

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Хімічний факультет

Кафедра хімії високомолекулярних сполук

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.В. Заступник декана
з навчальної роботи



Наталія УСЕНКО

2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
МЕХАНІЗМИ ПОЛІМЕРИЗАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

для здобувачів освіти

галузі знань **10 Природничі науки**
спеціальність **102 Хімія**
освітній рівень **бакалавр**
освітня програма **Хімія**
вид дисципліни **вибіркова**


Форма навчання **денна**
Навчальний рік **2025/2026**
Семестр **8**
Кількість кредитів ECTS **3,0**
Мова викладання,
навчання та оцінювання **українська**
Форма контролю **іспит**

Викладачі (лектор): **професор Вретік Людмила Олександрівна,**
доцент Юхименко Наталія Миколаївна

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. _____ (_____) «__» _____ 20__ р.
на 20__/20__ н. р. _____ (_____) «__» _____ 20__ р.

КИЇВ – 2025

Розробники: **Вретік Людмила Олександрівна**, д.х.н., професор, професор кафедри хімії високомолекулярних сполук 

Юхименко Наталія Миколаївна, к.х.н., доцент, доцент кафедри хімії високомолекулярних сполук 

Зав. кафедри хімії високомолекулярних сполук  Ірина САВЧЕНКО

Протокол № 12 від «21» квітня 2025 року

Схвалено науково - методичною комісією хімічного факультету

Протокол № 9 від «7» травня 2025 року

Голова науково-методичної комісії  Олександр РОЇК

1. Мета дисципліни – розкрити потенціал методів контрольованої радикальної полімеризації для створення макромолекул з контрольованою молекулярною масою, вузьким молекулярно-масовим розподілом, бажаною архітектурою та функціоналізацією. Головні відмінності йонної полімеризації від радикальної. Особливості йонних процесів. Йонна полімеризація вінілових, гетероциклічних мономерів.

На практичних заняттях закріплюються основні теоретичні положення та набуваються практичні навички опису процесів контрольованої радикальної аніонної та катіонної полімеризації.

2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни:

Студенти повинні знати базові теоретичні положення хімії високомолекулярних сполук, знати хімічні та фізико-хімічні властивості представників основних класів полімерів, володіти базовими знаннями про фізико-хімії властивості розчинів полімерів, володіти практичними навичками роботи в хімічній лабораторії.

3. Анотація навчальної дисципліни. Передбачається вивчення загальних характеристик та класифікацій методів «живої»/контрольованої радикальної полімеризації; теоретичних основ методів NMP-, RAFT- та ATRP-полімеризації ванільних мономерів та можливості синтезу функціоналізованих макромолекул методами «живої»/контрольованої радикальної полімеризації, аніонна та катіонна полімеризація вінільних, гетероциклічних мономерів; полімеризація на вільних йонах та йонних парах; вплив протийону; полімеризація циклічних сполук.

4. Завдання: навчальна задача курсу полягає у вивченні специфіки основних механізмів радикальної полімеризації (NMP-, RAFT- та ATRP-полімеризації), аніонної та катіонної полімеризації; надати розуміння хімічних основ методів «живої»/контрольованої радикальної та йонної полімеризації, сформулювати вміння правильно підбирати умови експерименту для синтезу макромолекул із заданими молекулярно-масовими характеристиками.

Згідно з вимогами Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 102 – «Хімія») навчальна дисципліна спрямована на досягнення наступних загальних та спеціальних (фахових) компетентностей: ЗК5, ЗК10 та СК1, СК4, СК5, СК7.

