

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Рабочая программа по дисциплине

**ЛИНЕЙНЫЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ  
УРАВНЕНИЯ ФИЗИКИ**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования программы бакалавриата по направлению подготовки

**03.03.02 «Физика»**

Направленность (профиль):

**Физика**

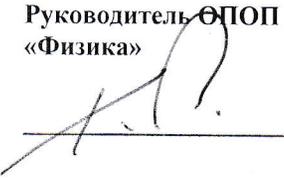
Квалификация:

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Физика»

  
Бобровский А.П.

Утверждаю

Председатель УМС  И.И. Палкин

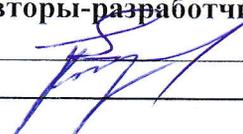
Рекомендована решением

Учебно-методического совета института ИСиГТ  
19 июня 2018 г., протокол № 4

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

21 февраля 2018 г., протокол № 7  
Зав. кафедрой  Матвеев Ю.Л.

Авторы-разработчики:

 Егоров А.Д.  
 Петрова В.В.

**Составили:**

Егоров А.Д. – профессор кафедры высшей математики и теоретической механики РГГМУ

Петрова В.В. – доцент кафедры высшей математики и теоретической механики РГГМУ

**Рецензент:**

Потапова И.А. – д-р физ.-мат. наук, доцент кафедры физики РГГМУ

© А.Д. Егоров, В.В. Петрова, 2018.

© РГГМУ, 2018.

## **1. Цели освоения дисциплины**

**Цель дисциплины** «Линейные и нелинейные уравнения физики»; – подготовка бакалавров, владеющих знаниями в объеме, необходимом для изучения специальных дисциплин.

### **Основные задачи дисциплины:**

- приобретение знаний и умений по теоретическим основам методов теории дифференциальных уравнений, ее применения к теоретическому описанию и моделированию процессов механики, электродинамики, физики конденсированного состояния,
- понимание и умение критически анализировать общезначимую информацию, пользоваться теоретическими основами, основными понятиями и моделями линейных и нелинейных уравнений,
- владеть методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации,

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата**

Дисциплина «Линейные и нелинейные уравнения физики» для направления подготовки 03.03.02 Физика относится к дисциплинам базовой части блока Б1.

Для освоения данной дисциплины, необходимо обладать базовыми знаниями (общее среднее образование), а также освоить учебный материал предшествующих дисциплин: «Математический анализ», «Линейная алгебра».

Параллельно с дисциплиной «Линейные и нелинейные уравнения физики» изучается дисциплина: «Электродинамика».

Дисциплина «Линейные и нелинейные уравнения физики» является базовой для освоения дисциплин «Квантовая теория», «Теория колебаний и волн», «Численные методы и математическое моделирование».

## **ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

## **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций

### Компетентностная карта дисциплины

Код компетенции	Компетенция
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию
ОПК-2	способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей

#### **В результате освоения дисциплин студент должен:**

##### Знать:

– теоретические основы, основные понятия, законы и модели линейных и нелинейных уравнений;

##### Уметь:

– излагать и критически анализировать базовую общезначимую информацию;  
– пользоваться теоретическими основами, основными понятиями и моделями линейных и нелинейных уравнений;

##### Владеть:

– методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации.

### Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень) освоения компетенции	Основные признаки проявленности компетенции (дескрипторное описание уровня)				
	1.	2.	3.	4.	5.
минимальный	не владеет	слабо ориентируется в терминологии и содержании дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Способен выделить основные идеи текста, работает с критической литературой дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Владеет основными навыками работы с источниками и критической литературой дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Способен дать собственную критическую оценку изучаемого материала дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»
	не умеет	не выделяет основные идеи дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Способен показать основную идею в развитии дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Способен представить ключевую проблему в ее связи с другими процессами дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Может соотнести основные идеи с современными проблемами дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»
	не знает	допускает грубые ошибки в дисциплине «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Знает основные рабочие категории, однако не ориентируется в специфике дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Понимает специфику основных рабочих категорий дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Способен выделить характерный авторский подход дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»
базовый	не владеет	плохо ориентируется в терминологии и содержании дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Владеет приемами поиска и систематизации, но не способен свободно изложить материал дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Свободно излагает материал, однако не демонстрирует навыков сравнения основных идей и концепций дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Способен сравнивать концепции, аргументированно излагает материал дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит проблем дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Выделяет конкретную проблему, однако излишне упрощает ее в рамках дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Способен выделить и сравнить концепции, но испытывает сложности с их практической привязкой к дисциплине «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Аргументированно проводит сравнение концепций по заданной проблематике дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»
	не знает	допускает много ошибок в рамках дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Может изложить основные рабочие категории дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Знает основные отличия концепций в заданной проблемной области дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Способен выделить специфику концепций в заданной проблемной области дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»

		нейные и нелинейные уравнения физики»		физики»	и нелинейные уравнения физики»
продвинутый	не владеет	ориентируется в терминологии и содержании дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	В общих чертах понимает основную идею, однако плохо связывает ее с существующей проблематикой дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Видит источники современных проблем в заданной области анализа, владеет подходами к их решению в рамках дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Способен грамотно обосновать собственную позицию относительно решения современных проблем в заданной области дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит их в развитии дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Может понять практическое назначение основной идеи, но затрудняется выявить ее основания в рамках дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Выявляет основания заданной области анализа, понимает ее практическую ценность, однако испытывает затруднения в описании сложных объектов анализа дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Свободно ориентируется в заданной области анализа. Понимает ее основания и умеет выделить практическое значение заданной области дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»
	не знает	допускает ошибки при выделении рабочей области анализа дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Способен изложить основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Знает основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа, способен их сопоставить в рамках дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»	Может дать критический анализ современным проблемам в заданной области анализа дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики»

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

##### Очная форма обучения

Объём дисциплины	Всего часов
	2015, 2016, 2017, 2018 г.г. набора
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>180</b>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>84</b>
в том числе:	
лекции	<b>34</b>
практические занятия	<b>50</b>
семинарские занятия	
<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	<b>96</b>
в том числе:	
курсовая работа	
контрольная работа	
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)</b>	<b>Экзамен</b>

#### 4.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Практич.	Самост. работа			
	Линейные и нелинейные уравнения физики	5	34	50	96	Письменный контроль.	12	ОК -7 ОПК-2
	<b>ИТОГО</b>	<b>180</b>	<b>34</b>	<b>50</b>	<b>96</b>	экзамен	<b>12</b>	

#### 4.2. Лекционные занятия, их содержание

Наименование разделов и тем	Содержание

<p>Линейные и нелинейные уравнения физики</p>	<p>Понятие об уравнениях в частных производных.  Постановка задачи об интегрировании. Общее решение. Задача Коши.  Общая классификация уравнений в частных производных.  Линейные уравнения. Уравнения, линейные относительно старших производных, квазилинейные уравнения. Линейные однородные уравнения в частных производных первого порядка и их связь с системами обыкновенных дифференциальных уравнений. Линейные уравнения второго порядка с «n» независимыми переменными. Связь с теорией квадратичных форм. Классификация по типам. Гиперболические, параболические, эллиптические уравнения в точке. Уравнения смешанного типа. Приведение к каноническому виду в данной точке. Уравнения второго порядка с двумя независимыми переменными, линейные и нелинейные относительно старших производных. Классификация по типам в области. Понятие о характеристиках. Приведение к каноническому виду в области. Основные уравнения математической физики. Волновое уравнение, уравнение теплопроводности, уравнение Лапласа.  Примеры физических задач, приводящих к волновому уравнению. Вывод уравнения поперечных колебаний струны, продольных колебаний стержня, поперечных колебаний мембраны. Различные типы граничных условий. Их физический смысл. Начальные условия. Постановка задач интегрирования волнового уравнения в ограниченных областях. Первая, вторая и третья смешанные (начально–краевые) задачи. Характеристическая задача (задача с кусочной границей). Корректность постановки задач математической физики на примере волнового уравнения. Существование решения и его единственность. Понятие об устойчивости решения. Постановка задачи интегрирования волнового уравнения в неограниченной области (задача Коши). Задача о колебаниях бесконечной струны. Ее решение методом характеристик. Формула Даламбера. Смешанные задачи для уравнения струны. Метод разделения переменных (метод Фурье). Задача Штурма-Лиувилля для одномерного волнового уравнения. Физический смысл решения по Фурье. Связь решений по Даламберу и Фурье.  Задача Коши. Уравнения, допускающие понижение порядка. Примеры применения дифференциальных уравнений.  Линейные дифференциальные уравнения, однородные и неоднородные. Понятие общего решения. Линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами. Уравнения с правой частью специального вида.  Нормальная система дифференциальных уравнений. Автономные системы. Векторная запись нормальной системы. Геометрический смысл решения. Фазовое пространство (плоскость), фазовая кривая. Системы линейных дифференциальных уравнений, свойства решений. Решение систем линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.</p>
---	--

