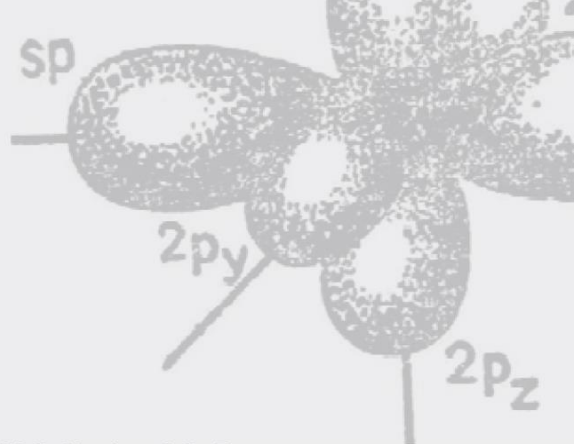




М.П. Куліш, О.П. Дмитренко,
О.Л. Павленко, А.І. Момот,
А.І. Лесюк, І.Ю. Дорошенко,
А.І. Місюра, Т.М. Пінчук-Ругаль,
Т.О. Буско, А.П. Онанко

ФІЗИКА ПОЛІМЕРІВ

Частина I

*Навчальний посібник для студентів та аспірантів,
що спеціалізуються в галузі природничих наук
за спеціальністю «Фізика та астрономія»*

М.П. Куліш, О.П. Дмитренко, О.Л. Павленко,
А.І. Момот, А.І. Лесюк, І.Ю. Дорошенко,
А.І. Місюра, Т.М. Пінчук-Ругаль,
Т.О. Буско, А.П. Онанко

ФІЗИКА ПОЛІМЕРІВ

Частина I

*Навчальний посібник для студентів та аспірантів,
що спеціалізуються в галузі природничих наук
за спеціальністю «Фізика та астрономія»*

Полтава
ТОВ "АСМІ"
2022

УДК 539.2
Ф 50

*Рекомендовано до друку Вченою радою фізичного факультету
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
(протокол № 10 від 28.12.2021)*

Рецензенти:

В.В. Лізунов – доктор фізико-математичних наук, заступник
директора з наукової роботи Інституту металофізики
імені Г.В. Курдюмова НАН України.

О.Ф. Коломис – кандидат фізико-математичних наук, старший
науковий співробітник Інституту фізики напівпро-
відників імені В.Є. Лашкарьова НАН України.

Автори:

М.П. Куліш, О.П. Дмитренко, О.Л. Павленко, А.І. Момот,
А.І. Лесюк, І.Ю. Дорошенко, А.І. Місюра, Т.М. Пінчук-Ругаль,
Т.О. Буско, А.П. Онанко.

Фізика полімерів [Текст]: навч. посіб. для студ. та асп., що
Ф 50 спеціаліз. в галузі природн. наук за спец. «Фізика та астрономія»:
(частина I) / М.П. Куліш, О.П. Дмитренко, О.Л. Павленко,
А.І. Момот та ін.; КНУ імені Тараса Шевченка. – Полтава:
ТОВ «АСМІ», 2022. – 268 с.

ISBN 978-966-182-659-4

В навчальному посібнику розглянуто будову, надмолекулярну
структуру, фізичні стани та механічні властивості полімерів. Навчальний
посібник розрахований для студентів та аспірантів, що спеціалізуються в
галузі природничих наук за спеціальністю «Фізика та астрономія».

УДК 539.2

© М.П. Куліш, О.П. Дмитренко,
О.Л. Павленко, А.І. Момот, А.І. Лесюк,
І.Ю. Дорошенко, А.І. Місюра,
Т.М. Пінчук-Ругаль, Т.О. Буско,
А.П. Онанко, 2022

© КНУ імені Тараса Шевченка, 2022

© ТОВ «АСМІ», 2022

ISBN 978-966-182-659-4

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ I БУДОВА ВУГЛЕВОДНЕВИХ МОЛЕКУЛ	7
1.1. Квантові стани атомів	7
1.2. Структура насичених ациклічних вуглеводнів (алканів)	14
1.3. Будова ненасичених ациклічних вуглеводнів (алкенів)	16
1.4. Полімеризація алкенів	20
1.5. Будова алкадієнів (дієнів)	23
1.6. Полімеризація алкадієнів	25
1.7. Будова ацителенових ненасичених вуглеводнів (алкінів) та їх полімерів	29
1.8. Аліциклічні вуглеводні	31
1.9. Галогенопохідні вуглеводнів	35
1.10. Ароматичні сполуки	42
Список літератури до розділу I	50
РОЗДІЛ II БУДОВА МАКРОМОЛЕКУЛ	51
2.1. Хімічна структура мономерних ланок макромолекул	51
2.2. Карболоанцюгові насичені аліфатичні макромолекули	54
2.3. Гетеромолекулярні макромолекули	56
2.4. Функціональні групи макромолекул	58
2.5. Макромолекули із системою спряжених зв'язків	59
2.6. Класифікація органічних полімерів	61
2.7. Ланцюгова регулярність будови макромолекул	66
2.8. Внутрішнє обертання в молекулах	69
2.9. Конформація макромолекул	74
2.10. Гнучкість макромолекул	78
2.11. Просторова стереорегулярність макромолекул	82
Список літератури до розділу II	89
РОЗДІЛ III НАДМОЛЕКУЛЯРНА СТРУКТУРА ПОЛІМЕРІВ	90
3.1. Агрегатні та фазові стани полімерів	90
3.2. Надмолекулярна структура аморфних полімерів	92

