Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Наумова Наталия Александровна
Должность: Ректор
Дата подписания: 02.11.2026 14:29:36
Уникальный программный ключ:
6b5279da4e034bff679172803da5b7b559fcc9d2

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ»
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ)

Физико-математический факультет
Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологии

Согласовано
деканом физико-математического факультета
«18» марта 2026 г.
_____
/Кулешова Ю.Д./

Рабочая программа дисциплины

Физика полимеров и мягкой материи

Направление подготовки
03.03.02 Физика

Профиль:
Фундаментальная физика и нанотехнологии

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Согласовано учебно-методической комиссией
физико-математического факультета
Протокол «18» марта 2026 г. № 8
Председатель УМКом_____
/Кулешова Ю.Д./

Рекомендовано кафедрой фундаментальной
физики и нанотехнологии
Протокол от «17» февраля 2026 г. № 12
Зав. кафедрой_____
/Холина С.А./

Москва
2026

Автор-составитель:
Курилов Александр Дмитриевич, кандидат физико-математических наук

Рабочая программа дисциплины «Физика полимеров и мягкой материи» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 07.08.2020 г. № 891.

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)», и является элективной дисциплиной.

Год начала подготовки (по учебному плану) 2026

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Планируемые результаты обучения	4
2.	Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3.	Объем и содержание дисциплины	5
4.	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся	7
5.	Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине	10
6.	Учебно-методическое и ресурсное обеспечение дисциплины	15
7.	Методические указания по освоению дисциплины	16
8.	Информационные технологии для осуществления образовательного процесса по дисциплине	16
9.	Материально-техническое обеспечение дисциплины	16

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

1.1. Цель и задачи дисциплины

Цель освоения дисциплины «Физика полимеров и мягкой материи»: формирование у обучающихся фундаментальных знаний о физических принципах, структуре, свойствах и методах исследования полимеров и других мягких конденсированных сред (жидкие кристаллы, коллоиды, гели, биополимеры), а также развитие навыков применения современных теоретических и экспериментальных подходов для анализа и прогнозирования поведения мягкой материи в различных условиях.

Задачи дисциплины:

- изучить основные классы мягкой материи (полимеры, жидкие кристаллы, коллоидные системы, гели, мембраны), их молекулярную и надмолекулярную организацию;
- освоить теоретические модели и методы описания гибких цепей (модель идеальной цепи, Флори–Хаггинса, масштабные подходы), статистической физики полимеров и фазовых переходов в мягких системах;
- сформировать представления о механических (вязкоупругость, реология), тепловых (стеклование, плавление), оптических и электрических свойствах полимеров и мягких материалов;
- ознакомить с современными экспериментальными методами исследования мягкой материи (дифракция, светорассеяние, калориметрия, реометрия, микроскопия);
- развить навыки самостоятельного анализа научной литературы, моделирования структуры и свойств полимерных систем, интерпретации экспериментальных данных;
- подготовить базу для дальнейшего изучения специализированных курсов и выполнения научно-исследовательских работ в области физики конденсированного состояния и нанотехнологий.

1.2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины «Физика полимеров и мягкой материи» у обучающихся формируются следующие компетенции:

ДПК-2. Способен освоить современные концепции, теории, законы и методы в области физики, математики и информатики, овладеть основными методами решения задач, сформулированными в рамках данных предметных областей, и применить их в профессиональной деятельности

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)», и является элективной дисциплиной.

Для освоения дисциплины «Физика полимеров и мягкой материи» используются знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения следующих дисциплин: «Введение в общую физику», «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Атомная физика», «Математический анализ», «Линейная алгебра» и «Аналитическая геометрия».

Компетенции, знания, навыки и умения, полученные в ходе изучения дисциплины, должны всесторонне использоваться и развиваться студентами в процессе последующей профессиональной деятельности.

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины, дадут возможность студентам осваивать такие дисциплины учебного плана, как «Физика конденсированного состояния», «Статистическая физика», «Физическая кинетика», «Физическая электроника» и «Астрофизика».

