

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Д.А. Таюрский

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Физика полимеров

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика конденсированного состояния

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Фаткуллин Н.Ф. (Кафедра физики молекулярных систем, Отделение физики), Nail.Fatkullin@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-5	способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки
ОПК-6	способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе
ПК-1	способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта
ПК-6	способностью методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин в соответствии с утвержденными учебно-методическими пособиями

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

теоретические основы физики полимеров

Должен уметь:

применять полученные знания по дисциплине "физика полимеров" в профессиональной деятельности

Должен владеть:

навыками решения расчетных задач, связанных с изучением свойств полимерных молекул и их разбавленных растворов.

Должен демонстрировать способность и готовность:

решать теоретические и практические задачи в области "Физики полимеров"

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.Б.3 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Физика конденсированного состояния)" и относится к базовой (общепрофессиональной) части.

Осваивается на 1 курсе в 1 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 24 часа(ов), в том числе лекции - 12 часа(ов), практические занятия - 12 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 48 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 1 семестре.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Идеальная свободно-сочлененная цепочка. Сегмент Куна.	1	1	1	0	4
2.	Тема 2. Функция распределения радиуса Флори. Радиус инерции. Радиус Флори. Гидродинамический радиус.	1	1	1	0	4
3.	Тема 3. Проблема объемных взаимодействий. Метод функций Майера. Второй вириальный коэффициент.	1	1	1	0	4
4.	Тема 4. $\Theta$ -температура. $\Theta$ -область. Z-фактор набухания Флори. Коэффициент набухания.	1	1	1	0	4
5.	Тема 5. Приближение среднего поля.	1	1	1	0	4
6.	Тема 6. Число самопересечений идеальной цепочки в d -мерном пространстве.	1	1	1	0	4
7.	Тема 7. Уравнение для коэффициента набухания.	1	1	1	0	4
8.	Тема 8. Макромолекула во внешнем сжимающем поле. Статистическая сумма.	1	1	1	0	4
9.	Тема 9. $\psi$ -функция. Свободная энергия. Энтропия. $\lambda$ -оператор.	1	1	1	0	4
10.	Тема 10. Идеальная полимерная цепь в поре.	1	1	1	0	4
11.	Тема 11. Захват полимерной цепи потенциальной ямой	1	1	1	0	4
12.	Тема 12. Полимерная глобула, сформированная самосогласованным полем.	1	1	1	0	4
	Итого		12	12	0	48

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Идеальная свободно-сочлененная цепочка. Сегмент Куна.

Общие замечания и определения: макромолекулы, полимеры, конформация, сегмент, мономер. Модель свободно-сочлененной цепи. основные приближения. Сегмент-сегментные взаимодействия. Понятие сегмента Куна.

##### Тема 2. Функция распределения радиуса Флори. Радиус инерции. Радиус Флори. Гидродинамический радиус.

Функция Грина идеальной цепочки. Радиус Флори. Связь длины сегмента Куна с молекулярной массой. Функция распределения радиуса Флори. Радиус инерции и гидродинамический радиус.

##### Тема 3. Проблема объемных взаимодействий. Метод функций Майера. Второй вириальный коэффициент.

Понятие исключенного объема. Его влияние на межсегментальное взаимодействие. Метод функций Майера. Потенциал Ленарда-Джонаса. Второй вириальный коэффициент.

##### Тема 4. $\Theta$ -температура. $\Theta$ -область. Z-фактор набухания Флори. Коэффициент набухания.

Понятие  $\theta$ -температуры и  $\theta$ -области для полимерных растворов. Понятие набухания полимерной цепи. Коэффициент набухания. Z-фактор набухания Флори

##### Тема 5. Приближение среднего поля.

Основные допущения, входящие в приближение Среднего поля. Применение приближения среднего поля для полимерных систем.

#### **Тема 6. Число самопересечений идеальной цепочки в $d$ -мерном пространстве.**

Понятие самопересечения идеальной полимерной цепи. Число самопересечений в трехмерном случае и  $d$ -мерном пространстве

#### **Тема 7. Уравнение для коэффициента набухания.**

Понятие  $\theta$ -растворителя. "Хороший" и "плохой" растворитель. Влияние концентрации раствора, температуры, молекулярной массы полимера на набухание. Уравнение для коэффициента набухания.

#### **Тема 8. Макромолекула во внешнем сжимающем поле. Статистическая сумма.**

Понятие статистической суммы. Статистическая сумма для полимерной цепи без объемных взаимодействий во внешнем сжимающем поле. Конфигурационная энтропия. Плотность.

#### **Тема 9. $\psi$ -функция. Свободная энергия. Энтропия. $\lambda$ -оператор.**

Вывод уравнений Лифшица для цепочки во внешнем поле.

