Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Лельчицкий Игорь Давыдович
Должность: и.о. проректора по образовательной деятельности
Дата подписания: 13.07.2026 14:52:27
Уникальный программный ключ:
aa5b5ee17d97a2e4d94e98e995320af94f045ce2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю:

Руководитель ООП:

П.М. Пахомов

28 мая 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

Структура и свойства полимеров

Закреплена за кафедрой:	**Физической химии**
Направление подготовки:	**04.04.01 Химия**
Направленность (профиль):	**Физическая химия**
Квалификация:	**Магистр**
Форма обучения:	**очная**
Семестр:	**1**

Программу составил(и):

д-р хим. наук, зав. кафедрой, Пахомов Павел Михайлович

Тверь, 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

Целью освоения дисциплины (или модуля) является: знакомство студентов с современными представлениями о классификации полимеров, их молекулярном строении, морфологии. Рассмотрение фазово-агрегатных состояний в полимерах (расплав, раствор, кристалл, гель, жидкий кристалл). Анализ связи «структура – свойство» в полимерах на макро- и микроуровнях. Рассмотрение структурной обусловленности механических, диффузионных, тепловых, оптических и других свойств полимеров. Знакомство с современными методами изучения структуры и свойств полимеров. Обсуждение тенденций и направлений в области создания сверхвысокопрочных полимерных волокон, полимерных световодов, молеулярных композитов, полимерных мембран и др.

Задачи :

Задачами освоения дисциплины (или модуля) являются: фундаментальная научная дисциплина "Высокомолекулярные соединения", которая заключается в том, что полимерное состояние - особая форма существования веществ, которая в основных физических и химических проявлениях качественно отличается от низкомолекулярных веществ. Поэтому главное внимание в данном курсе уделяется рассмотрению основных свойств высокомолекулярных соединений отличных от свойств низкомолекулярных веществ. Большие размеры и цепное строение макромолекул обуславливают появление ряда важных специфических свойств, которые определяют практическую ценность полимеров как материалов, а также их биологическое значение.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.О

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Иностранный язык в профессиональной деятельности и межкультурной коммуникации

Нанохимия

Философские проблемы химии

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Актуальны проблемы науки о полимерах

Спектроскопия полимеров

Ознакомительная практика

Синтез и химические превращения полимеров

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе:	
самостоятельная работа	47
часов на контроль	27

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ОПК-1.1: Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеризации веществ и материалов для решения задач в избранной области химии или смежных наук

ОПК-1.2: Использует современное оборудование, программное обеспечение и профессиональные базы данных для решения задач в избранной области химии или смежных наук

ОПК-2.1: Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, корректно интерпретирует их

ОПК-2.2: Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
экзамены	1
курсовые работы	1

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

№	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Сем.	Часов	Примечание
	Раздел 1. 2. Классификация полимеров				
1.1		Лек	1	2	
1.2		Лаб	1	4	
1.3		Ср	1	4	
1.4		КР	1	2	
	Раздел 2. 3. Химическое строение и физическая структура				
2.1		Лек	1	2	
2.2		Лаб	1	4	
2.3		Ср	1	4	
2.4		КР	1	2	
	Раздел 3. 4. Морфология полимеров				
3.1		Лек	1	2	
3.2		Лаб	1	4	
3.3		Ср	1	5	
3.4		КР	1	2	

	Раздел 4. 5. Фазовые переходы в полимерах				
4.1		Лек	1	2	
4.2		Лаб	1	4	
4.3		Ср	1	4	
4.4		КР	1	2	
	Раздел 5. 6. Физические состояния				
5.1		Лек	1	2	
5.2		Лаб	1	4	
5.3		Ср	1	5	
5.4		КР	1	3	
	Раздел 6. 7. Кинетическая природа прочности полимеров				
6.1		Лек	1	1	
6.2		Лаб	1	5	
6.3		Ср	1	5	
6.4		КР	1	3	
	Раздел 7. 8. Полимерные растворы, гели, жидкие кристаллы				
7.1		Лек	1	1	
7.2		Лаб	1	5	
7.3		Ср	1	5	
7.4		КР	1	4	
	Раздел 8. 9. Структурная обусловленность свойств полимеров				
8.1		Лек	1	1	
8.2		Лаб	1	4	
8.3		Ср	1	5	
8.4		КР	1	4	
	Раздел 9. 10. Современные методы изучения строения и свойств полимеров				
9.1		Лек	1	1	

