

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Хімічний факультет
Кафедра хімії високомолекулярних сполук

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. заступника декана
з навчальної роботи

У.С.
Наталія УСЕНКО
факультет
« 11 » *листопада* 2025 року



**РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ
АНАЛІЗ ФАЗОВОЇ СТРУКТУРИ ПОЛІМЕРІВ**

для здобувачів освіти

галузі знань **Е Природничі сполуки, математика і статистика**
спеціальність **ЕЗ Хімія**
освітній рівень **магістр**
освітня програма **Хімія**
вид дисципліни **вибіркова**

Форма навчання **заочна**
Навчальний рік **2025/2026**
Семестр **II**
Кількість кредитів ECTS **4,0**
Мова викладання,
навчання та оцінювання **українська**
Форма заключного контролю **іспит**

Викладач (лектор): **Студзинський С.Л.**

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

КИЇВ - 2025

Розробник: Студзинський С. Л.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри хімії високомолекулярних сполук

 Ірина САВЧЕНКО

Протокол № 12 від «21» 07 2025 р.

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол від «7» травня 2025 року № 9

Голова науково-методичної комісії  Олександр ПОЇК

«7» травня 2024 року

1. Мета дисципліни – вивчення основних теоретичних уявлень про фазову структуру полімервмісних систем, сучасних теоретичних положень щодо механізмів утворення полімерних композицій з тією чи іншою надмолекулярною структурою (НМС), а також положень, що стосуються узагальнення результатів дослідження фазової структури багатокомпонентних полімерних систем; ознайомлення студентів із специфічними особливостями фазової структури полімерних систем та її морфологічної динаміки, обумовленими довголанцюговою будовою полімерних макромолекул. Ознайомлення студентів з прямими і непрямими методами дослідження фазової структури полімерних систем, а також з основною базою експериментальних досліджень фізичної структури останніх; демонстрація принципів відмінностей в ідентифікації надмолекулярних структур кристалічних, частково кристалічних, аморфних і рідкокристалічних полімерних систем; визначення основних механізмів модифікації надмолекулярної структури полімерів; висвітлення ролі поверхневих явищ (адсорбції і адгезії), відповідальних за структуру міжфазної границі в полімерних композитах; висвітлення можливостей отримання орієнтованих структур всіх згаданих полімерних систем. Закріплення відповідних теоретичних знань на практичних заняттях, зокрема, шляхом вирішення модельних задач.

2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни:

1. Теоретична підготовка, що надається студенту загальним курсом «Хімія високомолекулярних сполук».
2. Теоретична підготовка, що надається студенту загальним курсом «Колоїдна хімія».
3. Теоретична підготовка, що надається студенту загальним курсом «Фізична хімія».

3. Анотація навчальної дисципліни. Теоретичні уявлення про: фазову структуру та структуру границь розділу в складних полімерних системах, поверхневі явища на таких границях, типи міжмолекулярної взаємодії, що забезпечують адгезію в міжфазних шарах. Особливості фазової структури орієнтованих полімерів і полімерних мезофаз, зокрема, рідкокристалічних полімерних систем. Теоретичні основи створення композицій на основі полімерів, зокрема полімер-полімерних, та ідентифікація відповідних надмолекулярних структур, що супроводжують таке утворення. Основні методи дослідження фазової структури полімерних систем, методи оцінки сумісності полімерів та визначення параметрів термодинамічної взаємодії в багатокомпонентних полімерних системах, а також методи побудови фазових діаграм подібних систем і їх аналіз.

4. Завдання: Ознайомити студентів з особливостями фазової структури полімерних систем в різних фазових станах та висвітлити специфічні риси останньої, а також динаміки фазової морфології, обумовлені довголанцюговою будовою і великими розмірами полімерних молекул, а також характерною для більшості полімерних систем полідисперсністю. Опанувати теоретичні основи механізмів утворення надмолекулярних структур в бінарних та багатокомпонентних полімерних систем різної природи. Ознайомити студентів з основними методами дослідження фазової структури полімерних систем, а також з методами оцінки сумісності полімерів та визначення параметрів термодинамічної взаємодії в багатокомпонентних полімерних системах, з методами побудови відповідних фазових діаграм і їх аналізу методами геометричної термодинаміки. Надати студентам базові уявлення про механізми фазового розділення в бінарних та багатокомпонентних полімерних системах.

