

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
математической физики
и информационных технологий



С.А. Переселков

28.06.2023г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.12.06 Методы математической физики

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

11.03.04 Электроника и микроэлектроника.

2. Профиль подготовки/специализация: Интегральная электроника и микроэлектроника.

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: 0803 кафедра математической физики и информационных технологий

6. Составители программы: Чернов Владислав Евгеньевич, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры.

7. Рекомендована: Научно-методическим советом физического факультета, протокол № 6 от 27.06.2023г.

8. Учебный год: 2024/2025

Семестр(ы): 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- формирование представлений о дифференциальных уравнениях в частных производных, методах отыскания их решений и свойствах этих решений;
- знакомство с современным математическим языком (например, обобщённых функций и простейших понятий функционального анализа) и умение формулировать на нём задачи современных естественных наук и технологий;
- воспитание общей математической культуры, развитие математической интуиции и понимания места и роли математической физики в системе математических наук;
- формирование личности студента, развитие его интеллекта, способностей к логическому и алгоритмическому мышлению.

Задачи учебной дисциплины:

- освоение аналитических (точных и приближённых) и численных методов решения линейных и нелинейных уравнений в частных производных, возникающих в задачах современных естественных наук и технологий;
- демонстрация эффективности методов математической физики как одного из средств математического моделирования, а также роли математики в прикладных исследованиях.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Входит в модуль «Математика» обязательной части Б1. Изучение дисциплины проводится на базе общих курсов (математический анализ, аналитическая геометрия, линейная алгебра, векторный и тензорный анализ, дифференциальные уравнения) с учётом требований к уровню подготовки, необходимых для освоения основной образовательной программы. Дисциплина является предшествующей для курсов электродинамики, квантовой теории, статистической физики, физики сплошных сред, физики твёрдого тела, физики волновых явлений, теории тепло- и массопереноса.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1	Владеет знаниями фундаментальных разделов математики	Демонстрирует знания фундаментальных законов природы и основных физических и математических законов.
		ОПК-1.2	Создает и применяет математические модели в своей практической деятельности	Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.

		ОПК-1.3	Умеет оценивать границы применимости используемых математических моделей при решении типовых профессиональных задач	Использует положения, законы и методы естественных наук для решения инженерных задач в сфере профессиональной деятельности.
--	--	---------	---	---

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — 3/108.

Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен) зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			3 семестр
Аудиторные занятия		54	54
в том числе:	лекции	18	18
	практические	36	36
	лабораторные	0	0
Самостоятельная работа		54	54
в том числе: курсовая работа (проект)		0	0
Форма промежуточной аттестации (экзамен – ___ час.)		0	0
Итого:		108	108

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Некоторые понятия и предложения теории множеств, теории функций и теории операторов	Точечные множества в R^n . Классы функций. Пространства функций. Гильбертовы пространства. Ортонормальные системы. Полнота. Базис. Линейные операторы и функционалы. Ядро и образ. Обратный оператор. Ограниченные операторы.	

		Линейные уравнения. Эрмитовы операторы.	
1.2	Основные уравнения математической физики, их вывод и классификация	Уравнение колебаний. Уравнение диффузии и теплопроводности. Стационарное уравнение. Уравнения газо-гидродинамики и тепло-массопереноса. Уравнение Максвелла. Уравнение Шрёдингера. Классификация уравнений в точке. Характеристические поверхности (характеристики). Канонический вид уравнений с двумя независимыми переменными (эллиптический, гиперболический, параболический)	
1.3	Постановка основных краевых задач для линейных дифференциальных уравнений второго порядка	Классификация краевых задач. Задача Коши. Краевая задача для уравнений эллиптического типа. Смешанная задача. Другие краевые задачи. Корректность постановок задач математической физики. Теорема Коши-Ковалевской. Классические и обобщенные решения	
1.4	Обобщенные функции и операции с ними	Пространство D основных и D' обобщенных функций. Носитель обобщенной функции. Регулярные и сингулярные обобщенные функции. Замена переменных в обобщенных функциях. Умножение обобщенных функций. Производные обобщенной функции. Прямое произведение и свертка обобщенных функций. Пространство S основных функций и S' обобщенных функций медленного роста S' . Преобразование Фурье основных функций из S и обобщенных функций из S' . Свойства преобразования Фурье. Преобразование Фурье свертки.	
1.5	Фундаментальное решение и задача Коши	Обобщенные решения линейных дифференциальных уравнений. Фундаментальные решения линейных дифференциальных операторов. Уравнения с правой частью. А50). 6. Фундаментальное решение операторов теплопроводности, волнового, Лапласа и Гельмгольца. Поверхностные и объемные волновые потенциалы. Обобщенная задачи Коши для волнового уравнения. Распространение волн. Диффузия волн и принцип Гюйгенса. Поверхностный и объемный тепловой потенциал. Обобщенная задачи Коши для уравнения теплопроводности.	
1.6	Краевые задачи для	Постановка задачи на собственные значения.	

