

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Хімічний факультет
Кафедра хімії високомолекулярних сполук

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи



Наталія Усенко Наталія УСЕНКО

«30» 06 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ХІМІЯ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СПОЛУК

для здобувачів освіти

галузі знань 10 Природничі науки
спеціальність 102 Хімія
освітній рівень бакалавр
освітня програма Хімія
вид дисципліни обов'язкова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	5 та 6
Кількість кредитів ECTS	8,0 (всього) 2,0 (5 семестр) 6,0 (6 семестр)
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма проміжного контролю	залік
Форма заключного контролю	іспит

Викладач: професор Колендо Олексій Юрійович,
доцент Студзинський Сергій Леонідович

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

Розробники: Колендо Олексій Юрійович, професор, д.х.н., професор кафедри хімії високомолекулярних сполук; Студзинський Сергій Леонідович, д.х.н., доцент кафедри хімії високомолекулярних сполук

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри хімії високомолекулярних сполук

 Ірина САВЧЕНКО

Протокол № 17 від «1» червня 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол № 7 від «29» червня 2022 року

Голова науково-методичної комісії  Олександр ПОЇК

« 30 » червня 2022 року

1. Мета дисципліни – ознайомлення студентів з основними теоретичними положеннями хімії та фізичної хімії високомолекулярних сполук, полімеризаційної здатності органічних сполук за різними механізмами та властивостей основних класів промислових полімерів. Ознайомлення студентів з загальними уявленнями про морфологію та фізичні структури, особливості агрегатних, фазових та релаксаційних станів полімерної речовини, надмолекулярну структуру полімерних тіл, релаксаційні процеси та фазові перетворення. На лабораторних заняттях закріплюються основні теоретичні положення, вивчаються механізми перебігу хімічних реакцій та фізико-хімічних процесів в полімерних системах, а також вплив різних факторів на протікання цих процесів.

2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни:

1. *Знати основні поняття органічної хімії.*
2. *Знати основні поняття фізичної хімії.*
3. *Володіти елементарними навичками написання органічних реакцій.*
4. *Володіти базовими знаннями загальної хімії.*

3. Анотація навчальної дисципліни. Основні поняття хімії високомолекулярних сполук. Електронні уявлення, будова і реакційна здатність мономерів та ініціаторів; полімеризаційна здатність мономерів за різними механізмами та властивості основних класів промислових полімерів. Методи синтезу, перетворення та властивості основних класів полімерів. Гнучкість макромолекул та їх геометричні характеристики. Функція рівноважного розподілення макромолекул за розмірами. Релаксаційні явища в полімерах. Релаксаційні стани аморфних полімерів – склоподібний, високоеластичний, в'язкотекучий та орієнтований стан. Структура та фазові перетворення полімерів у конденсованому стані: загальна характеристика фазових перетворень полімерів у конденсованому стані та підходи до їх аналізу. Структура полімерів у конденсованому стані; процеси топлення і кристалізації полімерів, їх особливості, механізми і кінетика. Багатокомпонентні полімерні системи – наповнені полімери. Двокомпонентні полімервмісні системи. Розчини полімерів. Фазові рівноваги у системі полімер - розчинник. Особливості розведених, напіврозведених і концентрованих розчинів полімерів. Полімерні драгли. Найважливіші джерела інформації про полімери, їх властивості та їх реакції.

4. Завдання: розвиток теоретичних уявлень студентів про будову та закономірності полімеризації і поліконденсації органічних мономерів, а також про будову та фізико-хімічні властивості високомолекулярних сполук, взаємозв'язок між структурою, фізико-механічними та фізико-хімічними властивостями полімерів, закономірності протікання фізико-хімічних процесів в полімерних системах та набуття студентами практичних навичок у дослідженнях фізико-хімічних властивостей полімерних систем.

