

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ХІМІЇ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СПОЛУК**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою Інституту
хімії високомолекулярних
сполук НАН України
Протокол № 9

від «29» вересня 2022 року



Голова Вченої ради
Інституту хімії високомолекулярних
сполук НАН України
доктор хімічних наук
Олександр БРОВКО

«МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛІМЕРІВ»

РОБОЧА ПРОГРАМА

Кредитного модуля

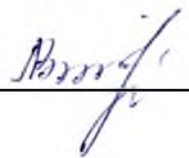
ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ
СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ

РІВЕНЬ ОСВІТИ
ФОРМА НАВЧАННЯ

10 – ПРИРОДНИЧІ НАУКИ
102 – ХІМІЯ
ХІМІЯ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ
СПОЛУК
ТРЕТІЙ (ОСВІТНЬО-НАУКОВИЙ)
ДЕННА

Робоча навчальна програма з дисципліни «Методи дослідження полімерів»

Програма відповідає третьому (освітньо-науковому) рівню вищої освіти

Розробники: кандидат хімічних наук _____  Віра БУДЗІНСЬКА

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою Інституту хімії високомолекулярних
сполук НАН України

Протокол № 9

від «29» 09 2022 року

Вчений секретар

_____  Віра БУДЗІНСЬКА

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Дисципліна «Методи дослідження полімерів» вивчає сучасні тенденції та методи, які найширше використовуються при дослідженні різних класів полімерів та полімерних матеріалів. У курсі розглядаються найбільш поширені та уживані у практиці методи дослідження полімерів. Без знань методів дослідження досить важко з'ясувати склад, будову та формулу будь-якого полімеру чи то полімерного матеріалу. Активне вивчення як фізичних так і хімічних властивостей дає змогу більш глибоко пізнати явища природи, зокрема хімічні. Вирішуючи фізичні задачі виникають досить складні математичні завдання так як обробка експерименту, прямі та обернені методи потребують знань математичної теорії та розрахункових навиків. В зв'язку з такими складними проблемами фізичних методів існує спеціалізація вчених. Практично кожний метод є окремою спеціалізацією. Однак і фізик і хімік повинен мати уявлення про можливості кожного методу. Хімік повинен чітко ставити задачу, а фізик знайти метод її розв'язку та обчислення. Знання методів дослідження дає змогу поєднати в одній особі і фізика і хіміка, що правильно ставить задачу та вирішує її. Тому глибокі знання про методи дослідження полімерів та полімерних матеріалів дають змогу цілісного формування науковця. Дисципліна забезпечує професійний розвиток аспіранта та спрямована на отримання поглиблених знань з методів дослідження взаємозв'язку хімічної будови молекул з їхньою структурою та фізико-хімічними властивостями; такі методи необхідні для подальшої успішної самостійної дослідницької роботи.

Головними завданнями даного курсу є освоєння загальних принципів, що лежать в основі тих методів досліджень, які найчастіше використовують для ідентифікації полімерів та полімерних матеріалів, визначення їх основних характеристик. Важливим є завдання навчитись проводити практичні дослідження залежності властивостей полімерів від їх хімічної будови, освоїти новітні методи дослідження. Навчати навичкам теоретичного аналізу результатів експериментальних досліджень, методів планування експерименту та обробки результатів, систематизування і узагальнення як уже наявної в літературі, так і самостійно отриманої в ході досліджень інформації. Сприяння розширенню професійного світогляду, підвищенню загальної освіченості та культури фахівця зі спеціальності 102 – «Хімія».

Аспірант з даної дисципліни повинен мати фундаментальні уявлення з органічної хімії та хімії високомолекулярних сполук. Для вивчення даної дисципліни необхідно мати вищу освіту з вивченням курсу органічної хімії та хімії високомолекулярних сполук для хімічних та хіміко-технологічних спеціальностей.

2. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ВИВЧЕННЮ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна «Методи дослідження полімерів» відноситься до вибіркового курсу спеціалізації «Хімія високомолекулярних сполук». Викладається в 4-му семестрі, на другому році навчання за освітньо-науковим рівнем «доктор філософії» в обсязі 240 годин, у тому числі 38 годин аудиторних занять (22 години – лекційні заняття, 6 годин – семінари, 10 годин – практичні роботи), 202 години самостійної роботи. Підсумковий контроль – екзамен.