5. Результати навчання за дисципліною:

Код	Результат навчання	Форми викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
1. Знання				
1.1	Знати сучасні тенденції та класифікацію способів проведення контрольованої радикальної і йонної полімеризації.	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота; усна доповідь з презентацією; перевірка завдань самостійної роботи, оцінювання реферату, підсумковий контроль.	10
1.2	Знати хімічні основи таких способів проведення контрольованої радикальної полімеризації NMP, RAFT, ATRP.	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота; усна доповідь з презентацією; перевірка завдань самостійної роботи, оцінювання реферату, підсумковий контроль.	15
1.3	Знати базові принципи та процедури синтезу макромолекул із зіданими молекулярно-масовими характеристиками, будовою та функціоналізацією.	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота; усна доповідь з презентацією; перевірка завдань самостійної роботи, оцінювання реферату, підсумковий контроль.	15
2. Уміння				
2.1	Здатність використовувати набуті знання та компетенції з хімії в прикладному полі, базові інженерно-технологічні навички.	практичні, самостійні роботи	Захист практичних робіт; перевірка завдань самостійної роботи, підсумковий контроль.	10
2.2	Уміння демонструвати знання для пояснення хімічних основ створення макромолекул із заданими молекулярно-масовими характеристиками, будовою та функціоналізацією.	практичні, самостійні роботи	Захист практичних робіт; перевірка завдань самостійної роботи, підсумковий контроль.	15

2.3	Здатність здійснювати експериментальну роботу під керівництвом, з метою перевірки гіпотез та дослідження явищ і хімічних закономірностей.	практичні, самостійні роботи	Захист практичних робіт; перевірка завдань самостійної роботи, підсумковий контроль.	15
3. Комунікація				
3.1	Здатність використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології при спілкуванні, а також для збору, аналізу, обробки, інтерпретації інформації у галузі хімії.	лекції, практичні, самостійні роботи	Контрольна робота; усна доповідь з презентацією; перевірка завдань самостійної роботи, оцінювання реферату, підсумковий контроль.	5
3.2	Здатність виконувати передбачені навчальною програмою завдання та операції у співпраці з іншими виконавцями.	практичні, самостійні роботи	Захист практичних робіт; перевірка завдань самостійної роботи, підсумковий контроль.	5
4. Автономність та відповідальність				
4.1	Вміти самостійно фіксувати, інтерпретувати та відтворити результати експерименту.	практичні, самостійні роботи	Захист практичних робіт; перевірка завдань самостійної роботи.	5
4.2	Дотримуватися правил техніки безпеки при роботі в хімічній лабораторії.	практичні роботи	Захист практичних робіт.	5

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4
Програмні результати навчання	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2
P.01. Розуміти ключові хімічні поняття, основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються природничих наук та наук про життя і землю, а також хімічних технологій на рівні, достатньому для їх застосування у професійній діяльності та для забезпечення можливості в подальшому глибоко розуміти спеціалізовані області хімії.	+	+	+	+						
P04. Розуміти основні закономірності та типи хімічних реакцій та їх характеристики					+	+	+			
P10. Застосовувати основні принципи термодинаміки та хімічної кінетики для вирішення професійних завдань	+	+	+	+						
P12. Знати основні шляхи синтезу в органічній хімії, включаючи функціональні групові взаємоперетворення та формування зв'язку карбон карбон, карбон-гетероатом.					+	+	+			
P15. Спроможність використовувати набуті знання та вміння для розрахунків, відображення та моделювання хімічних систем та процесів, обробки експериментальних даних ароматичних, гетероциклічних та органометалічних сполук, пояснювати природу та поведінку функціональних груп в органічних молекулах.					+	+	+			
P18. Демонструвати знання та розуміння основних фактів, концепцій, принципів та теорій з хімії.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
P20. Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.				+	+	+	+			+

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання здобувачів освіти:

Семестрове оцінювання:

Максимальна/мінімальна кількість балів, які можуть бути отримані здобувачем освіти:

60 балів /36 балів, а саме:

1. Контрольна робота №1: РН 1.1, РН 1.3– **10/6 балів.**
2. Контрольна робота №2: РН 1.2, РН 3.1– **10/6 балів.**
3. Контрольна робота №3: РН 1.1, РН 1.3, РН 3.1 – **10/6 балів.**
4. Усна доповідь з презентацією: РН 1.1, РН 1.2, РН 1.3, РН 3.1 – **10/6 балів.**
5. Реферат: РН 1.1, РН 1.2, РН 1.3, РН 3.1 – **5 балів /3 бали**
6. Практичні роботи № 1–3: РН 2.1, РН 2.2, РН 2.3, РН 3.2, РН 4.1, РН 4.2 – **10/6 балів.**
7. Самостійна робота: РН 1.1-1.3, РН 2.1-2.3, РН 3.1-3.2, РН 4.1 - **5 балів /3 бали**

