

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕ-
ЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по УР и КО

_____ С. А. Льянова

« 29 » июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.05 Линейные и нелинейные уравнения физики

(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки – **03.03.02 Физика**
(код, наименование)

Направленность: **Физика**

Квалификация выпускника – **Бакалавр**

Форма обучения **Очная**

г. Магас, 2023

1. Цели освоения дисциплины

1.1. Целями освоения дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики» являются: овладение студентами основными понятиями и методами математической физики.

1.2. Задачи освоения дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»:

- ознакомление студентов с основными уравнениями математической физики;
- изучение методов решения дифференциальных уравнений в частных производных (метод Фурье, метод Даламбера и метод функций Грина);
- развитие умения ставить краевые задачи и давать физическую интерпретацию полученных решений.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

2.1. Учебная дисциплина «Линейные и нелинейные уравнения физики» относится к базовой части Б1.В.05 к модулю «Теоретическая физика». Является одним из начальных разделов современной математики и играет важную роль в осознанном освоении других математических и прикладных дисциплин, т.к. методы Линейных и нелинейных уравнений физики находят самое широкое применение во многих науках, на первый взгляд, весьма отдаленных от математики. Эта дисциплина вместе с математическим анализом, дифференциальными уравнениями являются фундаментом, на котором строится вся математическая наука. Изучается в 7 семестре на 4 курсе.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами (модулями):

- математический анализ
- аналитическая геометрия и линейная алгебра
- обыкновенные дифференциальные уравнения

Знания: знать основные модели строения кристаллов и законы квантовой физики.

Умения: использовать математический аппарат квантовой теории; анализировать электрические, магнитные и др. свойства твердых тел.

Навыки: иметь вычислительные навыки, навыки оценки основных характеристик твердого тела.

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин (модулей), для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем):

- Теоретическая механика;
- Электродинамика;
- Квантовая теория.

Формы работы студентов - в ходе изучения дисциплины предусмотрены семинарские занятия, выполнение домашних работ. Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, выполняется в ходе семестра в форме выполнения домашних заданий. Отдельные темы теоретического курса прорабатываются студентами самостоятельно в соответствии с планом самостоятельной работы и конкретными заданиями преподавателя с учетом индивидуальных особенностей студентов. Виды текущего контроля - проверка домашних заданий, устный опрос, проверка контрольной работы. Форма итогового контроля – зачет.

Перечень профессиональных стандартов, обобщенных трудовых функций и трудовых функций, соответствующих профессиональной деятельности выпускников

Наименование документа	Код	Наименование базовой группы, должности (профессии) или специальности
ОКЗ	2320	Преподаватели в средней школе

	2340	Преподаватели в системе специального образования
--	------	--

Код и наименование профессионального стандарта	Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
	Код	Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Код	Уровень (подуровень) квалификации
01.001 Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель)	А	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса образовательных организаций дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования	6	Общепедагогическая функция. Обучение	A/01.6	6
				Воспитательная деятельность	A/02.6	6
				Развивающая деятельность	A/03.6	6
	В	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ	6	Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования	В/03.6	6

3. Результаты освоения дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
УК-1	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие; УК-1.2. Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи; УК-1.3. Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов; УК-1.4. При обработке информации отличает факты	Знать теоретические основы, основные понятия, законы и модели основных разделов физики; Уметь понимать, излагать и критически анализировать физическую информацию. Пользоваться теоретическими основами, законами и моделями физики; Владеть физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области ос-

		от мнений, интерпретаций, оценок, формирует собственные мнения и суждения, аргументирует свои выводы и точку зрения; УК-1.5. Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки.	новых разделов физики.
ПК-3	ПК-3. Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	ПК-3.1. Способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научно-технической литературы и информационных материалов по тематике исследования. ПК-3.2 Способен подготовить исходные данные для математического описания физики процесса в заданной физической системе с учетом ее назначения и элементной (электронной, оптической) базы. ПК-3.3. Способен адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физический процесс уравнений.	Знать основы математического анализа, теории функций комплексной переменной, аналитической геометрии и линейной алгебры, векторного и тензорного анализа, дифференциальных и интегральных уравнений, вариационного исчисления, теории вероятностей и математической статистики Уметь использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов Владеть навыками использования математического аппарата для решения физических задач

4. Структура и содержание дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»

4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часа.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)
			Контактная работа	Самостоятельная работа	Форма промежуточной аттестации (по семестрам)

			Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Др. виды контакт. работы	Всего	Курсовая работа(проект)	Подготовка к экзамену	Другие виды самостоятельной-работы	Собеседование	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контролн. работ	Проверка доклада	Проверка эссе и иных творче-	курсовая работа (проект) др.
1.	Раздел 1. Дифференци-альные уравнения в част-ных производных 1-го и 2-го порядков в задачах математической физики	7	16	8	8			10			10							
2.	Раздел 2. Методы реше-ния задач математической физики без использования ортогональной системы специальных функций	7	16	10	8			10			10							
3.	Раздел 3. Специальные функции	7	16	8	6			10			10							
4.	Раздел 4. Методы реше-ния задач математической физики с использованием ортогональной системы специальных функций	7	20	10	10			10			10							
	Общая трудоемкость, в часах	108	36	32				40			40	Промежуточная						
												Форма						
												Зачет		х				
												Зачет с оценкой						
												Экзамен						

4.2. Содержание дисциплины

Раздел 1. *Дифференциальные уравнения в частных производных 1-го и 2-го порядков в задачах математической физики*

1. Квазилинейные дифференциальные уравнения в частных производных 1-го порядка. Характеристические уравнения. Решение дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка с помощью характеристик. Задача Коши для линейных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка.

2. Классификация уравнений в частных производных 2-го порядка с двумя независимыми переменными. Каноническая форма уравнений. Приведение к каноническому виду дифференциальных уравнений в частных производных 2-го порядка с двумя независимыми переменными.

3. Канонические формы линейных уравнений с постоянными коэффициентами. Частные методы нахождения общего решения канонической формы.