9.2		Лаб	1	5	
9.3		Ср	1	5	
9.4		КР	1	3	
	Раздел 10. 11. Высокие технологии в полимерах				
10.1		Лек	1	1	
10.2		Лаб	1	6	
10.3		Ср	1	5	
10.4		КР	1	2	

Образовательные технологии

- традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),
- информационные (показ презентаций)
- технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)
- технология модульного и блочно-модульного обучения
- здоровьесберегающие технологии

Список образовательных технологий

1	Игровые технологии
2	Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)
3	Информационные (цифровые) технологии
4	Технологии развития критического мышления
5	Технологии развития дизайн-мышления
6	Активное слушание
7	Методы группового решения творческих задач (метод Дельфи, метод 6–6, метод развивающей кооперации, мозговой штурм (метод генерации идей), нетворкинг и т.д.)

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

ФОС в Приложении.

Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену:

1. Дайте определение понятиям полимер, макромолекула, степень полимеризации.
2. Дайте определение понятиям олигомер, мономерное звено, контурная длина.
3. Назовите особенности химического строения полимеров.
4. Дайте количественные характеристики гибкости макромолекул.
5. Дайте характеристику свободно-сочлененной цепи. Дайте определение гауссову клубку. Функция распределения расстояний между концами свободно-сочлененной цепи.
6. Назовите принципы упаковки макромолекул.
7. Назовите условия, необходимые для кристаллизации полимеров.
8. Как определяются температура кристаллизации и плавления?
9. Механизм и кинетика кристаллизации.

10. Плавление.

11. Высокоэластическое состояние. Термодинамика и молекулярный механизм высокоэластической деформации.

12. Энтропийная природа высокоэластичности.

13. Связь меду равновесной упругой силой и удлинением.

14. Релаксационные явления в полимерах. Механические и диэлектрические потери.

15. Принцип температурно-временной суперпозиции.

16. Стеклообразное состояние. Особенности полимерных стекол.

17. Вынужденная эластичность и изотермы растяжения.

18. Механизм вынужденно-эластической деформации. Предел вынужденной эластичности. Хрупкость полимеров.

19. Вязкотекучее состояние. Механизм вязкого течения. Кривые течения полимеров.

20. Зависимость температуры вязкого течения от молекулярной массы. Аномалии вязкого течения. Формование изделий из полимеров на режиме вязкого течения.

21. Физико-механические свойства полимеров.

22. Напряжение, деформация и упругость. Обобщенная форма закона Гука, измерение модулей упругости.

23. Идеальное пластическое тело, процесс развития пластических деформаций.

24. Влияние гидростатического давления, температуры и скорости деформации на предел текучести.

25. Межатомное взаимодействие в полимерах. Динамика и энергетика растяжения отдельной межатомной связи и цепной макромолекулы.

26. Понятие о теоретической прочности полимеров. Основные теории прочности: Орована, Гриффитса, термофлуктуационная, релаксационная.

27. Долговечность. Особенности разрушения твердых полимеров и эластомеров. Механизм пластического и хрупкого разрушения.

28. Образование микротрещин. Распространение трещин. Статическая и динамическая усталость.

29. Сходство и различие истинных и коллоидного растворов.

30. Полимерный гель.

31. Жидкокристаллическое состояние жесткоцепных полимеров.

32. Расскажите о механических свойствах полимеров и их влияние на структуру.

33. Расскажите о диффузионных свойствах полимеров и их влияние на структуру.

34. Расскажите о тепловых свойствах полимеров и их влияние на структуру.

35. Расскажите об оптических свойствах полимеров и их влияние на структуру.

36. Расскажите об экспериментальных методах исследования структуры макромолекул в растворе.

37. ИК- спектроскопия полимеров. Особенности метода.

38. КР, РАМАН и УФ – спектроскопия. Специфика методов и задачи, решаемые с их применением.

39. Электронный и ядерный парамагнитный резонансы. Сущность методов, аппаратура, области применения. Метод спиновой метки. ЯМР высокого и низкого разрешения.

40. Теплофизические методы. Дилатометрия. Дифференциальный термический анализ. Калориметрические методы.

41. Масс-спектроскопия. Сущность метода, аппаратура, области применения. Времяпролетная масс-спектрометрия.

42. Рентгеноструктурный анализ полимеров. Изучение размеров и ориентации упорядоченных областей кристаллических полимеров. Большие периоды в полимерах. Специфика исследования смесей полимеров.

43. Флуоресцентный анализ полимеров.

44. Оптическая и электронная микроскопия.

45. Физико-механические методы. Термомеханический метод.

46. Что такое нанокомпозиты? Структура и их свойства.

47. Нанокомпозиты с новыми оптическими, электронными, магнитными, электричсекими и другими функциями с применением углеродных нанотрубок, фуллеренов, металлов и оксидов металлов.

48. Гель-технология.

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

8.3. Требования к рейтинг-контролю

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рекомендуемая литература

Основная

Шифр	Литература
Л.1.1	Галицин В.П., Крылов А.Л., Стогов Д.Б., Чмель А.Е., Голикова А.Ю., Пахомов П.М., Механика гель-нити из сверхвысокомолекулярного полиэтилена, , , ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/0005009t.pdf
Л.1.2	Хижняк С.Д., Nierling W., Овчинников М.М., Лавриенко М.В., Lecher M.D., Пахомов П.М., Пахомов П.М., 2. Изучение гелеобразования в водных растворах цистеина и нитрата серебра методом динамического светорассеяния, , , ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/0004992t.pdf
Л.1.3	Галицын В.П., Пахомов П.М., Чмель А.Е., Грибанов С.А., Хижняк С.Д., Пахомов П.М., Структурная обусловленность свойств нитей из полиэтилена, полученных методом гель-технологии, , , ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/0002892t.pdf
Л.1.4	Михайлова Ю.Н., Маланин М.Н., Хижняк С.Д., Пахомов П.М., Изучение гидрогелей ПВС методом УФ спектроскопии, , , ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/0002879t.pdf

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	1. Высокомолекулярные соединения: учебник и практикум для академического бакалавриата / под ред. А. Б. Зезина. М.: Юрайт, 2021. 340 с. Серия: Бакалавр. Академический курс; ISBN 978-5-9916-5603-0. (Высшее образование). [Электронный ресурс]. : https://urait.ru/book/469143.
Э2	2. Кленин В.И. Высокомолекулярные соединения. [Электронный ресурс] / В.И. Кленин, И.В. Федусенко. 2-е изд. С-Петербург: Лань. 2022. 512 с.: https:// e.lanbook.com/book/211184.
Э3	3. Тагер А.А. Физикохимия полимеров. 2007. 4-е изд., перераб. и доп. Учеб. пособие для хим. фак. ун-тов. [Электронный ресурс] / А. А. Тагер; под ред. А. А. Аскадского. М.: Научный мир, 2007. 573с.: http://turbobit.net/7u9kxwwqampy.html.
Э4	4. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения: учебник для бакалавров. [Электронный ресурс]. М.: Юрайт, 2013. 602 с. Серия: Бакалавр. Углубленный курс. ISBN 978-5-9916-2280-6. : https://static.ozone.ru/multimedia/book_file/ 1009501915.pdf.
Э5	5. Сутягин В.М. Физико-химические методы исследования полимеров. [Электронный ресурс]: учебное пособие. / В.М. Сутягин, А.А. Лянков. 3-е изд. С-Петербург: Лань. 2022. 140 с: https://elanbook.com/book/212516.
Э6	6. Пахомов П.М. Основы физики и химии полимеров. Тверь: ТвГУ, 2016. 163 с. : http://library.tversu.ru

Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	Google Chrome
4	ABBYY Lingvo x5
5	WinDjView
6	OpenOffice
7	Microsoft Web Deploy
8	HyperChem

Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	ЭБС «ZNANIUM.COM»
2	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
3	ЭБС «Лань»
4	ЭБС ТвГУ
5	ЭБС BOOK.ru
6	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)
7	Журналы American Chemical Society (ACS)
8	БД Scopus
9	БД Web of Science
10	Ресурсы издательства Springer Nature

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-421	комплект учебной мебели, микроскопы, весы, Фурье ИК спектрометр, дополнительное оборудование для ИК Фурье спектрометра , комплекс
3-308б	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, весы аналитические, насос форвакуумный
3-408	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проекторы, абсорбциометр, телефоны, ареометр, барометр анероид, дрель, колонки, мешалка магнитная,

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Учебная программа

Программа включает 11 основных разделов:

Тема 1. ВВЕДЕНИЕ

Основные понятия и определения: полимер, олигомер, макромолекула, мономерное звено, степень полимеризации, контурная длина цепи. Роль полимеров в живой природе и их значение как промышленных материалов (пластмассы, каучуки, волокна и пленки, покрытия, клеи). Предмет и задачи науки о высокомолекулярных соединениях (полимерах). Ее роль в научно-техническом прогрессе и основные исторические этапы ее развития.

Тема 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЛИМЕРОВ

Основные принципы (типы) классификации полимеров: по происхождению,

химическому составу, строению основной цепи, способу получения (синтетических) и природе атомов основной цепи. Природные и синтетические полимеры. Органические, элементоорганические и неорганические полимеры. Линейные, разветвленные, лестничные и сшитые полимеры. Гомополимеры и сополимеры. Классификация сополимеров по внутримолекулярному распределению мономерных звеньев: статистические, чередующиеся, блок-сополимеры, привитые сополимеры. Гомоцепные и гетероцепные полимеры.

Тема 3. ХИМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ФИЗИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА

Структура и основные физические свойства полимерных тел. Внутримолекулярное вращение и гибкость макромолекулы. Количественные характеристики гибкости макромолекул (среднеквадратичное расстояние между концами цепи, радиус инерции макромолекулы, статистический сегмент, степень свернутости макромолекулы). Свободно-сочлененная цепь как идеализированная модель гибкой макромолекулы. Функция распределения расстояний между концами свободно-сочлененной цепи (гауссовы клубки). Связь гибкости (жесткости) макромолекул с их химическим строением: факторы, влияющие на гибкость реальных цепей. Особенности молекулярного строения полимеров и принципы упаковки макромолекул.

Тема 4. МОРФОЛОГИЯ ПОЛИМЕРОВ

Аморфные и кристаллические полимеры. Условия, необходимые для кристаллизации полимеров. Температура кристаллизации и температура плавления. Структура и надмолекулярная организация кристаллических полимеров. Различия и сходство в структурной организации кристаллических и аморфных полимеров. Термотропные жидкокристаллические (мезоморфные) полимеры.

Тема 5. ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ

Фазовые переходы, механизм кристаллизации и плавления кристаллов. Влияние структуры и внешних воздействий на фазовые переходы.

Тема 6. ФИЗИЧЕСКИЕ СОСТОЯНИЯ

Высокоэластическое состояние. Термодинамика и молекулярный механизм высокоэластической деформации. Энтропийная природа высокоэластичности. Связь меду равновесной упругой силой и удлинением. Нижний предел молекулярных масс, необходимых для проявления высокоэластичности. Релаксационные явления в полимерах. Механические и диэлектрические потери. Принцип температурно-временной суперпозиции. Стеклообразное состояние. Особенности полимерных стекол. Вынужденная эластичность и изотермы растяжения. Механизм вынужденно-эластической деформации. Предел вынужденной эластичности. Хрупкость полимеров. Вязкотекучее состояние. Механизм вязкого течения. Кривые течения полимеров. Зависимость температуры вязкого течения от молекулярной массы. Аномалии вязкого течения. Формование изделий из полимеров на режиме вязкого течения.

Тема 7. КИНЕТИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ПРОЧНОСТИ

Физико-механические свойства полимеров. Деформационные свойства. Напряжение, деформация и упругость. Обобщенная форма закона Гука, измерение модулей упругости. Идеальное пластическое тело, процесс развития пластических деформаций. Влияние гидростатического давления, температуры и скорости деформации на предел текучести. Межатомное взаимодействие в полимерах. Динамика и энергетика растяжения отдельной межатомной связи и цепной макромолекулы. Понятие о теоретической прочности полимеров. Основные теории прочности: Орована, Гриффитса, термофлуктуационная, релаксационная. Долговечность. Кинетическая теория разрушения. Особенности разрушения твердых полимеров и эластомеров. Механизм пластического и хрупкого разрушения. Образование микротрещин. Распространение трещин. Статическая и динамическая усталость.

Тема 8. РАСТВОРЫ, ГЕЛИ, ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ

Концентрированные растворы полимеров и гели. Ассоциация макромолекул в концентрированных растворах и структурообразование. Жидкокристаллическое состояние жесткоцепных полимеров. Лиотропные жидкокристаллические системы и их фазовые диаграммы. Особенности реологических и механических свойств концентрированных растворов.

Тема 9. СТРУКТУРНАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРОВ

Пластификация полимеров. Правила объемных и молярных долей. Полимераналогичные превращения и внутримолекулярные реакции. Деструкция полимеров. Различные механизмы деструкции. Принципы стабилизации полимеров. Сшивание полимеров. Модифицирование полимерных материалов посредством химических реакций макромолекул. Синтез привитых и блок-сополимеров.

Влияние строения на свойства полимеров. Влияние концевых групп на свойства полимеров. Влияние заместителей.

Тема 10. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ

Экспериментальные методы исследования структуры макромолекул в растворе (вискозиметрия, светорассеяние, седиментация, двойное лучепреломление).

Спектроскопия полимеров: ИК, КР, УФ, РАМАН. Специфика методов и задачи, решаемые с их применением.

Флуоресцентный анализ полимеров.

Электронный и ядерный парамагнитный резонансы. Сущность методов, аппаратура, области применения. Метод спиновой метки. ЯМР высокого и низкого разрешения.

Теплофизические методы. Дилатометрия. Дифференциальный термический анализ. Калориметрические методы.

Масс-спектроскопия. Сущность метода, аппаратура, области применения. Времяпролетная масс-спектрометрия.

Рентгеноструктурный анализ полимеров. Изучение размеров и ориентации упорядоченных областей кристаллических полимеров. Большие периоды в полимерах. Специфика исследования смесей полимеров.

Оптическая и электронная микроскопия.

Физико-механические методы. Термомеханический метод.

Тема 11. ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Нанокомпозиты. Наполнители с нанометровым размеровым размером частиц. Структура и свойства нанокомпозитов. Нанокомпозиты с новыми оптическими, электронными, магнитными, электрическими и другими функциями с применением углеродных нанотрубок, фуллеренов, металлов и оксидов металлов. Гель-технология. Техника получения высокоупорядоченных пленок Ленгмюра-Блоджетт.

Перечень основной и дополнительной литературы по дисциплине:

1. Высокомолекулярные соединения: учебник и практикум для академического бакалавриата / под ред. А. Б. Зезина. М.: Юрайт, 2021. 340 с. Серия: Бакалавр. Академический курс; ISBN 978-5-9916-5603-0. (Высшее образование). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://urait.ru/book/469143.

2. Кленин В.И. Высокомолекулярные соединения. [Электронный ресурс] / В.И. Кленин, И.В. Федусенко. 2-е изд. С-Петербург: Лань. 2022. 512 с. Режим доступа: https:// e.lanbook.com/book/211184.

3. Тагер А.А. Физикохимия полимеров. 2007. 4-е изд., перераб. и доп. Учеб. пособие для хим. фак. ун-тов. [Электронный ресурс] / А. А. Тагер; под ред. А. А. Аскадского. М.: Научный мир, 2007. 573с. Режим доступа: http://turbobit.net/7u9kxwwqampy.html.

4. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения: учебник для бакалавров. [Электронный ресурс]. М.: Юрайт, 2013. 602 с. Серия: Бакалавр. Углубленный курс. ISBN 978-5-9916-2280-6. Режим доступа: https://static.ozone.ru/multimedia/book_file/ 1009501915.pdf.

5. Сутягин В.М. Физико-химические методы исследования полимеров. [Электронный ресурс]: учебное пособие. / В.М. Сутягин, А.А. Лянков. 3-е изд. С-Петербург: Лань. 2022. 140 с. Режим доступа: https://elanbook.com/book/212516.

6. Пахомов П.М. Основы физики и химии полимеров. Тверь: ТвГУ, 2016. 163 с. (Имеется в библиотеке ТвГУ).