

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

 Е.А. Турилова

28 февраля 2025 г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Физика некристаллических сред

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Теоретическая физика и моделирование физических процессов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

## 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): заведующий кафедрой, д.н. Мокшин А.В. (кафедра вычислительной физики и моделирования физических процессов, Отделение физики), Anatolii.Mokshin@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
ПК-3	Способен принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- основные-ключевые определения;
- текущее состояние данного раздела физики;
- ключевые нерешенные актуальные задачи данного раздела физики.

Должен уметь:

- решать типовые задачи, используя математический аппарат классической механики, квантовой механики, статистической физики и термодинамики.

Должен владеть:

- ключевыми методами вычислительной физики, связанными с решением задач обработки и интерпретации экспериментальных данных по микроскопии, спектроскопии и др.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- решать типовые задачи, связанные с описанием свойств модельных и реальных некристаллических сред.

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.03.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Теоретическая физика и моделирование физических процессов)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 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 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 55 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 18 часа(ов), лабораторные работы - 18 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 53 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 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. Жидкости	3	6	0	6	0	6	0	23

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	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
2.	Тема 2. Аморфные твердые тела: Виды, физические свойства	3	6	0	6	0	6	0	22
3.	Тема 3. Сверхкритический флюид	3	6	0	6	0	6	0	8
	Итого		18	0	18	0	18	0	53

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Жидкости

1. Определение неупорядоченной системы.
2. Структурный порядок. Виды неупорядоченных систем.
3. Трансляционный и ориентационный порядок. Параметры порядка. Симметрия и ее нарушение.
4. Простые жидкости. Межмолекулярные силы и модельные потенциалы межчастичного взаимодействия.
5. Структура жидкостей.
6. Термодинамика жидкостей.
7. Одночастичная и коллективная динамика жидкостей.
8. Релаксационные процессы в жидкостях.
9. Коллективные возбуждения в жидкостях.
10. Транспортные явления в жидкостях. Самодиффузия, вязкость, теплопроводность.
11. Ионные жидкости. Плазма.
12. Молекулярные жидкости.
13. Структурный и кластерный анализ. Многогранники Вороного. Триангуляция Делоне. Инварианты вращения Стейнхардта-Нельсона-Роншетти.
14. Динамическая неоднородность.

##### Тема 2. Аморфные твердые тела: Виды, физические свойства

1. Метастабильные состояния. Переохлажденная жидкость. Структурная релаксация в переохлажденной жидкости. Негауссова динамика. Многочастичные корреляции.
2. Витрификация. Температура стеклования.
3. Решеточные модели: Модели Изинга, Гейзенберга, Поттса.
4. Эргодичность. Нарушение эргодичности и нарушение симметрии.
5. Конфигурационная энтропия. Парадокс Каузмана.
6. Одночастичная и коллективная динамика в стеклах и аморфных материалах.
7. Плотность колебательных состояний и проблема "бозонного пика".
8. Металлические стекла.
9. Динамика и релаксация в стеклах. Теория связанных (взаимодействующих) мод.
10. Гели. Золь-гель переход. Перколяция.
11. Фракталы. Описание самоподобных структур.
12. Механические свойства аморфных материалов. Упругость, пластичность, вязкость.
13. Пены и их реологические свойства.
14. Ключевые нерешенные проблемы.

##### Тема 3. Сверхкритический флюид

1. Фазовая диаграмма и сверхкритическая область.
2. Сверхкритический флюид.
3. "Линия-область" Видома.
4. Линия Френкеля как кновый элемент фазовой диаграммы.
5. Ключевые свойства сверхкритических флюидов.

6. Ключевые задачи в области исследования сверхкритических флюидов.

7. Одночастичная и коллективная динамика

### **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

Галимзянов Б. Н., Мокшин А. В. Молекулярная динамика при структурных трансформациях и фазовых переходах в неупорядоченных системах / Б. Н. Галимзянов, А. В. Мокшин. - Казань: Казан. ун-т, 2017. - 159 -

[https://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/F737352259/Monografiya\\_\\_Galimzyanov\\_BN\\_\\_Mokshin\\_AV\\_.pdf](https://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/F737352259/Monografiya__Galimzyanov_BN__Mokshin_AV_.pdf)

Галимзянов Б. Н., Мокшин А. В. Основы моделирования молекулярной динамики: учебное пособие / А. В. Мокшин, Б. Н. Галимзянов. - Казань: Изд-во КФУ, 2016. - 107 с. -