4. Решение задачи Коши для уравнений в частных производных 2-го порядка с двумя независимыми переменными.

5. Уравнения с частными производными в физических задачах на примерах колебательных процессов, диффузии и теплопроводности, стационарных процессов.
6. Постановка начальных и краевых задач для уравнений математической физики. Задача Коши. Задача Штурма – Лиувилля. Корректность постановки задач математической физики.

Раздел 2. Методы решения задач математической физики без использования ортогональной системы специальных функций

1. Задача Коши для одномерного однородного и неоднородного уравнения Даламбера. Формула Даламбера.
2. Принцип Дюамеля. Метод Даламбера для полупрямой и конечного отрезка.
3. Ортогональные системы функций. Задача Штурма-Лиувилля для обыкновенного дифференциального уравнения, спектр собственных значений и собственных функций и их свойства.
4. Смешанная задача для одномерного волнового уравнения с однородными граничными условиями. Метод Фурье.
5. Смешанная задача для одномерного уравнения теплопроводности с однородными граничными условиями. Метод Фурье.
6. Решение смешанной задачи для одномерного неоднородного волнового уравнения с неоднородными граничными условиями методом разделения переменных.
7. Решение смешанной задачи для одномерного неоднородного уравнения теплопроводности с неоднородными граничными условиями методом разделения переменных.
8. Разделение переменных в уравнениях Лапласа и Гельмгольца в прямоугольной области при решении задач Дирихле и Неймана.
9. Решение первой и второй краевых задач для круга методом разделения переменных. Представление решения в виде интегралов Пуассона и Дини.
10. Нахождение гармонической функции в кольце и круговом секторе методом разделения переменных.
11. Решение задачи о колебаниях прямоугольной мембраны методом Фурье.
12. Применение операционного метода (интегрального преобразования Лапласа) при решении дифференциальных уравнений в частных производных 2-го порядка гиперболического и параболического типов.
13. Метод функции Грина при решении уравнений эллиптического и параболического типов. Дельта-функция и ее свойства. Свойства функции Грина. Формулы Грина.
14. Решение задачи Дирихле для круга и полуплоскости методом функции Грина.
15. Задача Коши для однородного уравнения теплопроводности и решение ее с помощью функции Грина (формула Пуассона).
16. Решение задачи Коши для уравнения Даламбера методом спуска в 2-х мерном пространстве (формула Пуассона).

Раздел 3. Специальные функции

1. Основные и обобщенные функции. Свойства обобщенных функций и действия над ними. Дельта-функция Дирака и ее свойства. Дельтаобразные последовательности.
2. Гамма- и бета- функции. Определения и основные свойства.
3. Уравнение Бесселя. Функции Бесселя первого рода и их свойства. Общее решение уравнения при $x \gg n$. Функции Бесселя второго порядка и их линейная независимость. Общее решение уравнения Бесселя для произвольных x .
4. Рекуррентные соотношения для функций Бесселя. Функции Бесселя полуцелого индекса. Функции Бесселя 3-го рода. Уравнение Бесселя с параметром. Модифицированные функции Бесселя 1-го и 2-го рода.
5. Задача Штурма-Лиувилля для уравнения Бесселя. Ряды Фурье-Бесселя и Дини.

6. Полиномы Лежандра. Формула Родрига. Интеграл Шлефли. Рекуррентные соотношения для полиномов Лежандра.

7. Ортогональность полиномов Лежандра. Ряд Фурье-Лежандра. Присоединенные функции Лежандра. Сферические функции.

8. Производящая функция полиномов Эрмита. Формула Родрига. Рекуррентные соотношения для полиномов Эрмита. Ортогональность полиномов Эрмита. Ряд Фурье-Эрмита.

Раздел 4. *Методы решения задач математической физики с использованием ортогональной системы специальных функций*

1. Решение задачи о колебаниях круглой мембраны методом Фурье.

2. Разделение переменных в уравнении Лапласа в цилиндрической системе координат. Разделение переменных в уравнении Гельмгольца в полярных координат.

3. Решение задачи об остывании цилиндра методом Фурье.

4. Разделение переменных в уравнениях Лапласа и Гельмгольца в сферических координат.

5. Решение задачи об остывании шара методом Фурье.

6. Разделение переменных в уравнении Шредингера. Линейный гармонический осциллятор. Ротатор. Движение электрона в кулоновском поле.

7. Понятие о нелинейных уравнениях математической физике. Метод конечных разностей для решения задачи Дирихле.

8. Метод конечных разностей для уравнения теплопроводности.

5. Образовательные технологии

Интерактивные лекции, практические занятия, групповые дискуссии анализ ситуаций и имитационных моделей, равный обучает равного, проектные семинары, зачет.

По пройденному материалу проводится контрольная проверка, результаты которой входят в накопленную оценку модуля.

Задания в тестовой форме применяются для обучения студентов и проведения промежуточных и итогового контролей.

В ходе освоения дисциплины при проведении аудиторных занятий используются следующие образовательные технологии: в виде контактной и самостоятельной работы:

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; отмечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.