Ознайомити студентів з початковими відомостями теорії флуктуацій, критичних явищ та пов'язаних з ними питань фазових переходів в полімерних, зокрема багатокомпонентних, системах. Ознайомити студентів з особливостями суттєво нерівноважних процесів та явищ в полімерних системах і їх впливу на фазову структуру полімерної системи, з явищами самоорганізації в таких системах, зокрема, з процесами дестабілізації та самоорганізації в аморфних полімерних системах під дією зовнішніх впливів. Навчити студентів на базі модельних полімерних, в тому числі, полімер-полімерних систем вирішувати задачі, пов'язані з підсиленням міжфазного шару композицій, методами компатибілізації бінарних полімерних систем з нуклеаційною і спінодальною морфологією з метою комплексної модифікації структури і властивостей багатокомпонентних полімерних систем; навчити здійснювати вибір відповідного шляху цілеспрямованої модифікації НМС багатокомпонентних полімерних систем при вирішенні конкретної практичної задачі. Навчити студентів планувати експериментальний шлях дослідження фазової структури та НМС тих чи інших полімерних систем прямими/непрямими методами, здійснювати оптимальний вибір відповідного методу (методів) дослідження та проводити коректну інтерпретацію відповідних експериментальних даних. Навчальна дисципліна спрямована на досягнення наступних загальних та спеціальних (фахових) компетентностей: ЗК1, ЗК2, ЗК4, ЗК8, ЗК14 та ФК1, ФК2, ФК6, ФК8, ФК9.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результати навчання (1 – знати; 2 – вміти; 3 – комунікація; 4 - автономність та відповідальність)	Форми викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
1.1. Знати сталі наукові концепції та сучасні теорії дослідження фазової структури полімерних систем, а також фундаментальні основи суміжних наук	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота; усна доповідь з презентацією; перевірка завдань самостійної роботи, оцінювання реферату, підсумковий контроль.	15
1.2. Знати та розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються області полімерної хімії, опанованої у ході магістерської програми.	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота; усна доповідь з презентацією; перевірка завдань самостійної роботи, оцінювання реферату, підсумковий контроль.	15

1.3. Знати методи дослідження фазової структури полімерних систем	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота; усна доповідь з презентацією; перевірка завдань самостійної роботи, оцінювання реферату, підсумковий контроль	10
2.1. Використовувати набуті теоретичні знання та компетенції з курсу дослідження фазової структури полімерних систем для вирішення прикладних задач	Практичні роботи.	Захист практичних робіт; перевірка завдань самостійної роботи, підсумковий контроль.	15
2.2. Аналізувати наукові проблеми дослідження фазової структури полімерних систем та пропонувати їх вирішення на абстрактному рівні шляхом декомпозиції їх на складові, які можна дослідити окремо.	Практичні роботи.	Захист практичних робіт; перевірка завдань самостійної роботи, підсумковий контроль.	15
2.3. Здійснювати моніторинг та аналіз наукових джерел інформації та фахової літератури.	Практичні роботи.	Захист практичних робіт; перевірка завдань самостійної роботи.	10
3.1. Здатність використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології при спілкуванні, а також для збору, аналізу, обробки, інтерпретації інформації у галузі дослідження фазової структури полімерних систем	Практичні роботи.	Захист практичних робіт; перевірка завдань самостійної роботи.	10
3.2. Здатність виконувати передбачені навчальною програмою завдання та операції у співпраці з іншими виконавцями	Практичні роботи.	Захист практичних робіт; перевірка завдань самостійної роботи.	5
4.1. Вміти самостійно фіксувати, інтерпретувати та відтворити результати пошуку	Практичні роботи.	Захист практичних робіт; перевірка завдань самостійної роботи.	5

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

ПРН	РНД (код)									
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1	
Р2. 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.	+	+	+	+	+					
Р3. Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення нових якісних та кількісних задач хімії.	+	+	+	+	+					
Р9. Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання складних задач хімії, використовуючи відповідні методи та інструменти роботи з даними.	+	+	+	+		+	+	+	+	
Р10. Планувати, організовувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.		+	+		+	+				
Р13. Аналізувати наукові проблеми та пропонувати їх вирішення на абстрактному рівні шляхом декомпозиції їх на складові, які можна дослідити окремо.	+	+	+	+			+	+	+	

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

Підсумкове оцінювання (у формі іспиту):

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

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: чотири теоретичних питання 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** та виконав і вчасно здав всі 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;

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
Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни.

