

АННОТАЦИЯ

к рабочей программе дисциплины

Уравнения и методы математической физики

Направление подготовки: **03.03.02 Физика**

Направленность (профиль): **Фундаментальная физика**

Форма обучения: **очная**

Квалификация: **бакалавр**

АННОТАЦИЯ

к рабочей программе дисциплины

Б1.О.24 «Уравнения и методы математической физики»

Направление подготовки: **03.03.02 Физика**

Направленность (профиль): **Фундаментальная физика**

Форма обучения: **очная**

Квалификация: **бакалавр**

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Уравнения и методы математической физики» является формирование у студентов фундаментального математического аппарата для описания волновых, тепловых и статических полей, а также освоение методов решения краевых задач уравнений математической физики (колебания, диффузия, потенциал), включая метод Фурье и специальные функции. Дисциплина обеспечивает переход от общей математики к физическим приложениям и служит базой для параллельного изучения электродинамики, квантовой механики и теории колебаний, а также формирует навык самостоятельного построения математических моделей реальных процессов.

Задачами дисциплины являются: усвоение фундаментальных идей, понятий и классификации уравнений математической физики; формирование навыков корректной постановки краевых и начальных задач для уравнений гиперболического, параболического и эллиптического типов; освоение аналитических методов решения (разделение переменных, функции Грина, интегральные преобразования, специальные функции); создание и использование математических моделей колебательных, диффузионных, тепловых и волновых процессов, а также стационарных полей; расширение и углубление теоретических знаний, развитие строгости логических рассуждений и доказа-

тельной базы; повышение общего уровня математической культуры и подготовка к восприятию современного математического аппарата физики; развитие творческого, нестандартного подхода к изучению физических процессов и выбору методов их математического описания; формирование базы для последующего успешного освоения электродинамики, квантовой механики, теории колебаний, радиофизики и других смежных дисциплин физико-математического цикла.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Уравнения и методы математической физики» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана по направлению подготовки 03.03.02 Физика и является фундаментальной математической дисциплиной, закладывающей аппаратную основу для освоения всего последующего физического образования. Место курса в системе подготовки выпускника определяется фундаментальной ролью уравнений в частных производных как универсального языка описания непрерывных физических систем.

Для успешного освоения дисциплины студент должен владеть обязательным минимумом содержания основных образовательных программ по математике, включая математический анализ (дифференциальное и интегральное исчисление функций одной и нескольких переменных, теория рядов, несобственные интегралы, кратные и криволинейные интегралы), линейную алгебру и аналитическую геометрию (матрицы, системы линейных уравнений, собственные векторы и собственные значения, квадратичные формы, кривые и поверхности второго порядка), обыкновенные дифференциальные уравнения (методы решения линейных уравнений, системы дифференциальных уравнений, краевые задачи для ОДУ, специальные функции).

Освоение данной дисциплины является необходимым условием для успешного изучения таких дисциплин, как электродинамика, квантовая механика, статистическая физика и термодинамика, теория колебаний, распространение радиоволн, теория антенн, акустика, а также дисциплин по выбору, связанных с математическим моделированием и вычислительной физикой.

3. Перечень планируемых результатов обучения

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (ИУК-1.1, ИУК-1.2, ИУК-1.3).

ОПК-1. Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов физики в профессиональной деятельности (ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ИОПК-1.3).

ОПК-3. Способность применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности (ИОПК-3.1, ИОПК-3.2, ИОПК-3.3).

ПК-2. Способность активно участвовать в исследовании новых математических моделей в естественных науках (ИПК-2.1, ИПК-2.2, ИПК-2.3).

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: основные задачи, уравнения и методы математической физики; физический смысл основных понятий и фактов математической физики и сферы их применения; математические формулировки основных понятий и утверждений; математические модели основных приложений теории дифференциальных уравнений; основные методы решения задач математической физики; основные прикладные пакеты, используемые для решения уравнений в частных производных;

уметь: корректно поставить задачу и определить краевые условия; аналитически и численно решать основные задачи математической физики и корректно интерпретировать полученные результаты; строить простейшие математические модели стандартных физических процессов; перевести задачу на язык дифференциальных уравнений с частными производными; находить решения для основных типов дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка; выбирать методы решения поставленной задачи; содержательно интерпретировать результаты; использовать электронные тематические ресурсы для углубления знаний по изучаемой дисциплине;

владеть: основной терминологией и понятийным аппаратом математической физики; основными аналитическими и численными методами решения уравнений в частных производных; навыками решения задачи и интерпретации результатов в терминах прикладной области; научно-методическим аппаратом теории дифференциальных уравнений; навыками доказательства основных утверждений; навыками построения простейших математических моделей физических процессов; методами исследования моделей физических процессов.

4. Объём дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **4 зачётные единицы (144 часа)**.

Вид учебной работы	Всего часов Семестр (3-й)	
Контактная работа (всего)	72,2	72,2
Аудиторные занятия (всего)	64	64
Лекции	34	34
Практические занятия	30	30
Самостоятельная работа	71,8	71,8
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2
Общая трудоёмкость	144	144

5. Содержание дисциплины

- **Раздел 1. Постановка и классификация задач математической физики.** Предмет и задачи математической физики. Классификация задач (корректно поставленные, некорректные). Начальные и граничные условия (условия Дирихле, Неймана, смешанные). Постановка краевых и начально-краевых задач. Задача Коши. Классификация уравнений второго порядка, линейных относительно старших производных (гиперболические, параболические, эллиптические). Характеристики. Приведение уравнений к каноническому виду.

Раздел 2. Уравнения параболического типа. Уравнение теплопроводности. Вывод уравнения теплопроводности. Начально-краевые задачи. Задача Коши. Метод Фурье (разделения переменных) решения краевых задач. Фундаментальное решение. Метод функций Грина. Принцип максимума. Численные методы: конечно-разностные схемы (явная, неявная, схема Кранка-Николсона). Метод конечных элементов (введение). Решение с помощью пакетов.

Раздел 3. Уравнения гиперболического типа. Волновое уравнение. Вывод уравнения колебаний струны. Задача Коши для волнового уравнения. Формула Даламбера (одномерный случай). Решение задач на полупрямой (метод отражений). Формулы Пуассона (двумерный случай) и Кирхгофа (трёхмерный случай). Задача Коши для неоднородного волнового уравнения (принцип Дюамеля). Краевые задачи для волнового уравнения (метод Фурье). Задача Штурма-Лиувилля (собственные значения и собственные функции). Функции Бесселя и их свойства. Задача о колебании круглой мембраны. Численные методы: конечно-разностные схемы для волнового уравнения.

Раздел 4. Уравнения эллиптического типа. Уравнения Лапласа и Пуассона. Общие свойства гармонических функций (принцип максимума, теорема о среднем). Оператор Лапласа в криволинейных координатах. Краевые за-

дачи (Дирихле, Неймана). Теоремы единственности решения. Функции Грина для задач электростатики. Метод разделения переменных в различных координатных системах. Полиномы Лежандра, сферические гармоники. Теория потенциала (потенциал простого и двойного слоя). Решение задач Дирихле и Неймана с помощью потенциалов. Численные методы (метод сеток, метод конечных элементов).

Раздел 5. Вариационные методы в математической физике. Основные понятия вариационного исчисления. Уравнение Эйлера-Лагранжа. Экстремумы функционалов. Вариационные задачи в математической физике (принцип наименьшего действия, минимум энергии). Приближённые методы (Ритца, Галёркина). Вариационная постановка задач Дирихле и Неймана для уравнения Пуассона. Связь метода Ритца и метода конечных элементов.

Раздел 6. Обзор программного обеспечения для решения задач математической физики. MathCAD (символьные и численные расчёты); MATLAB (пакеты расширения PDE Toolbox); Comsol Multiphysics (конечно-элементное моделирование); Python (библиотеки NumPy, SciPy, Matplotlib, FEniCS).

6. Формы промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме **экзамена** в 3-м семестре. Экзамен проводится устно по билетам, состоящим из двух теоретических вопросов из разных разделов дисциплины и одной практической задачи.

• 7. Основная литература

1. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. — М.: Изд-во МГУ, 2004. — 798 с.
2. Владимиров В.С., Жаринов В.В. Уравнения математической физики. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 399 с.
3. Петровский И.Г. Лекции об уравнениях с частными производными. — М.: Физматлит, 2009. — 404 с.
4. Олейник О.А. Лекции об уравнениях с частными производными. — М.: Изд-во «Лаборатория знаний», 2015. — 263 с.
5. Свешников А.Г., Боголюбов А.Н., Кравцов В.В. Лекции по математической физике. — М.: Изд-во МГУ, 2004. — 416 с.
6. Карчевский М.М. Лекции по уравнениям математической физики. — СПб.: Лань, 2016. — 164 с.
7. Сабитов К.Б. Уравнения математической физики: учебник для вузов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Лаборатория знаний, 2024. — 569 с.
8. Байков В.А., Жибер А.В. Уравнения математической физики: учебник и практикум для вузов. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Юрайт, 2026. — 254 с.
9. Кошляков Н.С., Глинер Э.Б., Смирнов М.М. Уравнения в частных производных математической физики. — М.: Высшая школа, 1970. — 710 с.

10. Буда́к Б.М., Самарский А.А., Тихоно́в А.Н. Сборник задач по математической физике. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. — 688 с.

Составитель: К.А. Лебедев, профессор кафедры теоретической физики и компьютерных технологий, д.ф.-м.н., профессор