Практические занятия	<p>Для успешной подготовки к практическим занятиям студенту требуется предварительная самостоятельная работа по теме планируемого занятия (проработка конспекта лекций, учебной литературы и др.). Структура практического занятия включает в себя: вступительное слово преподавателя (тема, цель занятия); вопросы студентов по материалу, который требует дополнительных разъяснений, практическая часть (решение задач, обсуждение актуальных вопросов по теме занятия, и т.п); заключительное слово преподавателя (подведение итогов); рефлексия и самоанализ процесса и результата своей деятельности.</p>
Работа с литературой	<p>Студент должен освоить издания из списка основной литературы к дисциплине.</p> <p>Следует использовать следующую научную литературу: научные статьи журналов; статьи в сборниках научных трудов; статьи в материалах научных конференций; рецензии на опубликованные монографии научные статьи.</p> <p>Для поиска литературы следует использовать: предметные и систематические каталоги библиотек; библиографические указатели; реферативные журналы; указатели опубликованных в журналах статей и материалов. Кроме этого, нужно использовать литературу, указываемую авторами научных работ в подстрочных сносках на страницах книг (журналов) или в помещенных в конце книги (статьи) примечаниях, списке литературы, библиографиях.</p> <p>Для поиска необходимой литературы следует обращаться к библиотечным ресурсам.</p>
Контрольная работа	<p>Контрольная работа по дисциплине выполняется каждым студентом самостоятельно.</p> <p>Выполнение студентом контрольной работы – составная часть учебного процесса, одна из форм текущего контроля. Для успешного выполнения контрольной работы студент должен самостоятельно осуществить проработку соответствующих тем дисциплины.</p> <p>Выполнение работы осуществляется поэтапно: ознакомление с заданием; письменное оформление работы; проверка вычислений.</p> <p>После получения проверенной контрольной работы, имеющей замечания, студент должен проанализировать свои ошибки, при необходимости обратившись за консультацией к преподавателю.</p>
Тестирование	<p>Для успешного прохождения теста студент должен самостоятельно осуществить проработку соответствующих тем дисциплины по конспектам лекций, основной и дополнительной литературе.</p> <p>Каждый студент отвечает на вопросы теста самостоятельно.</p> <p>После получения результатов тестирования, в случае наличия неправильных ответов, студент должен проанализировать свои ошибки, при необходимости обратившись за консультацией к преподавателю.</p>

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

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 вовремя 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 электронным и образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студента в высших учебных заведениях"

Устав федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ингушский государственный университет» приказ от 30.10.2018 №807

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.

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
11.	<p>Раздел 1. Дифференциальные уравнения в частных производных 1-го и 2-го порядков в задачах математической физики</p> <p>Тема 1. Квазилинейные дифференциальные уравнения в частных производных 1-го порядка. Характеристические уравнения. Решение дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка с помощью характеристик. Задача Коши для линейных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка.</p> <p>Тема 2. Классификация уравнений в частных производных 2-го порядка с двумя независимыми переменными. Каноническая форма уравнений. Приведение к каноническому виду дифференциальных уравнений в частных производных 2-го порядка с двумя независимыми переменными.</p> <p>Тема 3. Канонические формы линейных уравнений с постоянными коэффициентами. Частные мето-</p>	Решение практических задач и упражнений для закрепления материала, который изучался на аудиторных занятиях.	Прочитать и изучить соответствующий изучаемой теме материал из дополнительной литературы. Самостоятельное изучение отдельных вопросов темы. Подготовка к следующему аудиторному занятию.	О.1-12. Д.1-7.	10

	<p>ды нахождения общего решения канонической формы.</p> <p>Тема 4. Решение задачи Коши для уравнений в частных производных 2-го порядка с двумя независимыми переменными.</p> <p>Тема 5. Уравнения с частными производными в физических задачах на примерах колебательных процессов, диффузии и теплопроводности, стационарных процессов.</p> <p>Тема 6. Постановка начальных и краевых задач для уравнений математической физики. Задача Коши. Задача Штурма – Лиувилля. Корректность постановки задач математической физики.</p>				
2.	<p>Раздел 2. Методы решения задач математической физики без использования ортогональной системы специальных функций</p> <p>Тема 1. Задача Коши для одномерного однородного и неоднородного уравнения Даламбера. Формула Даламбера.</p> <p>Тема 2. Принцип Дюамеля. Метод Даламбера для полупрямой и конечного отрезка.</p> <p>Тема 3. Ортогональные системы функций. Задача Штурма-Лиувилля для обыкновенного дифференциального уравнения, спектр собственных значений и собственных функций и их свойства.</p> <p>Тема 4. Смешанная задача для одномерного волнового уравнения с однородными граничными условиями. Метод Фурье.</p> <p>Тема 5. Смешанная задача для одномерного уравнения теплопроводности с однородными граничными условиями. Метод Фурье.</p> <p>Тема 6. Решение смешанной задачи для одномерного неоднородного волнового уравнения с неоднородными граничными условиями методом разделения переменных.</p> <p>Тема 7. Решение смешанной зада-</p>	<p>Решение практических задач и упражнений для закрепления материала, который изучался на аудиторных занятиях.</p>	<p>Прочитать и изучить соответствующий изучаемой теме материал из дополнительной литературы. Самостоятельное изучение отдельных вопросов темы. Подготовка к следующему аудиторному занятию.</p>	О.1-12. Д.1-7.	10

	<p>чи для одномерного неоднородного уравнения теплопроводности с неоднородными граничными условиями методом разделения переменных.</p> <p>Тема 8. Разделение переменных в уравнениях Лапласа и Гельмгольца в прямоугольной области при решении задач Дирихле и Неймана.</p> <p>Тема 9. Решение первой и второй краевых задач для круга методом разделения переменных. Представление решения в виде интегралов Пуассона и Дини.</p> <p>Тема 10. Нахождение гармонической функции в кольце и круговом секторе методом разделения переменных.</p> <p>Тема 11. Решение задачи о колебаниях прямоугольной мембраны методом Фурье.</p> <p>Тема 12. Применение операционного метода (интегрального преобразования Лапласа) при решении дифференциальных уравнений в частных производных 2-го порядка гиперболического и параболического типов.</p> <p>Тема 13. Метод функции Грина при решении уравнений эллиптического и параболического типов. Дельта-функция и ее свойства. Свойства функции Грина. Формулы Грина.</p> <p>Тема 14. Решение задачи Дирихле для круга и полуплоскости методом функции Грина.</p> <p>Тема 15. Задача Коши для одномерного уравнения теплопроводности и решение ее с помощью функции Грина (формула Пуассона).</p> <p>Тема 16. Решение задачи Коши для уравнения Даламбера методом спуска в 2-х мерном пространстве (формула Пуассона).</p>				
3.	<p>Раздел 3. Специальные функции</p> <p>Тема 1. Основные и обобщенные функции. Свойства обобщенных функций и действия над ними. Дельта-функция Дирака и ее</p>	<p>Решение практических задач и упражнений для закрепления материала.</p>	<p>Прочитать и изучить соответствующий изучаемой теме материал из дополнительной</p>	<p>О.1-12. Д.1-7..</p>	10

	<p>свойства. Дельтаобразные последовательности.</p> <p>Тема 2. Гамма- и бета- функции. Определения и основные свойства.</p> <p>Тема 3. Уравнение Бесселя. Функции Бесселя первого рода и их свойства. Общее решение уравнения при $\nu \neq n$. Функции Бесселя второго порядка и их линейная независимость. Общее решение уравнения Бесселя для произвольных ν.</p> <p>Тема 4. Рекуррентные соотношения для функций Бесселя. Функции Бесселя полуцелого индекса. Функции Бесселя 3-го рода. Уравнение Бесселя с параметром. Модифицированные функции Бесселя 1-го и 2-го рода.</p> <p>Тема 5. Задача Штурма-Луивилля для уравнения Бесселя. Ряды Фурье-Бесселя и Дини.</p> <p>Тема 6. Полиномы Лежандра. Формула Родрига. Интеграл Шлефли. Рекуррентные соотношения для полиномов Лежандра.</p> <p>Тема 7. Ортогональность полиномов Лежандра. Ряд Фурье-Лежандра. Присоединенные функции Лежандра. Сферические функции.</p> <p>Тема 8. Производящая функция полиномов Эрмита. Формула Родрига. Рекуррентные соотношения для полиномов Эрмита. Ортогональность полиномов Эрмита. Ряд Фурье-Эрмита.</p>	<p>который изучался на аудиторных занятиях.</p>	<p>литературы. Самостоятельное изучение отдельных вопросов темы. Подготовка к следующему аудиторному занятию.</p>		
4.	<p>Раздел 4. Методы решения задач математической физики с использованием ортогональной системы специальных функций</p> <p>Тема 1. Решение задачи о колебаниях круглой мембраны методом Фурье.</p> <p>Тема 2. Разделение переменных в уравнении Лапласа в цилиндрической системе координат. Разделение переменных в уравнении Гельмгольца в полярных координатах.</p> <p>Тема 3. Решение задачи об остыв-</p>	<p>Решение практических задач и упражнений для закрепления материала, который изучался на аудиторных занятиях.</p>	<p>Прочитать и изучить соответствующий изучаемой теме материал из дополнительной литературы. Самостоятельное изучение отдельных вопросов темы. Подготовка к следующему аудиторному занятию.</p>	О.1-12. Д.1-7.	10

<p>вании цилиндра методом Фурье.</p> <p>Тема 4. Разделение переменных в уравнениях Лапласа и Гельмгольца в сферических координат.</p> <p>Тема 5. Решение задачи об остывании шара методом Фурье.</p> <p>Тема 6. Разделение переменных в уравнении Шредингера. Линейный гармонический осциллятор. Ротатор. Движение электрона в кулоновском поле.</p> <p>Тема 7. Понятие о нелинейных уравнениях математической физике. Метод конечных разностей для решения задачи Дирихле.</p> <p>Тема 8. Метод конечных разностей для уравнения теплопроводности.</p>				
---	--	--	--	--

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа является одним из видов учебной деятельности обучающихся, способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Аудиторная самостоятельная работа по учебной дисциплине осуществляется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется по заданию преподавателя без его непосредственного участия.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их характер, учитывать специфику изучаемой учебной дисциплины, индивидуальные особенности обучающегося.

Контроль самостоятельной работы и оценка ее результатов организуется как единство двух форм:

- 1.самоконтроль и самооценка обучающегося;
- 2.контроль и оценка со стороны преподавателя.

Организация и руководство аудиторной самостоятельной работы

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Основными видами аудиторной работы самостоятельной работы являются:

- выполнение лабораторных и практических работ осуществляется на лабораторных и практических занятиях в соответствии с графиком учебного процесса. Для обеспечения самостоятельной работы преподавателями разрабатываются методические указания по выполнению лабораторной /практической работы.

Работа с литературой, другими источниками информации, в т.ч. электронными, может реализовываться на семинарских и практических занятиях. Данные источники информации могут быть представлены на бумажном и/или электронном носителях, в том числе, в сети Интернет.

Преподаватель формулирует цель работы с данным и источником информации, определяет время на проработку документа и форму отчетности.

Само и взаимопроверка выполненных заданий чаще всего используется на семинарском, практическом и других видах занятий. Проблемная /ситуационная задача должна иметь четкую формулировку, к ней должны быть поставлены вопросы, ответы на которые необходимо найти

и обосновать. Критерии оценки правильности решения проблемной/ситуационной задачи должны быть известны всем обучающимся.

Организация и руководство внеаудиторной работы

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

При предъявлении видов заданий на внеаудиторную самостоятельную работу рекомендуется использовать дифференцированный подход к уровню подготовленности обучающегося. Перед выполнением внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит консультацию с определением цели задания, его содержания, сроков выполнения, ориентировочного объема работы, основных требований к результатам работы, критериев оценки, форм контроля и перечня литературы. В процессе консультации преподаватель предупреждает о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания.

Для методического обеспечения и руководства самостоятельной работой в образовательном учреждении разрабатываются учебные пособия, методические рекомендации по самостоятельной подготовке к различным видам занятий с учетом специальности учебной дисциплины, особенностей контингента студентов, объема и содержания самостоятельной работы, форм контроля и т.п.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня подготовленности обучающихся.

Видами заданий для внеаудиторной самостоятельной работы могут быть:

- для овладения знаниями: чтения текста; составления плана текста; графическое изображение структуры текста; конспектирование текста; выписки из текста; работа со словарями и справочникам; учебно-исследовательская работа; использование аудио и видеозаписей, компьютерной техники и Интернет ресурсов и др.;

- для закрепления и систематизации знаний: работа с конспектом лекции; повторная работа над учебным материалом; составление плана, тезисов ответа; составление таблиц, ребусов, кроссвордов, глоссария для систематизации учебного материала; изучение словарей, справочников; ответы на контрольные вопросы; аналитическая обработка текста; подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции; подготовка

рефератов, докладов; составление биографий, заданий в тестовой форме и др.

