев А.К., Клименко С.М.** Электронная микроскопия // БМЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1986. – Т. 28. – 544 с. – С. 89-63.
47. **Пентин Ю.А., Вилков Л.В.** Физические методы исследования в химии: Учебник для вузов. – М.: Мир; АСТ, 2003. – 684 с.: ил. (223 рис.). – Табл. 43. – (Методы в химии). – Принятые обозн. основ. вел: с. 657. – Контр. вопросы и задания: после гл. – Библиогр.: с. 658-661 (67 назв.). – Предм. указ.: с. 662-673. – ISBN 5-03-003470-6 («Мир»); ISBN 5-17-018760-2 («АСТ»).
48. **Пермяков Н.К., Могилевский Г.М.** Микроскопические методы исследования // БМЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1981. – Т. 15. – 576 с. – С. 198-200.
49. **Погодин С.А.** Термический анализ // БСЭ. – 1976. – Т. 25. – С. 478.
50. **Полякова А.А., Хмельницкий Р.А.** Масс-спектрометрия в органической химии. – Л.: Химия, 1972. – 368 с.: ил. (64). – Табл. 31. – Библиогр.: с. 343-361 (760 назв.). – Предмет. указ.: с. 362-365.
51. **Полякова А.А., Хмельницкий Р.А.** Введение в масс-спектрометрию органических соединений / Под ред. А.А. Петрова. – М.-Л.: Химия, 1966. – 204 с.: ил. (47 рис.). – Табл. 34. – Библиогр.: с. 193-201 (312 назв.).
52. **Практическое** руководство по физико-химическому анализу: конденсированные неметаллические системы / В.Я. Аносов, Н.П. Бурмистрова, М.И. Озерова, Г.Г. Цуринов. – Казань: Изд-во Каз. ун-та, 1971. – 174 с.: ил. (100 рис.). – Табл. 12. – Библиогр.: после гл. (12 назв.).
53. **Плечов П.Ю.** // Электронная версия учебника по изучению расплавных включений (<http://www.info.geol.msu.ru/LECTURES/index.html>), 1999.
54. **Рабек Я.** Экспериментальные методы в химии полимеров. – В 2-х ч. – Ч. 1 / Пер с англ. Я.С. Выгодского; под ред. В.В. Коршака. – М.: Мир, 1983. – 384 с.: ил. (291 рис.). – Табл. 43.
55. **Рабинович И.С.** Вакуумный насос // БСЭ. – 1971. – Т. 4. – С. 246-248.
56. **Рабинович И.С.** Вакуумная техника // БСЭ. – 1971. – Т. 4. – С. 243-245.
57. **Рейшахрит Л.С.** Электрохимические методы анализа. – Л.: Изд-во Ленинград. Ун-та, 1970. – 200 с.: ил. (72 рис.). – Табл. 7. – Прилож.: с. 166-196 (6 рис.; 5 табл.). – Библиогр.: с. 161-165 (132 назв.).



