

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

Вычислительные методы и моделирование физических процессов

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: 2023

## 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. (доцент) Галимзянов Б.Н. (кафедра вычислительной физики и моделирования физических процессов, Отделение физики), bulatgnmail@gmail.com

**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-3	Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки;
ПК-1	Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью методов теоретической физики, современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- основы современных методов компьютерного моделирования процессов;
- современные проблемы развития материаловедения;
- основы методов искусственного интеллекта;
- основные методы расчета/определения структурных, транспортных и физико-механических свойств материалов с использованием методов машинного обучения;
- методы статистической обработки данных моделирования;
- численные методы оптимизации и методы параллельных расчетов;
- основы работы на вычислительных кластерах и суперкомпьютерах.

Должен уметь:

- применять современные методы компьютерного моделирования физических процессов, а также методы искусственного интеллекта;
- моделировать системы и процессы в материаловедении;
- применять вычислительные методы для определения структурных, транспортных и физико-механических свойств материалов;
- проводить статистическую обработку данных моделирования;
- оптимизировать расчеты с использованием параллельных расчетов;
- работать на вычислительных кластерах и суперкомпьютерах.

Должен владеть:

- современными методами компьютерного моделирования физических процессов и искусственного интеллекта;
- вычислительными методами для определения свойств материалов;
- знаниями по работе на вычислительных кластерах и суперкомпьютерах.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- применять современные методы компьютерного моделирования и методы искусственного интеллекта для решения задач из области физики;
- применять вычислительные методы для определения структурных, транспортных и физико-механических свойств материалов;
- работать на вычислительных кластерах и суперкомпьютерах.

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.04.02 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 1 курсе в 2 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 6 зачетных(ые) единиц(ы) на 216 часа(ов).

Контактная работа - 55 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 36 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 125 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен во 2 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- 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	
1.	Тема 1. Введение. Вычислительные методы в физики. Области применения и современные тренды	2	2	0	2	0	0	0	10
2.	Тема 2. Численные методы анализа и статистическая физика сложных систем	2	2	0	2	0	0	0	10
3.	Тема 3. Методы компьютерного моделирования физических процессов.	2	2	0	4	0	0	0	11
4.	Тема 4. Метод классической молекулярной динамики	2	2	0	4	0	0	0	10
5.	Тема 5. Работа на вычислительных кластерах и суперкомпьютерах	2	2	0	4	0	0	0	12
6.	Тема 6. Методы структурного анализа и определения физико-механических свойств материалов	2	2	0	4	0	0	0	12
7.	Тема 7. Статистическая обработка данных моделирования. Методы искусственного интеллекта в решении задач из области физики	2	2	0	4	0	0	0	15
8.	Тема 8. Работа с вычислительными пакетами по моделированию молекулярной динамики	2	0	0	4	0	0	0	15
9.	Тема 9. Методы визуализации результатов молекулярно-динамических расчетов	2	2	0	4	0	0	0	15
10.	Тема 10. Вычислительные методы в дизайне новых перспективных материалов	2	2	0	4	0	0	0	15
	Итого		18	0	36	0	0	0	125

### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

### **Тема 1. Введение. Вычислительные методы в физики. Области применения и современные тренды**

Области применения вычислительных методов. Вычислительные методы в решении инновационных задач и современные тренды. История развития вычислительных методов. Компьютерные технологии и их развитие. Связь между вычислительными методами и физикой. Роль компьютерного моделирования в решении задач из области физики. Методы искусственного интеллекта. Основы и виды методов ИИ. Метод машинного обучения и основы построения искусственных нейронных сетей.

### **Тема 2. Численные методы анализа и статистическая физика сложных систем**

Методы расчета погрешностей. Методы интерполяции и их применение. Методы численного дифференцирования. Численное интегрирование. Численные методы линейной алгебры. Решение нелинейных уравнений и их систем. Интервальные методы решения уравнений. Методы учета и минимизации погрешностей расчетов. Решение задач: микросостояния и флуктуации, модель Изинга. Скейлинг-функции. Эффект конечного размера системы. Кроссовер-эффекты. Гомогенные функции и ренормализационная группа как источники скейлинг-поведения. Метод машинного обучения.