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: ЗК1, ЗК2, ЗК10 та СК2, СК4, СК7, СК8, СК9.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результати навчання (1 – знати; 2 – уміти; 3 – комунікація; 4 - автономність та відповідальність)	Форми викладання і навчання	Методи оцінювання поточний контроль (активність під час лабораторних робіт ПтК-1 та контроль самостійної роботи ПтК-2), підсумковий контроль ПсК	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
1.1. Знати місце хімії полімерів в системі хімічних наук, класифікацію та номенклатуру полімерів	лекції, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	15
1.2. Знати методи синтезу та дослідження, хімічні та фізико-хімічні властивості полімерів	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	25
2.1. Знайти у першоджерелах інформацію про методи одержання полімерів і їх фізичні та хімічні властивості	самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10
2.2. Здійснити полімеризацію, кополімеризацію та поліконденсацію вінілового мономеру, розрахувати молекулярну масу одержаного полімеру	лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	30
3.1. Здатність використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології при спілкуванні, а також для збору, аналізу, обробки та інтерпретації інформації у полімерній хімії	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5
3.2. Здатність виконувати передбачені навчальною програмою завдання та операції у співпраці з іншими виконавцями	лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5
4.1. Уміти самостійно фіксувати, інтерпретувати та відтворити результати експерименту	лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5
4.2. Дотримуватися правил техніки безпеки при роботі в хімічній лабораторії	лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПсК	5

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

ПРН	РНД (код)							
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
Р01. 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.	+	+	+		+		+	
Р03. Описувати хімічні дані у символічному вигляді.	+	+	+	+	+			
Р04. Розуміти основні закономірності та типи хімічних реакцій та їх характеристики.	+	+	+	+	+	+	+	
Р05. Розуміти зв'язок між будовою та властивостями речовин.		+	+	+	+		+	
Р08. Знати принципи і процедури фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типове обладнання та прилади.		+	+	+	+	+	+	+
Р09. Планувати та виконувати хімічний експеримент, застосовувати придатні методики та техніки приготування розчинів та реагентів.	+	+	+	+	+	+	+	+
Р11. Описувати властивості аліфатичних, ароматичних, гетероциклічних та органометалічних сполук, пояснювати природу та поведінку функціональних груп в органічних молекулах.		+	+		+			
Р12. Знати основні шляхи синтезу в органічній хімії, включаючи функціональні групові взаємоперетворення та формування зв'язку карбон-карбон, карбон-гетероатом.	+	+	+	+	+		+	

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання студентів:

Семестрове оцінювання:

5 семестр

Максимальна/мінімальна кількість балів, які можуть бути отримані здобувачем освіти: **100 балів / 60 балів**, а саме:

1. Активність під час занять – виконання домашніх самостійних робіт: РН 1.1–1.2, РН 2.1–2.2 (частково) – **80/48 балів**.

2. Контрольна робота № 1: РН 1.1-1.2, РН 2.1-2.2 (частково) – **20/12 балів**.

Підсумкове оцінювання (у формі заліку).

6 семестр

Максимальна/мінімальна кількість балів, які можуть бути отримані здобувачем освіти: **60 балів / 36 балів**, а саме:

1. Контрольна робота №1: РН 1.1, РН 1.2– **15/9 балів**.

2. Контрольна робота №2: РН 1.3, РН 3.2 – **10/6 балів**.
3. Колоквіум №1-3: РН 1.1, РН 1.3, РН 2.1, РН 2.2 – **15/9 балів**.
4. Лабораторні роботи № 1–7: РН 1.2, РН 2.2, РН 3.1-3.2, РН 4.1-4.2 – **10/6 балів**.
5. Самостійна робота: РН 1.1-1.2, РН 2.1-2.2, РН 3.1-3.2, РН 4.1-4.2 – **10/6 балів**

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 1.1-1.2, РН 2.1-2.2, РН 3.1-3.2, РН 4.1-4.2

Форма проведення: письмова робота.

Види завдань: два теоретичні питання по 10 балів і дві задачі по 10 балів.

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

Здобувач освіти допускається до іспиту, якщо протягом семестру він набрав не менше, ніж **36 балів**, виконав і вчасно здав усі лабораторні роботи та завдання самостійної роботи.