Тематичний план лекцій, практичних та самостійних робіт

№ тем и	теми	Кількість годин		
		Лекції	практичні	самостійні роботи
Особливості фазової структури полімерних систем та порівняльна характеристика експериментальних фізико-хімічних методів для оцінки сумісності полімерів.				
1	Особливості фазової структури кристалічних, частково кристалічних, аморфних і рідкокристалічних полімерних систем. Топоморфізм і топограми гнучколанцюгових полімерів, що кристалізуються, проблема “магічного чотирикутника” та фазова структура деяких специфічних полімерних мезофаз. Фазові, релаксаційні переходи та переходи “поведінки” в полімерних системах.	2		5
2	Квантово-механічні, термодинамічні методи та методи статистичної фізики в аналізі структури полімерів і експериментальні фізико-хімічні методи, що їх обслуговують. Прямі і непрямі методи дослідження. Обернена газова хроматографія (ОГХ): техніка і методологія експерименту.	2		5

3	Дослідження регіонів склування і топлення методом ОГХ та його роль при оцінці сумісності полімерів.	2		10
4	Термодинамічні властивості бінарних систем полімер-низькомолекулярна речовина та полімер-полімер. Теорія Скотта-Томпа.	2	2	5
5	Термодинаміка взаємодії полімер-полімер-низькомолекулярний сорбат за Паттерсоном: роль теорії, як бази для експериментального дослідження фазової структури за термодинамічними характеристиками.	2		5
Дослідження фазової структури полімерних, зокрема, полімер-полімерних систем.				
6	Експериментальне визначення параметрів термодинамічної взаємодії, точок бінодалі і спінодалі. Побудова фазових діаграм.	2		5
7	Оцінка термодинамічних характеристик за депресією температури топлення (малокутове рентгенівське розсіювання) і за Тагер. Оптичні методи експериментального дослідження фазової структури полімерних систем, електронна мікроскопія (ЕМ), методи розсіювання рентгенівських променів і теплових нейтронів.	1	2	5
8	Застосування ЕМ для реєстрації морфології полімерних композицій, зокрема, нуклеаційних і спінодальних структур. Методи скануючої та просвітлюючої ЕМ.	2		5
9	Дослідження та візуалізація морфології полімерних систем методами атомно-силової мікроскопії (АСМ) – базові принципи та методологія АСМ-експерименту. Візуалізація морфології полімерних систем: одиночні полімерні макроланцюги, кристалічні утворення, ламелярні кристали, сфероліти, багатофазні полімерні системи, полімерні наноструктури. Скануюча термічна мікроскопія (СТМ). Інші методи дослідження фазової структури полімерів.	3		5
Критична область перехідних полімер-полімерних систем. Механізми розшарування та їх дослідження.				
10	Визначення параметрів термодинамічної взаємодії в бінарних полімерних системах за характеристиками світлорозсіювання (метод Шольте) і точок бінодалі та спінодалі. Світлорозсіювання в плівках: методологія та техніка експерименту.	2		5
11	Елементи теорії флуктуацій і критичних явищ: фазові переходи II роду і фазове розшарування за типом рідина – рідина. Поняття про параметри порядку.	2	2	5

12	Нуклеаційний, спінодальний та змішаний механізми фазового розділення в бінарних та багатокомпонентних полімерних системах. Особливості фазової структури бінарних (квазібінарних) полімерних систем в області метастабільних станів. Кінетика спінодального розділення на фази. Феноменологічна теорія спінодального розпаду Кана – Хіларда. Зіставлення характерних рис спінодального та нуклеаційного механізмів. Направленість дифузії, як доведення механізму розділення на фази. Висхідна дифузія.	2	2	5
13	Визначення критичних індексів полімерних систем, що розшаровуються методами світлорозсіювання. Хімічна і когерентна спінодаль – оцінка границь області лабільності однофазної бінарної полімерної системи з обмеженою сумісністю компонентів з урахуванням внеску пружної енергії.	2		5
14	Морфологія, фазові процеси та самозбірка в блок-кополімерних системах із специфічними взаємодіями. Явище мікрофазового розшарування та суперрешітки в блок-кополімерних системах. Індивідуальна макромолекула, як «окрема фаза»; фазові переходи на рівні окремої макромолекули – методологічні аспекти. Особливості еволюції та стабільність фазової морфології в складних багатокомпонентних полімерних системах.	2		5
15	Вихід за межі квазірівноважної фазової діаграми - нерівноважні процеси і виникнення дисипативних та інших нерівноважних структур в полімерних системах. Виникнення нестійкостей різного типу та процеси дестабілізації і самоорганізації в аморфних полімерах та полімервмісних системах під дією зовнішніх впливів - спонтанне виникнення регулярних упорядкованих структур.	1		2
16	Порівняльна характеристика фізико-хімічних методів дослідження фазової структури полімерів і перехідної критичної області полімерних систем, що розшаровуються.	1	2	3
	УСЬОГО	30	10	80