Изучение дисциплины «Избранные вопросы теоретической физики» является базой для дальнейшего обучения в бакалавриате, при прохождении практики и в профессиональной деятельности.

3. ОБЪЁМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Объём дисциплины

Показатель объёма дисциплины	Форма обучения

	Очная
Объём дисциплины в зачётных единицах	5
Объём дисциплины в часах	180
Контактная работа:	96.2
Лекции	32
Практические занятия	64
Из них в форме практической подготовки	64
Контактные часы на промежуточную аттестацию:	0,2
Зачёт	0,2
Самостоятельная работа	76
Контроль	7.8

Формой промежуточной аттестации являются: зачёт в 7 семестре.

3.2. Содержание дисциплины

Наименование разделов (тем) дисциплины с кратким содержанием	**Количество часов**		
	Лекции	**Лабораторные занятия**	
		Общее кол-во	**из них, в форме практической подготовки**
Тема 1. Введение в физику мягкой материи Определение мягкой материи. Особенности: слабые взаимодействия, большие времена релаксации, иерархия структур. Основные классы: полимеры, жидкие кристаллы, коллоиды, гели, биополимеры. Междисциплинарный характер и прикладное значение.	2	4	4
Тема 2. Молекулярная структура полимеров Классификация полимеров по происхождению, химическому строению, архитектуре цепи (линейные, разветвлённые, сшитые). Степень полимеризации, молекулярно-массовое распределение. Гибкость цепи и её термодинамические основы.	2	4	4
Тема 3. Конформации полимерной цепи Модели идеальной цепи: свободно-сочленённая цепь, цепь с фиксированными валентными углами. Среднеквадратичное расстояние между концами. Персистентная длина. Исключённый объём и набухание цепи.	2	4	4
Тема 4. Статистическая термодинамика полимерных растворов Термодинамика смешения полимера с низкомолекулярным растворителем. Параметр Флори–Хаггинса. Θ-условия. Фазовая диаграмма полимер–растворитель. Критическая точка.	4	8	6
Тема 5. Полимерные сетки и гели Сшивка полимерных цепей. Теория высокоэластичности. Уравнение состояния идеальной сетки. Набухание гелей. Факторы, определяющие степень набухания.	2	4	4
Тема 6. Реология полимеров Вязкоупругость. Время релаксации. Модели Максвелла и Кельвина–Фойгта. Динамический механический анализ. Зависимость вязкости от молекулярной массы.	2	4	4

Тема 7. Стеклование и кристаллизация полимеров Температура стеклования, её связь с гибкостью цепи. Кинетика стеклования. Кристаллизация полимеров, степень кристалличности. Морфология кристаллических полимеров.	2	4	4
Тема 8. Жидкие кристаллы Классификация (нематические, смектические, холестерические). Мезогенные группы. Порядок и ориентационные фазовые переходы. Оптические свойства жидких кристаллов.	4	8	6
Тема 9. Коллоидные системы Классификация коллоидов. Стабилизация и дестабилизация (DLVO теория). Структурообразование в коллоидных системах. Фазовые переходы: жидкость–кристалл, стеклование коллоидов.	2	4	4
Тема 10. Биополимеры Структура и свойства белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов. Фолдинг белков. Физические методы исследования биополимеров.	2	4	4
Тема 11. Поверхностные и межфазные явления в мягкой материи Поверхностное натяжение, адсорбция, смачивание. Полимерные поверхностно-активные вещества. Мицеллообразование.	2	4	4
Тема 12. Электрические и оптические свойства Диэлектрическая релаксация в полимерах. Пьезоэлектричество и сегнетоэлектричество в полимерах. Двойное лучепреломление в течении.	2	4	4
Тема 13. Методы исследования структуры и свойств Дифракционные методы (рентгенография, малоугловое рассеяние). Светорассеяние (статическое, динамическое). Калориметрия. Реометрия. Микроскопия (оптическая, АСМ, электронная) для мягких материалов.	2	4	4
Тема 14. Современные направления и приложения Полимерные нанокомпозиты. Самоорганизующиеся системы. Мягкая материя в 3D-печати. Полимерные электролиты. Биомедицинские применения.	2	4	4
Итого	**32**	**64**	**60**

ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Тема	Задание на практическую подготовку	Количество часов
Тема 1. Введение в физику мягкой материи	Разработать и представить обзорную мультимедийную презентацию по одному из классов мягкой материи (полимеры, жидкие кристаллы, коллоиды), включающую классификацию, примеры материалов, их ключевые свойства и области применения.	
Тема 2. Молекулярная структура полимеров	Выполнить расчёт среднечисловой и средневязкостной молекулярных масс по заданным распределениям; создать таблицу для оценки гибкости цепи по известным химическим структурам с использо-	

	ванием справочных данных о длинах связей и валентных углах.	
Тема 3. Конформации полимерной цепи	Написать скрипт на Python для моделирования методом Монте-Карло свободно-сочленённой и персистентной цепей; построить гистограммы распределения расстояний между концами и сравнить полученные среднеквадратичные значения с теоретическими формулами.	
Тема 4. Статистическая термодинамика полимерных растворов	Разработать программу (Python) для расчёта параметра Флори–Хаггинса, критической концентрации и температур фазового разделения; построить фазовую диаграмму для бинарной системы полимер–растворитель с нанесением бинодали и спинодали.	
Тема 5. Полимерные сетки и гели	Провести экспериментальное измерение степени набухания гидрогелей в воде и растворах солей; обработать данные с использованием теории Флори–Ренера и определить параметр сшивки; построить изотермы набухания.	
Тема 6. Реология полимеров	Выполнить реологические измерения на ротационном вискозиметре (или обработать предоставленные экспериментальные данные); построить кривые течения, рассчитать вязкость и время релаксации; сравнить с моделью Максвелла.	
Тема 7. Стеклование и кристаллизация полимеров	Провести дифференциальную сканирующую калориметрию (ДСК) образцов полимеров; определить температуры стеклования и плавления, степень кристалличности; выполнить расчёт кинетических параметров кристаллизации по модели Аврами.	
Тема 8. Жидкие кристаллы	Провести наблюдение текстур жидких кристаллов в поляризационном микроскопе, идентифицировать нематическую и смектическую фазы; выполнить исследование эффекта Фредерикса в электрическом поле с измерением порогового напряжения.	
Тема 9. Коллоидные системы	Выполнить синтез коллоидного раствора; измерить размер частиц методом динамического рассеяния света (DLS); оценить устойчивость системы по дзета-потенциалу и сравнить с теорией DLVO.	
Тема 10. Биополимеры	Провести измерение тепловой денатурации белка методом ДСК; рассчитать параметры перехода (температуру, энтальпию); обработать данные кругового дихроизма и определить изменения вторичной структуры.	
Тема 11. Поверхностные и межфазные явления	Выполнить измерение поверхностного натяжения растворов ПАВ методом Вильгельми; построить изотермы поверхностного натяжения; определить критическую концентрацию мицеллообразования.	
Тема 12. Электрические и оптические свойства	Провести измерение диэлектрической проницаемости и тангенса угла потерь полимерной плёнки; исследовать двойное лучепреломление в потоке полимерного раствора с использованием поляризационно-оптической установки.	
Тема 13. Методы исследования структуры и свойств	Обработать данные малоуглового рентгеновского	

	рассеяния (SAXS) для полимерной системы; рассчитать радиус инерции и корреляционную длину; построить спектры динамического рассеяния света и определить коэффициент диффузии.	
Тема 14. Современные направления и приложения	Разработать и защитить мини-проект (в малых группах) по применению мягкой материи в нанотехнологиях, биомедицине или 3D-печати; подготовить краткое методическое руководство для демонстрационного эксперимента по выбранной теме (для использования в учебном процессе).	
Итого		