58. **Робертс М., Макки Ч.** Химия поверхности раздела металл-газ / Пер. с англ. И.В. Вазениной; под ред. В.М. Грязнова. – М.: Мир, 1981. – 540 с.: ил. – Рис. 242. – Табл. 43. – Гл. 4. Электронная спектроскопия: с. 169-209. – Гл. 5. Инфракрасная спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния и спектроскопия с электронным и ионным возбуждением: с. 210-229. – Приложения: Волновая теория: с. 524-529. – Библиогр.: после гл. (978 назв.). – Предмет. указ.: с. 530-534.
59. **Родин А.М.** Вакуум // БСЭ. – 1971. – Т. 4. – С. 240-241.
60. **Сапожников Ю.А., Алиев Р.А., Калмыков С.Н.** Радиоактивность окружающей среды: Теория и практика: Учеб. пособие для вузов. (Методы в химии). – М.: Бином, 2006.
61. **Сапожников Ю.А., Калмыков С.Н., Алиев Р.А.** Методическое руководство к курсу "Основы радиохимии и радиоэкологии". Жидкостно-сцинтилляционная спектрометрия. Часть I. – МГУ: Химический факультет, 2003. – 26 с.
62. **Стромберг А.Г., Семченко Д.П.** Физическая химия: Учебник / Под ред. А.Г. Стромберга. – 3-е изд., исправ. и доп. – М.: Высш. шк., 1999. – 528 с.: ил. (151 рис.). – Ч.1. Гл. I. В. Основы спектроскопии: с. 46-58. Ч. 4. Гл. VII. Г. Потенциометрия: с. 265-275. – Библиогр.: с. 511-515 (176 назв.). – Предмет. указ.: с. 516-522. – Приложение: с. 489-510. – ISBN 5-06-003627-8.
63. **Слоним И.Я., Любимов А.Н.** Ядерный магнитный резонанс в полимерах. – М.: Химия, 1966. – 340 с.: ил. (163 рис.). – Табл. 2. – Библиогр.: с. 311-337 (748 назв.).
64. **Стромберг А.Г., Семченко Д.П.** Физическая химия: Ученик / Под ред. А.Г. Стромберга. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1999. – 528 с.: ил. (151 рис.). Табл. 5. – Ч. 4. Г. Потенциометрия: с. 265-275. – Библиогр.: с. 511-515 (176 назв.). – Предмет. указ.: с. 516-522. – ISBN 5-06-003627-8.
65. **Тимофеев К.Н.** Электронный парамагнитный резонанс // БМЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1986. – Т. 28. – 544с. – С. 96-97.
66. **Тюрин В.С.** Электронный микроскоп // БМЭ. – М.: Сов. энциклопедия, 1986. – Т. 28. – 544с. – С. 94-95.
67. **Физическая химия: Учебник.** – В 2-х кн. Кн. 1. Строение вещества. Термодинамика / К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнев и др. / Под ред. К.С. Краснова. – 3-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2001. – 512 с.: ил. (160 рис.). – Табл. 22. –Разд. 2. Спектральные методы исследования строения и энергетических состояний молекул: с. 141-185. – Приложение: с. 495-496 (1 табл.). – Предмет. указ.: с. 497-505. – ISBN 5-06-004025-9. (кн. 1). – ISBN 5-06-004027-5.
68. **Физическая химия.** В 2-х кн. – 3-е изд., испр. / К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнев и др./ Под ред. К.С. Краснова. – М.: Высш. шк., 2001. – Кн. 2. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ. – 319 с.: ил. (62 рис.). – Табл. 9. – 19.11. Потенциометрия. – Библиогр.: с. 303-304 (12 назв.). – Прилож.: 305-311 (3 табл.). – Предмет. указ.: с. 312-315. – ISBN 5-06-004027-5.
69. **Хмельницкий Р.А., Лукашенко И.М., Бродский Е.С.** Пиролитическая масс-спектрометрия высокомолекулярных соединений. – М.: Химия, 1980. – 280 с.: ил. (66 рис.). – Табл. 51. – Библиогр.: с. 271-279 (297 назв.).
70. **Хромель** // БСЭ. – 1978. – Т. 28. – С. 393.
71. **Цукрук В.В., Шилов В.В.** Структура полимерных жидких кристаллов / Под ред. Лебедева Е.В. – К.: Наук. Думка, 1990. – 254 с.: ил. (86 рис.). – Табл. 16. – Библиогр.: с. 224-249 (582 назв.). – ISBN 5-12-001448-8.
72. **Шлефер Г.Л.** Комплексообразование в растворах: Методы определения состава и констант устойчивости комплексных соединений в растворах. – Пер. с нем. М.И. Гельфмана; под ред. А.А. Гринберга. – М.-Л.: Химия, 1964. – 380 с.: ил. (73 рис.). – Табл. 29. – Библиогр.: после гл. + подстроч. (734 назв.). – Предмет. указ.: с. 374-379.
73. **Шпицберг А.Л.** Алюмель // БСЭ. – 1970. – Т. 1. – С. 490.

**Сіренко Г.О.** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної та прикладної хемії Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

**Кузишин О.В.** – викладач кафедри теоретичної та прикладної хемії Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

**Мазена І.В.** – доктор медичних наук, професор кафедри біохемії Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

#### Рецензент

**Мідак Л.Я.** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної хемії Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.