Підсумкове оцінювання (у формі іспиту):

Максимальна/мінімальна кількість балів, які можуть бути отримані здобувачем освіти: **40 балів /24 бали.**

Результати навчання, які будуть оцінюватись: РН 1.1, РН 1.2, РН 1.3, РН 2.1, РН 2.2, РН 2.3, РН 3.1, РН 4.1, РН 4.2

Форма проведення: письмова робота.

Види завдань: чотири теоретичних питання на 40 балів.

Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за іспит не може бути менше, ніж 24 бали.

Здобувач освіти допускається до іспиту, якщо протягом семестру він: набрав не менше, ніж 36 балів, виконав і вчасно здав усі практичні роботи.

7.2. Організація оцінювання:

Терміни проведення оцінювання:

Контрольна робота №1: не раніше **6 тижня** семестру;

Контрольна робота №2: не раніше **9 тижня** семестру;

Контрольна робота №3: не раніше **12 тижня** семестру;

Практична робота № 1: виконується до **6 тижня** семестру;

Практична робота № 2: виконується впродовж **7–8 тижня** семестру;

Практична робота № 3: виконується впродовж **8–9 тижня** семестру;

Усна доповідь з презентацією та написання реферату виконується протягом семестру, але не пізніше, ніж за **2 тижні** до закінчення семестру;

Персональні завдання для написання реферату та усної доповіді з презентацією здобувачі освіти отримують не пізніше, як за **8 тижнів** до закінчення семестру;

Оцінювання самостійної роботи: впродовж семестру.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень / Marks
Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни.

Тематичний план лекцій, практичних занять та самостійної роботи

№ теми	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	практичні	самостійні роботи
Контрольована радикальна полімеризація				
1	Загальна характеристика та класифікація методів «живої»/контрольованої радикальної полімеризації	2		4
2	NMP-полімеризація.	2	2	4
3	RAFT-полімеризація.	4	2	4
4	ATRP-полімеризація.	4	2	4
5	Синтез функціоналізованих макромолекул методами «живої»/контрольованої радикальної полімеризації	2	2	4
Механізми йонної полімеризації				
6	Головні відміни йонної полімеризації від радикальної. Полімеризація на вільних йонах та йонних парах. Вплив протийону. Проблеми співкаталізаторів. Ініціювання катіонної полімеризації протонними кислотами, кислотами Льюїса та йодом. Ініціювання шляхом одноелектронного переносу.	2		3
7	Реакції обмеження росту ланцюга при катіонній полімеризації неполярних мономерів. Безобривна катіонна полімеризація та "живі" полімери. Синтези з допомогою полімерів при катіонній полімеризації з "живими" активними центрами.	2	2	4
8	Реакції обмеження росту ланцюга при полімеризації вінілових етерів. Стереорегулювання у катіонній полімеризації. Катіонна кополімеризація.	2		4
9	Йонна полімеризація сполук з кратними зв'язками між гетероатомами. Йонна полімеризація гетероциклічних мономерів. Будова гетероциклу та його здатність до полімеризації.	2	2	4
10	Синтез олігогліколів. Катіонна полімеризація циклічних етерів, ряд їх основності та способи її визначення. Полімеризація циклічних сульфідів. Аніонна полімеризація тіранів.	2		4
11	Синтез фоточутливих олігомерів на основі циклічних етерів та сульфідів. Полімеризація лактонів, лактамів та циклічних ацеталів. Полімеризація циклосилоксанів.	2	2	4
12	Синтез фоточутливих олігомерів на основі циклічних етерів та сульфідів. Полімеризація лактонів, лактамів та циклічних ацеталів. Полімеризація циклосилоксанів.	2		4
	УСЬОГО	28	14	47

Загальний обсяг 90 год., у тому числі:

Лекцій – 28 год.,

Практичні роботи – 14 год.