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Темы для самостоятельного изучения	Изучаемые вопросы	Кол-во часов	Формы самостоятельной работы	Методические обеспечения	Формы отчётности
Тема 1. Введение в физику мягкой материи	История развития, междисциплинарные связи. Современные периодические издания по мягкой материи.	6	Подготовка реферата или аннотированного обзора литературы.	Основная литература, журналы	Доклад
Тема 2. Молекулярная структура полимеров	Особенности синтеза полимеров. Влияние архитектуры цепи на свойства. Методы определения молекулярных масс.	4	Решение задач на расчёт молекулярных характеристик. Работа с учебником.	Учебные пособия, сборники задач.	Доклад
Тема 3. Конформации полимерной цепи	Масштабные теории полимеров. Конформации в расплавах и концентрированных растворах.	8	Изучение дополнительных глав, моделирование в Jupyter Notebook.	Методические указания, онлайн-симуляции.	Доклад
Тема 4. Статистическая термодинамика полимерных растворов	Теория Флори–Хаггинса для многокомпонентных систем. Влияние давления и добавок.	4	Вывод уравнений фазового равновесия, расчёт критических параметров.	Лекционный материал, оригинальные статьи.	Доклад
Тема 5. Полимерные сетки и гели	Теории набухания с учётом ионогенности. Применение гидрогелей в биомедицине.	6	Подготовка презентации по применению гидрогелей.	Научные обзоры, интернет-ресурсы.	Доклад

Тема 6. Реология полимеров	Нелинейная реология. Модели для концентрированных систем.	4	Решение задач на расчёт вязкости, релаксационных спектров.	Методические указания к лабораторным работам.	Отчёт по задачам.
Тема 7. Стеклование и кристаллизация	Теоретические модели стеклования (Адам–Гиббс, WLF). Кристаллизация под напряжением.	6	Анализ кривых ДСК, определение параметров кинетики.	Данные экспериментов, литература.	Доклад
Тема 8. Жидкие кристаллы	Жидкокристаллические полимеры. Дисплеи и оптические устройства.	6	Поиск и обзор патентов по современному применению жидких кристаллов.	Базы патентов, учебники.	Доклад
Тема 9. Коллоидные системы	Теория DLVO, кинетика агрегации. Коллоидные кристаллы.	6	Моделирование потенциала взаимодействия коллоидных частиц.	Методические указания, пакеты для расчётов.	Доклад
Тема 10. Биополимеры	Физические методы в структурной биологии. Белковая инженерия.	6	Подготовка реферата или аннотированного обзора литературы.	Научно-популярная и научная литература.	Доклад
Тема 11. Поверхностные и межфазные явления	Теория адсорбции полимеров. Поверхностно-активные вещества.	4	Решение задач на расчёт адсорбции и поверхностного натяжения.	Учебно-методическое и ресурсное обеспечение дисциплины (п. 6.1, 6.2, 6.3)	Доклад
Тема 12. Электрические и оптические свойства	Пьезоэлектрические полимеры. Фоторефрактивные полимеры.	6	Подготовка доклада о современных применениях (сенсоры, актюаторы).	Научные статьи, обзоры.	Доклад
Тема 13. Методы исследования структуры и свойств	Принципы работы SAXS, DLS, реометра. Интерпретация данных.	6	Самостоятельная обработка предоставленных экспериментальных файлов (SAXS, DLS).	Учебно-методическое и ресурсное обеспечение дисциплины (п. 6.1, 6.2, 6.3)	Доклад
Тема 14. Современные направления и приложения	Полимерные электролиты для аккумуляторов. Мягкая робототехника.	4	Выполнение мини-проекта (анализ литературы, предложение эксперимента).	Научные базы данных, консультации.	Доклад
Итого		76			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код и наименование компетенции	Этапы формирования
ДПК-2. Способен освоить современные концепции, теории, законы и методы в области физики, математики и информатики, овладеть основными методами решения задач, сформулированными в рамках данных предметных областей, и применить их в профессиональной деятельности.	1. Работа на учебных занятиях 2. Самостоятельная работа