#### **Тема 10. Идеальная полимерная цепь в поре.**

Расчет спектра Лямбда-оператора для полимерной цепи в поре. Распределение концентраций полимерных сегментов

#### **Тема 11. Захват полимерной цепи потенциальной ямой**

Вывод основных уравнений для пси-функции для потенциальной ямы конечной глубины.

#### **Тема 12. Полимерная глобула, сформированная самосогласованным полем.**

Уравнение Лифшица для глобулы сформированной самосогласованным полем

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

### **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;

- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.  
Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

### **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

### **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Институт высокомолекулярных соединений -

<http://imc.macro.ru:8080/web/guest/24;jsessionid=758a85e193ad7ba1bbc8175a5a6b>

Кафедра физики полимеров МГУ - [http://polly.phys.msu.ru/ru/history/history\\_polymer.html](http://polly.phys.msu.ru/ru/history/history_polymer.html)

КАФЕДРА ХИМИИ И ФИЗИКИ ПОЛИМЕРОВ И ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИМ. Б.А. ДОГАДКИНА - <http://hfp.mitht.ru/nauchrabot.htm>

Лаборатория полимерных материалов и композитов - <http://nanospheres.ru/>

сайт КФУ - [http://tulpar.kfu.ru/pluginfile.php/136674/mod\\_resource/content/1/Posobie\\_Rouse\\_model.pdf](http://tulpar.kfu.ru/pluginfile.php/136674/mod_resource/content/1/Posobie_Rouse_model.pdf)

### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Просмотреть рекомендованную в них литературу.

Решить все упражнения.

Методические указания по подготовке к письменным работам:

- самостоятельное изучение отдельных тем (вопросов) дисциплины с использованием учебника, первоисточника, дополнительной литературы;

- подготовка кратких тезисов и выписок изучаемого материала;

- конспектирование наиболее важной информации из учебной и научной литературы по изучаемой теме;

- составление таблиц и логических схем для систематизации учебного материала;

- использовать ресурсы сети internet для поиска и уточнения дополнительной информации;

- заучивание и запоминание, повторение учебного материала и т.д.

- Изучить пособия по авторством Фаткуллина Н.Ф. 'Идеальная цепь', 'Модель Рауза', 'Модель Зимма' (Пособия могут быть скачаны с моего сайта: [http://kpfu.ru/main?p\\_id=10875&p\\_lang=&p\\_type=1](http://kpfu.ru/main?p_id=10875&p_lang=&p_type=1))

Студенты могут получить дополнительную информацию по вопросам, вызывающим затруднения при подготовке к контрольной работе, на индивидуальных консультациях с преподавателем.

Перечень вопросов к контрольным работам разрабатывается преподавателем, ведущим дисциплину. Вопросы к контрольным работам составляются таким образом, что охватывают основные аспекты изучаемой дисциплины. Тематика каждой контрольной работы озвучивается преподавателем на лекционном занятии.

Методические указания по подготовке к устному опросу

При подготовке к устному опросу следует повторить материал, разобранный преподавателем на лекционных занятиях. Студенты могут получить дополнительную информацию по вопросам, вызывающим затруднения, из рекомендованной основной и дополнительной литературы, а также на интернет-ресурсах. Перечень вопросов к устному опросу разрабатывается преподавателем, ведущим дисциплину.

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

#### **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе "Физика конденсированного состояния".

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика конденсированного состояния

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

#### Основная литература:

1. Семчиков Ю.Д., Жильцов С.Ф., Зайцев С.Д. Введение в химию полимеров. - М: 'Лань', 2014. - 224 с.

<https://e.lanbook.com/reader/book/4036/#1>

2. Кулезнев В.Н., Шершнев В.А. Химия и физика полимеров. - М.: 'Лань', 2014. - 368 с.

<https://e.lanbook.com/reader/book/51931/>

3. Цирельсон, В.Г. Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела: учебное пособие для вузов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. - 522 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/94104/>

#### Дополнительная литература:

1. Материаловедение и технология металлических, неметаллических и композиционных материалов / А.М.

Адаскин, А.Н.Красновский. - М.: Форум, 2017. -400 с.: <http://znanium.com/bookread2.php?book=544502>

2. Основы инновационного материаловедения: Монография / О.С. Сироткин. - М.: ИНФРА-М, 2011. - 158 с.

<http://znanium.com/bookread2.php?book=226469>



**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика  
Профиль подготовки: Физика конденсированного состояния  
Квалификация выпускника: магистр  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)  
Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010  
Браузер Mozilla Firefox  
Браузер Google Chrome  
Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC  
Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.