

**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
докт. хім. наук

Олександр БРОВКО

ПРОГРАМА

навчальної дисципліни

«ОСНОВНІ МЕТОДИ СИНТЕЗУ ПОЛІМЕРІВ»

(вибірковий курс)

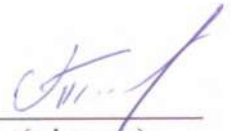
ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ	10 – ПРИРОДНИЧІ НАУКИ
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ	102 – ХІМІЯ
СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ	ХІМІЯ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СПОЛУК
РІВЕНЬ ОСВІТИ	ТРЕТІЙ (ОСВІТНЬО-НАУКОВИЙ)

КИЇВ – 2022

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

доктор хімічних наук, старший дослідник

Ігор ТКАЧЕНКО



(підпис)

Програму затверджено на засіданні Вченої ради
Інституту хімії високомолекулярних сполук НАН України
протокол № 9
від «29» вересня 2022 року

Вчений секретар



Віра БУДЗІНСЬКА

ВСТУП

Програма курсу з вибіркової навчальної дисципліни «Основні методи синтезу полімерів» розроблена відповідно до вимог освітньо-професійної програми підготовки «доктор філософії» у галузі природничих наук за спеціальністю 102 – «Хімія».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є базові особливості високомолекулярних сполук, принципи їхнього синтезу та аналізу, а також сучасні тенденції розробки багатофункціональних полімерних систем.

Міждисциплінарні зв'язки: навчальна дисципліна «Основні методи синтезу полімерів» належить до циклу дисциплін професійної підготовки, яка викладається на другому курсі аспірантури, та відноситься до вибірових курсів спеціалізації «Хімія високомолекулярних сполук». Даний курс є необхідною складовою частиною вивчення наступних дисциплін для підготовки докторів філософії за спеціальністю «Хімія»: Хімія високомолекулярних сполук, Структура і властивості полімерів, Методи дослідження полімерів, Полімерні композиційні матеріали тощо.

Матеріал курсу є теоретичною основою для формування необхідних умінь та навичок у аспірантів, що дозволить їм продукувати нові ідеї, розв'язувати різноманітні проблеми теоретичного та практичного характеру в науково-дослідницькій діяльності, а також здійснювати оригінальні наукові дослідження.

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1.1. Мета навчальної дисципліни:

опанування аспірантами базових знань і понять про основні методи синтезу високомолекулярних сполук, способів їх функціоналізації та шляхів регулювання структури полімерів, знання яких дозволяє цілеспрямовано підходити до вибору методу та способу отримання високомолекулярних сполук з необхідними структурою та властивостями.

Оволодіння програмою курсу сприятиме підготовці аспірантів як перспективних дослідників, здатних аналізувати спеціальну літературу в галузі сучасного органічного та полімерного синтезу і застосовувати отриману інформацію для розв'язання практичних задач, в тому числі при підготовці дисертаційної роботи, статей, доповідей на науково-практичних конференціях.

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни:

- формування знань про основні класи полімерів та їхній цілеспрямований синтез;
- вивчення шляхів функціоналізації полімерних сполук;
- формування знань про отримання полімерних систем з використанням нових технологій за участю;

- опанування основними принципами роботи з лабораторними обладнанням;
- формування вмінь та навичок органічного та полімерного синтезу на прикладі обраних класів високомолекулярних сполук;
- оволодіти основними техніками характеристики полімерів.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми аспіранти після засвоєння навчальної дисципліни повинні:

знати:

- базові поняття про основні класи полімерів: класифікація полімерів та їхні методи отримання;
- механізми синтезу полімерів за допомогою радикальної та йонної полімеризації, а також шляхом поліконденсації;
- полімераналогічні перетворення та шляхи функціоналізації полімерів;
- можливості використання мономерів для отримання нових полімерних систем;
- основні хімічні реакції, необхідні для планування полімерного синтезу;
- основні техніки характеристики полімерів;
- види хімічного посуду та обладнання, етапи підготовки до синтезу полімерів, проведення синтезу, а також методи виділення, очищення та зберігання одержаних полімерних сполук.

вміти:

- аналізувати теоретичний та експериментальний матеріал з метою обґрунтування наукової проблеми та актуальності дослідження певних класів полімерів.
- обґрунтовувати наукову проблему і актуальність дослідження обраних полімерних систем;
- використовувати інформаційні джерела для планування синтезу полімерів і виконувати експериментальний синтетичний дослід;
- обирати ключових фактори та параметри для ефективного синтезу полімерів та прогнозування результатів процесу;
- користуватись програмним забезпеченням для аналізу спектральних характеристик мономерів та полімерів;
- застосовувати здобуті знання в своїй професійній діяльності для вирішення наукових і практичних завдань в галузі високомолекулярної хімії.