[https://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/F816398894/Uchebnoe\\_posobie\\_\\_Galimzyanov\\_Mokshin\\_\\_2016.pdf](https://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/F816398894/Uchebnoe_posobie__Galimzyanov_Mokshin__2016.pdf)

Р.М. Хуснутдинов, А.В. Мокшин, "Физика твердого тела". Учебно-методическое пособие. Казань: К(П)ФУ, 2015. - 31 с. - [http://libweb.kpfu.ru/ebooks/06-IPh/06\\_143\\_001002.pdf](http://libweb.kpfu.ru/ebooks/06-IPh/06_143_001002.pdf)

### **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 планируемому результату 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)**

Видео-лекция "Квантовое моделирование материалов" (Постнаука) - <https://postnauka.ru/lectures/55772>

Видео-лекция "Моделирование наноструктур" (Постнаука) - <https://postnauka.ru/video/84369>

Видео-лекция "Умные материалы" (Постнаука) - <https://postnauka.ru/video/97044>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Необходимо осуществлять записи лекционного материала по всем разделам данной дисциплины. Ключевое внимание требуется уделять вводимым определениям, формулировкам теорем, ключевым формулам и соотношениям, принципам. Рекомендуется также зарисовывать предлагаемые изображения, рисунки, графики, схемы опытов.
практические занятия	На практических занятиях рекомендуется иметь в наличии учебно-методические пособия, указанные в разделе "8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)". Рекомендуется перед решением предлагаемых задач по различным разделам ознакомиться с методическим материалом и разобранными типовыми задачами (даются в начале каждого раздела).
лабораторные работы	Лабораторные занятия предполагают выполнение расчетов как на компьютерах, так и выполнение обычных аналитических расчетов. Для успешного выполнения лабораторных работ требуется иметь навыки составления простейших вычислительных программ, а также базовые знания по программированию. Особое значение имеет уровень самостоятельности выполнения работ.
самостоятельная работа	В содержание самостоятельной работы входит (1) разбор лекционного материала, (2) работа с основной и дополнительной учебной литературой, (3) решение практических задач, предлагаемых в качестве домашнего задания, (4) выполнение вычислений и разбор ключевых соотношений, (5) углубление знаний по ключевым подразделам.
экзамен	Экзамен проводится, главным образом, в устном виде. Каждый билет включает два вопроса, на которые требуется дать развернутые ответы. Дается время на подготовку ответов. При оценке особое внимание уделяется тому, насколько развернуто и детально представляются ответы, последовательности и логичности изложения материала.

**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 "Теоретическая физика и моделирование физических процессов".

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

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Теоретическая физика и моделирование физических процессов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

#### Основная литература:

1. Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах : учебное пособие / Е.Б. Ильина, Н.М. Хохлачёва, Н.Ф. Истомина, Е.Е. Марейчева ; под ред. П.Г. Бабаевского. - Москва : ИНФРА-М, 2024. - 130 с. - (Высшее образование). - DOI 10.12737/18823. - ISBN 978-5-16-011821-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2082080> (дата обращения: 07.01.2025). - Режим доступа: по подписке.
2. Склярова, Е. А. Курс лекций по физике: Молекулярная физика. Термодинамика : учебное пособие / Е.А. Склярова, Л.И. Семкина, С.И. Кузнецов ; Томский политехнический университет. - Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. - 156 с. - ISBN 978-5-4387-0735-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1086294> (дата обращения: 07.01.2025). - Режим доступа: по подписке.
3. Кошелев, Э. А. Молекулярная физика. Термодинамика : учебно-методическое пособие / Э. А. Кошелев. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2019. - 46 с. - ISBN 978-5-7782-3995-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1869132> (дата обращения: 07.01.2025). - Режим доступа: по подписке.

#### Дополнительная литература:

1. Бондаренко, Г. Г. Радиационная физика, структура и прочность твердых тел : учебное пособие / Г. Г. Бондаренко. - 3-е изд. (эл.). - Москва : Лаборатория знаний, 2025. - 465 с. - ISBN 978-5-93208-837-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/451622> (дата обращения: 07.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Лисицын, С. Г. Компьютерное моделирование задач молекулярной физики: учебное пособие / С. Г. Лисицын. - Долгопрудный : Интеллект, 2019. - 144 с. - ISBN 978-5-91559-266-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1086294> (дата обращения: 07.01.2025). - Режим доступа: по подписке.
3. Прудников, В. В. Квантово-статистическая теория твердых тел : учебное пособие для вузов / В. В. Прудников, П. В. Прудников, М. В. Мамонова. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 448 с. - ISBN 978-5-507-44520-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/233297> (дата обращения: 07.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Теоретическая физика и моделирование физических процессов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

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.