

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра физики фазовых переходов**

Авторы-составители: **Соснин Петр Аркадьевич**  
**Кузнецов Андрей Аркадьевич**  
**Макаров Дмитрий Владимирович**

Рабочая программа дисциплины

**ФИЗИКА ПОЛИМЕРОВ**

Код УМК 61932

Утверждено  
Протокол №12  
от «14» мая 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Физика полимеров

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.01** Прикладные математика и физика  
направленность Программа широкого профиля

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Физика полимеров** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**03.03.01** Прикладные математика и физика (направленность : Программа широкого профиля)

**ПК.1** способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность: Программа широкого профиля)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	11
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	0
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (11 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Физика полимеров. Первый уч. период**

#### **Предмет статистической физики макромолекул**

Предмет статистической физики макромолекул. Основные типы полимерных макромолекул. Основные состояния полимерных веществ: вязкоупругое, высокоэластическое, стеклообразное, частично-кристаллическое. Основные способы получения полимеров: полимеризации и поликонденсации. Получение полимерных сеток и некоторые их свойства.

#### **Идеальная полимерная цепь**

Свободно-сочлененная цепь. Гибкость полимерной цепи. Цепь с фиксированным валентным углом. Персистентная длина и сегмент Куна. Идеальная цепь как случайное блуждание. Упругость идеальной цепи и классическая теория высокоэластичности. Упругость свободно-сочлененной цепи при больших растяжениях.

#### **Неидеальная полимерная цепь**

Модель бусинок. Связь моделей полимерной цепи. Стандартная гауссова модель. Основные понятия теории объемных взаимодействий. Бинарные взаимодействия. Универсальность. Квазимономеры. Двухпараметрическая теория. Теория Флори.

#### **Глобулярное состояние макромолекулы**

Статистическая сумма идеальной цепи во внешнем сжимающем поле. Концентрация звеньев в глобуле. Конформационная энтропия глобулы. Примеры применения теории И.М. Лифшица. Идеальная полимерная цепь в ограниченном объеме. Захват полимерной цепи потенциальной ямой. Адсорбция идеальной макромолекулы на притягивающей поверхности. Полимерная глобула, сформированная самосогласованным полем. Конформация большой полимерной глобулы.

#### **Переход клубок – глобула. Динамические свойства полимерных растворов и расплавов**

Модель Рауза: уравнение движения звена, его решение в континуальном пределе. Максимальное время релаксации и коэффициент самодиффузии цепи. Среднеквадратичное смещение звена. Гидродинамические взаимодействия. Модель Зимма: уравнение движения звена, тензор Озеена. Максимальное время релаксации, коэффициент самодиффузии цепи. Неупругое рассеяние света.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Основы физики макромолекул : учебное пособие / О. В. Борисов, Е. Б. Жулина, А. А. Полоцкий, А. А. Даринский. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2015. — 74 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/91543> (дата обращения: 02.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей. <https://elis.psu.ru/node/538801>
2. Гуревич А. Г. Физика твердого тела: учебное пособие для втузов / А. Г. Гуревич. — Санкт-Петербург: Невский Диалект, 2004, ISBN 5-7940-0117-8.-320.-Библиогр.: с. 306-311

### Дополнительная:

1. Физика твердого тела. Лабораторный практикум. учебное пособие для студентов физических специальностей вузов / ред. А. Ф. Хохлов. — Москва: Высшая школа, 2001. Т. 1. Методы получения твердых тел и исследования их структуры. — 2001. — 364, ISBN 5-06-004021-6. — Библиогр. в конце глав
2. Физика твердого тела. Лабораторный практикум. учебное пособие для студентов физических специальностей вузов / ред. А. Ф. Хохлов. — Москва: Высшая школа, 2001. Т. 2. Физические свойства твердых тел. — 2001. — 484, ISBN 5-06-004022-4. — Библиогр. в конце глав
3. Гросберг А. Ю., Хохлов А. Р. Полимеры и биополимеры с точки зрения физики / А. Ю. Гросберг, А. Р. Хохлов. — Долгопрудный: Интеллект, 2010, ISBN 978-5-91559-087-7. — 30412. — Библиогр.: с. 300-303 (55 назв.)
4. Вшивков С. А. Методы исследования полимерных систем: Учебное пособие / Вшивков С. А. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016, ISBN 978-5-7996-1746-2. — 233. <http://www.iprbookshop.ru/66168.html>

## 9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

[https://tvkultura.ru/video/show/brand\\_id/20898/episode\\_id/155877/video\\_id/155877/](https://tvkultura.ru/video/show/brand_id/20898/episode_id/155877/video_id/155877/) Алексей Хохлов.  
"Умные полимеры". 1-я лекция

[https://tvkultura.ru/video/show/brand\\_id/20898/episode\\_id/155873/video\\_id/155873/](https://tvkultura.ru/video/show/brand_id/20898/episode_id/155873/video_id/155873/) Алексей Хохлов.  
"Умные полимеры". 2-я лекция

[https://tvkultura.ru/video/show/brand\\_id/20898/episode\\_id/640583/video\\_id/640583/](https://tvkultura.ru/video/show/brand_id/20898/episode_id/640583/video_id/640583/) Academia.  
Алексей Хохлов. "Полимеры в контексте нано"

## 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Физика полимеров** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения

- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы
- офисный пакет приложений «LibreOffice».