мати навички:

- практичного застосування теоретичних знань для розробки нових полімерних сполук та систем на їхній основі;
- планування і проведення синтезу мономерних та полімерних сполук;
- адаптування методик синтезу до конкретних умов проведення експерименту та наявності реактивів.

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; здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; здатність до критичного аналізу, оцінки наявних знань, синтезу нових та складних ідей на основі логічних аргументів та перевірених фактів; творчість; здатність до генерування нових ідей, абстрактного мислення, досягнення наукових цілей; знаходження найкращих рішень в нових умовах та ситуаціях.

➤ ***Загальнопрофесійні компетенції:***

здатність самостійно здійснювати науково-дослідницьку діяльність в області хімії високомолекулярних сполук з використанням сучасних методів дослідження та інформаційно-комунікаційних технологій; здатність до пошуку, оброблення на аналізу інформації з різних джерел.

➤ ***Професійні компетенції:***

здатність організувати проведення експериментів і випробувань, проводити їх обробку, аналізувати їх результати та узагальнювати у вигляді наукових статей для провідних профільних журналів; готовність до розробки навчально-методичної документації для проведення навчального процесу; здатність планувати та виконувати наукові проекти, складати пропозиції щодо фінансування наукових досліджень в області хімії.

2. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

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

Модулі дисципліни і види занять

№	Модулі дисципліни	Кількість кредитів ECTS	Обсяг навчальної роботи (в годинах)						Вид підсумкового контролю
			загальний обсяг	всього аудиторних	лекції	консультації	семінари	самостійна робота	
1	Основні поняття хімії полімерів та особливості їхнього синтезу	4	120	19	11	3	5	51	
3	Функціоналізація полімерів і практичні аспекти їхнього синтезу та характеристикації	4	120	19	11	3	5	51	
Разом		8	240	38	22	6	10	202	Екзамен

Навчальна дисципліна містить вісім кредитних модулів:

МОДУЛЬ 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ХІМІЇ ПОЛІМЕРІВ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХНЬОГО СИНТЕЗУ

Тема 1. Вступ до хімії високомолекулярних сполук.

Об'єкт, предмет та завдання курсу «Основні методи синтезу полімерів». Макромолекула, як головна структура одиниця високомолекулярної сполуки. Опис понять полімеру, олігомеру, мономеру, макромолекули та елементарної ланки, а також їхнє місце серед інших хімічних об'єктів. Мономери як вихідні продукти синтезу високомолекулярних сполук. Особливості та відмінності високомолекулярних сполук: асиметрія, рухливість, полідисперсність, високоеластична деформація, анізотропні властивості. Критерії розмежування високомолекулярних сполук і низькомолекулярних речовин. Вміст високомолекулярних сполук в об'єктах навколишньої природи. Практичне значення полімерів та матеріалів, що на них базуються, та напрямки сучасного виробництва полімерних матеріалів.

Тема 2. Основні поняття хімії високомолекулярних сполук, їхня класифікація та молекулярно-масові характеристики.

Класифікація полімерів за походженням, методом синтезу, хімічною будовою та функціональним призначенням. Природні і синтетичні полімери. Органічні й неорганічні полімери. Термопластичні та термореактивні пластики. Лінійні полімери. Коефіцієнт (ступінь) полімеризації. Розгалужені і зшиті

полімери. Гомополімери. Кополімери, блоккополімери, привиті кополімери. Гомоланцюгові й гетероланцюгові полімери. Типи розгалуження макромолекул. Дендримери. Фазові стани полімерів та особливості впорядкованості макромолекул. Номенклатура високомолекулярних сполук. Молекулярна маса (ММ) та відносна молекулярна маса. Молекулярно-масовий розподіл. Полідисперсність та коефіцієнт полідисперсності. Середньочислова, середньомасова та середньов'язкісна ММ полімерів. Методи визначення ММ: осмометрія, ебуліоскопія, за кількістю кінцевих груп, за світлорозсіянням, вискозиметрія та гель-проникна хроматографія. Залежність властивостей полімерів від ММ.

Тема 3. Синтез полімерів методом радикальної полімеризації.