7.2. Організація оцінювання:

5 та 6 семестри

Терміни проведення оцінювання:

Контрольна робота №1: не раніше **3 тижня** семестру;

Контрольна робота №2: не раніше **7 тижня** семестру;

Колоквіум №1-3 : впродовж семестру;

Лабораторні роботи № 1-7: виконується впродовж семестру;

Оцінювання самостійної роботи: впродовж семестру.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Шкала відповідності для заліку

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень / Marks
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

Шкала відповідності для іспиту

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 і самостійних робіт (5 семестр)**

№ теми	Назва теми	Кількість годин	
		лекції	самостійна робота
<i>Хімія полімерів</i>			
1.1	Історичні аспекти формування сучасних понять "полімер" та "макромолекула". Мономер, олігомер, полімер - сучасне визначення. Класифікація та номенклатура полімерів.	3	3
	Ланцюгові та ступінчасті реакції синтезу полімерів - полімеризація та поліконденсація. Ступінь полімеризації. Середньочислова, середньомасова, середньов'язкісна та Z-середня молекулярні маси. Способи їх визначення. Коефіцієнт полідисперсності. Молекулярно-масовий розподіл у синтетичних полімерах.		
1.2	Реакція полімеризації. Полімеризація ненасичених мономерів. Активні центри радикальної та йонної полімеризації. Реакції ініціювання, росту, обриву та передачі ланцюга. Радикальна полімеризація. Способи генерації радикалів. Будова мономерів та їх здатність до радикальної полімеризації. Реакція ініціювання. Термічне ініціювання у присутності та відсутності ініціаторів. Типи ініціаторів. Ініціювання у присутності окисно-відновних систем. Фотоініціювання. Радіаційне ініціювання та ініціювання плазмою.	3	3
1.3	Реакція росту ланцюга. Обрив ланцюга рекомбінацією та диспропорціонуванням. Реакції передачі ланцюга на ініціатор, мономер, розчинник, полімер. Кінетика радикальної полімеризації при низьких стадіях перетворення. Середня довжина кінетичного ланцюга та способи її визначення. Середній час "життя" кінетичного ланцюга. Залежність ступеня полімеризації від швидкостей ініціювання, росту, обриву та передачі ланцюга. Регулятори та інгібітори. Радикальна полімеризація на глибоких стадіях перетворення. Гель-ефект. Вплив температури і тиску на радикальну полімеризацію. Радикальна теломеризація. Енергії активації реакцій ініціювання, росту, обриву та передачі ланцюга.	3	3
1.4	Проведення полімеризації у масі, розчині, суспензії, емульсії, твердій та газовій фазі.	2	3
1.5	Кополімеризація. Кінетична схема бінарної кополімеризації. Диференційне рівняння "миттєвого" складу кополімеру Мейо-Льюїса. Відносні константи кополімеризації та методи їх розрахунку. Графічні залежності складу кополімеру від концентрації мономерів. Ідеальна та альтернантна кополімеризація. Точка азеотропу. Терполімеризація. Кополімеризація при глибоких ступенях перетворення. Середній склад кополімеру. Комплексоутворення у реакціях кополімеризації. Q - e схема Алфрея-Прайса. Кополімеризація, як метод встановлення відносної реакційної здатності мономерів. Статистичні та регулярні кополімери. Блок-кополімери. Щеплені кополімери.	3	3