Мета навчальної дисципліни «Методи дослідження полімерів» ознайомлення з сучасними хімічними, інструментальними фізичними методами та методиками, що використовуються для встановлення будови, структури та визначення структурних характеристик високомолекулярних сполук, формування у аспірантів цілісної системи з фундаментальних та практичних аспектів дослідження структури полімерів. Аналіз експериментальних даних, одержаних різними фізико-хімічними та фізико-механічними методами, для описання структури та властивостей полімерів. Важливою загальною метою курсу є підготовка аспірантів як ефективних дослідників і викладачів вищої школи, здатних аналізувати спеціальну літературу, що стосується встановлення взаємозв'язку між будовою та властивостями полімерів, стежити за тенденціями в розробці нових методів та застосовувати отриману інформацію для розв'язання практичних задач.

В результаті вивчення даного курсу аспірант повинен:

знати:

- закони, принципи та правила з хімії високомолекулярних сполук, органічної та фізичної хімії;
- сучасний стан методів досліджень будови полімерів, предмет, класифікацію методів і специфіку їх застосування;
- основні принципи роботи, що лежать в основі найбільш поширених фізичних методів, які використовують для дослідження полімерів, зокрема: електронної спектроскопії, ЯМР та ІЧ-спектроскопії, мас-спектрометрії, хроматографії та інших;
- функції основних складових елементів приладів, що використовуються в цих методах досліджень і техніку виконання методів;
- сфери застосування та можливості, які надають методи дослідження при вивченні будови полімерів, визначенні їх хімічного складу, та основних властивостей.

вміти:

- готувати зразки до проведення відповідних досліджень, ставити навчально-дослідні експерименти на основі оволодіння основними прийомами проведення досліджень полімерів та вимірювання експериментальних характеристик полімерних матеріалів, складати звіт по роботі та оформляти наукові статті, користуватись довідковими матеріалами;

- орієнтуватися в сучасних методах розрахунків, вміти користуватися пакетами програм; вміти встановлювати надійні кореляції розрахованих даних з результатами експериментальних досліджень;

- оцінювати взаємозв'язок між будовою та властивостями полімерних молекул, вміти прогнозувати властивості нових сполук за їх хімічною будовою;

- самостійно працювати з учбовою, довідковою та науковою хімічною літературою, проводити літературний пошук в області досліджень полімерів, робити узагальнюючі висновки;

- застосовувати одержані теоретичні знання та практичні навички в подальшій професійній діяльності.

мати навички:

- практичного застосування теоретичних знань для проведення досліджень полімерів та полімерних матеріалів із застосуванням різноманітних методів дослідження;

- планування і проведення експериментального процесу при вивченні полімерів і полімерних матеріалів із застосуванням найбільш поширених фізичних методів, які використовують для їх дослідження;

- кореляції отриманих експериментальних результатів із будовою полімерів і полімерних матеріалів та узагальнювати самостійно отримані в ході досліджень результати.

3. ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ЗАСВОЄННЯ ДИСЦИПЛІНИ

В рамках даної дисципліни поглиблюються і розвиваються такі компетенції:

➤ **Універсальні компетенції:** здатність проектувати і здійснювати комплексні дослідження, в тому числі міждисциплінарні, на основі цілісного системного наукового світогляду з використанням знань в області історії і філософії науки;

➤ **Загальнопрофесійні компетенції:** здатність до проведення самостійних наукових досліджень; набуття компетентностей щодо ініціювання та виконання наукових досліджень, які дають можливість переосмислити наявні та отримати нові знання; здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; здатність самостійно здійснювати науково-дослідницьку діяльність в хімії високомолекулярних сполук з використанням сучасних методів дослідження та інформаційно-комунікаційних технологій.

➤ **Професійні компетенції:** здатність організовувати проведення експериментів і випробувань, проводити їх обробку, аналізувати результати експериментальних досліджень, робити висновки та узагальнювати отримані дані у вигляді наукових публікацій для провідних профільних журналів.

4. СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 240 годин/8 кредитів ECTS.

4.1. Структура дисципліни. Розділи дисципліни і види занять

Ч.ч.	Модулі дисципліни	Кількість кредитів ЕКТС	Обсяг навчальної роботи (в годинах)						Вид підсумкового контролю
			загальний обсяг	всього аудиторних	лекції	семінари	практичні	самостійна робота	
1	Електронна спектроскопія	1	30	8	4	2	2	22	
2	Коливальна спектроскопія	4	120	14	8	2	4	106	
3	Спектроскопія ядерного магнітного резонансу	2	60	6	4	-	2	54	
4	Мас-спектрометрія та хроматографія	1	30	10	6	2	2	20	
Разом		8	240	38	22	6	10	202	екзамен

4.2. Зміст лекційних занять

Проведення лекційних занять націлено на донесення теоретичних та наукових засад по дисципліні та розширення світогляду аспірантів.

Заняття 1. Модуль 1. Тема 1. Вступ (2 год.).

План: 1. Предмет і мета навчального курсу. 2. Значення методів дослідження полімерів для прогнозування їхніх характеристик. 3. Класифікація та коротка характеристика основних методів які використовуються для дослідження полімерів та полімерних матеріалів.

Заняття 2. Модуль 1. Тема 2. Електронна спектроскопія (2 год.).

План: 1. Походження електронних спектрів. 2. Достатні умови спостереження електронних спектрів і способи зображення електронних спектрів. 3. Структура органічних молекул та електронні спектри. 4. Хромофори та ауксохроми. Основні типи хромофорів, що мають полімери. 5. Форма смуг поглинання, батохромне та гіпсохромне зміщення смуг поглинання, інтенсивність поглинання. 6. Поглинання полімерами видимої частини спектра. 7. Принципи спектрофотометричного аналізу полімерів.

Заняття 3. Модуль 2. Тема 3. Інфрачервона спектроскопія (2 год.).

План: 1. Природа коливальних спектрів. 2. Поняття про валентні та деформаційні коливання. 3. Теорія коливальних спектрів: коливання гармонічного осцилятора; фундаментальні переходи в коливальних спектрах хімічних сполук; нормальні коливання; силова стала, співвідношення між силовою сталою, довжиною

та кратністю зв'язку; ймовірність переходів в ІЧ спектрах та інтенсивність смуг в ІЧ-спектрах; характеристичність коливань молекул за частотою, формою та інтенсивністю.

Заняття 4. Модуль 2. Тема 3. Інфрачервона спектроскопія (2 год.).

План: 1. Метод порушеного повного внутрішнього відбиття та багаторазового порушеного повного внутрішнього відбиття. 2. Фур'є-спектроскопія. 3. Вибір оптимальних умов реєстрації ІЧ спектрів. 4. Найбільш поширені недоліки інфрачервоних спектрограм.

Заняття 5. Модуль 2. Тема 3. Інфрачервона спектроскопія (2 год.).

План: 1. Найважливіші характеристичні смуги поглинання в області основних частот коливань полімерів. 2. Залежність коливальних спектрів від хімічної будови молекул полімерів, проведення структурного аналізу за ІЧ спектрами.

Заняття 6. Модуль 2. Тема 4. Спектри комбінаційного розсіювання (2 год.).

План: 1. Релеєвське розсіювання світла. 2. Комбінаційне розсіювання. Спектр Рамана. 3. Теорія поляризованості молекул. Інтенсивність розсіювання у КР. 4. Порядок виконання структурного аналізу полімерів на основі спектрів комбінаційного розсіювання.

Заняття 7. Модуль 3. Тема 5. Спектри протонного магнітного резонансу (2 год.).

План: 1. Місце ядерного магнітного резонансу в дослідженні полімерів. 2. Хімічний зсув для протонів у різних сполуках та його вимірювання. 3. Константи спин-спінової взаємодії. 4. Розщеплення ліній в спектрах ЯМР. Трикутник Паскаля. 5. Опис поведінки ядер речовини в магнітному полі. 6. Класифікація спектрів ПМР. Залежність спектрів ПМР від умов реєстрації. 7. Загальні рекомендації з аналізу спектрів ПМР під час структурного аналізу. Спектри ПМР та будова молекул полімерів.