5.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Оцениваемые компетенции	Уровень сформированности	Этапы формирования	Описание показателей	Критерии оценивания	Шкала оценивания
ДПК-2	Пороговый	1. Работа на учебных занятиях 2. Самостоятельная работа	**Знать:** основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости. **Уметь:** производить целенаправленный поиск образовательных и научных источников по тематике курсовых работ и выпускной квалификационной работы.	доклад, домашнее задание	Шкала оценивания домашнего задания, шкала оценивания доклада
	Продвинутый	1. Работа на учебных занятиях 2. Самостоятельная работа	**Знать:** основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости. **Уметь:** производить целенаправленный поиск образовательных и научных источников по тематике курсовых работ и выпускной квалификационной работы. **Владеть:** навыками самостоятельной работы с учебной литературой по фундаментальным разделам общей и теоретической физики; основной терминологией и понятийным аппаратом базовых физических дисциплин; навыками решения базовых физических задач.	доклад, домашнее задание, практическая подготовка	Шкала оценивания домашнего задания, шкала оценивания доклада, кала оценивания практической подготовки

Шкала оценивания написания доклада

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Если студент отобразил в докладе 71-90% выбранной темы.	8-10
Оптимальный (хорошо)	Если студент отобразил в докладе 51-70% выбранной темы	5-7

Удовлетворительный	Если студент отобразил в докладе 31-50% выбранной темы	2-4
Неудовлетворительный	Если студент отобразил в докладе 0-30% выбранной темы	0-1

Шкала оценивания домашнего задания

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Высокий (отлично)	Студент правильно выполнил 76 – 100% всех домашних заданий	8-10
Оптимальный (хорошо)	Студент правильно выполнил 51 – 75% всех домашних заданий	5-7
Удовлетворительный	Студент правильно выполнил 31 – 50% всех домашних заданий	2-4
Неудовлетворительный	Студент правильно выполнил 0 – 30% всех домашних заданий	0-1

Шкала оценивания практической подготовки

Критерии оценивания	Баллы
высокая активность на практической подготовке, выполнен(ы) задачи / контрольные работы / лабораторное исследование в количестве не менее 3 и/или отработан алгоритм решения задач по каждой теме или сформирован навык с лабораторным оборудованием	5
средняя активность на практической подготовке, выполнен(ы) задачи / контрольные работы / лабораторное исследование в количестве от 1до 3 и/или не полностью отработан алгоритм оказания медицинской помощи	2
низкая активность на практической подготовке, задачи / контрольные работы / лабораторное исследование не выполнялись и/или не отработан алгоритм решения задач по каждой теме, а также не сформирован навык с лабораторным оборудованием	0

5.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примеры домашних заданий

1. Для свободно-сочленённой цепи с числом звеньев N = 100 и длиной сегмента l = 2 нм рассчитайте среднеквадратичное расстояние между концами цепи $\langle R^2 \rangle$. Оцените среднеквадратичный радиус инерции. Как изменится $\langle R^2 \rangle$, если цепь станет персистентной с длиной персистентности l_p=1 нм?
2. Для системы полиметилметакрилат – толуол при температуре 25 °C параметр взаимодействия Флори–Хаггинса χ=0,45. Объёмная доля полимера ϕ=0,02. Рассчитайте осмотическое давление раствора. При каком значении χ наступит фазовое разделение?
3. Сшитый полиакриламидный гель помещён в воду. Степень набухания Q=15. Используя теорию Флори–Ренера, оцените среднюю молекулярную массу цепи между сшивками M_c. Параметр Флори–Хаггинса для системы χ=0,48, плотность полимера ρ=1,2 г/см^3, молярный объём воды V_1=18 см^3/моль.
4. Для полистирола температура стеклования T_g=100°C. По формуле Фокса–Флори оцените молекулярную массу, при которой T_g уменьшится на 5°C. Примите $T_{g\infty}$=100°C, K=1,2·10^5 К·г/моль.
5. Вязкость расплава полиэтилена при 180°C составляет η=500 Па·с, время релаксации τ=0,1 с. Постройте график зависимости динамической вязкости от частоты в рамках модели Максвелла. Рассчитайте модуль накопления и потерь при частоте ω=10 с$^{-1}$.