Загальні способи отримання полімерів. Ланцюгова полімеризація. Загальні поняття. Основні етапи ланцюгової полімеризації: ініціювання ланцюгу, ріст ланцюга, передача ланцюга, обрив ланцюга. Радикальна полімеризація. Будова мономерів та їх здатність до радикальної полімеризації. Вільні радикали: типи, утворення, основні реакції. Будова та реакційна здатність вільних радикалів. Механізм радикальної полімеризації. Реакція ініціювання та ініціатори. Термічна, фотохімічна, радіаційна та ініційована полімеризації. Вплив основних факторів на процес радикальної полімеризації: температури, тиску, концентрації мономеру та ініціатора. Ефект ґратки та його вплив на кінетику ініціювання. Кінетика зростання ланцюга: диспропорціонування та рекомбінація. Реакції передачі ланцюга. Регулятори та інгібітори. Поліетилен, полібутадієн, полістирол, поліметилметакрилат.

Тема 4. Іонна полімеризація при синтезі полімерів.

Загальні положення іонної полімеризації. Відмінності іонної полімеризації від радикальної полімеризації. Катіонна полімеризація. Генерація карбокатиону. Вплив структури на стабільність катіонної частинки. Ініціювання катіонної полімеризації. Каталіз в катіонній полімеризації. Ріст, передача та обрив ланцюга при катіонній полімеризації. Кінетика катіонної полімеризації. Вплив розчинника на перебіг катіонної полімеризації. Аніонна полімеризація. Вплив структури на стабільність аніону. Ініціювання аніонної полімеризації. Кінетика аніонної полімеризації. Полімеризація без обриву ланцюга. Механізм та кінетика утворення «живих» полімерів. Координаційно-іонна полімеризація. Каталізатори Циглера-Натта.

Тема 5. Синтез високомолекулярних сполук: поліконденсація (ступінчаста полімеризація).

Поліконденсація: новітні дослідження та механізм процесу. Побудова полімерних ланцюгів у реакції поліконденсації. Мономери для поліконденсації: властивості та функціональність. Основні типи реакцій поліконденсації та їх закономірності. Гомополіконденсація та гетерополіконденсація. Зворотня та незворотня поліконденсація. Молекулярна маса поліконденсаційних полімерів: залежність від глибини реакції. Молекулярно- масовий розподіл та кінетика в

реакції поліконденсації. Рівняння Карозерса. Синтез поліефірів, поліамідів, поліуретанів, полісилоксанів методом поліконденсації. Тривимірні поліконденсації. Деструкція в процесі поліконденсації: механізм та наслідки.

Тема 6. Способи проведення полімеризації та поліконденсації.

Полімеризація в масі, в розчині, в суспензії, в емульсії, в твердій і газоподібній фазах. Міцелоутворення. Латекси. Проведення поліконденсації: в розплаві, на поверхні розділу фаз, в розчині і в твердій фазі Переваги та недоліки способів полімеризації та поліконденсації.

МОДУЛЬ 2. ФУНКЦІОНАЛІЗАЦІЯ ПОЛІМЕРІВ І ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ЇХНЬОГО СИНТЕЗУ ТА ХАРАКТЕРИЗАЦІЇ

Тема 7. Кополімеризація та кополіконденсація як шляхи розширення функціональних можливостей полімерів.

Визначення кополімеризації / кополіконденсації. Технологічне значення кополімерів. Класифікація кополімерів. Кінетика кополімеризації / кополіконденсації. Типи кополімеризації / кополіконденсації та її вплив на склад кополімерів. Кополімери статистичної та регулярної будови. Кополімеризація як метод встановлення відносної реакційної здатності мономерів. Блок- і привіті кополімери. Кополімеризація метилметакрилату та стирену.

Тема 8. Модифікація полімерів та полімераналогічні перетворення. Структурна та хімічна модифікація полімерів. Технологічне значення модифікації високомолекулярних сполук. Полімерні композиційні матеріали. Основні типи хімічної модифікації полімерів. Функціоналізація за рахунок мономерів. Внутрішньомолекулярні перетворення. Полімераналогічні перетворення. Процеси окиснення полімерів. Гідрування полімерів. Галогенування полімерів. Реакції кінцевих груп високомолекулярних сполук. Поверхнева та об'ємна модифікація полімерів. Термічна та окисна деструкція полімерів. Стабілізація полімерів. Антиоксиданти. Структурування полімерів. Реакції зшиття. Старіння полімерних матеріалів.

Тема 9. Сучасні тенденції в отриманні полімерних систем.

Нанокоспозиторні полімерні матеріали. Техніка електроформування (electrospinning) полімерів. Полімери з вбудованим інтелектом (smart polymers; stimuli-responsive polymers; intelligent materials). Полімери з внутрішньою мікропористістю (polymers of intrinsic microporosity). Самовідновлювальні полімери (self-healing polymers): принципи створення. Біодеградабельні полімери.

Тема 10. Способи проведення синтетичних робіт при отриманні полімерів в лабораторних умовах.

Техніка безпеки. Стратегія синтезу. Планування полімерного синтезу. Обладнання та прийоми, що використовуються в хімії високомолекулярних

сполук. Хімічний посуд. Мішалки. Нагрівання та охолодження. Робота з газами, забезпечення інертної атмосфери. Збір реакторів. Практичні аспекти тверднення полімерів (мономерів). Шляхи отримання полімерних плівок.

Тема 11. Основні методи виділення, висушування та очищення полімерних сполук.

Способи виділення та очищення мономерів та полімерів. Фільтрування, центрифугування. Перекристалізація. Перегонка: проста та вакуумна, перегонка з паром. Сублимація. Екстракція. Колоночна хроматографія. Переосадження. Сушіння та зберігання речовин. Упарювання і сушіння при нормальному тиску та вакуумі. Осушуючі реагенти. Зберігання мономерів (зокрема ненасичених) та полімерів.

Тема 12. Основні шляхи характеристикації та дослідження високомолекулярних сполук.

ІЧ, Раман і УФ спектроскопія. Спектри ядерного магнітного резонансу полімерних сполук. Підготовка зразка. Умови реєстрації спектрів ^1H та ^{13}C ЯМР. Гель-проникна хроматографія та метод матрично-активованої лазерної десорбція/іонізація (MALDI) для дослідження молекулярно-масових характеристик полімерів. Рентгеноструктурний аналіз як метод дослідження структури полімерів. Диференційна сканувальна калориметрія. Теплові потоки. Принцип вимірювання. Термічна історія зразку. Термогравіметричний аналіз. Комп'ютерне програмне забезпечення для аналізу отриманих даних. Практичні аспекти інтерпретації отриманих спектрів.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Гетьманчук Ю.П., Братичак М.М. Хімія та технологія полімерів. Підручник. – Львів: Видавництво «Баскет Бід», 2006. – 496 с.
2. Реакционная способность, механизмы реакций и структура в химии полимеров / Ред. А. Дженкинс, А. Ледвис. М.: Мир, 1977.
3. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. – М.: Высшая школа, 1981. – 656 с.
4. Соколов Л.Б. Основы синтеза полимеров методом поликонденсации. Изд-во «Химия», 1979. – 264 с.
5. Braun D., Cherdron H., Rehahn M., Ritter H., Voit B. Polymer synthesis: theory and practice: fundamentals, methods, experiments. Springer Science & Business Media, 2012. – 395 p.
6. Handbook of polymer synthesis / Ed. H. R. Kricheldorf, O. Nuyken, Gr. Swift. - New York: Marcel Dekker, 2005. – 945 p.
7. Лабораторний практикум з хімії та технології полімерів / Під ред. І. Словіковської. - Варшава: Видавництво Варшавської політехніки, 2002. – 244 с.

Додаткова:

8. Беккер Х., Беккерт Р., Бергер В. и др. Органикум: В 2-х т. – М.: Мир, 2008, Т. 1. – 504 с.
9. Su W.-F. Principles of Polymer Design and Synthesis. – Berlin: Springer, 2013. – 306.
10. Synthesis of Polymers – New Structures and Methods; Schluter, A. D., Hawker, C. J., Sakamoto, J.; Eds.; Wiley: Weinheim, Germany, 2012. – 1199 p.
11. Ganachaud F., Boileau S., Boury B. Silicon Based Polymers, Springer, Heidelberg, 2008. – 285 p.
12. Leclerc, M., Morin, J. F. (Eds.). Design and synthesis of conjugated polymers Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2010. – 371 p.
13. Fainleib A (ed). Thermostable Polycyanurates. Synthesis, Modification, Structure and Properties. New York: Nova Science Publishers; 2010.
14. Саундерс Дж. Х., Фриш К.К. Химия полиуретанов. – Москва: Химия, 1968. - 470 с.
15. Sandler S.R., Karo W., Bonesteel J.-A., Pearce E.M. Polymer synthesis and characterization. A laboratory manual. – San Diego: Academic Press, 1998.
16. Advances in polymer synthesis / Ed. by Bill M. Culbertson and James E. McGrath. - New York – London: Plenum press, 1985.

3. ФОРМА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ УСПІШНОСТІ НАВЧАННЯ:

Екзамен.

4. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ УСПІШНОСТІ НАВЧАННЯ:

Діагностика успішності навчання аспірантів під час проведення лекційних занять:

- відповіді на питання за лекційним курсом;
- усні завдання;
- доповіді.

Діагностика успішності навчання аспірантів під час проведення практичних та індивідуальних занять:

- усне опитування;
- участь в обговоренні дискусійних питань.