	уравнений эллиптического типа	Тождества Лагранжа и (формулы) Грина. Свойства оператора $L = \operatorname{div}(p \operatorname{grad}) + q$. Свойства и физический смысл собственных значений и собственных функций оператора L . Задача Штурма-Лиувилля: функция Грина и сведение к интегральному уравнению. Теорема Стеклова. Гармонические функции. Теорема о среднем арифметическом. Принцип максимума. Элементы теории потенциала. Функция Грина задачи Дирихле. Краевые задачи для уравнения Лапласа на плоскости. Краевые задачи для уравнений Лапласа и Пуассона в пространстве.	
1.7	Специальные функции	Определение и простейшие свойства функций Бесселя. Ортогональность и рекуррентные соотношения для функций Бесселя. Корни функций Бесселя. Полнота функций Бесселя. Определение сферических функций. Дифференциальное уравнение для сферических функций. Полиномы Лежандра. Производящая функция. Присоединенные функции Лежандра.	
1.8	Смешанная задача	Общая схема метода Фурье. Смешанная задача для уравнения гиперболического типа. Интеграл энергии. Смешанная задача для уравнения параболического типа. Принцип максимума.	
2. Практические занятия			
2.1	Некоторые понятия и предложения теории множеств, теории функций и теории операторов	Примеры замкнутых, открытых множеств в R^n . Границы. Поверхности. Примеры функциональных пространств: C^k и L^2 . Ортогонализация Грама-Шмидта. Примеры операторов и функционалов. Нахождение ядра и образа. Проверка эрмитовости.	
2.2	Основные уравнения математической физики, их классификация и постановка основных задач	Преобразование уравнений с частными производными заменой координат и неизвестной функции. Выражение оператора Лапласа в сферических и цилиндрических координатах. Приведение уравнений с двумя переменными к каноническому виду. Пример Адамара. Формула Даламбера.	
2.3	Обобщенные функции и операции с ними	Замена переменных, умножение и дифференцирование обобщенных функций. Свойства обобщенных производных. Выражение производные функций, имеющих конечный скачок, через дельта-функцию и её	

		производные. Свойства свертки обобщенных функций. Примеры обобщенных функций медленного роста. Преобразование Фурье обобщенных функций медленного роста. Примеры преобразования Фурье для $n=1,2,3$.	
2.4	Фундаментальное решение и задача Коши	Фундаментальное решение линейного дифференциального оператора с обыкновенными производными. Задача Коши для волнового уравнения. Метод спуска. Формулы Кирхгофа, Пуассона и Даламбера. Метод отражений. Полубесконечная струна. Задача Коши для уравнения теплопроводности. Расплывание волнового пакета (уравнение Шрёдингера) и начальной концентрации (уравнение диффузии).	
2.5	Краевые задачи для уравнений эллиптического типа	Задача Штурма-Лиувилля. Нахождение спектра, собственных функций и функции Грина. Метод Фурье для задачи на собственные значения. Примеры построения функции Грина задачи Дирихле (метод отражений). Решение краевой задачи с помощью функции Грина. Метод Фурье в прямоугольнике. Формула Пуассона Решение задач Дирихле и Неймана для круга и шара.	
2.6	Специальные функции	Однородная и неоднородная краевая задача на собственные значения для уравнения Бесселя. Сферические функции. Формула Лапласа. Шаровые функции	
2.7	Смешанная задача	Метод Фурье для одномерного волнового уравнения и уравнения теплопроводности. Неоднородные уравнения и краевые условия. Колебания ограниченной струны и ограниченной мембраны. Уравнение теплопроводности в шаре.	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Некоторые понятия и предложения теории множеств, теории функций и теории операторов	2	2		4	8
2	Основные уравнения математической физики, их	2	4		6	12