- для формирования умений: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений; составление схем; решение ситуационных производственных задач; подготовка к деловым и ролевым играм; проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, подготовка презентаций, творческих проектов; подготовка курсовых и выпускных работ; опытно-экспериментальная работа; проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности и др.

Для обеспечения внеаудиторной самостоятельной работы по дисциплине преподавателем разрабатывается перечень заданий для самостоятельной работы, который необходим для эффективного управления данным видом учебной деятельности обучающихся.

Преподаватель осуществляет управление самостоятельной работой, регулирует ее объем на одно учебное занятие и осуществляет контроль выполнения всеми студентами группы. Для удобства преподаватель может вести ведомость учета выполнения минимума заданий, необходимые для допуска к итоговой аттестации по дисциплине.

В процессе самостоятельной работы студент приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

Студент самостоятельно определяет режим своей внеаудиторной работы и меру труда, затрачиваемого на овладение знаниями и умениями по каждой дисциплине, выполняет внеаудиторную работу по индивидуальному плану, в зависимости от собственной подготовки, бюджета времени и других условий.

Ежедневно студент должен уделять выполнению внеаудиторной самостоятельной работы в среднем не менее 3 часов.

При выполнении внеаудиторной самостоятельной работы студент имеет право обращаться к преподавателю за консультацией с целью уточнения задания, формы контроля выполненного задания.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

6.3.1. Контроль освоения компетенций

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Линейные и нелинейные уравнения физики» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин (модулей) и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины (модуля) – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных междусобой разделов, тем.

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Контроль усвоения теоретического материала – практическая работа	Раздел 1-3	УК-1, ПК-3
2	Контроль усвоения теоретического материала – контрольная работа	Раздел 1-4	УК-1, ПК-3
3	Контроль усвоения теоретического материала – коллоквиум	Раздел 1-4	УК-1, ПК-3

6.3.2. Критерии оценки промежуточной аттестации в форме зачета

Оценка	Характеристика требований к результатам аттестации в форме зачета
«Зачтено»	Теоретическое содержание курса освоено полностью без пробелов или в целом, или большей частью, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы или в основном сформированы, все или большинство предусмотренных рабочей программой учебных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки.
«Не зачтено»	Теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые навыки работы не сформированы или сформированы отдельные из них, большинство предусмотренных рабочей учебной программой заданий не выполнено либо выполнено с грубыми ошибками, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимуму.

В соответствии с требованиями ФГОС ВО для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений планируемым результатам обучения по дисциплине созданы фонды оценочных средств.

6.3.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

1. Вопросы для зачета

1) Сформулировать основные понятия и определения теории дифференциальных уравнений в частных производных. Привести примеры решений простейших дифференциальных уравнений в частных производных.

2) Дать определение характеристической системы и доказать теорему об общем решении линейного дифференциального уравнения в частных производных первого порядка.

3) Поставить задачу Коши для линейного дифференциального уравнения в частных производных первого порядка. Дать определение характеристических линий и доказать теорему об однозначной разрешимости задачи Коши.

4) Сформулировать основные понятия, определения для дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка. Привести их классификацию.

5) Сформулировать алгоритм приведения дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка с двумя независимыми переменными к каноническому виду.

6) Поставить задачу Коши для дифференциального уравнения в частных производных второго порядка. Привести алгоритм решения задачи методом характеристик.

7) Вывести одномерное волновое уравнение. На примере поперечных или продольных колебаний стержней или электрических колебаний в проводах (на выбор) сформулировать для него возможные постановки начально-краевых задач.

8) Вывести двумерное (трехмерное) волновое уравнение и сформулировать для него возможные постановки начально-краевых задач на примере колебаний мембраны или твердого тела.

9) Вывести одномерное уравнение теплопроводности и сформулировать для него возможные постановки начально-краевых задач.

10) Вывести уравнение распространения тепла (диффузии) в пространстве.

11) Сформулировать возможные постановки начально-краевых задач.

12) Поставить возможные краевые задачи для уравнений эллиптического типа. Дать физическую интерпретацию поставленной задачи.

13) Дать понятие классических и обобщенных решений задач

14) математической физики. Дать определение корректно поставленной задачи.

15) Провести редукцию начально-краевой задачи для уравнений математической физики.

16) Показать связь начально-краевой задачи для однородного уравнения (волнового или теплопроводности) с однородными граничными условиями с задачей Штурма–Лиувилля.

17) Показать связь начально-краевой задачи для неоднородного уравнения (волнового или теплопроводности) с однородными граничными условиями с задачей Штурма–Лиувилля.

18) Показать связь начально-краевой задачи для однородного уравнения с однородными начальными и неоднородными граничными условиями с задачей Штурма–Лиувилля.

19) Записать решение краевых задач для уравнений эллиптического типа через функцию Грина.

20) Вывести первую и вторую формулы Грина.

21) Получить фундаментальное решение уравнения Гельмгольца и Лапласа (плоский или пространственный случай).

22) Сформулировать основные свойства гармонических функций. Доказать любые два.

23) Дать понятие преобразования Кельвина и охарактеризовать поведение гармонических функций на бесконечности.

24) Поставить первую и третью краевые задачи. Сформулировать условия единственности и устойчивости их решения.

25) Привести схему метода разделения переменных (Фурье) для краевых задач для уравнения Лапласа (декартова или полярная система координат).

26) Привести схему метода разделения переменных (Фурье) для краевых задач уравнения Лапласа (цилиндрическая или сферическая система координат).

27) Вывести интеграл Пуассона или Дини.

28) Привести схему метода разделения переменных (Фурье) для краевых задач уравнения Гельмгольца (система координат на выбор). Сформулировать условия существования однозначного решения.

29) Решить задачу Дирихле методом функций Грина.

30) Сформулировать один из методов построения функции Грина задачи Дирихле.

31) Вывести формулу Пуассона задачи Дирихле в пространстве.

32) Определить функцию Грина (Неймана) задачи Неймана для уравнения Лапласа и с ее помощью найти решение соответствующей задачи.

33) Сформулировать один из методов построения функции Грина задачи Неймана для уравнения Лапласа.

34) Решить двумерные краевые задачи для уравнения Лапласа методами комплексного анализа.

35) Решить задачу Коши для одномерного однородного волнового уравнения методом Даламбера.

36) Решить задачу Коши для одномерного неоднородного волнового уравнения методом Даламбера. Сформулировать принцип Дюамеля.

37) Решить смешанную задачу для одномерного волнового уравнения на полупрямой методом Даламбера (четного и нечетного продолжения на выбор).

38) Решить смешанную задачу для одномерного волнового уравнения на конечном отрезке методом Даламбера.

39) Решить смешанную задачу для одномерного однородного волнового уравнения на конечном отрезке методом Фурье. Дать определение фундаментального решения задачи.

40) Решить смешанную задачу для одномерного неоднородного волнового уравнения на конечном отрезке методом Фурье.

41) Сформулировать общую схему метода Фурье для одномерного волнового уравнения.

42) Получить решение уравнения Даламбера в виде сферической волны.

43) Поставить задачу Коши для уравнения Даламбера в пространстве. Вывести формулу Кирхгофа.

44) Поставить задачу Коши для уравнения Даламбера на плоскости. Вывести формулу Пуассона.

45) Сформулировать обобщенную задачу Коши для волнового уравнения в пространстве. Найти ее фундаментальное решение.

46) Методом Фурье решить задачу о колебаниях мембран или твердых тел (на выбор).

47) Решить задачу Коши для одномерного уравнения теплопроводности методом Фурье.

48) Найти функцию Грина задачи Коши для одномерного уравнения теплопроводности и доказать ее свойства.

49) Решить задачу Коши для одномерного уравнения теплопроводности методом функций Грина.

50) Решить смешанную задачу для одномерного уравнения теплопроводности методом функций Грина или методом Фурье (на выбор).

51) Доказать принцип максимума и теорему о единственности решения смешанной задачи для одномерного уравнения теплопроводности на конечном отрезке.

52) Определить функцию Грина смешанной задачи для одномерного уравнения теплопроводности на конечном отрезке. Решить задачу методом функций Грина или методом Фурье (на выбор).

53) Найти функцию Грина задачи Коши для уравнения теплопроводности в пространстве.

54) Привести общую схему решения уравнения теплопроводности в пространстве.

55) Сформулировать задачу Штурма–Лиувилля для линейных дифференциальных уравнений. Самосопряженная форма уравнения задачи. Исследовать влияние граничных условий на свойства собственных значений и собственных функций.

56) Сформулировать основные свойства решений задачи Штурма–Лиувилля. Доказать лю-

бы два свойства.

57) С помощью обобщенного степенного ряда получить частные решения уравнения Бесселя. Дать определение функции Бесселя первого рода.

58) Выразить функции Бесселя и Неймана полупелых индексов через элементарные функции.

59) Записать уравнение Бесселя с параметром и найти его частные решения. Дать определение функции Ханкеля.

60) Вычислить вронскиан модифицированных функций Бесселя $I_\nu(x)$ и $K_\nu(x)$ и найти общее решение модифицированного уравнения Бесселя.

61) Исходя из известных рекуррентных соотношений для функций Бесселя, доказать аналогичные соотношения для модифицированных функций.

62) Исследовать асимптотическое поведение цилиндрических функций (любых двух) в окрестности точек $x \rightarrow 0$ и $x \rightarrow \infty$.

63) С помощью обыкновенного дифференциального уравнения Лапласа доказать теорему об интегральном представлении частного решения уравнения Бесселя.

64) Исходя из интегрального представления решения уравнения Бесселя, доказать одну из формул (интегралов) Пуассона для функций Бесселя.

65) Сформулировать основные свойства нулей бесселевых функций. Доказать любые два свойства.

66) Исходя из интегралов Ломмеля, вычислить норму и получить условие ортогональности функций Бесселя.

67) Дать определение и вычислить коэффициенты разложения рядов Фурье–Бесселя и Дини. Сформулировать теорему Гобсона.

68) Найти решение задачи Штурма–Лиувилля для уравнения Бесселя.

69) С помощью производящей функции получить формулу Родрига для полиномов Лежандра

70) С помощью производящей функции получить формулу Родрига для полиномов Эрмита.

71) С помощью производящей функции получить формулу Родрига для полиномов Эрмита.

72) С помощью производящей функции получить формулу

73) с помощью производящей функции обобщенную формулу Родрига для классических ортогональных полиномов.

74) Исходя из рекуррентных соотношений (**), получить уравнения для полиномов Лежандра и доказать их ортогональность.

75) Дать определение ряда Фурье–Лежандра. Вычислить норму и получить условие ортогональности полиномов Лежандра.

76) Найти решение задачи Штурма–Лиувилля для уравнения Лежандра.

77) Дать определение присоединенных функций Лежандра. Найти частные решения уравнения Лежандра порядка m .

78) Получить условие ортогональности присоединенных функций Лежандра. Дать определение ряда Фурье по присоединенным функциям Лежандра.

79) Дать определение сферических функций и получить условие их ортогональности.

- 80) Найти решение задачи Штурма–Лиувилля для уравнения Эрмита. Доказать ортогональность полиномов Эрмита.
- 81) Дать определение ряда Фурье–Эрмита. Вычислить норму полиномов Эрмита и получить явный вид коэффициентов ряда Фурье–Эрмита.
- 82) С помощью функций Эрмита решить задачу о квантовом гармоническом осцилляторе.
- 83) Решить задачу Штурма–Лиувилля для уравнения Лагерра и получить условие ортогональности полиномов Лагерра.
- 84) Дать определение ряда Фурье–Лагерра. Вычислить норму полиномов Лагерра и получить явный вид коэффициентов ряда Фурье–Лагерра.
- 85) С помощью уравнения Пирсона получить обобщенное дифференциальное уравнение для классических ортогональных полиномов.
- 86) Основные и обобщенные функции.
- 87) Дельта функция Дирака и ее свойства.
- 88) Примеры обобщенных функций.
- 89) Дифференцирование обобщенных функций.
- 90) Интегральные преобразования обобщенных функций.

2. Индивидуальные задания

Образцы индивидуальных заданий

Индивидуальное задание 1

1. Поставить задачу об обтекании неподвижного бесконечного цилиндра, если на бесконечности скорость жидкости равна v_0 .
 $u(x, 0) = \sin x$,
 $t(x, 0) = 0$.
2. Решить уравнение колебаний в области, представляющей собой клин, радиуса b , угол раствора которого равен, если заданы однородные граничные условия второго рода, а также начальные скорость и отклонение.
3. Между двумя полыми цилиндрами бесконечной длины находится вязкая жидкость. В момент времени $t = 0$ внутренний цилиндр начинает вращаться с угловой скоростью $const$. Определить скорость движения жидкости.
 1. Найти общее решение уравнения, приведя его к каноническому виду:
 $16U_{xx} + 8U_{xy} + U_{yy} + 12U_x + 3U_y = 0$;
 2. Решить задачу Коши:
 $U_{xx} + 2\cos x U_{xy} - \sin^2 x U_{yy} - \sin x U_y = 0$; $U|_{y = \sin x} = x$; $U_y|_{y = \sin x} = 1$.

Контрольная работа №2

ВАРИАНТ №

1. Найти решение смешанной задачи методом Фурье:
 $U_t = U_{xx} - 2U$, $U_x|_{x=0} = 2t$; $U|_{x=2} = 0$; $U|_{t=0} = 10x$.
2. Решить смешанную задачу методом Фурье:
 $U_t = U_{xx} - 2U$, $U_x|_{x=0} = 2t$; $U|_{x=2} = 0$; $U|_{t=0} = 10x$.
3. Найти гармоническую функцию $U(\mathbf{r}, \square)$ внутри круга радиуса R , удовлетворяющую условию

Контрольная работа №3

ВАРИАНТ №

1. Операционным методом решить уравнение
 $U_y = U_{xx} + U + 2\cos x$, $U(0, y) = \exp(-3y)$, $U(0, y) = 0$, $0 < x, y < \square$.
2. Методом функции Грина решить задачу Коши:

$$U_t = 2\Delta U + t \cos x, \quad U|_{t=0} = \cos y \cos z.$$

3. Методом усреднения (по формуле Кирхгофа) решить задачу Коши:
 $U_{tt} = 8 \Delta U + t^2 x^2, \quad U|_{t=0} = y^2, \quad U_t|_{t=0} = z^2.$

Контрольная работа №1

ВАРИАНТ №

1. Вычислить
$$\int_{-\infty}^{\infty} x^6 e^{-ax^2} dx, \quad a > 0.$$

2. Найти собственные значения и собственные функции задачи

$$(xy')' + \frac{n^2}{x}y + \lambda xy = 0, \quad 0 < x < 1, \\ |y(0)| < \infty, \quad y(1) = 0.$$

Записать соотношение ортогональности для собственных функций задачи.

3. Вычислить
$$\int_0^{\pi} x P_n(x/\pi) dx.$$

4. Функцию $f(x) = x^\nu$ разложить в ряд Дини на интервале $]0, 1[$ по системе $(J_\nu(\gamma_n^\nu x))$, если γ_n — нули $J'_\nu(x)$.

Контрольная работа №2 по ММФ - II

ВАРИАНТ №

1. Найти функцию, гармоническую вне шара радиуса b и такую, что $u_r|_{r=b} = \sin^2 \theta$.

2. Круговой цилиндр, радиус основания которого b , а высота h , имеет температуру обеих оснований, равную нулю, а температура боковой поверхности постоянна и равна T . Найти стационарное распределение температуры внутри цилиндра.

3. Решить задачу о свободных колебаниях однородной круглой мембраны радиуса b , закрепленной по краю, если $u|_{t=0} = A J_0(\alpha_k^{(0)} r/b)$, где $\alpha_k^{(0)}$ — положительный корень уравнения $J_0(\alpha) = 0$. Начальная скорость равна нулю.

4. Вопросы и задания, выносимые на экзамен/зачет Образцы экзаменационных билетов

Экзаменационный билет №

- Постановка задач математической физики на примере волнового уравнения: задачи Коши, краевая, начально-краевая (смешанная). Единственность решения.
- Решение первой краевой задачи для круга методом Фурье.

3. Решить задачу Коши

$$U_{xx} - U_{yy} - 2U_x - 2U_y = 4, \quad U(0,y) = -y, \quad U_x(0,y) = y - 1.$$

4. Решить краевую задачу методом Фурье:

$$U_t = U_{xx} + U, \quad U(t,0) = 1 + t = U(t,\pi), \quad U(0,x) = x + \sin 2x.$$

5. Используя интегральное преобразование Лапласа, решить задачу

$$U_{xx} - U_y + U = x, \quad 0 < x < \pi, \quad 0 < y < \pi, \quad U(0,y) = y, \quad U_x(0,y) = 1.$$

Зачетный билет №

1. Рекуррентные соотношения для полиномов Лежандра (*доказательство двух соотношений*).
2. Разделение переменных в уравнении Лапласа в сферических координатах.
3. Функцию $f(x) = x^p$ разложить в ряд Фурье на интервале $(0, \infty)$ по полиномам Лагерра.
4. Решить задачу о свободных колебаниях однородной круглой мембран радиуса R , закрепленной по краю, если в начальное отклонение имеет форму параболоида вращения, а начальная скорость равна нулю.

7. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине __«Линейные и нелинейные уравнения физики» 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.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов. Компьютерный класс.

7.1. Учебная литература:

а) основная литература:

1. Арсенин В.Я. Методы математической физики и специальные функции. — М.: Наука, 1984. — 383 с.
2. Араманович И.Г., Левин В.И. Уравнения математической физики. — М.: Наука, 1969. - 287 с.
3. Свешников А.Г., Боголюбов А.Н., Кравцов В.В. Лекции по математической физике. — М.: Изд-во МГУ, 2004. — 416 с.
4. Мартинсон Л.К., Малов Ю.И. Дифференциальные уравнения математической физики. — М.: Изд-во МГТУ, 1996. — 367 с.
5. Багров В.Г., Белов В.В., Задорожный В.Н., Трифонов А.Ю. Методы математической физики. Основы комплексного анализа. Элементы вариационного исчисления и теории обобщенных функций. — Томск: Изд-во НТЛ, 2002. — 672 с.
6. Багров В.Г., Белов В.В., Задорожный В.Н., Трифонов А.Ю. Методы математической физики. Специальные функции. — Томск: Изд-во НТЛ, 2002. — 352 с.
7. Багров В.Г., Белов В.В., Задорожный В.Н., Трифонов А.Ю. Методы математической физики. Уравнения математической физики. — Томск: Изд-во НТЛ, 2002. — 646 с.
8. Владимиров В.С., Жаринов В.С. Уравнения математической физики. — М.: Физматлит, 2008. — 400 с.
9. Бицадзе А.В. Уравнения математической физики. — М.: Наука, 1982. - 336 с.
10. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. — М.: Изд-во МГУ, 2004. — 798 с.
11. Шаповалов А.В. Введение в нелинейную физику. — Томск: Изд-во ТПУ, 2002. —

129 с.

12. Кудряшов Н.А. Методы нелинейной математической физики. – Долгопрудный: Интеллект, 2010. – 364 с.

б) дополнительная литература:

1. Бицадзе А.В., Калинин Д.Ф. Сборник задач по уравнениям математической физики. - М.: Наука, 1985. – 310 с.

2. Будаков Б.М., Самарский А.А., Тихонов А.Н. Сборник задач по математической физики. - М.: Физматлит, 2004. - 688 с.

3. Владимиров В.С. Сборник задач по уравнениям математической физики. - М.: Физматлит, 2003. – 288 с.

4. Очан Ю.С. Сборник задач по методам математической физики. - М.: Высшая школа, 1973. - 192 с.

5. Полянин А.Д. Справочник по линейным уравнениям математической физики. – М.: Физматлит, 2001. – 576 с.

6. Полянин А.Д., Зайцев В.Ф. Справочник по нелинейным уравнениям математической физики: Точные решения. – М.: Физматлит, 2002. – 432 с.

7. Полянин А.Д., Зайцев В.Ф., Жуков А.И. Методы решения нелинейных уравнений математической физики и механики. – М.: Физматлит, 2005. – 254 с.

7.2. Интернет-ресурсы

Название ресурса	Ссылка/доступ
Электронная библиотека онлайн «Единое окно Образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru
«Образовательный ресурс России»	http://school-collection.edu.ru
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	http://www.edu.ru –
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	http://fcior.edu.ru –
ЭБС "КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА". Электронная библиотека технического вуза	http://polpred.com/news
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	http://www.studentlibrary.ru –
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	http://e.lanbook.com –
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm
Научная электронная библиотека «e-Library»	http://elibrary.ru/defaultx.asp –
Электронно-библиотечная система IPR books	http://www.iprbookshop.ru –
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информо»	http://www.informio.ru
Информационно-правовая система «Консультант-плюс»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ
Информационно-правовая система «Гарант»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ

7.3. Программное обеспечение

Для проведения лекционных и лабораторных занятий рекомендуется использовать программное обеспечение: операционная система ОС Windows 7 и выше, пакет Microsoft Office 2010 и выше, обслуживающие программы и среды разработки программ по выбору преподавателей.

7.4. Материально-техническое обеспечение

Материально-техническое обеспечение учебного процесса по дисциплине определено нормативными требованиями, регламентируемыми приказом Министерства образования и науки РФ № 986 от 4 октября 2010 г. «Об утверждении федеральных требований к образовательным учреждениям в части минимальной оснащенности учебного процесса и оборудования учебных помещений», Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки.

Для проведения всех видов учебных занятий по дисциплине и обеспечения интерактивных методов обучения, необходимы столы, стулья (на группу по количеству посадочных мест с возможностью расстановки для круглых столов, дискуссий, прочее); доска интерактивная с рабочим местом (мультимедийный проектор с экраном и рабочим местом); желателен доступ в информационно-коммуникационную сеть «Интернет».

В соответствии с требованиями ФГОС ВО при реализации настоящей дисциплины ОПОП ВО необходимо также учитывать образовательные потребности обучающихся с ограниченными возможностями здоровья, обеспечивать условия для их эффективной реализации, а также возможности беспрепятственного доступа обучающихся с ограниченными возможностями здоровья к объектам инфраструктуры образовательного учреждения.

Учебная аудитория для лекционных занятий (№ 303) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е	Стол для преподавателя - 1 шт. (состоит из 2-х секций); стул для преподавателя -1 шт.; доска - 1 шт.; трибуна-1 шт, стол - 36 шт.; скамья-72 шт
Учебная аудитория для семинарских занятий (№115) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е	Стол для преподавателя - 1 шт; стул для преподавателя -1 шт.; доска - 1 шт.; стол - 14 шт.; скамья-28 шт. Учебные пособия по дисциплинам. Тесты рубежного, итогового контроля, наглядные пособия, УМК по дисциплинам

Рабочая программа дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от « 07 » августа 2020 г. № 981.

Программу составил: ст. преподаватель кафедры «Математический анализ» Е. В. Оздоева

Программа одобрена на заседании кафедры «Математический анализ»
Протокол № 10 от «20» июня 2023 года

Программа согласована с заведующим выпускающей кафедрой Нальгиевой М. А.

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета
Протокол № 10 от «23» июня 2023 года
Председатель Учебно-методического совета факультета _____ /Нальгиева М. А.

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета
Протокол № 10 от «28» июня 2023г.

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой