

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Хімічний факультет**  
Кафедра хімії високомолекулярних сполук

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**



Заступник декана  
з навчальної роботи

Наталія УСЕНКО

« 06 » 2024 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**РЕЛАКСАЦІЙНІ ЯВИЩА В ПОЛІМЕРАХ**  
*для здобувачів освіти*

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

Форма навчання **заочна**  
Навчальний рік **2024/2025**  
Семестр **II**  
Кількість кредитів ECTS **4,0**  
Мова викладання,  
навчання та оцінювання **українська**  
Форма заключного контролю **залік**

Викладач (лектор): **Студзинський Сергій Леонідович, д.х.н., доц**

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КИЇВ - 2024**

Розробник: Студзинський С.Л. д.х.н., доц.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри хімії високомолекулярних сполук

 Ірина САВЧЕНКО

Протокол № 11 від « 1 » травня 2024 р.

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол від « 9 » квітня 2024 року №    

Голова науково-методичної комісії  Олександр ПОЇК

« 9 » 04 2024 року

**1. Мета дисципліни** - ознайомлення студентів із особливостями процесів релаксації в полімерах, особлива увага приділяється освоєнню основних методів дослідження релаксаційних явищ у полімерах методами механічної, електричної, магнітної, теплової (структурної) релаксації.

**2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни:**

1. Знати основні поняття хімії та фізико-хімії високомолекулярних сполук.
2. Уміти визначати основні молекулярні характеристики полімерів.
3. Володіти елементарними навичками встановлення впливу структури полімерів на релаксаційні процеси.
4. Володіти базовими знаннями загальної хімії.

**3. Анотація навчальної дисципліни.** Основні поняття про будову високомолекулярних сполук та особливості молекулярної структури полімерів. Рівні структурної організації та динамічна структура полімерів. Поняття про процеси релаксації в полімерах, їх особливості та класифікація. Релаксаційні переходи в полімерних системах. Взаємозв'язок молекулярної структури полімерів і релаксаційних процесів у них. Особливості процесів релаксації в полімерах в різних фазових та фізичних станах. Основні методи дослідження релаксаційних явищ у полімерах, методи механічної, електричної, магнітної та теплової (структурної) релаксації.

**4. Завдання:** розвиток теоретичних уявлень студентів про будову полімерів.

Надати студентам уявлення про релаксаційний характер процесів, які відбуваються у високомолекулярних сполуках при впливі на них механічного, електричного, магнітного та теплового поля. Сформувані у студентів єдиний узагальнюючий погляд на релаксаційні процеси різної природи в полімерах. Розкрити зв'язок характеру релаксаційних процесів в полімері з його молекулярною будовою та фізичною і динамічною структурою. Ознайомити студентів з основними принципами, що лежать в основі методів експериментального дослідження релаксаційних процесів різного типу в полімерних системах. Навчити студентів визначати кінетичні параметри релаксаційних процесів різної природи з даних релаксаційної спектроскопії.

Навчальна дисципліна спрямована на досягнення наступних загальних та спеціальних (фахових) компетентностей: ЗК1, ЗК2, ЗК8, ЗК14 та ФК1, ФК2, ФК6, ФК8, ФК9.

**5. Результати навчання за дисципліною:**

Код	Результат навчання	Форми викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
<b>1. Знання</b>				
1.1	Знати місце високомолекулярних сполук в системі хімічних наук	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота; усна доповідь з презентацією; перевірка завдань самостійної роботи, оцінювання реферату.	5

1.2	Знати класифікацію структури високомолекулярних сполук та особливості будови полімерних молекул.	Лекція, практичні роботи, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота; усна доповідь з презентацією; перевірка завдань самостійної роботи, оцінювання реферату, підсумковий контроль.	10
1.3	Знати методи дослідження релаксаційних властивостей полімерних систем.	Лекція, практичні роботи, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота; усна доповідь з презентацією; перевірка завдань самостійної роботи, оцінювання реферату, підсумковий контроль.	25
<b>2. Уміння</b>				
2.1	Знайти у першоджерелах інформацію про методи релаксаційної спектроскопії.	практичні роботи, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Захист практичних робіт; перевірка завдань самостійної роботи, підсумковий контроль.	10
2.2	Знайти можливості дослідження полімерних систем на основі вивчених методів.	практичні роботи, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Захист практичних робіт; перевірка завдань самостійної роботи.	15
2.3	Здійснювати характеристику полімерних систем за допомогою релаксаційних методів.	Лекція, практичні роботи, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота; усна доповідь з презентацією; перевірка завдань самостійної роботи, оцінювання реферату.	15

<b>3. Комунікація</b>				
<b>3.1</b>	Здатність використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології при спілкуванні, а також для збору, аналізу, обробки, інтерпретації інформації у галузі полімерної хімії.	Лекція, практичні роботи, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота; усна доповідь з презентацією; перевірка завдань самостійної роботи, оцінювання реферату, підсумковий контроль.	5
<b>3.2</b>	Здатність виконувати передбачені навчальною програмою завдання та операції у співпраці з іншими виконавцями	самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Захист практичних робіт; перевірка завдань самостійної роботи.	5
<b>4. Автономність та відповідальність</b>				
<b>4.1</b>	Уміти самостійно фіксувати, інтерпретувати та відтворити результати експерименту	самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	перевірка завдань самостійної роботи, оцінювання реферату.	10

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни (РНД) із програмними результатами навчання (ПРН):**

<b>ПРН</b>	<b>РНД (код)</b>									
		<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>2.1</b>	<b>2.2</b>	<b>2.3</b>	<b>3.1</b>	<b>3.2</b>	<b>4.1</b>
P1. Знати та розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.		+			+	+		+		
P2. Глибоко розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються предметної області, опанованої у ході магістерської програми, використовувати їх для розв'язання складних задач і проблем, а також проведення досліджень з відповідного напрямку хімії.		+	+	+	+	+				
P9. Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання складних задач хімії, використовуючи відповідні методи та інструменти роботи з даними.		+	+	+	+					

P10. Планувати, організовувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.		+	+			+	+	+	+
P15 Володіння загальною методологією здійснення наукового дослідження	+	+	+	+	+				

## 7. Схема формування оцінки

### 7.1. Форми оцінювання здобувачів освіти:

#### Семестрове оцінювання:

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

**80 балів /48 балів**, а саме:

1. Контрольна робота №1: РН 1.1- 1.3, РН 2.3, РН 3.1 – **15/9 балів**.
2. Контрольна робота №2: РН 1.1-1.3, РН 2.3, РН 3.1 – **15/9 балів**.
3. Усна доповідь з презентацією РН 1.1- 1.3, РН 2.3, РН 3.1 – **15/9 балів**.
4. Реферат: РН 1.1- 1.3, РН 2.3, РН 3.1, РН 4.1 – **10/6 балів**
5. Практичні роботи № 1–3: РН 2.1-2.3, РН 3.2 – **10/6 балів**.
- 6.Завдання самостійної роботи: РН 1.1-1.3, РН 2.1-2.3, РН 3.1-3.2, РН 4.1- **15/9 балів**

#### Підсумкове оцінювання (у формі заліку):

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

**20 балів /12 балів**.

Результати навчання, які будуть оцінюватись:

РН 1.1-1.3, РН 2.1-2.3, РН 3.1-3.2, РН 4.1

Форма проведення: письмова робота.

Види завдань: два теоретичні завдання по 10 балів.

Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за залік не може бути меншою, ніж 12 балів.

**Здобувач освіти допускається до заліку**, якщо протягом семестру він:

набрав не менше, ніж **48 балів**, написав реферат, виконав і вчасно здав завдання самостійної роботи.

### 7.2. Організація оцінювання:

Терміни проведення оцінювання:

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

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

Практичні роботи: виконуються протягом семестру, але не пізніше, ніж за **2 тижні** до його закінчення.

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

Персональні завдання для написання реферату та усної доповіді з презентацією студенти 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
<b>зараховано</b>	60-100
<b>Не зараховано</b>	0-59

### 8. Структура навчальної дисципліни.

Тематичний план лекцій, практичних та самостійних робіт

№ п/п	теми	Кількість годин		
		лекції	практичні роботи	самостійні роботи
Природа релаксаційних явищ та процесів в полімерах, їх класифікація, особливості релаксаційних явищ в аморфних та кристалічних полімерах, в кополімерах, полімерних сумішах, зшитих полімерах				
1	Особливості молекулярної структури полімерів. Рівні структурної організації полімерів, динамічна структура полімерної системи та її ієрархічні рівні.	2		
2	Поняття про процеси релаксації в полімерах. Спектр часів релаксації полімерної системи. Взаємозв'язок структури і релаксаційних процесів у полімерах. Фазові, релаксаційні та переходи "поведінки" в полімерних системах.	4		5
3	Релаксаційні переходи в аморфних полімерах.	2		10
4	Особливості процесів релаксації в кристалічних полімерах.	2		
5	Особливості релаксаційних явищ в кополімерах, полімерних сумішах та зшитих полімерах, а також в рідкокристалічних полімерних системах.	2		10
Основні методи дослідження релаксаційних явищ у полімерах, методи механічної, електричної, магнітної та теплової (структурної) релаксації.				
6	Релаксаційна спектроскопія, механічна, електрична, магнітна, тепла (структурна) релаксація в полімерах, хімічна релаксація. Визначення кінетичних, зокрема, активаційних параметрів релаксаційних процесів в полімерних системах з даних релаксаційної спектроскопії.	2		10
7	Вивчення релаксаційних процесів у полімерах методом механічної релаксації	4	4	10