Загальний обсяг **120 год.**, у тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Практичні – **10 год.**

Самостійні роботи – **80 год.**

9. Рекомендовані джерела

Основні:

1. Sabu Thomas, Yves Grohens, Jyotishkumar P. (Eds.) - Characterization of Polymer Blends. Miscibility, Morphology and Interfaces - Wiley-VCH, 2015, P. 994. ISBN: 978-3-527-33153-6.
2. 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.
3. Лебедев Є.В. (ред.) - Фазові процеси в гетерогенних полімерних системах – Київ: Наукова думка, 2012, 431 с.
4. Qipeng Guo - Polymer Morphology: Principles, Characterization, and Processing – Wiley, 2016, P. 464. ISBN: 978-1-118-45215-8.
5. Cheng S.Z.D. Phase Transitions in Polymers. The Role of Metastable States - Elsevier Science, 2008, P. 324. ISBN: 9780444519115
6. Нижник В.В., Нижник Т.Ю. Фізична хімія полімерів. К., Фітосоціоцентр, 2009, 424 с.
7. Lipatov Yu.S. Polymer reinforcement - ChemTec Publishing, 1995, P. 385. ISBN: 978-1895198089.
8. Pethrick R. Polymer Structure Characterization: From Nano to Macro. Morphological its molecular origins - Royal Society of Chemistry, 2007, P. 345. ISBN-10: 0854044663; ISBN-13: 978-0854044665.
9. Paul D.R., Bucknall C.B. Polymer Blends: Formulation and Performance, Volumes 1-2, Set - Wiley-Interscience, 2000, P. 1224. ISBN: 978-0-471-24825-5.
10. Charef Harrats - Multiphase polymer-based materials. An atlas of phase morphology at the nano and micro scale - Taylor & Francis, 2009, P. 232. ISBN 9780367385873.
11. Булавін Л.А., Клепко В.В. Критичні властивості розчинів полімерів: Навч. посібник. — К.: ПБЦ КУ, 2003, 125 с.
12. Freed K.F. (eds.) - Phase Behavior of Polymer Blends (Advances in Polymer Science, 183) – Springer, 2005, P. 210. ISBN: 978-3540256809.
13. Lei Zhu, Christopher Y. Li - Liquid Crystalline Polymers - Springer, 2020, P.635. ISBN: 978-3030433499.

Додаткові:

1. Lipatov Y.S., Alekseeva T.T. Phase-Separated Interpenetrating Polymer Networks - Springer, 2007, P. 234. ISBN: 3540730710,9783540730712
2. Cahn J.W. Phase separation by spinodal decomposition in isotropic systems // Journal of Chemical Physics. – 1965. - V. 42. - N 1. - PP. 93-98.
3. Булавін Л.А., Плевачук Ю.О., Склярчук В.М. Критичні явища розшарування в рідинах на Землі та в космосі – Київ: Наукова Думка, 2011, 278 с.
4. Christian Wohlfarth - CRC Handbook of Phase Equilibria and Thermodynamic Data of Aqueous Polymer Solutions - CRC Press, 2019, P. 776. ISBN 9781138374737.
5. Christian Wohlfarth - CRC Handbook of Phase Equilibria and Thermodynamic Data of Polymer Solutions at Elevated Pressures - CRC Press, 2021, P. 596. ISBN: 9781032098821.
9. Xin-Jiu Wang, Qi-Feng Zhou - Liquid Crystalline Polymers - World Scientific, 2004, P. 388.

10. Ліпатов Ю.С. Колоїдна хімія полімерів. К.: Наукова думка, 1984. - 344 с.

11. Булавін Л.А., Гаврюшенко Д.А., Сисоєв В.М. Критичні явища в неоднорідних системах. – К.: Видавничий центр «Київський університет», 1999, 84 с.