Самостійна робота – 47 год.

Консультації – 1 година

9. Рекомендовані джерела

Основні:

1. М.М.Братичак, Р.-Т. Сікорський “Основи синтезу і реакційної здатності високомолекулярних сполук”. Вид. “Львівська політехніка”. Львів: 2003 р.
2. Ю.П. Гетьманчук, М.М. Братичак. Хімія та технологія полімерів. Львів. Вид. „Бескид Біт”, 2006.-495 с.
3. Гетьманчук Ю.П. Полімерна хімія.- К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008.-456 с.-ISBN 978-966-439-060-3.
4. Гетьманчук Ю.П. Полімерна хімія. (Ч. 2. Йонна полімеризація.) – Київський університет, 2000.
5. Handbook of RAFT polymerization. Ed. Christopher Barner-Kowollik, 2008.-WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.-558 p.-ISBN 978-3-527-31924-4.
6. Moad, G.; Rizzardo, E.; Thang, S. H. Acc. Chem. Res. 2008, 41, 1133.
7. Ezio Rizzardo and David H. Solomon On the Origins of Nitroxide Mediated Polymerization (NMP) and Reversible Addition]Fragmentation Chain Transfer (RAFT) //Aust. J. Chem. 2012, 65, 945–969.
8. Otsu, T. Iniferter concept in living radical polymerization // J. Polym. Sci., Part A: Polym. Chem. 2000, 38, 2121-2136
9. Bertin D. Kinetic subtleties of nitroxide mediated polymerization / D. Bertin, D. Gignes, S. R. A. Marque, P. Tordo // **Chem. Soc. Rev.** – 2011. – V.40. – №5. – P.2189-2198.
10. Robert B. Grubbs (2011) Nitroxide-Mediated Radical Polymerization: Limitations and Versatility, **Polymer Reviews**, 51:2, 104-137, DOI: [10.1080/15583724.2011.566405](https://doi.org/10.1080/15583724.2011.566405)
11. Nitroxide-Mediated Polymerization: A Versatile Tool for the Engineering of Next Generation Materials Halynne R. Lamontagne and Benoît H. Lessard // *ACS Applied Polymer Materials* 2020 2 (12), 5327-5344 DOI: [10.1021/acsapm.0c00888](https://doi.org/10.1021/acsapm.0c00888)
12. Moad, G.; Rizzardo, E.; Thang, S. H. Radical addition–fragmentation chemistry in polymer synthesis // *Polymer*.-2008.-49.-1079-1131.
13. Tang, W.; Kwak, Y.; Braunecker, W.; Tsarevsky, N. V.; Coote, M. L.; Matyjaszewski, K. // J. Am. Chem. Soc. 2008, 130, 10702.
14. <https://www.sigmaaldrich.com/deepweb/assets/sigmaaldrich/marketing/global/documents/716/722/crp-guide-br5077en-mk.pdf>
15. George Odian - Principles of Polymerization, 4th Edition, Wiley-Interscience, 2004, 848 Pages, ISBN: 978-0-471-27400-1

Додаткові:

1. Jakubowski, Wojciech. "Complete Tools for the Synthesis of Well-Defined Functionalized Polymers via ATRP". Sigma-Aldrich. <https://www.sigmaaldrich.com/UA/en/technical-documents/technical-article/materials-science-and-engineering/polymer-synthesis/atrp>
2. Florjanczyk Z., Penczek S. *Chemia polimerów*, t.I Warszawa, 1995.
3. М. Братичак та інш. Лабораторний практикум з хімії та технології полімерів. – Варшава: ВВП, 2002. – 244 с.
4. О.В. Суберляк, Т.Г. Яковенко, Т.Г. Бабаханова, І.Г. Тхір. Атлас технологічних схем виробництва полімерів та пластичних мас на їх основі. - Львів, 2002. - 239 с.

5. Ю.П. Гетьманчук, В.Г.Сиромятніков. Практикум з полімерної хімії. Київ.:Вид."Київський університет", 2006.-86 с.