6. На кривой ДСК полиэтилентерефталата наблюдаются эндотермический пик при 80°C и эндотермический пик при 255°C. Каким переходам соответствуют эти пики? Рассчитайте степень кристалличности, если энтальпия плавления образца ΔH_m=40 Дж/г, а энтальпия плавления 100% кристаллического образца ΔH_{m0}=140 Дж/г.
7. Используя язык Python, напишите программу для генерации конформаций свободно-сочленённой цепи методом случайных блужданий. Постройте гистограмму распределения расстояний между концами для N=100 шагов и 10^4 реализаций. Сравните среднее значение $\langle R^2 \rangle$ с теоретическим.

Примерные темы докладов

1. Эволюция представлений о структуре полимеров.
2. Масштабные подходы в физике полимеров, скейлинговые теории.
3. Фазовые переходы в мягкой материи.
4. Роль энтропии в формировании конформаций и свойств полимеров.
5. Стеклование полимеров.
6. Биополимеры. Структура, динамика и функции.
7. Гидрогели.
8. Жидкокристаллические полимеры.
9. Коллоидные системы как модельные объекты для изучения фазовых переходов.
10. Полимерные мембраны.
11. Динамическое рассеяние света в полимерных и коллоидных системах.
12. Дифференциальная сканирующая калориметрия в исследовании тепловых переходов.
13. Рентгеновское и нейтронное малоугловое рассеяние для изучения надмолекулярной структуры.
14. Атомно-силовая микроскопия мягких материалов.
15. Реологические методы исследования полимеров.
16. Полимерные электролиты для твёрдотельных аккумуляторов.
17. Мягкая материя в 3D-печати.
18. Полимерные нанокомпозиты.
19. Применение гидрогелей в тканевой инженерии и доставке лекарств.
20. Мягкая робототехника на основе полимерных актюаторов

Задание на практическую подготовку

1. Разработать и представить обзорную мультимедийную презентацию по одному из классов мягкой материи (полимеры, жидкие кристаллы, коллоиды), включающую классификацию, примеры материалов, их ключевые свойства и области применения.
2. Выполнить расчёт среднечисловой и средневязкостной молекулярных масс по заданным распределениям; создать таблицу для оценки гибкости цепи по известным химическим структурам с использованием справочных данных о длинах связей и валентных углах.
3. Написать скрипт на Python для моделирования методом Монте-Карло свободно-сочленённой и персистентной цепей; построить гистограммы распределения расстояний между концами и сравнить полученные среднеквадратичные значения с теоретическими формулами.
4. Разработать программу (Python) для расчёта параметра Флори–Хаггинса, критической концентрации и температур фазового разделения; построить фазовую диаграмму для бинарной системы полимер–растворитель с нанесением бинодали и спинодали.
5. Провести экспериментальное измерение степени набухания гидрогелей в воде и растворах солей; обработать данные с использованием теории Флори–Ренера и определить параметр сшивки; построить изотермы набухания.
6. Выполнить реологические измерения на ротационном вискозиметре (или обработать предоставленные экспериментальные данные); построить кривые течения, рассчитать вязкость и время релаксации; сравнить с моделью Максвелла.

7. Провести дифференциальную сканирующую калориметрию (ДСК) образцов полимеров; определить температуры стеклования и плавления, степень кристалличности; выполнить расчёт кинетических параметров кристаллизации по модели Аврами.
8. Провести наблюдение текстур жидких кристаллов в поляризационном микроскопе, идентифицировать нематическую и смектическую фазы; выполнить исследование эффекта Фредерикса в электрическом поле с измерением порогового напряжения.
9. Выполнить синтез коллоидного раствора; измерить размер частиц методом динамического рассеяния света (DLS); оценить устойчивость системы по дзета-потенциалу и сравнить с теорией DLVO.
10. Провести измерение тепловой денатурации белка методом ДСК; рассчитать параметры перехода (температуру, энтальпию); обработать данные кругового дихроизма и определить изменения вторичной структуры.
11. Выполнить измерение поверхностного натяжения растворов ПАВ методом Вильгельми; построить изотермы поверхностного натяжения; определить критическую концентрацию мицеллообразования.
12. Провести измерение диэлектрической проницаемости и тангенса угла потерь полимерной плёнки; исследовать двойное лучепреломление в потоке полимерного раствора с использованием поляризационно-оптической установки.
13. Обработать данные малоуглового рентгеновского рассеяния (SAXS) для полимерной системы; рассчитать радиус инерции и корреляционную длину; построить спектры динамического рассеяния света и определить коэффициент диффузии.
14. Разработать и защитить мини-проект (в малых группах) по применению мягкой материи в нанотехнологиях, биомедицине или 3D-печати; подготовить краткое методическое руководство для демонстрационного эксперимента по выбранной теме (для использования в учебном процессе).