### **Тема 3. Методы компьютерного моделирования физических процессов.**

Современные методы компьютерного моделирования физических процессов. Временные и размерные масштабы моделирования. Метод Монте-Карло расчетов и модификации. Классический метод молекулярной динамики и метод расчета из первых принципов. Ключевые особенности моделирования физических процессов. Области применения методов компьютерного моделирования. Имитационное моделирование. Особенности решения задач из области физики с помощью методов машинного обучения и искусственных нейронных сетей.

### **Тема 4. Метод классической молекулярной динамики**

Потенциалы взаимодействия и их параметризация. Постановка задачи и детали расчетов. Сохранение и обработка результатов моделирования. Краевые условия и интегрирование уравнений движения. Расчет энергии и сил межатомного взаимодействия. Определение оптимальных параметров численного эксперимента. Решение задач и проведение молекулярно-динамических расчетов: равновесные процессы, фазовые переходы, неравновесная молекулярная динамика.

### **Тема 5. Работа на вычислительных кластерах и суперкомпьютерах**

Структура вычислительного кластера и функциональные возможности. Платформы суперкомпьютеров и их производительность. Методы проведения параллельных расчетов. Задачи, допускающие параллельные вычисления. Способы синхронизации параллельного взаимодействия. Программные инструменты для проведения параллельных вычислений. Решение задач с использованием методов машинного обучения.

### **Тема 6. Методы структурного анализа и определения физико-механических свойств материалов**

Структурный анализ конфигурационных данных моделирования. Методы кластерного анализа. Расчет статистических характеристик. Характеристики элементов и связей. Определение качественных и количественных характеристик. Формирование критериев и оценка эффективности. Оценка погрешностей расчетов и способы их представления.

### **Тема 7. Статистическая обработка данных моделирования. Методы искусственного интеллекта в решении задач из области физики**

Статистическая обработка конфигурационных данных моделирования. Область допустимых значений. Классификация поисковых методов оптимизации и методология их сравнения. Классификация методов решения детерминированных задач оптимизации. Методы поиска глобального минимума одномерных многоэкстремальных функций. Задачи многокритериальной оптимизации и методы их решения. Задачи оптимального управления и методы их приближенного решения. Построение искусственных нейронных сетей с помощью языка программирования python. Решение задач из области физики с применением искусственных нейронных сетей и генетических алгоритмов.

### **Тема 8. Работа с вычислительными пакетами по моделированию молекулярной динамики**

Виды вычислительных пакетов и область их применения. Особенности работы с вычислительными пакетами на примере Lammps. Подготовка входных данных и настройка параметров системы. Выбор оптимальных параметров расчета. Проведение параллельных расчетов. Работа с fix-кодами и пользовательскими переменными. Методы исправления ошибок и минимизации погрешностей расчетов. Решение задач и проведение молекулярно-динамических расчетов.

### **Тема 9. Методы визуализации результатов молекулярно-динамических расчетов**

Особенности сохранения результатов моделирования и их визуального представления. Трехмерное моделирование динамики атомов при решении физических задач. Интерфейс программ для визуализации VMD и OVITO. Работа с модификаторами программы OVITO. Обработка результатов молекулярно-динамических расчетов. Решение задач из области физики.

### **Тема 10. Вычислительные методы в дизайне новых перспективных материалов**

Направления исследований материаловедения. Разделы физики, на которых базируется материаловедение. Классификация материалов. Кристаллические и аморфные тела. Свойства металлов и сплавов. Физические и технологические свойства материалов. Механические свойства материалов и методы их определения. Методы вычислительной физики в дизайне новых материалов. Разработка и применение моделей машинного обучения для прогнозирования физико-механических свойств материалов.

