

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**  
Моделирование и визуализация в физике

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика  
Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии  
Квалификация выпускника: бакалавр  
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): заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Прошин Ю.Н. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), Yuri.Proshin@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-1	способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основы методов компьютерного моделирования и визуализации для решения физических задач

Должен уметь:

использовать методы компьютерного моделирования и визуализации для решения физических задач и представления результатов;

проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (ПК-2);

применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин (ПК-4)

Должен владеть:

навыками использования основных математических пакетов для решения физических задач и представления результатов;

специализированными знаниями в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1)

Должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.03.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.02 "Физика (Физика квантовых систем и квантовые технологии)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 4 курсе в 7 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 - 83 часа(ов), в том числе лекции - 34 часа(ов), практические занятия - 14 часа(ов), лабораторные работы - 34 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 25 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 7 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. Методы визуализации в физике. Визуализация в языках программирования и современных математических пакетах. Компьютерное моделирование в физике: основные понятия и приемы.	7	4	0	0	0	0	0	2
2.	Тема 2. MatLab. Графический интерфейс пользователя. Научная графика и анимация, основные приемы и методы. Программа Plotter.	7	0	0	0	0	12	0	6
3.	Тема 3. Моделирование и визуализация нелинейных физических систем. Формирование структур. Самоорганизация. Бифуркации и хаос. Фракталы в физике. Примеры.	7	20	0	6	0	12	0	7
4.	Тема 4. Моделирование сложных систем и нанокластеров. Понятие о методах молекулярной динамики. Клеточные автоматы.	7	6	0	6	0	0	0	6
5.	Тема 5. Суммирование по решетке. Представление научных результатов с помощью различных пакетов. Причины появления ошибок в численных расчетах.	7	4	0	2	0	10	0	4
	Итого		34	0	14	0	34	0	25

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Методы визуализации в физике. Визуализация в языках программирования и современных математических пакетах. Компьютерное моделирование в физике: основные понятия и приемы.**

Визуализация в науке, как способ решения сложных задач. Компьютерное моделирование в физике: численный эксперимент в задачах механики, электродинамики, квантовой механики и статистической физики. Основные понятия, приемы, типичные модели. Современные методы визуализации, моделирования и численных расчетов. Математический программный комплекс MatLab. Программирование и визуализация в MatLab.

**Тема 2. MatLab. Графический интерфейс пользователя. Научная графика и анимация, основные приемы и методы. Программа Plotter.**

Научная графика и анимация, основные приемы и методы.

Основные приемы программирования и вычислений в пакете Matlab. Обзор возможностей. Операторы и работа с массивами. Графика. Графический интерфейс пользователя.

Решение задач моделирования. Программирование и создание анимированных графических структур в MatLab. Графический интерфейс пользователя в MatLab. Origin - обзор основных возможностей. Фиттинг в Origin.

**Тема 3. Моделирование и визуализация нелинейных физических систем. Формирование структур. Самоорганизация. Бифуркации и хаос. Фракталы в физике. Примеры.**

Моделирование нелинейных физических систем. Визуализация решений. Формирование структур. Самоорганизация. Фазовые диаграммы. Инвариантные торы, понятие о тереме Колмогорова-Арнольда-Мозера. Отображение Пуанкаре (ОП). Численное решение дифференциальных уравнений. Численные методы интегрирования. Построение ОП и появление нерегулярной динамики в задаче Эно-Эйлеса. Показатели Ляпунова. Модель Лоренца. Бифуркации и хаос. Одномерные и двумерные точечные отображения. Константы Фейгенбаума. Сценарии развития хаоса в нелинейных динамических системах.

Фракталы в физике. Понятие фрактал. Размерность Хаусдорфа. Простейшие геометрические, итерационные фракталы. Фракталы в природе. Визуализация различных типов фракталов.

#### **Тема 4. Моделирование сложных систем и нанокластеров. Понятие о методах молекулярной динамики. Клеточные автоматы.**

Моделирование сложных систем и нанокластеров. Понятие о методах молекулярной динамики. Клеточные автоматы. Постановка задачи. Основные алгоритмы. Визуализация на MatLab: разбор простейшей клеточной стратегии "Жизнь". Трехпараметрический клеточный автомат Лопухова-Александрова: различные сценарии развития - от деградации до пространственно-временных структур.

#### **Тема 5. Суммирование по решетке. Представление научных результатов с помощью различных пакетов. Причины появления ошибок в численных расчетах.**

Суммирование по решетке. Прямой метод (Эвьена). Метод Эвальда. Постоянная Маделунга.

Причины появления ошибок в численных расчетах (предел, чувствительность к исходным данным, последовательные приближения, неустойчивость алгоритмов). Вычисление постоянной Маделунга для кристаллов типа перовскита и шеллита методами Эвьена и Эвальда. Сравнение результатов.

#### **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

Моделирование и визуализация нелинейных динамических систем. Часть 1. Точечные отображения / Ю.Н. Прошин, М.А. Шакиров - <http://kpfu.ru/portal/docs/F1367493855/Tochechnye.otobrazheniya.pdf>

Страница по лабораторным работам (доцент Кутузов А.С.) - <http://kpfu.ru/portal/docs/F1300831226/visualization.html>

Страница проф. Прошина Ю.Н - <http://mrsej.kpfu.ru/pro/>

Численные методы и мат. моделирование: Лекционный материал. [Электронный ресурс] / Ю.Н.Прошин, С.К.Сайкин, Р.Г.Деминов - Казань, КФУ, Институт Физики, 2010. - 330 слайдов. - [http://mrsej.ksu.ru/pro/pdf\\_10/ChMMM\\_all\\_10.pdf](http://mrsej.ksu.ru/pro/pdf_10/ChMMM_all_10.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 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)**

Алгоритмы и методы - <http://algolist.manual.ru/>

Коткин Г.Л., Черкасский В.С. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием MATLAB. Новосибирск: НГУ. 173 с., 2001. - <http://www.phys.nsu.ru/cherk/main.pdf>

Образовательный проект А.Н. Варгина - <http://www.ph4s.ru/index.html>

Прошин, Ю.Н. Численные методы и мат.моделирование: Лекционный материал. [Электронный ресурс] / Ю.Н.Прошин, С.К.Сайкин, Р.Г.Деминов - Казань, КФУ, Институт Физики, 2010. - 330 слайдов. -

[http://mrsej.kpfu.ru/pro/pdf\\_10/ChMMM\\_all\\_10.pdf](http://mrsej.kpfu.ru/pro/pdf_10/ChMMM_all_10.pdf)

Сайт кафедры теоретической физики КФУ - [http://portal.kpfu.ru/main\\_page?p\\_sub=5721](http://portal.kpfu.ru/main_page?p_sub=5721)

Страница по практике доцента Кутузова А.С. - <http://kpfu.ru/portal/docs/F1300831226/visualization.html>

Страница профессора Прошина Ю.Н. - <http://mrsej.kpfu.ru/pro>

Электронная библиотека Matlab.Exponent.ru - <http://matlab.exponenta.ru/>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Разбор и усвоение лекционного материала. После каждой лекции студенту следует внимательно прочитать и разобрать конспект, при этом:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Понять и запомнить все новые определения.</li> <li>- Понять все математические выкладки и лежащие в их основе физические положения и допущения; воспроизвести все выкладки самостоятельно, не глядя в конспект.</li> <li>- Выполнить или доделать выкладки, которые лектор предписал сделать самостоятельно (если таковые имеются).</li> <li>- Если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по доступным письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать.</li> <li>- При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Также можно обратиться за помощью к лектору. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы. К письму можно прикрепить какие-либо электронные материалы, связанные с возникшими вопросами, например, отсканированные или сфотографированные листочки с рукописными комментариями, пометками, выкладками и т.п.</li> </ul>
практические занятия	<p>Подготовка к практическому занятию. В работе студентов можно выделить три составляющие: 1) разбор решений задач аудиторных занятий, 2) самостоятельное решение домашних задач, 3) разбор лекционного материала предстоящего практического занятия. Таким образом, придя домой после каждого аудиторного занятия, студент должен сначала решить самостоятельно (не глядя в рабочую тетрадь) те задачи, которые решил преподаватель во время занятия. При возникновении трудностей во время решения какой-нибудь задачи следует разобрать решение этой задачи в тетради. Затем следует решить задачу самостоятельно без тетради. Сколько бы раз не приходилось возвращаться к тетради, настоятельно рекомендуется всё же научиться воспроизводить решение самостоятельно. Затем следует приступить к решению задач из домашнего задания. При возникновении трудностей рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Приветствуется совместный поиск решений. Также можно обратиться за помощью к преподавателю. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы и/или прикрепив свой отсканированный или сфотографированный вариант решения для проверки. Пропустив какое-либо занятие, студенту следует скопировать решение разобранных на занятии задач из тетради какого-нибудь одногруппника; разобрать их решение, решить их самостоятельно, а также решить задачи домашнего задания.</p>
лабораторные работы	<p>Подготовка к лабораторным работам. Студент обязан перед выполнением каждой лабораторной работы самостоятельно ознакомиться с теоретическим материалом и по ее результатам предоставить отчет. Перед выполнением лабораторной работы требуется получить вариант задания. Далее необходимо ознакомиться с заданием. Выполнение лабораторной работы следует начать с изучения теоретических сведений. Результаты работы необходимо оформить в виде отчета. Лабораторная работа считается выполненной, если предоставлен отчет о результатах выполнения задания и проведена защита проделанной работы. Защита проводится в два этапа:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Демонстрируются результаты выполнения задания. В случае лабораторной работы, предусматривающей разработку программного приложения при помощи тестового примера доказывається, что результат, получаемый при выполнении программы правильный.</li> <li>2) Необходимо ответить на ряд вопросов преподавателя, которые должны прояснить степень самостоятельности и понимания выполнения данной работы.</li> </ol> <p>Вариант задания выдается преподавателем, проводящим лабораторные занятия, он же принимает лабораторную работу. Каждая лабораторная работа оценивается определенным количеством баллов в соответствии с регламентом балльно-рейтинговой системы</p> <p>Каждый отчет должен содержать: 1. Заголовок лабораторной работы (название и цель работы). 2. Задание к лабораторной работе. 3. Краткие теоретические сведения. 4. Описание последовательности действий, произведенных при выполнении работы (ход работы). 5. Результаты выполнения лабораторной работы (в электронном варианте или распечатанные).</p> <p>Крайне желательно, сделать все задачи. В обратном случае, трудно будет рассчитывать на высокую оценку. Компьютерные задания засчитываются по полной, если они сделаны самостоятельно и отрабатывают без замечаний на компьютерах преподавателя.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>Самостоятельное изучение части материала. Если часть учебного материала отведена на самостоятельное изучение, то необходимо приступить к этому незамедлительно после указания преподавателя и освоить материал в отведенные им сроки. Материал следует изучить по доступным письменным и электронным источникам, о которых сообщит преподаватель, и информация о которых содержится в учебном плане.</p> <p>Бонусы даются за выход к доске с лекционной темой, за активность, за нахождение опечаток в методичке, за хорошие GUI к задачам лектора, особенно к задаче по клеточным автоматам</p>
экзамен	<p>Обучающийся по материалам лекций, основной и дополнительной литературы должен всесторонне и систематически изучить вопросы, выносимые на экзамен. Он также обязан изучить учебно-программный материал и уметь свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоить взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявить творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.</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.

Компьютерный класс.

Специализированная лаборатория.

**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 03.03.02 "Физика" и профилю подготовки "Физика квантовых систем и квантовые технологии".

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

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

#### Основная литература:

1. Ибрагимов, И. М. Основы компьютерного моделирования наносистем : учебное пособие / И. М. Ибрагимов, А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 384 с. - ISBN 978-5-8114-1032-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210257> (дата обращения: 20.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Поршнева, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB : учебное пособие / С. В. Поршнева. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 736 с. - ISBN 978-5-8114-1063-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210530> (дата обращения: 20.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Галимзянов Б. Н., Мокшин А. В. Основы моделирования молекулярной динамики [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Мокшин, Б. Н. Галимзянов. - Казань: Изд-во КФУ, 2016. - 107 с. - URL: <http://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/103814> (дата обращения: 16.04.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Прошин, Ю.Н. Моделирование и визуализация нелинейных динамических систем. Часть 1. Точечные отображения: учебно-методическое пособие / Ю.Н. Прошин, М.А. Шакиров - Казань: Казан. ун-т, 2017. - 36 с. - Текст: электронный. - URL: <http://kpfu.ru/portal/docs/F1367493855/Tochechnye.otobrazheniya.pdf> (дата обращения: 16.04.2023). - Режим доступа: открытый.

#### Дополнительная литература:

1. Рябов, В. А. Принципы статистической физики и численное моделирование: Учебное пособие / Рябов В.А. - Долгопрудный: Интеллект, 2014. - 136 с. ISBN 978-5-91559-168-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/500628> (дата обращения: 18.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
2. Квасов, Б. И. Численные методы анализа и линейной алгебры. Использование Matlab и Scilab : учебное пособие / Б. И. Квасов. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 328 с. - ISBN 978-5-8114-2019-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/212234> (дата обращения: 18.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Деминов, Р.Г. Вычислительные методы в теоретической физике: учебные задания / Деминов Р.Г., Сайкин С.К., Прошин Ю.Н. - Казань: КГУ, 2000. - 34 с. - Текст: электронный. - URL: [http://kpfu.ru/portal/docs/F1394129731/vychisl\\_met\\_v\\_teor\\_fizike.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F1394129731/vychisl_met_v_teor_fizike.pdf) (дата обращения: 18.05.2023). - Режим доступа: открытый.
4. Прошин, Ю.Н. Численные методы и математическое моделирование: Лекционный материал / Ю.Н. Прошин, С.К. Сайкин, Р.Г. Деминов - Казань, КФУ, Институт Физики, 2010. - 330 слайдов. - Текст: электронный. - URL: [https://repository.kpfu.ru/?p\\_id=23525](https://repository.kpfu.ru/?p_id=23525) (дата обращения: 18.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Маленькие секреты большой томографии: монография / А.В. Фёдоров, А.И. Лаврентьева, О.И. Кононенко, Н.А. Березина; под ред. Н.А. Березиной. - Москва: ИНФРА-М, 2017. - 194 с. - (Научная мысль). - ISBN 978-5-16-012989-1. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/900873> (дата обращения: 18.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
6. Прошин, Ю. Н. Вычислительная физика: практический курс: учебно-методическое пособие / Ю. Н. Прошин, И. М. Еремин. - Казань: Казанский государственный университет, 2009. - 179 с. - (НБ - 38 экз.).

*Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.03.01 Моделирование и визуализация в физике*

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

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

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.