Фізична хімія полімерів			
2.1	Загальна характеристика полімерів. Загальна характеристика полімерного стану речовини. Особливості полімерів порівняно з низькомолекулярними сполуками. Будова полімерів – конфігурація та конформація макромолекули. Ієрархія рівнів організації полімерної речовини. Ближній та дальній конфігураційний та конфірмаційний порядок в макромолекулі. Середні молекулярні маси.	2	3
2.2	Гнучкість макромолекул та їх геометричні характеристики. Гнучкість макромолекул. Механізми гнучкості макромолекулярного ланцюга. Геометричні характеристики макромолекули, її розміри. Модель вільно-зчепленого ланцюга, його параметри. Внутрішнє обертання в макромолекулах. Термодинамічна та кінетична гнучкість та фактори, що їх визначають. Уявлення про статистичний (термодинамічний) та кінетичний сегмент.	2	2
2.3	Геометричні характеристики та функція рівноважного розподілення макромолекул за розмірами. Форма макромолекули. Функція рівноважного розподілення лінійної макромолекули за розмірами та її властивості. Персистентна модель макроланцюга.	2	2
2.4	Релаксаційні явища в полімерах. Поняття про релаксаційні явища. Спектр часів релаксації. Механічна, електрична, структурна та хімічна релаксації в полімерах.	2	2
2.5	Фізичні стани полімерів. Склоподібний стан. Агрегативні, фазові та фізичні (релаксаційні) стани полімерів, їх загальні характеристики та особливості. Температури переходів. Склоподібний стан. Особливості склоподібного стану полімерів. Структурне та механічне склування. Гістерезисні явища при склуванні. Кінетичні критерії склування.	2	3
2.6	Фізичні стани полімерів. Склоподібний стан. Теорії структурного склування. Термодинамічні та кінетичні теорії склування. Парадокс Козмана. Погляд на скло, як на окрему «термодинамічну фазу». Температура склування та основні методи її визначення. Фактори, що визначають температуру склування полімерів. Термомеханічний метод визначення температур переходів полімерів між релаксаційними станами.	2	2
2.7	Фізичні стани полімерів. Вискоеластичний стан. Вискоеластичний стан полімерів. Механічні реологічні моделі та їх реограми. Термодинаміка високоеластичної деформації, ідеальний та реальний каучук. Ентропійна природа пружності ідеального каучуку. Рівняння стану макромолекули. Ефекти Гуха-Джоуля та термоеластичної інверсії. Інверсія теплового ефекту при деформуванні каучуку. Релаксаційний характер високоеластичної деформації, гістерезисні явища. Теорія високоеластичності полімерних сіток.	2	2
Усього		28	31

Загальний обсяг **60 год.**, у тому числі:

Лекцій – **28 год.**,

Самостійна робота – **31 год.**

Консультації – **1 год.**

Тематичний план лекцій, лабораторних і самостійних робіт (6 семестр)

№ теми	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	самостійні роботи
Хімія полімерів				
1.1	Поліконденсація. Мономери для поліконденсації. Функціональність мономерів. Гомо-, гетеро- та кополіконденсація. Залежність ступеню полімеризації від конверсії. Рівняння Карозерса. Вплив нееквівалентності вза'ємодіючих функціональних груп на довжину полімерного ланцюга при поліконденсації. Молекулярно-масовий розподіл та кінетика поліконденсації. Проведення поліконденсації у розплаві, розчині, емульсії та твердій фазі. Рівноважна та нерівноважна поліконденсація, міжфазна поліконденсація.	3	5	8
1.2	Йонна полімеризація вінільних мономерів. Головні відміни йонної полімеризації від радикальної. Активні центри йонної полімеризації. Особливості кінетики йонної полімеризації. Безобривні процеси. Йонна полімеризація при швидкому та повільному ініціюванні. Аніонна полімеризація. Карбаніони - спряжені основи С-Н-кислот, їх активність і будова; методи дослідження та синтезу. Ініціювання аніонної полімеризації. Аніон-радикали. Будова та здатність мономерів до аніонної полімеризації.	3	5	8
1.3	Аніонна полімеризація неполярних мономерів у неполярних середовищах. Безобривні процеси та "живі" полімери. Аніонна полімеризація в полярних розчинниках. Кінетика аніонної полімеризації на йонних парах та вільних йонах. Особливості аніонної полімеризації полярних мономерів. Стереорегулювання у аніонній полімеризації. Стереорегулярний каучук. Синтез за допомогою "живих" полімерів.	2	5	8
1.4	Катіонна полімеризація вінільних мономерів. Будова, активність та методи синтезу карбкатіонів. Співініціювання. Ініціювання катіонної полімеризації. Будова і активність мономерів у катіонній полімеризації. Катіонна полімеризація олефінів та стиролу. Реакції росту та обмеження росту ланцюга у катіонній полімеризації.	2	5	8
1.5	Катіонна полімеризація з кінетичним обривом. Кінетика катіонної полімеризації та залежність молекулярної маси полімерів від швидкостей реакцій ініціювання, росту, передачі та обриву ланцюга. Псевдокатіонна полімеризація. Катіонна полімеризація вінілових етерів. Стереорегулювання у катіонній полімеризації "Живі" полімери в безобривних процесах росту ланцюга та синтези за їх допомогою.	2	5	8