## **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 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)**

Вычислительный пакет LAMMPS - <http://lammmps.sandia.gov>

Программа OVITO - <https://www.ovito.org/about/>

Программа VMD - <https://www.ks.uiuc.edu/Research/vmd/>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	При подготовке к лекционным занятиям, обучающимся необходимо заранее повторить пройденные ранее материалы. При необходимости можно воспользоваться основной и дополнительной литературой. Для конспектирования материала необходимо иметь общую тетрадь с числом страниц не менее 48 и ручку/карандаш. Рекомендуется активно участвовать в обсуждении нового материала. При возникновении вопросов/недопонимания необходимо обратиться к преподавателю.
практические занятия	При подготовке к практическим занятиям, обучающимся необходимо повторить пройденный материал, воспользовавшись конспектами лекций, а также основной и дополнительной литературой. Для получения дополнительной информации также можно воспользоваться Интернет-ресурсами. При возникновении вопросов/недопонимания необходимо обратиться к преподавателю.
самостоятельная работа	Для организации самостоятельной работы и при подготовке к лабораторным занятиям обучающимся рекомендуется изучать дополнительную литературу по пройденным темам. Обучающиеся должны пользоваться конспектами лекций, своевременно выполнять аудиторные и домашние задания и уметь пользоваться Интернет-ресурсами.
экзамен	При подготовке к экзамену необходимо изучить все пройденные темы и изучить дополнительную литературу. Необходимо пользоваться Интернет-ресурсами. По каждой пройденной теме рекомендуется подготовить краткий конспект для лучшего усвоения материала. Экзаменационный билет будет содержать два теоретических вопроса по пройденным темам и одно практическое задание.

### 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.

Компьютерный класс.

### 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".



Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.04.02 Вычислительные методы 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: 2023

**Основная литература:**

1. Математическое и компьютерное моделирование : учебное пособие / А. Н. Бугров, Е. Ю. Кирпичева, А. А. Миловидова, Т. О. Махалкина. - Дубна : Государственный университет 'Дубна', 2019. - 71 с. - ISBN 978-5-89847-570-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/154489> (дата обращения: 13.04.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Остроух, А. В. Системы искусственного интеллекта / А. В. Остроух, Н. Е. Суркова. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 228 с. - ISBN 978-5-507-46441-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/310199> (дата обращения: 13.04.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Колмогорова, С. С. Основы искусственного интеллекта : учебное пособие для студентов / С. С. Колмогорова. - Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2022. - 108 с. - ISBN 978-5-9239-1308-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/257804> (дата обращения: 13.04.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Стефанова, И. А. Обработка данных и компьютерное моделирование : учебное пособие / И. А. Стефанова. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 112 с. - ISBN 978-5-8114-4010-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/126939> (дата обращения: 13.04.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

**Дополнительная литература:**

1. Основы искусственного интеллекта : учебное пособие / Ю. А. Антохина, А. А. Оводенко, М. Л. Кричевский, Ю. А. Мартынова. - Санкт-Петербург : ГУАП, 2022. - 169 с. - ISBN 978-5-8088-1720-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/263933> (дата обращения: 13.04.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Голубева, Н. В. Математическое моделирование систем и процессов : учебное пособие для вузов / Н. В. Голубева. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 192 с. - ISBN 978-5-8114-8721-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/179611> (дата обращения: 13.04.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Ростовцев, В. С. Искусственные нейронные сети / В. С. Ростовцев. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 216 с. - ISBN 978-5-507-46446-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/310184> (дата обращения: 13.04.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Тюкачев, Н. А. С#. Основы программирования : учебное пособие для вузов / Н. А. Тюкачев, В. Г. Хлебостроев. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 272 с. - ISBN 978-5-8114-7266-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/158960> (дата обращения: 13.04.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

*Приложение 3*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
*Б1.В.ДВ.04.02 Вычислительные методы и моделирование*  
*физических процессов*

**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: 2023

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 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.