### 4.3. Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание

<p>Наименование разделов и тем</p>	<p>Содержание и формы проведения</p>
<p>Линейные и нелинейные уравнения физики</p>	<p>Понятие об уравнениях в частных производных.  Постановка задачи об интегрировании. Общее решение. Задача Коши.  Общая классификация уравнений в частных производных.  Линейные уравнения. Уравнения, линейные относительно старших производных, квазилинейные уравнения. Линейные однородные уравнения в частных производных первого порядка и их связь с системами обыкновенных дифференциальных уравнений. Линейные уравнения второго порядка с «n» независимыми переменными. Связь с теорией квадратичных форм. Классификация по типам. Гиперболические, параболические, эллиптические уравнения в точке. Уравнения смешанного типа. Приведение к каноническому виду в данной точке. Уравнения второго порядка с двумя независимыми переменными, линейные и нелинейные относительно старших производных. Классификация по типам в области. Понятие о характеристиках. Приведение к каноническому виду в области. Основные уравнения математической физики. Волновое уравнение, уравнение теплопроводности, уравнение Лапласа.  Примеры физических задач, приводящих к волновому уравнению. Вывод уравнения поперечных колебаний струны, продольных колебаний стержня, поперечных колебаний мембраны. Различные типы граничных условий. Их физический смысл.</p>

	<p>Начальные условия. Постановка задач интегрирования волнового уравнения в ограниченных областях. Первая, вторая и третья смешанные (начально–краевые) задачи. Характеристическая задача (задача с кусочной границей). Корректность постановки задач математической физики на примере волнового уравнения. Существование решения и его единственность. Понятие об устойчивости решения. Постановка задачи интегрирования волнового уравнения в неограниченной области (задача Коши). Задача о колебаниях бесконечной струны. Ее решение методом характеристик. Формула Даламбера. Смешанные задачи для уравнения струны. Метод разделения переменных (метод Фурье). Задача Штурма-Лиувилля для одномерного волнового уравнения. Физический смысл решения по Фурье. Связь решений по Даламберу и Фурье.</p> <p>Задача Коши. Уравнения, допускающие понижение порядка. Примеры применения дифференциальных уравнений.</p> <p>Линейные дифференциальные уравнения, однородные и неоднородные. Понятие общего решения. Линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами. Уравнения с правой частью специального вида.</p> <p>Нормальная система дифференциальных уравнений. Автономные системы. Векторная запись нормальной системы. Геометрический смысл решения. Фазовое пространство (плоскость), фазовая кривая. Системы линейных дифференциальных уравнений, свойства решений. Решение систем линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами</p> <p>Форма практического занятия.</p>
--	--

## 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 5.1. Текущий контроль

Письменный контроль.

#### а). Образцы тестовых и контрольных заданий текущего контроля

Задание:

#### Вариант 1.

$$1. \begin{cases} u|_{0,y} = u_x|_{p,y} = 0, \\ u|_{x,0} = 0, u|_{x,s} = x. \end{cases}$$

$$2. \begin{cases} u_r|_{a,\varphi} = 1 + 3\cos\varphi, \\ u|_{b,\varphi} = 3\sin 3\varphi. \end{cases} \quad (\text{в кольце})$$

#### Вариант 2.

$$1. \begin{cases} u|_{0,y} = u_x|_{p,y} = 0, \\ u|_{x,0} = 2x, u|_{x,s} = 0. \end{cases}$$

$$2. \begin{cases} u_r|_{a,\varphi} = 6\cos 2\varphi, \\ u|_{b,\varphi} = 2 + \sin 4\varphi. \end{cases} \quad (\text{в кольце})$$

### 5.2 Методические указания по организации самостоятельной работы

Найти решение уравнений, удовлетворяющее заданным начальным и граничным условиям.

$$1. \quad u_{tt} = a^2 u_{xx};$$

$$u(0, t) = u(l, t) = 0;$$

$$u(x, 0) = 0, \quad u_t(x, 0) = \sin \frac{5\pi}{l} x.$$

$$2. \quad u_{tt} = a^2 u_{xx} + e^t (5 \cos t - 6 \sin t) \sin \frac{3\pi}{l} x;$$

$$u(0, t) = u(l, t) = 0;$$

$$u(x, 0) = 0, \quad u_t(x, 0) = 0.$$

### 5.3. Промежуточный контроль: экзамен

#### Образцы тестов, заданий

Задание:

найти решения уравнений, удовлетворяющие заданным граничным и начальным условиям

$$1. \quad u_t = a^2 u_{xx};$$

$$u(0, t) = u(l, t) = 0;$$

$$u(x, 0) = 2x - 1.$$

$$2. \quad u_t = a^2 u_{xx};$$

$$u_x(0, t) = u_x(l, t) = 4;$$

$$u(x, 0) = 3x.$$

#### Перечень вопросов к экзамену

1. Линейные однородные уравнения в частных производных первого порядка и их связь с системами обыкновенных дифференциальных уравнений.
2. Общая классификация уравнений в частных производных.

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### а) Основная литература:

1. Михлин С. Г. Курс математической физики. – СПб, Изд. «Лань», 2009,; 576 с.

#### б) дополнительная литература:

1. Арсенин В.Я. Методы математической физики и специальные функции. – М.: Наука, 1984.

2. Бицадзе А.В., Калининченко Д.Ф. Сборник задач по уравнениям математической физики. – М.: Наука, 1985.

**в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

Программы обработки и представления данных

**7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

<b>Вид учебных занятий</b>	<b>Организация деятельности студента</b>
<b>Лекции</b>	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины.</p> <p>Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.</p> <p>Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе.</p> <p>Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом (семинарском) занятии.</p>
<b>Практические занятия</b>	<p>Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины.</p> <p>Конспектирование источников.</p> <p>Работа с конспектом лекций, -подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы и работа с текстом. Решение тестовых заданий, решение задач и другие виды работ.</p>
<b>Индивидуальные задания (подготовка докладов, рефератов)</b>	<p>Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме.</p> <p>Составление аннотаций к прочитанным литературным источникам и другое. Изложение основных аспектов проблемы, анализ мнений авторов и формирование собственного суждения по исследуемой теме.</p>
<b>Подготовка к экзамену</b>	<p>При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, вопросы для подготовки к экзамену и т.д.</p>

**8. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Тема (раздел) дисциплины	Образовательные и информационные технологии	Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
Линейные и нелинейные уравнения физики	лекции-визуализации (с использованием слайд-презентаций)	программа Moodle

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Компьютерный класс.
2. Мультимедийный проектор.
3. Лаборатория информационных технологий.