3.3. Надмолекулярна структура кристалічних полімерів	98
3.4. Рентгенографія полімерів.....	107
Список літератури до розділу III.....	120
РОЗДІЛ IV ФІЗИЧНІ СТАНИ ПОЛІМЕРІВ	121
4.1. Термомеханічні властивості полімерів.....	121
4.2. Механізми деформації в аморфних полімерах	126
4.3. Термомеханічні переходи в кристалічних полімерах	132
4.4. Термомеханічні властивості нанокompозитів полівінілхлориду	135
4.5. Класифікація полімерів	140
4.6. Кінетика переходів в полімерах	143
4.7. Кінетична релаксаційна теорія стану склування в аморфних полімерах	149
4.8. Теорія вільного об'єму для стану склування в аморфних полімерах..	152
4.9. Вискоеластичний стан аморфних полімерів	157
4.10. Термодинамічна теорія вискоеластичної деформації в аморфних полімерах	162
4.11. Термодинамічна теорія вискоеластичності в полімерах з просторовою сіткою.....	167
4.12. Релаксаційні процеси в еластомерах.....	171
4.13. Релаксаційні процеси при вискоеластичній деформації.....	174
4.14. Механічна модель деформації в полімерах при сталому навантаженні	180
4.15. Релаксаційні явища при циклічних (динамічному) навантаженнях..	186
4.16. Закон Ньютона для ідеальних рідин	192
4.17. В'язкоплинний стан полімерів	197
4.18. Механізми в'язкої плинності в полімерах.....	198
4.19. Структура полімерів та температура плинності	206
4.20. Механізми релаксаційних процесів в полімерах	207
4.21. Релаксаційні спектри в полімерах	211
Список літератури до розділу IV.....	217
РОЗДІЛ V СТАТИЧНІ МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ В'ЯЗКОПРУЖНИХ ПОЛІМЕРІВ.....	218

5.1. Деформація полімерів.....	218
5.2. Статична деформація полімерів в склоподібному стані.....	223
5.3. Кінетика вимушено-еластичної деформації полімерів в склоподібному стані	228
5.4. Деформація пружної післядії і повзучості в склоподібних полімерах	234
5.5. Молекулярний механізм деформацій в склоподібних полімерах.....	238
5.6. Надмолекулярний механізм деформації склоподібних полімерів.....	240
5.7. Природа вискоеластичної деформації полімерів.....	242
5.8. Кінетика вискоеластичної деформації полімерів	246
5.9. Нерівноважний і рівноважний стани вискоеластичної деформації полімерів	247
5.10. Статистичні рівняння вискоеластичної деформації полімерів	250
5.11. Гістерезис вискоеластичної деформації полімерів.....	254
5.12. Розм'якшення вискоеластичної деформації полімерів	255
5.13. Термодинаміка вискоеластичної деформації полімерів	259
5.14. Механічна міцність полімерів	261
Список літератури до розділу V	268

ВСТУП

Полімери належать до сучасних широко розповсюджених матеріалів, які мають необмежені перспективи для подальшого застосування в різноманітних галузях. Особливе місце серед них займають композити з різними наповнювачами або модифікаторами, властивості яких вивчено значно менше, в порівнянні з матричним середовищем.

Для підготовки висококваліфікованих фахівців з напрямку фізики полімерів необхідно глибоко освоїти природу фізико-хімічних процесів, які зумовлені будовою та фізичним станом макромолекул, надмолекулярною організацією структури, електронною будовою та її змінами в полімерах із спряженими системами, в'язкопружними та релаксаційними властивостями.

В частині I навчального посібника «Фізика полімерів» представлено фундаментальні основи будови макроланцюгів високомолекулярних сполук, реалізації різних фізичних станів та їх впливу на властивості полімерів.

Навчальний посібник «Фізика полімерів Частина I» розрахований на студентів, які засвоюють вибраний блок навчальних дисциплін в напрямках конденсованого стану матеріалів, що відносяться до фізики полімерів галузі природничих наук зі спеціальності «Фізика та астрономія»