

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра высшей математики и теоретической механики

Рабочая программа дисциплины

ЛИНЕЙНЫЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ УРАВНЕНИЯ ФИЗИКИ

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

03.03.02 «Физика»

Направленность (профиль):

Физические исследования природных процессов

Уровень:

Бакалавриат

Форма обучения

Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП

 Бобровский А.П.

Председатель УМС

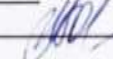
 И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета

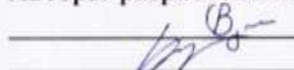
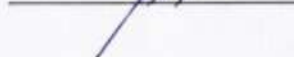
19 мая 2021 г., протокол № 08

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

05 мая 2021 г., протокол № 10

Зав. кафедрой  Зайцева И.В.

Авторы-разработчики:

 Герасименко Н.И.
 Петрова В.В.

Санкт-Петербург 2021

1. Цель и задачи освоения дисциплины Важнейшей целью курса «Линейные и нелинейные уравнения физики» является ознакомление студентов с методологией, общими принципами и методами математической физики. Дисциплина «Линейные и нелинейные уравнения физики» вырабатывает у студентов навыки построения математических моделей простейших физических явлений и решения получающихся при этом математических задач. Она составляет математическую основу дисциплин общей и теоретической физики и специальных дисциплин, читаемых на кафедрах.

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 основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Линейные и нелинейные уравнения физики» для направления подготовки 03.03.02–физика относится к дисциплинам основной части блока 1 дисциплины (модуля).

Дисциплина изучается студентами в 5 семестре, трудоемкость 180 акад.часов, 5 з.е.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить дисциплины модулей: «Интегральные уравнения и вариационное исчисление», «Математический анализ».

Дисциплина «Линейные и нелинейные уравнения физики» является базовой для освоения дисциплин «Электродинамика», «Теория колебаний и волн».

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:

УК-1, ОПК-1

Универсальные компетенции.

Код и наименование универсальной компетенции	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции	Результаты обучения
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 и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи. УК-1.3. Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов.	УК-1.1 Знать: _Основы анализа задачи_____ Уметь: _Ранжировать информацию_____ Владеть: _способом поиска информации_____ УК-1.2 <u>Знать:</u> – основные понятия дисциплины Линейные и

		нелинейные уравнения физики ; Уметь: –решать практические задачи математическими методами дисциплины Линейные и нелинейные уравнения физики; Владеть: – навыками решения уравнений, моделирующих различные прикладные задачи, используя методы дисциплины Линейные и нелинейные уравнения физики
--	--	---

Общепрофессиональные компетенции)

Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции	Результаты обучения
ОПК-1 Способен применять базовые знания в области математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Применяет основные законы математических и естественных наук для решения профессиональной деятельности. ОПК-1.2 Выявляет взаимосвязь основных законов естественных наук, общие подходы и концепции.	Знать: _Законы сохранения, следующие из принципов инвариантности относительно групп преобразований _____ Уметь: _Находить уравнения баланса основываясь на аналитичности в верхней полуплоскости Владеть: _Методом расщепления для дифференциальных операторов в комплексной плоскости для расширения области определения .

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

Таблица 4.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах

Объем дисциплины 2016, 2017, 2018,2019,2020,2021	Всего часов		
	Очная форма обучения	Очно-заочная форма обучения	Заочная форма обучения
Объем дисциплины	180		
Контактная работа с обучающимися преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	70		
в том числе:	-	-	-
лекции	28		
занятия семинарского типа:			
практические занятия	42		
лабораторные занятия			
Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:	110		
в том числе:	-	-	-
курсовая работа			
контрольная работа			
подготовка к экзамену	36		
Вид промежуточной аттестации	экзамен		

4.2. Структура дисциплины

Таблица 5.

Структура дисциплины для очной формы обучения

№	Раздел / тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости и	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Практические занятия	СРС			
1	Линейные уравнения.	5	10	14	40	Письменный опрос	УК-1, ОПК-1	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, ОПК-1.1, ОПК-1-2
2	Волновые уравнения.	5	10	14	40	Письменный опрос	УК-1, ОПК-1	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, ОПК-1.1, ОПК-1-2
3	Системы дифференциальных уравнений.	5	8	14	30	Письменный опрос	УК-1, ОПК-1	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, ОПК-1.1, ОПК-1-2
	ИТОГО	180	28	42	110	экзамен	-	-

4.3. Содержание разделов/тем дисциплины

Наименование разделов и тем	Содержание
Линейные уравнения.	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 линейные 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.
Волновые уравнения.	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 внеограниченной 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.
Системы 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.

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Содержание практических занятий для очной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
1	Линейные уравнения.	14	
2	Волновые уравнения.	14	
3	Системы дифференциальных уравнений.	14	

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/>
2. MOODLE.
3. Cloud.rshu.ru

5.1. Текущий контроль

Письменный контроль.

а). Образцы тестовых и контрольных заданий текущего контроля

Задание: решить волновые уравнения с условиями

Вариант 1.

1. $u(0, y) = u_x(p, y) = 0,$
 $u(x, 0) = 0, u(x, s) = x.$
2. $u_r(a, \varphi) = 1 + 3\cos \varphi,$
 $u(b, \varphi) = 3\sin 3\varphi.$ (в кольце)

Вариант 2.

1. $u(0, y) = u_x(p, y) = 0,$
 $u(x, 0) = 2x, u(x, s) = 0.$
2. $u_r(a, \varphi) = 6\cos 2\varphi,$
 $u(b, \varphi) = 2 + \sin 4\varphi.$ (в кольце)

5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы

Решить уравнения

1. $u_{tt} = a^2 u_{xx};$
 $u(0, t) = u(l, t) = 0;$

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

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

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

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

5.3 Промежуточный контроль

Решение задач

Образцы тестов, заданий

Задания для контроля

Задание:

найти решения уравнений, удовлетворяющие заданным граничным и начальным условиям

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

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

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

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

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

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

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале. Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр – 100:

- максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля - 60;

- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 10;
 максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 30;

- максимальное количество дополнительных баллов - 5

6.1. Текущий контроль

Типовые задания, методика выполнения и критерии оценивания текущего контроля по разделам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **экзамен**.

Форма проведения экзамена: устный опрос по теоретическим вопросам.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену

УК-1

ОПК-1

- 1 Линейные однородные уравнения в частных производных первого порядка и их связь с системами обыкновенных дифференциальных уравнений.
- 2 Общая классификация уравнений в частных производных.
- 3 Канонический вид основных уравнений.
- 4 Задача Штурма-Лиувилля.
- 5 Полнота собственных функций.
- 6 Волновое уравнение. Формула Даламбера.
- 7 Волновое уравнение для полубесконечной струны.
- 8 Отражение волн.
- 9 Конечная струна. Метод Фурье.
- 10 Уравнение теплопроводности. Фундаментальное решение.
- 11 Уравнения Максвелла.
- 12 Уравнение Шредингера. Метод обратной задачи.

Перечень практических заданий к экзамену:

УК-1

ОПК-1

Задание:

найти решения уравнений, удовлетворяющие заданным граничным и начальным условиям

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

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

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

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

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

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

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

$u_x(0, t) = u_x(l, t) = -2$

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

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

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

$u(x, 0) = 36x.$

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 14.

Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий	10
Письменный опрос	30
Экзамен	30
...	
Промежуточная аттестация	30

ИТОГО	100
--------------	------------

Таблица 15.

Распределение дополнительных баллов

Дополнительные баллы (баллы, которые могут быть добавлены до 100)	Баллы
Участие в НИРС*	2
Участие в Олимпиаде*	2
Активность на учебных занятиях*	1
ИТОГО	5

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 40 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 16.

Балльная шкала итоговой оценки на экзамене

Оценка	Баллы
Отлично	85-100
Хорошо	65-84
Удовлетворительно	40-64
Неудовлетворительно	0-39

7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации ко всем видам аудиторных занятий, а также методические рекомендации по организации самостоятельной работы, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения физики».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

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

Дополнительная литература

1. Евграфов М.А. Аналитические функции – СПб, Изд. «Лань»: Наука, 2008. 448 с.
2. Маркушевич А.И. Теория аналитических функций – СПб, Изд. «Лань»: Наука, 2009. 1120 с.
3. Арсенин В.Я. Методы математической физики и специальные функции. – М.: Наука, 1984.
4. Бицадзе А.В., Калининченко Д.Ф. Сборник задач по уравнениям математической физики. – М.: Наука, 1985.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

- 1 <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=234983>

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=222878>>.

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=264983>

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=272878>>.

8.3. Перечень программного обеспечения
Windows, MatLab

8.4. Перечень информационных справочных систем
не используется

8.5. Перечень профессиональных баз данных
Moodle

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Аудитория для проведения лекционных и практических занятий.
2. Компьютерный класс.
3. Мультимедийный проектор.

10. 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.

11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2022/2023
учебный год без изменений.

Протокол заседания кафедры высшей математики и теоретической механики
от 15.06.2022 №11