1.6	Координаційно-йонна полімеризація. Полімеризація олефінів на гомогенних та гетерогенних каталізаторах Циглера-Натта. Механізм процесу та стереорегулювання. Полімеризація дієнів на π -алільних комплексах перехідних металів. Проблеми координаційної полімеризації полярних мономерів.	2	5	8
Фізична хімія полімерів				
2.1	Фізичні стани полімерів. В'язкотекучий стан. В'язкотекучий стан полімерів та незворотні деформації. Основні закономірності течії полімерів. Температурна залежність в'язкості полімерних розтопів та енергія активації в'язкої течії. Рівняння Ейрінга. Течія полімерного розтопу. Теорія рептацій. Механізм руйнування структури розтопу полімеру в полі гідродинамічних сил. Аномалія в'язкості, ефект Вайсенберга.	2	4	4
2.2	Орієнтований стан полімерів. Схема перебудови структури полімеру з гнучкими та жорсткими ланцюгами макромолекул. Уявлення про полімерні рідкі кристали.	1	2	4
2.3	Загальна характеристика фазових перетворень полімерів у конденсованому стані та підходи до їх аналізу. Термодинамічний аналіз фазових перетворень у полімерах. Специфіка застосування термодинаміки до полімерних систем. Деякі загальні зауваження, щодо поглядів на метастабільні фази, фазові перетворення та фазові діаграми в фізиці і хімії. Метастабільні стани та термокінетичний підхід до аналізу переходів у полімерних системах. Характерні особливості фазових переходів у полімерних системах в конденсованому стані.	1	4	4
2.4	Структура полімерів у конденсованому стані. Процеси топлення і кристалізації полімерів. Механізм і кінетика кристалізації полімерів. Молекулярний та надмолекулярний рівні структурної організації полімерів. Молекулярні структури полімерів, що кристалізуються. Особливості кристалічного стану полімерів. Надмолекулярні структури. Особливості процесів кристалізації та топлення полімерів. Кристалізація полімерів. Кінетика кристалізації полімерів. Валова кінетика кристалізації, рівняння Колмогорова-Аврамі. Топограми гнучколанцюгових полімерів, що кристалізуються. Фізико-механічна поведінка полімерів здатних до кристалізації при розтягуванні.	2	4	8
2.5	Топлення полімерів. Топлення полімерів і його відмінність від топлення низькомолекулярних речовин. Теорії топлення та його механізм. Вплив гнучкості макромолекул, молекулярної маси і міжмолекулярної взаємодії, а також інших факторів на $T_{\text{топ}}$. Рівноважна $T_{\text{топ}}$ і методи її визначення. Явища передтоплення та рекристалізації в кристалах низькомолекулярних речовин і полімерів. Термодинаміка кристалізації та топлення полімерів.	1	4	4

2.6	Двохкомпонентні полімервмісні системи. Розчини полімерів. Набухання полімерів в розчинниках, ступінь, теплота та тиск набухання, контракція. Обмежене та необмежене набухання, кінетика набухання та фактори, що впливають на неї. Специфіка набухання поліелектролітів при зміні рН середовища. Теорія Флорі-Хагінса. Термодинаміка розчинення полімерів. Якість розчинника і методи її визначення. Осмотичний тиск та в'язкість розчинів полімерів.	2	4	4
2.7	Фазові рівноваги у системі полімер-розчинник. Діаграми аморфної та кристалічної рівноваг. Діаграми фазового стану для трьохкомпонентних полімервмісних систем.	1	2	4
2.8	Особливості розчинів полімерів різної концентрації. Розведені, напіврозведені та концентровані розчини полімерів. Розведені розчини, критерій Дебая. Рівняння Флорі-Фокса та Марка-Куна-Хаувінка. Молекулярна маса полімерів. Методи визначення молекулярної маси. Помірно концентровані та концентровані розчини полімерів. Залежність в'язкості розчину від градієнта швидкості зсуву та молекулярної маси полімеру.	2	4	4
2.9	Драглі. Термодинамічно рівноважні та термодинамічно нерівноважні драглі. Властивості драглі, ефекти, що спостерігаються в драглях. Поліелектроліти, їх реологічні властивості, поліелектролітний ефект. Поліелектролітні драглі. Полімерні комплекси.	1	2	4
2.10	Багатокомпонентні полімерні системи. Наповнені полімерні композити. Пластифікація полімерів. Молекулярна, структурна та хімічна пластифікація. Суміші полімерів. Термодинамічна та експлуатаційна сумісність полімерів. Міцність та руйнування полімерів. Молекулярні механізми руйнування полімерів.	1		4
Усього		28	60	92

Загальний обсяг 180 год., у тому числі:

Лекцій – 28 год.,

Лабораторних робіт – 60 год.

Самостійна робота – 92 год.

9. Рекомендовані джерела

Основні:

1. Гетьманчук Ю.П. Полімерна хімія. (Ч. 1. Радикальна полімеризація.) – Київський університет, 2000.
2. Гетьманчук Ю.П. Полімерна хімія. (Ч. 2. Йонна полімеризація.) – Київський університет, 2000.
3. Гетьманчук Ю.П. Полімерна хімія. (Ч. 3. Поліконденсація.) – Київський університет, 2000.
4. М.Братичак та інш. Лабораторний практикум з хімії та технології полімерів.– Варшава: ВВП, 2002. – 244 с.
5. Florjanczyk Z., Penczek S. Chemia polimerów, t. I, Warszawa, 1995.
6. Братичак М.М.. Основи промислової нафтохімії. Видавництво національного університету «Львівська політехніка», 2008, 604 с.
7. Алексєєв В.В. Практикум з органічного синтезу. К., «Вища школа», 1970, 288 с.
8. Ю. П. Гетьманчук. Полімерна хімія. — К.: ВПЦ "Київський університет", 2008. - 456 с.

9. Ян Я. Піліховський, Анджей А. Пушинський. Технологія пластичних мас.-Київ: ІСДО, 1995. - 312 с.
10. О.В. Суберляк, Т.Т. Яковенко, Т.Г. Бабаханова, І.Г. Тхір. Атлас технологічних схем виробництва полімерів та пластичних мас на їх основі. - Львів, 2002. - 239 с.
11. Ю.П. Гетьманчук, М.М. Братичак. Хімія та технологія полімерів. Львів. Вид. „Бескид Біт”, 2006. - 495 с.
12. Ю.П. Гетьманчук, В.Г.Сиромятніков. Практикум з полімерної хімії. Київ.: Вид. „Київський університет”, 2006.-86 с.
13. Odian G. Principles of Polymerization, 4th Edition, Wiley-Interscience, 2004, P.848. ISBN: 978-0-471-27400-1.
14. Нижник В.В., Нижник Т.Ю. Фізична хімія полімерів. К., Фітосоціоцентр, 2009, 424 с.
15. Paul C. Hiemenz, Timothy P. Lodge - Polymer Chemistry, Second Edition - CRC Press, 2007, P. 608. ISBN: 978-1-574447793, 978-1574447798; Paul C. Hiemenz - Polymer chemistry. The basic concepts - Marcel Dekker, New York, 1984, P. 738.
16. Sun S.F. Physical Chemistry of Macromolecules. Basic Principles and Issues, 2nd edition – Wiley, 2004, P. 584.
17. Yves Gnanou, Michel Fontanille - Organic and Physical Chemistry of Polymers - John Wiley & Sons, Inc., 2008, P. 632. ISBN: 978-0-471-72543-5.
18. Grosberg A.Yu., Khokhlov A.R. Statistical Physics of Macromolecules, American Institute of Physics Press, 2002, P. 378.
19. Sanditov D.S., Ojovan M.I. Relaxation aspects of the liquid-glass transition // Physics Uspekhi.- 2019.- Vol. 62.-N2.-PP. 111-130.
20. Haward R.N., Young R.J. (Eds.) - The Physics of Glassy Polymers, 2nd ed. – Springer, 1997, P. 519. ISBN: 978-0412624605.
21. Gutzow I.S., Mazurin O.V., Jurn W.P. Schmelzer, Todorova S.V., Petroff B.B., Priven A.I. Glasses and the Glass Transition, Wiley-VCH, 2011, P. 428. ISBN: 978-3527409686.
22. Arzhakov M., Riecanaky V.E. Relaxation in physical and mechanical behavior of polymers – Boca Raton, CRC Press, 2019, P. 174.
23. Schramm G. Practical Approach to Rheology and Rheometry, 2nd edition - Thermo Electron, FRG, 2004, P. 259.
24. Mandelkern L. Crystallization of polymers, 2nd edition - Cambridge University Press: Volume 1. Equilibrium concepts, 2002, P. 448; Volume 2. Kinetics and Mechanisms, 2004, P. 478.
25. Cheng S.Z.D. Phase Transitions in Polymers. The Role of Metastable States - Elsevier Science, 2008, P. 324. ISBN: 9780444519115.
26. Iwao Teraoka - Polymer Solutions. An Introduction to Physical Properties - Wiley-Interscience, 2002, P. 360. ISBN: 978-0-471-38929-3.
27. 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.
28. Ліпатов Ю.С. Колоїдна хімія полімерів. К.: Наукова думка, 1984.-344 с.
29. Sperling L.H. Introduction to physical polymer science, Fourth Edition - Wiley-Interscience, 2006, P. 880. ISBN:9780471706069.

Додаткові:

1. Гетьманчук Ю.П., Сиромятніков В.Г. Практикум з полімерної хімії. -К., 2006.
2. Z. Florianczyk i S. Penczek. Chemia polimerów t. 1-3. Warszawa. 1995-1997.
3. Grosberg A.Y., Khokhlov A.R. Giant Molecules. Here, There, and Everywhere, 2nd Edition – World Scientific Publishing Company, 2010, P. 348.
4. Boyd R.H., Smith G.D. Polymer dynamics and relaxation – CUP, 2007.-255 p.
5. Gutzow I.S., Jurn W.P. Schmelzer - The Vitreous State. Thermodynamics, Structure, Rheology, and Crystallization - Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013, P. 575. ISBN: 978-3642346323.
6. Wolynes P.G., Lubchenko V. (Ed.) - Structural Glasses and Supercooled Liquids. Theory, Experiment, and Applications, Wiley, 2012, P. 404. ISBN: 978-0-470-45223-3.

7. Brinson H.F., Brinson L.C. Polymer Engineering Science and Viscoelasticity. An Introduction. – New York: Springer US, 2015.- 482 p.
8. Montgomery T. Shaw, William J. MacKnight – Introduction to Polymer Viscoelasticity – Wiley-Interscience, 2005. - 316 p.
9. Donald A.M., Windle A.H., Hanna S. Liquid crystalline polymers, 2nd edition - Cambridge University Press, 2010, P. 589. ISBN: 9780511616044.
10. 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.
11. Charef Harrats - Multiphase polymer-based materials. An atlas of phase morphology at the nano and micro scale - Taylor & Francis, 2009, P. 232. ISBN: 9780367385873.
12. Нестеров А.Є., Ліпатов Ю.С. Термодинаміка розчинів та сумішей полімерів, К.: Наукова думка 1984.-300 с.
13. Нестеров А.Є., Ліпатов Ю.С. Фазовий стан розчинів та сумішей полімерів. Довідник – К.: Наукова думка 1987.-169 с.
14. Gunter Reiter, Gert R. Strobl - Progress in Understanding of Polymer Crystallization – Springer, 2010, P. 526. ISBN: 3642079954, 978-3642079955.
15. 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.
16. Xin-Jiu Wang, Qi-Feng Zhou - Liquid Crystalline Polymers - World Scientific, 2004, P. 388.