Заняття 8. Модуль 3. Тема 5. Спектри ядерного магнітного резонансу ^{13}C , ^{31}P , ^{29}Si , ^{19}F та інших (2 год.).

План: 1. Умови реєстрації спектрів ЯМР ^{13}C , ^{31}P , ^{29}Si , ^{19}F та інших. 2. Рекомендації з розшифровки спектрів ЯМР ^{13}C , ^{31}P , ^{29}Si та інших.

Заняття 9. Модуль 4. Тема 6. Мас-спектрометрія (2 год.).

План: 1. Принцип утворення мас-спектрів. 2. Загальна характеристика приладів, які використовуються для реєстрації мас-спектрів. 3. Вибір оптимальних умов запису мас-спектрів. 4. Загальні закономірності фрагментації органічних молекул під час електронного удару. 5. Інтерпретація мас-спектрів під час структурного аналізу. 6. Метод матрично-активованої лазерної десорбція/іонізація (MALDI) для дослідження полімерів.

Заняття 10. Модуль 4. Тема 7. Хроматографія (2 год.).

План: 1. Класифікація методів хроматографії для ідентифікації полімерів. 2. Теоретичні основи хроматографічних методів. 3. Тонкошарова хроматографія. 4.

Хроматографія на папері. 5. Гель-проникна (молекулярно-ситова) хроматографія. 6. Практичні аспекти інтерпретації отриманих даних.

Заняття 11. Модуль 4. Тема 8. Комплексне застосування методів дослідження для полімерів (2 год.).

1. Галузі застосування різних методів з метою визначення молекулярної структури полімерів та полімерних матеріалів. 2. Довідники, атласи спектрів. Використання модельних сполук. 3. Кодування структурної інформації. Банки даних, їх значення при машинній обробці спектрів. 4. Планування експерименту. 5. Порівняльна характеристика методів для дослідження полімерів та полімерних матеріалів.

4.2. Зміст семінарських та практичних занять

Семінари та практичні заняття є сполучною ланкою між лекційними заняттями та самостійною роботою і мають на меті поглиблене засвоєння теоретичних понять і термінів з дисципліни та набуття практичних навиків. В процесі занять з'ясовується ступінь засвоєння понятійно-термінологічного апарату та основних положень предмету, вміння розкривати конкретну тему, аналізувати і узагальнювати ключові питання курсу, розв'язувати задачі. Одним з важливих завдань проведення занять є отримання аспірантами навиків публічних виступів і дискусій, а також аналітичного та обґрунтованого підходу до розв'язання складних питань і відпрацювання можливих рішень у майбутній професійній діяльності.

Семінарське заняття 1. Модуль 1. Тема «Основні характеристики УФ-спектрів. Кількісний аналіз за допомогою спектрів поглинання» (2 год.).

Задачі: 1. Перевірка закону Бугера-Ламберта-Бера. 2. Визначення основних характеристик смуг поглинання. 3. Аналіз сумішей полімерів за методом Фірордта.

Практичне заняття 1. Модуль 1. Тема «УФ-видима спектроскопія» (2 год.).

План: 1. Робота із УФ-спектрофотометром, підготовка зразків для проведення експериментів, та оволодіння комп'ютерним софтом. 2. Інтерпретація УФ-спектрів - спочатку простих молекул, а згодом складних молекулярних об'єктів. 3. Основні напрямки застосування УФ-спектроскопії для ідентифікації, встановлення будови мономерів, полімерів та допоміжних речовин.

Семінарське заняття 2. Модуль 2. Тема «Коливальна спектроскопія» (2 год.).

Задачі: 1. Вибір аналітичної смуги та вимірювання інтенсивності смуг. 2. Виготовлення зразків та визначення товщини поглинаючого шару. 3. Джерела похибок в молекулярному спектроскопічному аналізі. 4. Визначення молекулярної неоднорідності полімерів, ступеня розгалуженості. 5. Визначення середньочислової молекулярної маси аналізом кінцевих груп.

Практичне заняття 2. Модуль 2. Тема «Інфрачервона спектроскопія» (2 год.).

План: 1. Співставлення спектрів олігомерів та полімерів і віднесення смуг у спектрах. 2. Визначення складу кополімерів. Структурні дослідження полімерів. 3.

Визначення конфігурації, упаковки та розгалуженості полімерних ланцюгів і окремих ланок. 4. Аналіз модифікуючих добавок у полімерних матеріалах. Визначення якості сировини та встановлення чистоти полімерів

Практичне заняття 3. Модуль 2. Тема «Інфрачервона спектроскопія» (2 год.).

План: 1. Вивчення хімічних реакцій у полімерах методом ІЧ-спектроскопії. 2. Полімеризація та кополімеризація, поліконденсація, полімераналогічні перетворення.

Практичне заняття 4. Модуль 3. Тема «Спектроскопія ядерного магнітного резонансу» (2 год.).

План: 1. Інтерпретація ^1H ЯМР спектрів і прогнозування відповідних спектрів на основі теоретичних знань для типових органічних молекул. 2. Визначення ступеня полімераналогічного перетворення за ПМР-спектром. 3. Дослідження структури та конфігурації макроланцюгів методом ПМР -спектроскопії.

Семінарське заняття 3. Модуль 4. Тема «Мас-спектрометрія та хроматографія» (2 год.).

Задачі: 1. Вибір хроматографічної колонки. 2. Підбір розчинника, стандартів для аналізу полімерів. 3. Розділення полімерів з гомологами.

Практичне заняття 5. Модуль 4. Тема «Мас-спектрометрія та хроматографія» (2 год.).

План: 1. Якісний та кількісний аналіз у тонкошаровій хроматографії. 2. Приклади застосування тонкошарової хроматографії у полімерній хімії. 3. Застосування гель-хроматографії для фракціонування полімерів та визначення їх молекулярно масового розподілу.

4.2. Зміст індивідуальних самостійних робіт

Головна мета проведення самостійної роботи полягає у необхідності більш широкого огляду тематики курсу із використанням матеріалів періодичних видань, наукових праць, монографій з окремих питань дисципліни. Важливою складовою самостійної роботи аспірантів є виконання індивідуальних робіт. Виконання індивідуальних робіт має на меті: закріплення знань теоретичного курсу; напрацювання навиків роботи з науково-технічною літературою; розвиток вміння аналізувати та систематизувати дані, щодо використання методів для дослідження полімерів та полімерних матеріалів.

Теми індивідуальних робіт:

1. Таутомерна рівновага в УФ-спектроскопії.
2. УФ-спектри поглинання мономерів та полімерів з спряженими системами зв'язків. Дивініл, ізопрен. Каучук, гутаперча, полімери акрилової та метакрилової кислот та їх похідних. Полієні.
3. Поглинання світла сполук із спряженими $\text{C}=\text{O}$ зв'язками. Вплив довжини ланцюга спряження, природи замісників та просторової будови молекули на вигляд спектрів поглинання. Правила Вудварда.

4. Визначення деструкція та структурування полімерів методом ІЧ-спектроскопії.

5. ІЧ-спектроскопічний метод для дослідження кінетики перебігу хімічних реакцій поліуретаноутворення.

6. Двовірна ЯМР спектроскопія: ядерна спектроскопія з ефектом Оверхаузера (NOESY та ROESY) і повна кореляційна спектроскопія TOSCY.

7. Твердофазна ЯМР спектроскопія.

8. Основні принципи вибору сорбенту для афінної хроматографії нейроспецифічних білків.

9. Обернена газова хроматографія та її застосування для визначення фазових та релаксаційних переходів у полімерів.

10. Афінна хроматографія для полімерів та полімерних матеріалів.

ОБСЯГ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Ч.ч.	Вид робіт	Кількість годин
1.	Підготовка до поточних лабораторних занять	20
2.	Підготовка доповіді	82
3.	Самостійне опанування теоретичним матеріалом	80
4.	Індивідуальні консультації з викладачем	20
ВСЬОГО		202

5. ОСВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

✓ Активні освітні технології: лекції, семінари. Супровід лекцій візуальним матеріалом у вигляді слайдів, підготовлених з використанням сучасних комп'ютерних технологій (програмний пакет презентацій Microsoft Office Powerpoint), що проєктуються на екран за допомогою відеопроєктора, а також результатів комп'ютерного моделювання фізико-хімічних процесів.

✓ Методи навчання: словесні – лекція, пояснення, бесіда, консультація; наочні – презентації; практичні – лабораторні роботи, виконання практичних завдань; проблемно-пошукові методи – дискусія та колективне обговорення можливих підходів до вирішення задач чи експериментальних завдань.

✓ Методи стимулювання і мотивації навчально-пізнавальної діяльності – ознайомлення з наявними в цій галузі презентаціями, відео матеріалами. Використання спеціального програмного забезпечення та інтернет-ресурсів для навчання в ході самостійних робіт.

6. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ АСПІРАНТІВ. ФОРМА КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ.

Види самостійної роботи:

- в домашніх умовах,
- в читальному залі бібліотеки,
- на комп'ютерах з доступом до баз даних та ресурсів Інтернет,
- в лабораторіях з доступом до лабораторного обладнання та приладів.

Самостійна робота підкріплюється навчально-методичним та інформаційним забезпеченням, що включає підручники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, навчальне та наукове програмне забезпечення, ресурси Інтернет.

Інформаційні ресурси:

Електронні ресурси Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського;
Електронні бази Web of Science, Scopus;
Ресурси відкритого доступу Chemexpress, ABC Chemistry.

Методи контролю:

Поточний контроль – обговорення запитань за темами лекційного курсу, тестування знань студентів, усне опитування, виконання завдань;

Підсумковий контроль – екзамен.

7. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ТА ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Robert M. Silverstein, Francis X. Webster, David Kiemle // Spectrometric Identification of Organic Compounds, 7th Edition, Wiley, 2005. – 512 p.
2. Robert M. Silverstein, Francis X. Webster, David J. Kiemle, David L. Bryce Spectrometric Identification of Organic Compounds, 8th Edition, John Wiley & Sons, 2014. – 464 p.
3. The Royal Society of Chemistry // Ultraviolet/visible spectroscopy, Unilever, 2011.
4. Fundamentals of Fourier Transform Infrared Spectroscopy, Second Edition / Brian C. Smith, Taylor & Francis, 2011. – 207 p.
5. Spectrometric identification of organic compounds // RM Silverstein, F.X. Webster, D.J. Kiemle, D.L. Bryce, 2014.

6. Ferraro J.R. / Practical Fourier transform infrared spectroscopy: industrial and laboratory chemical analysis. 2012, books.google.com/
7. Спектроскопія ядерного магнітного резонансу / Ю.М. Воловенко, І.В. Комаров, О.В. Туров, В.П. Хиля. – Київ: РВЦ "Київський університет", 2016. – 703 с.
8. Keeler James. Understanding NMR spectroscopy. John Wiley & Sons, 2011.
9. Claridge Timothy DW. High-resolution NMR techniques in organic chemistry. Vol. 27. Elsevier, 2016.
10. Affinity Chromatography Handbook
https://research.fhcrc.org/content/dam/stripe/hahn/methods/biochem/Affinity_Chromatography_Handbook-Specific_Groups_of_Biomolecules.pdf

Додаткова:

1. Valeur B. Molecular fluorescence. Willey-VCH. E-Book, 2001. – 500 p.
2. Мельничук Д.О. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики: навчальний посібник для підготовки студентів вищих навчальних закладів / Д.О. Мельничук, С.Д. Мельничук, В.М. Войціцький та ін.: за ред. акад. Д.О. Мельничука. – К.: ЦП «Компринт», 2016. – 289 с.
3. Збірка задач для практичних занять з розділу "Інфрачервона спектроскопія" дисципліни "Фізичні методи дослідження в хімії" / Д.С. Мілохов, О.В. Шабликіна. – К.: 2021. – 126 с.
4. Gross J. Mass Spectrometry: A Textbook. 2nd Ed. Springer, 2011. – 779 p.
5. Pash H., Schrepp W., MALDI-TOF Mass Spectrometry of Synthetic Polymers. Springer, 2003, ISBN 3-540-44259-6.