

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



*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Физика полимеров

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

## 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): доцент, к.н. Савостина Л.И. (Кафедра физики молекулярных систем, Отделение физики), Liudmila.Savostina@kpfu.ru ; заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Скирда В.Д. (Кафедра физики молекулярных систем, Отделение физики), kazanvs@mail.ru ; Фаткуллин Наиль Фидаиевич

**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-1	Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности

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.О.02.05 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Физика перспективных материалов)" и относится к обязательной части ОПОП ВО.

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	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Идеальная свободно-сочлененная цепочка. Сегмент Куна.	1	1	0	1	0	0	0	4

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

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

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

Общие замечания и определения: макромолекулы как линейные цепи, полимеры линейные и другие. Что такое конформация. Понятие мономерного звена. Понятие сегмента. Описание полимерной цепи с точки зрения сегментов. Модель свободно-сочлененной цепи. основные приближения. Сегмент-сегментные взаимодействия. Понятие сегмента Куна.

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

Какими общими характеристиками можно наделить полимерные молекулы? Функция Грина идеальной цепочки. Радиус Флори. Радиус Флори в растворах и расплавах. Функция распределения радиуса Флори. Как зависит радиус Флори от качества растворителя? Радиус инерции и гидродинамический радиус. Связь длины сегмента Куна с молекулярной массой.

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

Понятие исключенного объема. Какие способы его учета? Влияние исключенного объема на взаимодействие сегментов. Влияние исключенного объема на радиус Флори. Методы учета эффектов исключенного объема. Метод функций Майера. Потенциал Ленарда-Джонаса. Второй вириальный коэффициент. Его значения и смысл.

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

Понятие  $\theta$ -температуры и  $\theta$ -области для полимерных растворов. Компенсация сил притяжения и отталкивания. существенность/несущественность тройных и многочастичных столкновений. Понятие набухания полимерной цепи. Коэффициент набухания. Z-фактор набухания Флори. Влияние температуры. Влияние качества растворителя.

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

Приближение среднего поля (молекулярное поле, эффективное поле) - один из методов приближённого описания эффектов многочастичных взаимодействий. Применяется в тех случаях, когда точное решение задачи отсутствует, а учёт конечного числа членов ряда возмущений теории недостаточен. Основные допущения, входящие в приближение Среднего поля. Применение приближения среднего поля для полимерных систем.

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

Успех теоретического исследования определяется тем, удалось ли найти хорошую идеализированную модель изучаемой реальной системы. В природе никакие идеалы в чистом виде не встречаются, но можно вообразить себе идеальный газ (в котором молекулы совсем не взаимодействуют), идеальную жидкость (в которой совсем отсутствуют силы трения), идеальный кристалл (в котором совсем нет отклонений от строгого порядка в расположении атомов). Понятие самопересечения идеальной полимерной цепи. Число самопересечений в трехмерном случае и d-мерном пространстве

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

Коэффициент набухания макромолекулы. Энергия Гиббса. В разбавленном растворе полимера осмотическая сила, приводящая к диффузии растворителя внутрь полимерного клубка, существенно зависит от энергии Гиббса взаимодействия системы полимер - растворитель. 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.**

Математический вид второго закона термодинамики для систем, сохраняющих объем и температуру постоянными. Изменения энергетического состояния полимера при его деформировании. 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.**

Механическая работа и потенциальная энергия. Типы равновесия

Свободная поверхностная энергия тел. Состояние системы. Внутренняя энергия. Равновесные и неравновесные состояния газа. Проявление этой энергии. Законы сохранения. Энтропия. Основное свойство энтропии. Энтальпия. Вывод уравнений Лифшица для цепочки во внешнем поле.

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

Идеальная цепь - это модельная цепь, в которой пренебрегают так называемыми объемными взаимодействиями, т.е. взаимодействиями удаленных по цепи звеньев. Полимерные цепи ведут себя как идеальные в так называемых  $\Theta$ -условиях. Влияние на поведение полимерной цепи ограничивающих воздействий со стороны стенок поры. Расчет спектра Лямбда-оператора для полимерной цепи в поре. Распределение концентраций полимерных сегментов по пространству поры.

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

Распределение ориентации коллоидных частиц или длинных полимерных цепей вблизи стенки. Аномалия течения, возникающая вблизи стенки, пристенное скольжение. Захват длинной полимерной цепи потенциальной ямой как фазовый переход второго рода. Вывод основных уравнений для  $\psi$ -функции для потенциальной ямы конечной глубины.