Примерные вопросы к зачёту

1. Что такое мягкая материя? Основные классы и их отличительные черты.
2. Молекулярно-массовое распределение полимеров. Среднечисловая и средневязкостная молекулярные массы, полидисперсность.
3. Конформации полимерной цепи. Свободно-сочленённая модель, персистентная длина.
4. Среднеквадратичное расстояние между концами цепи в идеальном и реальном состоянии.
5. Термодинамика смешения полимера с растворителем. Параметр Флори–Хаггинса.
6. Θ-условия и их физический смысл. Фазовые диаграммы полимер–растворитель.
7. Критическая точка фазового разделения, её зависимость от молекулярной массы.
8. Стеклование полимеров. Температура стеклования, факторы, её определяющие.
9. Кристаллизация полимеров. Кинетика, степень кристалличности, морфология.
10. Вязкоупругость полимеров. Модели Максвелла и Кельвина–Фойгта.
11. Реология расплавов и растворов полимеров. Зависимость вязкости от молекулярной массы и частоты.
12. Полимерные сетки. Сшивка, набухание. Теория высокоэластичности.
13. Гидрогели, структура, факторы набухания, биомедицинские применения.
14. Уравнение состояния идеальной сетки. Степень набухания и её расчёт.
15. Жидкие кристаллы: классификация, параметры порядка, фазовые переходы.
16. Оптические свойства жидких кристаллов. Эффект Фредерикса.
17. Коллоидные системы. Классификация, устойчивость, теория DLVO.
18. Структурообразование в коллоидах. Коллоидные кристаллы, стеклование.
19. Структурные уровни организации белков. Фолдинг и денатурация.
20. Поверхностное натяжение, адсорбция полимеров на границах раздела.
21. Мицеллообразование поверхностно-активных веществ. Критическая концентрация мицеллообразования.
22. Динамическое и статическое рассеяние света.

23. Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) в изучении полимеров.
24. Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей и нейтронов (SAXS/SANS).
25. Реометрия. Методы измерения, получаемые характеристики.
26. Методы компьютерного моделирования мягкой материи (Монте-Карло, молекулярная динамика).
27. Полимерные нанокомпозиты. Структура, свойства, применение.
28. Мягкая материя в энергетике (полимерные электролиты, органические фотоэлементы).
29. Биомедицинские применения гидрогелей и коллоидных систем.
30. Современные тенденции. 3D-печать полимерами, мягкая робототехника.

5.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценивание степени освоения обучающимися дисциплины осуществляется на основе «Положение о балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости студентов ГУП».

Сопоставимость рейтинговых показателей студента по разным дисциплинам и балльно-рейтинговой системы оценки успеваемости студентов обеспечивается принятием единого механизма оценки знаний студентов, выраженного в баллах, согласно которому 100 баллов – это полное усвоение знаний по учебной дисциплине, соответствующее требованиям учебной программы.

Максимальный результат, который может быть достигнут студентом по каждому из Блоков рейтинговой оценки – 100 баллов.

В зачетно-экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по пятибалльной шкале и рейтинговые оценки в баллах.

При получении студентом на зачёте неудовлетворительной оценки в ведомость выставляется рейтинговая оценка в баллах (меньше 40 баллов), соответствующая фактическим знаниям (ответу) студента.

Критерии оценки знаний студентов в рамках каждой учебной дисциплины или групп дисциплин вырабатываются преподавателями согласованно на кафедрах университета исходя из требований образовательных стандартов.

Требования к зачёту

Для допуска к зачёту нужно выполнить все домашние задания, пройти все опросы, тестирование, и защитить одну курсовую работу по выбору студента. На зачёте студент должен ответить на два теоретических вопроса.