	вывод и классификация					
3	Постановка основных краевых задач для линейных дифференциальных уравнений второго порядка	2	2		4	8
4	Обобщенные функции и операции с ними	4	6		10	20
5	Фундаментальное решение и задача Коши	2	6		8	16
6	Краевые задачи для уравнений эллиптического типа	2	6		8	16
7	Специальные функции	2	2		4	8
8	Смешанная задача	2	8		10	20
	Итого:	18	36		54	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Необходимо после каждой лекции разбирать и осваивать материал по ее теме, для лучшего понимания читать рекомендованную основную и дополнительную литературу, готовиться к практическому занятию, разбирая соответствующий теоретический материал, систематически выполнять домашние задания, выполнять текущие тестирования (контрольные работы) по пройденному теоретическому и практическому материалу.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Владимиров В.С. Сборник задач по уравнениям математической физики: задачник / Владимиров В.С., Михайлов В.П., Михайлова Т.В., Шабунин М.И. — Москва: Физматлит, 2016 .— 520 с. — Сборник задач по уравнениям математической физики [Электронный ресурс] / Владимиров В.С., Михайлов В.П., Михайлова Т.В., Шабунин М.И. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. — ISBN 5-9221-1692-3 .— <URL:https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922116923.html>.
2	Карчевский М.М. Лекции по уравнениям математической физики [Электронный ресурс] / Карчевский М.М. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2016 .— 164 с. — Книга из коллекции Лань - Математика .— ISBN 978-5-8114-2132-9 .— <URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=72982>.
3	Емельянов В.М. Уравнения математической физики. Практикум по решению задач [Электронный ресурс] / Емельянов В.М., Рыбакина Е.А. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2016 .— 216 с. — Рекомендовано Учебно-методическим объединением по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки «Техническая физика» и «Прикладная механика» .— Книга из коллекции Лань - Физика .— ISBN 978-5-8114-0863-4 .— <URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=71748>.

4	Некоторые аспекты современных методов уравнений математической физики [Электронный ресурс]: [учебное пособие] / Воронеж. гос. ун-т; [сост.: Л.Н. Ляхов и др.] — Электрон. текстовые дан. — Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2016. — Загл. с титул. экрана. — Свободный доступ из интрасети ВГУ. — Текстовые файлы. — Windows 2000 ; Adobe Acrobat Reader. — <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m16-223.pdf >.
5	Деревич И.В. Практикум по уравнениям математической физики [Электронный ресурс] : учебное пособие / Деревич И.В. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 428 с. — Книга из коллекции Лань - Физика. — ISBN 978-5-8114-2601-0. — <URL: https://e.lanbook.com/book/104942 >.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Горюнов А.Ф. Уравнения математической физики в примерах и задачах. 2 / А.Ф. Горюнов. — Москва: МИФИ, 2008. — 528 с. (ЭБС «Университетская библиотека online» http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=231600)
2	Сабитов К.Б. Уравнения математической физики: учебник. — М.: Физматлит, 2013. — 352 с. (ЭБС «Университетская библиотека online» http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59660)
3	Владимиров В.С. Уравнения математической физики: учебник / Владимир В.С., Жаринов В.В. — Москва : Физматлит, 2008. — 400 с. — Уравнения математической физики [Электронный ресурс]: Учеб. для вузов. / Владимир В.С., Жаринов В.В. - 2-е изд., стереотип. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. — ISBN 5-9221-0310-7. — https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922103107.html
4	Треногин В.А. Методы математической физики: практикум / Треногин В.А., Недосекина И.С. — Москва: МИСиС, 2012. — 196 с. — Методы математической физики [Электронный ресурс] : практикум / В.А. Треногин, И.С. Недосекина. - М.: МИСиС, 2012. — ISBN 5-87623-611-1. — https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876236111.html
5	Кошляков Н.С. Уравнения в частных производных математической физики: учебное пособие для студ. мех.-мат. и физ. фак. ун-тов / Кошляков Н.С., Глинер Э.Б., Смирнов М.М. — М.: Высшая школа, 1970. — 710 с.
6	Тихонов А.Н. Уравнения математической физики: учебник для студ. физ.-мат. специальностей ун-тов / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. — 7-е изд. — М. : Изд-во Моск. ун-та : Наука, 2004. — 798 с. : ил., табл. — (Классический университетский учебник / редсов. : В.А. Садовничий (пред.) [и др.]) . — Библиогр.: с.791. — Предм. указ.: с.792-798. — ISBN 5-211-04843-1. — ISBN 5-02-033599-1
7	Ильин А.М. Уравнения математической физики: учебное пособие / Ильин А.М. — Москва: Физматлит, 2009. — 192 с. — Уравнения математической физики [Электронный ресурс] / Ильин А.М. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. — ISBN 5-9221-1036-5. — 8< URL:https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922110365.html >.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
1.	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
2.	http://e.lanbook.com/ - ЭБС «Лань»
3.	http://www.book.ru/ - ЭБС «Book.ru»

* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9819>

Электронные средства для представления презентаций

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины: (при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

Лекционная аудитория, доска, учебная литература, электронные средства для представления презентаций

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	1.1-1.8	ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1 Демонстрирует знания фундаментальных законов природы и основных физических и математических законов	КИМ
	2.1-2.7		ОПК-1.2 Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	КИМ
	2.1-2.7		ОПК-1.3 Использует положения, законы и методы естественных наук для решения инженерных задач в сфере профессиональной деятельности	КИМ
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Перечень вопросов Практическое задание

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Необходимо знать, уметь записать и решать основные классы уравнений математической физики. Владеть языком функциональных пространств, операторов, функционалов, обобщённых функций. Уметь решать задачи Коши для уравнений колебаний и теплопроводности. Уметь решать задачу Штурма-Лиувилля, а также краевые задачи для уравнения Лапласа и Пуассона в прямоугольнике, круговом/кольцевом секторе, шаровом сегменте. Владеть основными приёмами работы со спецфункциями.

Критерии оценок:

Отлично – подробные и безошибочные ответы на основные и дополнительные вопросы.

Хорошо – подробные ответы на поставленные вопросы с мелкими ошибками.

Удовлетворительно – неудовлетворительные ответы на один из основных и некоторые дополнительные вопросы.

Неудовлетворительно – плохое знание материала, неудовлетворительные ответы на большинство поставленных вопросов.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Подробные и безошибочные ответы на основные и дополнительные вопросы, полное понимание и свободное владение материалом.	Повышенный уровень	Отлично
Подробные ответы на поставленные вопросы с мелкими ошибками, незначительные пробелы в знании материала.	Базовый уровень	Хорошо
Неудовлетворительные ответы на один из основных вопросов КИМа и некоторые дополнительные вопросы, неполное знание или понимание материала.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Плохое знание материала, неудовлетворительные ответы на вопросы КИМа и большинство дополнительных вопросов.	–	Неудовлетворительно

20.2 Перечень вопросов к экзамену (зачету):

1. Классификация уравнений в частных производных 2-го порядка с двумя независимыми переменными. Каноническая форма уравнений.
2. 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.
7. Задача Коши. Задача Штурма – Лиувилля.
8. Корректность постановки задач математической физики.
9. Задача Коши для одномерного однородного и неоднородного уравнения Даламбера. Формула Даламбера. Принцип Дюамеля.
10. Метод Даламбера для полупрямой и конечного отрезка.
11. Ортогональные системы функций. Задача Штурма-Лиувилля для обыкновенного дифференциального уравнения, спектр собственных значений, собственные функции и их свойства.
12. Смешанная задача для одномерного волнового уравнения с однородными граничными условиями. Метод Фурье.
13. Смешанная задача для одномерного уравнения теплопроводности с однородными граничными условиями. Метод Фурье.
14. Решение смешанной задачи для одномерного неоднородного волнового уравнения с неоднородными граничными условиями методом разделения переменных.
15. Решение смешанной задачи для одномерного неоднородного уравнения теплопроводности с неоднородными граничными условиями методом разделения переменных.
16. Разделение переменных в уравнениях Лапласа и Гельмгольца в прямоугольной области при решении задач Дирихле и Неймана.
17. Решение первой и второй краевых задач для круга методом разделения переменных. Представление решения в виде интегралов Пуассона и Дини.
18. Нахождение гармонической функции в кольце и круговом секторе методом разделения переменных.
19. Решение задачи о колебаниях прямоугольной мембраны методом Фурье.
20. Применение операционного метода (интегрального преобразования Лапласа) при решении дифференциальных уравнений в частных производных 2-го порядка гиперболического и параболического типов.
21. Метод функции Грина при решении уравнений эллиптического и параболического типов.
22. Дельта-функция и ее свойства.
23. Свойства функции Грина.
24. Формулы Грина.
25. Решение задачи Дирихле для круга и полуплоскости методом функции Грина.

26. Задача Коши для однородного уравнения теплопроводности и решение ее с помощью функции Грина (формула Пуассона).
27. Решение задачи Коши для уравнения Даламбера методом спуска в 2-х мерном пространстве (формула Пуассона).
28. Основные и обобщенные функции. Свойства обобщенных функций и действия над ними. Дельта-функция Дирака и ее свойства.
29. Дельтаобразные последовательности. Гамма- и бета- функции. Определения и основные свойства.
30. Уравнение Бесселя. Функции Бесселя первого рода и их свойства. Функции Бесселя второго порядка и их линейная независимость.
31. Общее решение уравнения Бесселя для произвольных значений индекса. Рекуррентные соотношения для функций Бесселя. Функции Бесселя полуцелого индекса. Функции Бесселя 3-го рода. Уравнение Бесселя с параметром.
32. Модифицированные функции Бесселя 1-го и 2-го рода. Задача Штурма-Луивилля для уравнения Бесселя. Ряды Фурье-Бесселя и Дини.
33. Полиномы Лежандра. Формула Родрига. Интеграл Шлефли.
34. Рекуррентные соотношения для полиномов Лежандра. Ортогональность полиномов Лежандра. Ряд Фурье-Лежандра. Присоединенные функции Лежандра.
35. Сферические функции. Производящая функция полиномов Эрмита. Формула Родрига.
36. Рекуррентные соотношения для полиномов Эрмита. Ортогональность полиномов Эрмита. Ряд Фурье-Эрмита.
37. Решение задачи о колебаниях круглой мембраны методом Фурье.
38. Разделение переменных в уравнении Лапласа в цилиндрической системе координат.
39. Разделение переменных в уравнении Гельмгольца в полярных координатах.
40. Решение задачи об остывании цилиндра методом Фурье.
41. Разделение переменных в уравнениях Лапласа и Гельмгольца в сферических координатах. Решение задачи об остывании шара методом Фурье.
42. Разделение переменных в уравнении Шредингера. Линейный гармонический осциллятор. Ротатор. Движение электрона в кулоновском поле.
43. Понятие о нелинейных уравнениях математической физике.
44. Метод конечных разностей для решения задачи Дирихле.
45. Метод конечных разностей для уравнения теплопроводности.

20.3 Перечень практических заданий

1	$u_t = u_{xx} + \exp(t) \sin 2x$	$u(x,0) = \sin 3x + \pi + 3x$	$u(0,t) = \pi \quad u(\pi,t) = 4\pi$
2	$u_t = u_{xx} + \exp(t) \cos 2x$	$u(x,0) = 2 \cos 3x + x^2 - \pi x$	$u_x(0,t) = -\pi \quad u_x(\pi,t) = \pi$

3	$u_t = u_{xx} + \exp(3t) \sin \frac{3x}{2}$	$u(x,0) = 3 \sin \frac{x}{2} + 2\pi + \pi x$	$u(0,t) = 2\pi \quad u_x(\pi,t) = \pi$
4	$u_t = u_{xx} + \exp(3t) \cos \frac{x}{2}$	$u(x,0) = 2 \cos \frac{3x}{2} - 2\pi x + 2\pi^2 - \pi$	$u_x(0,t) = -2\pi \quad u(\pi,t) = -\pi$
5	$u_t = u_{xx} + \exp(t) \sin 5x$	$u(x,0) = \sin x + 3\pi - 2x$	$u(0,t) = 3\pi \quad u(\pi,t) = \pi$
6	$u_t = u_{xx} + \exp(t) \cos 3x + 2$	$u(x,0) = \cos x - x^2 + \pi x$	$u_x(0,t) = \pi \quad u_x(\pi,t) = -\pi$
7	$u_t = u_{xx} + \exp(t) \sin \frac{x}{2}$	$u(x,0) = \sin \frac{3x}{2} + 4\pi + \pi x$	$u(0,t) = 4\pi \quad u_x(\pi,t) = \pi$
8	$u_t = u_{xx} + \exp(2t) \cos \frac{3x}{2}$	$u(x,0) = \cos \frac{x}{2} + 3x - 2\pi$	$u_x(0,t) = 3 \quad u(\pi,t) = \pi$
9	$u_{tt} = u_{xx} + \sin t \sin 2x$	$u(x,0) = \sin 3x + \pi + 3x$ $u_t(x,0) = 0$	$u(0,t) = \pi \quad u(\pi,t) = 4\pi$
10	$u_{tt} = u_{xx} + \cos t \cos 2x - 2$	$u(x,0) = 2 \cos 3x + x^2 - \pi x$ $u_t(x,0) = 0$	$u_x(0,t) = -\pi \quad u_x(\pi,t) = \pi$
11	$u_{tt} = u_{xx} + \sin t \sin \frac{3x}{2}$	$u(x,0) = 3 \sin \frac{x}{2} + 2\pi + \pi x$ $u_t(x,0) = 0$	$u(0,t) = 2\pi \quad u_x(\pi,t) = \pi$
12	$u_{tt} = u_{xx} + \cos 3t \cos \frac{x}{2}$	$u(x,0) = 2 \cos \frac{3x}{2} - 2\pi x + 2\pi^2 - \pi$ $u_t(x,0) = 0$	$u_x(0,t) = -2\pi \quad u(\pi,t) = -\pi$
13	$u_{tt} = u_{xx} + \sin t \sin 5x$	$u(x,0) = \sin x + 3\pi - 2x$ $u_t(x,0) = 0$	$u(0,t) = 3\pi \quad u(\pi,t) = \pi$
14	$u_{tt} = u_{xx} + \cos t \cos 3x + 2$	$u(x,0) = \cos x - x^2 + \pi x$ $u_t(x,0) = 0$	$u_x(0,t) = \pi \quad u_x(\pi,t) = -\pi$

1 5	$u_{tt} = u_{xx} + \sin t \sin \frac{x}{2}$	$u(x,0) = \sin \frac{3x}{2} + 4\pi + \pi x$ $u_t(x,0) = 0$	$u(0,t) = 4\pi$ $u_x(\pi,t) = \pi$
1 6	$u_{tt} = u_{xx} + \cos 2t \cos \frac{3x}{2}$	$u(x,0) = 3x - 2\pi$ $u_t(x,0) = \cos \frac{x}{2}$	$u_x(0,t) = 3$ $u(\pi,t) = \pi$
1 7	$u_{tt} = u_{xx} + \sin t \sin 2x$	$u(x,0) = \pi + 3x$ $u_t(x,0) = \sin 3x$	$u(0,t) = \pi$ $u(\pi,t) = 4\pi$
1 8	$u_{tt} = u_{xx} + \cos t \cos 2x -$	$u(x,0) = x^2 - \pi x$ $u_t(x,0) = 2 \cos 3x$	$u_x(0,t) = -\pi$ $u_x(\pi,t) = \pi$
1 9	$u_{tt} = u_{xx} + \sin 3t \sin \frac{3x}{2}$	$u(x,0) = 2\pi + \pi x$ $u_t(x,0) = 3 \sin \frac{x}{2}$	$u(0,t) = 2\pi$ $u_x(\pi,t) = \pi$
2 0	$u_{tt} = u_{xx} + \cos 3t \cos \frac{x}{2}$	$u(x,0) = -2\pi x + 2\pi^2 - \pi$ $u_t(x,0) = 2 \cos \frac{3x}{2}$	$u_x(0,t) = -2\pi$ $u(\pi,t) = -\pi$
2 1	$u_{tt} = u_{xx} + \sin t \sin 5x$	$u(x,0) = 3\pi - 2x$ $u_t(x,0) = \sin x$	$u(0,t) = 3\pi$ $u(\pi,t) = \pi$

20.4 Тестовые задания.

Текущая аттестация № 1

1. Решение задачи Коши для волнового уравнения методом Даламбера. Полубесконечная струна. Закрепленный и свободный край.
2. Решения краевых задач для волнового уравнения методом Фурье. Случай закрепленных концов струны.

Текущая аттестация № 2

1. Вывод уравнения Лапласа в цилиндрических координатах.
2. Характеристики и условия на характеристиках для двумерной системы уравнений акустики.

20.5 Перечень заданий для контрольных работ.

Контрольно-измерительный материал № 1.

1. Решить уравнение:
 $u_t = 2\Delta u, 0 \leq r \leq 3, t \in (0, \infty), u(r, 0) = 9 - r^2, u(3, t) = 0;$
2. Найти общее решение параболического уравнения:

$$u_{xx} + 4u_{xy} + 4u_{yy} + u_x - 2u_y = 0.$$

Контрольно-измерительный материал № 2.

1. Решить уравнение:
 $u_t = 4u_{xx}, x \in (0,2), t \in (0, \infty), u(x, 0) = \sin^3(2\pi x) - \sin(4\pi x), u(0, t) = u(2, t) = 0;$
2. Найти общее решение эллиптического уравнения:
 $u_{xx} + 2u_{xy} + 5u_{yy} = 0.$

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины, осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме(ах) письменного опроса и контрольных работ. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний. При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.