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

Сворачиваемость цепи в клубок. Связь с термодинамической гибкостью. Объемное взаимодействие. Переходы глобула - клубок в биополимерах. Условия существования клубка и глобулы. В реальных макромолекулах объемное взаимодействие в отсутствие внешнего воздействия создаёт самосогласованное поле, приводящее к образованию глобулы. 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 науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/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)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Для того, чтобы лекция для студента была продуктивной, к ней надо готовиться. Подготовка к лекции заключается в следующем:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- узнайте тему лекции (по тематическому плану, по информации лектора),</li> <li>- прочитайте учебный материал по учебнику и учебным пособиям,</li> <li>- уясните место изучаемой темы в своей профессиональной подготовке,</li> <li>- выпишите основные термины,</li> <li>- ответьте на контрольные вопросы по теме лекции,</li> <li>- уясните, какие учебные элементы остались для вас неясными,</li> <li>- запишите вопросы, которые вы зададите лектору на лекции</li> </ul>
практические занятия	<p>На практических занятиях студентам будет предложено самостоятельно решить ряд задач по курсу "физика полимеров".</p> <p>Также на практических занятиях будут отрабатываться навыки владения математическим аппаратом. Одна из целей проведения практических занятий - углубление понимания законов физики, предопределяющих поведение макромолекул.</p> <p>При подготовке к практическим занятиям каждому студенту рекомендуется просмотреть материал предшествующих лекций. На основе результатов работы в рамках самостоятельных занятий подготовить список проблемных для понимания тем или вопросов преподавателю.</p>
самостоятельная работа	<p>Основные виды самостоятельной работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>изучение лекционного материала, предусматривающие проработку конспекта лекций и учебной литературы;</li> <li>поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;</li> <li>выполнение домашнего задания или домашней контрольной работы, выдаваемых на практических занятиях;</li> <li>изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение;</li> <li>подготовка к практическим занятиям;</li> <li>подготовка к контрольной работе или коллоквиуму;</li> <li>подготовка к зачету, аттестациям;</li> <li>написание реферата (эссе) по заданной проблеме.</li> </ul>
зачет	<p>В ходе подготовки к зачету с оценкой и экзамену обучающимся доводятся заранее подготовленные вопросы по дисциплине. Перечень вопросов для зачетов и экзаменов содержится в данных учебно-методических указаниях.</p> <p>В преддверии зачета с оценкой и экзамена преподаватель заблаговременно проводит групповую консультацию и, в случае необходимости, индивидуальные консультации с обучающимися. При проведении консультации обобщается пройденный материал, раскрывается логика его изучения, привлекается внимание к вопросам, представляющим наибольшие трудности для всех или большинства обучающихся, рекомендуется литература, необходимая для подготовки к зачету и экзамену.</p> <p>При подготовке к зачету с оценкой и экзамену обучающиеся внимательно изучают конспект, рекомендованную литературу и делают краткие записи по каждому вопросу. Такая методика позволяет получить прочные и систематизированные знания, необходимые на зачете с оценкой и экзамене.</p> <p>Обучающиеся, имеющие задолженность или неисправленные неудовлетворительные оценки по семинарским занятиям, к зачету с оценкой и экзамену не допускаются.</p>

### 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 перспективных материалов".



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

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

#### Основная литература:

1. Семчиков, Ю. Д. Введение в химию полимеров : учебное пособие / Ю. Д. Семчиков, С. Ф. Жильцов, С. Д. Зайцев. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 224 с. - ISBN 978-5-8114-1325-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210971> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Кулезнев, В. Н. Химия и физика полимеров : учебное пособие / В. Н. Кулезнев, В. А. Шершнев. - 3-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 368 с. - ISBN 978-5-8114-1779-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/211685> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Цирельсон, В. Г. Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела : учебное пособие для вузов / В. Г. Цирельсон. - 5-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 522 с. - ISBN 978-5-93208-518-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/172254> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### Дополнительная литература:

1. Адашкин, А. М. Материаловедение и технология металлических, неметаллических и композиционных материалов : учебник : в 2 книгах. Книга 1. Строение материалов и технология их производства / А.М. Адашкин, А.Н. Красновский, Т.В. Тарасова. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2023. - 250 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - DOI 10.12737/1143245. - ISBN 978-5-16-016429-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1896836> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: по подписке.
2. Кулезнев, В. Н. Химия и физика полимеров : учебное пособие / В. Н. Кулезнев, В. А. Шершнев. - 3-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 368 с. - ISBN 978-5-8114-1779-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/211685> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Сироткин, О. С. Основы инновационного материаловедения : монография / О.С. Сироткин. - Москва : ИНФРА-М, 2023. - 157 с. - (Научная мысль). - ISBN 978-5-16-009755-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2020542> (дата обращения: 18.04.2024). - Режим доступа: по подписке.

**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 перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

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.