Итоговая оценка «зачёт» или «незачёт» складывается из оценок за опросы, за домашние задания, за тестирования, а также за зачёт с оценкой не менее «удовлетворительно». максимальный итоговый балл – 100 баллов.

Шкала оценивания зачёта.

Критерии оценивания	Баллы
Свободное владение основными терминами и понятиями курса; последовательное и логичное изложение материала курса; законченные выводы и обобщения по теме вопросов; исчерпывающие ответы на вопросы при сдаче зачета. Полностью выполнены и защищены лабораторные работы.	15-20
Знание основных терминов и понятий курса; последовательное изложение материала курса; умение формулировать некоторые обобщения по теме вопросов; достаточно полные ответы на вопросы при сдаче зачета. Полностью выполнены и защищены лабораторные работы.	10-14
Удовлетворительное знание основных терминов и понятий курса; удовлетворительное знание и владение методами и средствами решения задач; недостаточно последовательное изложение материала курса; умение формулировать отдельные вы-	5-9

Критерии оценивания	Баллы
воды и обобщения по теме вопросов. Выполнено и защищено не менее 75 % лабораторных работ.	
Ответ, не соответствующий вышеуказанным критериям выставления оценок.	0-4

Итоговая шкала оценивания результатов освоения дисциплины

Итоговая оценка по дисциплине выставляется по приведенной ниже шкале. При выставлении итоговой оценки преподавателем учитывается работа обучающегося в течение освоения дисциплины, а также оценка по промежуточной аттестации.

Количество баллов	Оценка по традиционной шкале
81-100	Зачтено
61-80	Зачтено
41-60	Зачтено
0-40	Не зачтено

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Основная литература

1. Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. Физика в мире полимеров : О макромолекулах почти без формул. Самые захватывающие и передовые достижения физики полимеров в доступном изложении. – М. : URSS, 2025. – 352 с.
2. де Жен П.-Ж. Идеи скейлинга в физике полимеров. – М. : Мир, 1982. – 376 с.
3. де Жен П.-Ж. Физика жидких кристаллов. – М. : Мир, 1977. – 400 с.
4. Малкин А.Я., Исаев А.И. Реология: концепции, методы, приложения. – СПб. : Профессия, 2007. – 560 с.
5. Коншина Е.А. Оптика жидкокристаллических сред. Учебное пособие – СПб: СПб НИУ ИТМО, 2013. – 128 с.
6. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. – М.: Научный мир, 2007. – 576 с.

6.2. Дополнительная литература

1. Larson R.G. The Structure and Rheology of Complex Fluids. – New York : Oxford University Press, 1999. – 682 p.
2. Jones R.A.L. Soft Condensed Matter. – Oxford : Oxford University Press, 2002. – 195 p.
3. Doi M. Soft Matter Physics. – Oxford : Oxford University Press, 2013. – 272 p.

6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. SpringerLink https://link.springer.com/
2. arXiv.org https://arxiv.org
3. Научная электронная библиотека http://elibrary.ru
4. Электронно-библиотечная система Лань https://e.lanbook.com
5. ООО «Электронное издательство Юрайт» https://urait.ru

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы по дисциплинам.
3. Методические рекомендации по написанию курсовой работы

8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Лицензионное программное обеспечение:
Microsoft Windows

Microsoft Office
Kaspersky Endpoint Security

Информационные справочные системы:
Система «КонсультантПлюс»

Профессиональные базы данных
fgosvo.ru – Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования
pravo.gov.ru - Официальный интернет-портал правовой информации
www.edu.ru – Федеральный портал Российское образование

Свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства
ОМС Плеер (для воспроизведения Электронных Учебных Модулей)
7-zip
Google Chrome

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя:
- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: учебной мебелью, доской, демонстрационным оборудованием, персональными компьютерами, проектором;
- лаборатория атомно-силовой микроскопии, лаборатория рентгеноструктурного анализа на базе лаборатории «Рентгеноструктурного анализа и флуоресценции» педагогического технопарка «Кванториум» имени И.В. Курчатова.
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде.