

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**

Линейные и нелинейные уравнения физики

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Направленность (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): профессор, д.н. Балакин А.Б. (Кафедра теории относительности и гравитации, Отделение физики), Alexander.Balakin@kpfu.ru

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

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

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;
ОПК-2	Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

знать основные свойства и уметь работать с такими специальными функциями как функции Бесселя, полиномы Лежандра, присоединенные полиномы Лежандра, сферические функции;

знать основные типы дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка и уметь приводить эти уравнения к каноническому виду;

знать некоторые элементы теории обобщенных функций.

Должен уметь:

уметь ставить краевые задачи и владеть методами решения этих задач;

Должен владеть:

навыками работы со специальными функциями (функции Бесселя, полиномы Лежандра, присоединенные полиномы Лежандра, сферические функции)

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять специальные функции, такие как функции Бесселя, полиномы Лежандра, присоединенные полиномы Лежандра, сферические функции при решении математических и физических задач.

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.27 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.02 "Физика (Физика квантовых систем и квантовые технологии)" и относится к обязательной части ОПОП ВО.

Осваивается на 3 курсе в 5 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 - 89 часа(ов), в том числе лекции - 34 часа(ов), практические занятия - 54 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 19 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 5 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. А. Специальные функции.	5	8	0	14	0	0	0	3
2.	Тема 2. Б. Уравнения математической физики. Уравнение колебаний	5	6	0	12	0	0	0	3
3.	Тема 3. Уравнение теплопроводности.	5	6	0	10	0	0	0	3
4.	Тема 4. Уравнения эллиптического типа	5	6	0	8	0	0	0	3
5.	Тема 5. Уравнение Гельмгольца	5	6	0	10	0	0	0	3
6.	Тема 6. Элементы теории обобщенных функций.	5	2	0	0	0	0	0	4
	Итого		34	0	54	0	0	0	19

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

###### Тема 1. А. Специальные функции.

А. Специальные функции. Понятие о краевых задачах. Задача Штурма-Лиувилля. Собственные значения и собственные функции задачи Штурма-Лиувилля и их свойства. Функция Грина. Метод построения функции Грина. Физическая интерпретация функции Грина. Основные уравнения для цилиндрических функций. Уравнение Бесселя. Решение его для нецелого индекса. Решение уравнения Бесселя для целого индекса. Рекуррентное соотношение для функции Бесселя. Функции Бесселя с полуцелым индексом. Функции Неймана и Ханкеля. Ортогональность функций Бесселя. Ряд Бесселя - Фурье. Уравнение Лежандра. Производящая функция и полиномы Лежандра. Рекуррентные соотношения для полиномов Лежандра. Полиномы Лежандра как решения уравнения Лежандра. Ортогональность полиномов Лежандра. Ряд Лежандра - Фурье. Присоединенные функции Лежандра и их выражение через производные от полиномов Лежандра. Решение 1-ой внутренней и внешней задач для шара в случае уравнения Лапласа. Сферические функции.

###### Тема 2. Б. Уравнения математической физики. Уравнение колебаний

Б. Уравнения математической физики.

Вариационный принцип в физике. Вывод вариационным методом уравнений свободных и вынужденных малых поперечных колебаний струны и мембраны. Вывод уравнений свободных и вынужденных малых продольных колебаний тонкого стержня. Классификация уравнений 2-го порядка с частными производными и приведение их к каноническому виду. Формулировка краевых задач и задачи Коши. Существование и единственность решения 1-ой краевой задачи для уравнений гиперболического типа. Решение задачи Коши для бесконечной струны. Физическая интерпретация решения. Решение задачи для свободных колебаний однородной струны с закрепленными концами. Стоячие волны. Решение задачи для вынужденных колебаний однородной струны. Решение задачи Коши для волнового уравнения в пространстве. Решение задачи о свободных колебаниях круглой мембраны с закрепленными границами.

###### Тема 3. Уравнение теплопроводности.

Вывод уравнений теплопроводности для тела, стержня. Диффузия газа в трубе. Постановка краевых задач и задачи Коши для уравнений теплопроводности. Принцип максимума и минимума. Единственность решения 1-ой краевой задачи. Решение 1-ой краевой задачи для уравнения теплопроводности без источников и с источниками. Метод интегральных преобразований Фурье. Задача Коши для бесконечного стержня. Функция Грина и ее физическая интерпретация. Дельта-функция Дирака.

Уравнения эллиптического типа и краевые задачи для уравнений эллиптического типа. Теорема единственности решения для задач Дирихле и Неймана. Решение 1-ой внутренней краевой задачи для круга. Формула Пуассона.

Уравнение Гельмгольца. Связь уравнения Гельмгольца с некоторыми уравнениями гиперболического и параболического типов. Сферически симметрические решения уравнения Гельмгольца в ограниченной области. Собственные значения и собственные функции граничной задачи общего вида. Разложения по собственным функциям.

Понятие о нелинейных уравнениях математической физики.

Физические задачи, приводящие к нелинейным уравнениям в частных производных первого порядка. Разрывные решения. Ударные волны. Нелинейные уравнения высшего порядка. Автомодельные решения нелинейных уравнений высшего порядка. Солитоны.

#### **Тема 4. Уравнения эллиптического типа**

Уравнения эллиптического типа и краевые задачи для уравнений эллиптического типа. Теорема единственности решения для задач Дирихле и Неймана. Решение 1-ой внутренней краевой задачи для круга. Формула Пуассона. Объемный потенциал и его свойства. Потенциал простого слоя, двойного слоя. Метод потенциала решения краевых задач для уравнений эллиптического типа.

#### **Тема 5. Уравнение Гельмгольца**

Уравнение Гельмгольца. Связь уравнения Гельмгольца с некоторыми уравнениями гиперболического и параболического типов. Сферически симметрические решения уравнения Гельмгольца в ограниченной области. Собственные значения и собственные функции граничной задачи общего вида. Разложения по собственным функциям. Разделение переменных в уравнении Гельмгольца в цилиндрических и сферических координатах. Сферически симметрические решения уравнения Гельмгольца в бесконечной области. Разложения в ряды по частным решениям уравнения Гельмгольца в бесконечной области.

#### **Тема 6. Элементы теории обобщенных функций.**

С. Элементы теории обобщенных функций.

Векторное пространство. Векторное пространство и пространство распределений. Дельта - распределение Дирака. Дифференцирование распределений. Действия с распределениями. Уравнения в свертках. Преобразования Лапласа. Свойства преобразования Лапласа.

### **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

EqWorld - The World of Mathematical Equations - <https://eqworld.ipmnet.ru/>

А. Б. Балакин Классические ортогональные полиномы - <http://toig-kazan.narod.ru/education/V/minipoly.pdf>

Расчетные задания по математике. Методы математической физики. - <https://shelly.kpfu.ru/portal/docs/F77945466/Raschetnye.zadaniya.MMF.pdf>

Сайт кафедры теории относительности и гравитации -

<https://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-teorii-otnositelnosti-i-gravitacii/uchebnaya-rabota>

### **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)

EqWorld - The World of Mathematical Equations - <https://eqworld.ipmnet.ru/>

А. Б. Балакин Классические ортогональные полиномы - <http://toig-kazan.narod.ru/education/V/minipoly.pdf>

Открытые видеолекции учебных курсов МГУ - <https://teach-in.ru/?ysclid=mmm93cswsnt790007055>

Сайт кафедры теории относительности и гравитации КФУ -

<https://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-teorii-otnositelnosti-i-gravitacii/uchebnaya-rabota>

Сайт кафедры теории относительности и гравитации КФУ - <http://toig-kazan.narod.ru/education.htm>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Необходимым требованием для освоения дисциплины является посещение лекций. В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки. В случае возникновения вопросов обращаться за консультациями к преподавателю. В ходе изучения дисциплины мало ограничиваться лекциями, рекомендуется изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой.
практические занятия	Главное назначение практических занятий - более тесное общение преподавателя со студентами на темы определённые преподавателем заранее. При подготовке требуется попытаться выполнить все домашние задания и попытаться наиболее чётко сформулировать непонятные и проблемные этапы возникшие при этом. Непосредственно на занятии нужно обсудить возникшие вопросы с преподавателем.

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>После каждой лекции студенту следует внимательно прочитать и разобрать конспект. Понять все математические выкладки и лежащие в их основе физические положения и допущения; воспроизвести все выкладки самостоятельно, не глядя в конспект. Выполнить или доделать выкладки, которые лектор предписал сделать самостоятельно (если таковые имеются).</p> <p>Если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по доступным письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать. При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Также можно обратиться за помощью к лектору.</p> <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.</p>
экзамен	<p>У каждого студента на руках должен быть полный список вопросов для экзамена. Их можно тщательно изучить и разбить на несколько групп по уровню ваших знаний. Необходимо иметь конспекты всех лекций и практических занятий. На экзамене будут предложены задачи аналогичные разбираемым на практических занятиях.</p> <p>Не стоит избегать посещения консультации - на ней можно уточнить у преподавателя все, что осталось непонятым.</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.

Специализированная лаборатория.

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".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.О.27 Линейные и нелинейные уравнения физики

**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:**

Сабитов, К. Б. Уравнения математической физики : учебник : в 2 частях / К. Б. Сабитов. - 4-е изд. (эл.). - Москва : Лаборатория знаний, 2024 - Часть 1 - 2024. - 326 с. - ISBN 978-5-93208-620-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/387614> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Сабитов, К. Б. Уравнения математической физики : учебник : в 2 частях / К. Б. Сабитов. - 4-е изд. (эл.). - Москва : Лаборатория знаний, 2024 - Часть 2 - 2024. - 258 с. - ISBN 978-5-93208-621-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/387617> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Арнольд, В. И. Лекции об уравнениях с частными производными : учебное пособие / В. И. Арнольд. - Москва : МЦНМО, 2018. - 181 с. - ISBN 978-5-4439-3174-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/267614> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Держинский, Р. И. Уравнения математической физики: курс лекций : учебное пособие / Р. И. Держинский, В. А. Логинов. - Москва : РУТ (МИИТ), 2015. - 68 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/188305> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

**Дополнительная литература:**

Петровский, И. Г. Лекции об уравнениях с частными производными : учебник / И. Г. Петровский. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 404 с. - ISBN 978-5-9221-1090-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59551> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Олейник, О. А. Лекции об уравнениях с частными производными : учебное пособие / О. А. Олейник. - 7-е эл. изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2025. - 260 с. - ISBN 978-5-93208-737-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/495287> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Иванов, Ю. В. Краткий курс математической физики : учебное пособие / Ю. В. Иванов. - Глазов : ГИПУ им. В.Г. Короленко, 2012. - 48 с. - ISBN 978-5-905538-09-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/115077> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Горюнов, А. Ф. Методы математической физики в примерах и задачах. В 2 т. Т. II : учебное пособие / А. Ф. Горюнов. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2015. - 772 с. - ISBN 978-5-9221-1650-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/72000> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Горюнов, А. Ф. Методы математической физики в примерах и задачах. В 2 т. Т. I : учебное пособие / А. Ф. Горюнов. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2015. - 872 с. - ISBN 978-5-9221-1641-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/71999> (дата обращения: 21.04.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

*Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.О.27 Линейные и нелинейные уравнения физики*

**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.