8	Процеси електричної релаксації в полімерах. Діелектричні втрати. Радіаційно-, зокрема оптично-індуковані релаксаційні явища в полімерних системах.	4	4	5
9	Теплофізичні методи дослідження і релаксаційні переходи в полімерах.	4		10
10	Калориметричний метод вивчення основних релаксаційних процесів у полімерах.	2		
11	Вивчення динамічної структури та процесів релаксації в полімерах методами ядерного магнітного та електронного парамагнітного резонансу.	2	2	20
	<b>УСЬОГО</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>80</b>

Загальний обсяг 120 год.<sup>1</sup>, в тому числі:

Лекцій – 30 год.

Практичні роботи – 10 год.

Самостійні роботи – 80 год.

## 9. Рекомендовані джерела

### Основні:

1. Нижник В.В., Нижник Т.Ю. Фізична хімія полімерів. К.: Фітосоціоцентр, 2009. 424 с.
2. Bartenev G.M. Relaxation Phenomena in Polymers - John Wiley & Sons, 1974, P. 349.
3. Boyd R.H., Smith G.D. Polymer dynamics and relaxation – CUP, 2007.-255 p.
4. Bower D.I. An Introduction to Polymer Physics – Cambridge University Press, 2002, P. 468. ISBN: 978-0521637213.
5. Gert Strobl - The Physics of Polymers. Concepts for Understanding Their Structures and Behavior - Springer-Verlag, 2007, P. 532. ISBN 978-3-540-25278-8.
6. Sperling L.H. Introduction to physical polymer science, Fourth Edition - Wiley-Interscience, 2006, P. 880. ISBN:9780471706069.
7. Rabek J.F. Experimental methods in polymer chemistry. Physical Principles and Applications – John Wiley & Sons Ltd, 1980, P. 888. ISBN: 9780471276043.
8. Irzhak V.I. Topological structure and relaxation properties of polymers // Rus. Chem. Rev. – 2005, Vol. 74, N 10. – PP. 937-967; Topological structure and relaxation properties of branched polymers. - 2006, Vol. 75, N 10.- PP. 919-934.
9. Jean Y.C., Mallon P.E., Schrader D.M. Principles and Applications of Positron and Positronium Chemistry - World Scientific, 2003, P. 424. ISBN: 978-9812381446.
10. Malkin A.Ya., Kulichikhin S.G. Rheokinetics: Rheological Transformations in Synthesis and Reactions of Oligomers and Polymers - Wiley-VCH (Verlag), 2008, P. 326. ISBN: 978-3-527-61494-3.
11. Perepechko I. Low-Temperature Properties of Polymers – Pergamon Press, 2013, P. 312. SBN-13: 978-1483125589.

<sup>1</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

12. Godovsky Y.K. Thermophysical Properties of Polymers - Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1992, P. 317. DOI 10.1007/978-3-642-51670-2, ISBN: 978-3-642-51672-6, 978-3-642-51670-2.
13. Reading M., Hourston D.J. Modulated temperature differential scanning calorimetry. Theoretical and practical applications in polymer characterisation – Springer, 2006, P. 344. ISBN-13: 978-1402037498.
14. Vshivkov S.A. Phase Transitions and Structure of Polymer Systems in External Fields - Cambridge Scholars Publishing, 2019, P. 390. ISBN: 978-1-5275-3296-0.
15. Arzhakov M., Riecanaky V.E. Relaxation in physical and mechanical behavior of polymers - Boca Raton, CRC Press, 2019, P. 174.

**Додаткові:**

1. Kozlov G.V., Yanovskii Y.G. Fractal mechanics of polymers. Chemistry and physics of complex polymeric materials - Apple Academic Press, 2014, P. 384. ISBN 978-1-774-63357-1.
2. Sanditov D.S., Ojovan M.I. Relaxation aspects of the liquid-glass transition // Physics Uspekhi.- 2019.- Vol. 62.-N2.-PP. 111-130.
3. Булавін Л.А., Забашта Ю.Ф., Свечнікова О.С. Застосування теорії релаксаторів для інтерпретації експерименту з дослідження релаксаційних властивостей полімерів // Український фізичний журнал.- 1999. – Том 44.- № 6. - С. 791-796.
4. Tony Blythe, David Bloor - Electrical Properties of Polymers, Second edition - Cambridge University Press, 2005, 2008. P. 496.
5. Tobolsky A.V. Properties and structure of polymers - New York – London, John Wiley&Sons, 1960, P. 331.
6. Vincent J. McBrierty, Kenneth J. Packer - Nuclear Magnetic Resonance in Solid Polymers (Cambridge Solid State Science Series) - Cambridge University Press 2006, P. 372.