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных и практических занятий требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы студентов требуется аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами



доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Физика полимеров**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и  
критерии их оценивания**

<b>Компетенция</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<p><b>ПК.1</b> способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин</p>	<p>Знать: современное состояние проблемной области, базовые представления физики полимеров, основные элементы статистической физики макромолекул; Уметь: объяснять природу фазовых превращений макромолекул; Владеть: математическими методами описания полимерных систем.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает современное состояние проблемной области, базовые представления физики полимеров, основные элементы статистической физики макромолекул; Не умеет объяснять природу фазовых превращений макромолекул; Не владеет математическими методами описания полимерных систем.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Демонстрирует частично сформированное знание современного состояния проблемной области, базовые представления физики полимеров, основные элементы статистической физики макромолекул; Демонстрирует частично сформированное умение объяснять природу фазовых превращений макромолекул; Фрагментарное владение математическими методами описания полимерных систем.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы знание современного состояния проблемной области, базовые представления физики полимеров, основные элементы статистической физики макромолекул; Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение объяснять природу фазовых превращений макромолекул; В целом владеет математическими методами описания полимерных систем.</p> <p align="center"><b>Отлично</b></p> <p>Знает современное состояние проблемной области, базовые представления физики</p>

<b>Компетенция</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<b>Отлично</b> полимеров, основные элементы статистической физики макромолекул; Умеет объяснять природу фазовых превращений макромолекул; Владеет математическими методами описания полимерных систем.

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Предмет статистической физики макромолекул <b>Входное тестирование</b>	Знание закона Гука. Знание того, что характеризует модуль Юнга. Умение вычислять интегралы типа Эйлера - Пуассона. Знание основ молекулярно-кинетической теории. Умение оценивать среднеерасстояние между атомами в различных фазах вещества. Знание центральной предельной теоремы теории вероятностей. Умение применять ее на практике. Знание того, что такое нормальное распределение. Умение вычислять его моменты. Знание того, что такое броуновское движение. Умение характеризовать расстояния, на которое "уходит" броуновская частица за время $t$ от своего первоначального положения.. Умение вычислять сумму геометрической прогрессии. Умение вычислять энергию точечной частицы в потенциальном поле.

<b>Компетенция</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<b>ПК.1</b> способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин	Идеальная полимерная цепь <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Основные типы полимерных макромолекул, основные состояния полимерных веществ; идеальная и свободно сочлененная цепь; идеальная цепь, как случайное блуждание; упругость идеальной цепи
<b>ПК.1</b> способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин	Глобулярное состояние макромолекулы <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Статистическая сумма идеальной цепи во внешнем сжимающем поле. Концентрация звеньев в глобуле. Конформационная энтропия глобулы. Примеры применения теории И.М. Лифшица. Идеальная полимерная цепь в ограниченном объеме. Захват полимерной цепи потенциальной ямой. Адсорбция идеальной макромолекулы на притягивающей поверхности. Полимерная глобула, сформированная самосогласованным полем. Конформация большой полимерной глобулы.
<b>ПК.1</b> способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин	Переход клубок – глобула. Динамические свойства полимерных растворов и расплавов <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Статистическая сумма идеальной цепи во внешнем сжимающем поле; концентрация звеньев в глобуле; модель Рауза; модель Зимма.

### **Спецификация мероприятий текущего контроля**

#### **Предмет статистической физики макромолекул**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.3 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Студенту предлагается ответить на 12 вопросов. Каждый вопрос оценивается в 0,5 балла: - правильный ответ на вопрос - 0,5 балла- неправильный ответ на вопрос - 0 баллов	<b>6</b>

#### **Идеальная полимерная цепь**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Задача 3: верное решение - 2 балла, частичное решение задачи - 1 балл, неверное решение либо решение отсутствует - 0 баллов.	2
Задача 1: верное решение - 2 балла, частичное решение задачи - 1 балл, неверное решение либо решение отсутствует - 0 баллов.	2
Задача 2: верное решение - 2 балла, частичное решение задачи - 1 балл, неверное решение либо решение отсутствует - 0 баллов.	2
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по дисциплине рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

### **Глобулярное состояние макромолекулы**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Задача 1: верное решение - 2 балла, частичное решение задачи - 1 балл, неверное решение либо решение отсутствует - 0 баллов.	2
Задача 2: верное решение - 2 балла, частичное решение задачи - 1 балл, неверное решение либо решение отсутствует - 0 баллов.	2
Задача 3: верное решение - 2 балла, частичное решение задачи - 1 балл, неверное решение либо решение отсутствует - 0 баллов.	2
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по дисциплине рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

### **Переход клубок – глобула. Динамические свойства полимерных растворов и расплавов**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Задача, оцениваемая по следующей схеме: верное решение - 2 балла, частичное решение задачи - 1 балл, неверное решение либо решение отсутствует - 0 баллов.	2
4 вопроса, каждый из которых оценивается по следующей схеме: верный ответ - 0.5 балла, неверный ответ - 0 баллов.	2
2 задачи, каждая из которых оценивается по следующей схеме: верный ответ - 1 балл, неверный ответ - 0 баллов.	2
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по дисциплине рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (40%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0