

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Физико-технический факультет
Кафедра математической физики



П.А. Машаров

«29» марта 2024 г.

МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Укрупненная группа направлений
подготовки
Программа высшего образования
Направление подготовки
Профиль подготовки
Квалификация
Форма обучения

03.00.00 Физика и астрономия
Программа бакалавриата
03.03.02 Физика
Физика
Бакалавр
Очная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа учебной дисциплины «Методы математической физики» для обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика (Профиль подготовки: Физика) составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07 августа 2020 г. № 891 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:

доцент кафедры математической физики,
канд. физ.-мат. наук



А.Д. Манов

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры математической физики.
Протокол от 26.03.2024 г. № 9.

Врио зав. кафедрой



В.И. Колесник

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана физико-технического факультета
28.03.2024 г.



А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета
Протокол от 27.03.2024 г. № 2.
Председатель



Н. Котенко

Руководитель основной профессиональной образовательной программы,
канд. физ.-мат. наук



В. Безус

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

математический анализ, аналитическая геометрия и линейная алгебра, дифференциальные уравнения, интегральные уравнения и вариационное исчисление, векторный и тензорный анализ.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

теоретическая физика, численные методы, используются при подготовке выпускной квалификационной работы.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	03.03.02 Физика (Профиль: Физика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.М2.7 Методы математической физики
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	3 / 108

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы+контроль	всего	
Очная	2	4	34	17	—	57	108	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение математического аппарата, необходимого для корректной постановки начально-краевых и краевых задач математической физики, овладение навыками исследования этих задач аналитическими методами.

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

4.1. Компетенции

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных	ОПК-1.13. Демонстрирует теоретические знания методов математической физики.	ОПК-1.13.1. Знает основы методов математической физики
	ОПК-1.14. Применяет знания методов математической физики	ОПК-1.14.1. Умеет применять знания

наук в сфере своей профессиональной деятельности.	при решении задач теоретического и прикладного характера	методов математической физики при решении математических и физических задач. ОПК-1.14.2. Владеет навыками применения инструментария методов математической физики
---	--	---

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Темы	Вопросы темы
1. Классификация ДУЧП 2-го порядка.	Канонический вид дифференциальных уравнений в частных производных (ДУЧП) 2-го порядка. Метод характеристик. Постановка краевых задач. Моделирование физических процессов.
2. Постановка краевых задач.	Физические задачи, которые отражаются гиперболическим, параболическими и эллиптическими уравнениями. Метод Фурье. Колебания струны, прямоугольной и круглой пластины. Распределение температуры в бруске, колесе. Задача о распространении тепла и диффузии газов. Задача Коши. Уравнения эллиптического типа.
3. Формула Остроградского и Грина	Формула Остроградского и Грина. Функция Грина для уравнения Лапласа. Решение задачи Дирихле для шара методом функции Грина. Построение функции Грина в плоском случае при помощи конформного отображения. Решение задачи Дирихле в плоском случае
4. Понятие о методе сеток.	Применение метода сеток для решения задачи Дирихле для уравнения Лапласа. Явная и неявная схемы метода сеток. Метод прогонки. Решение уравнения Пуассона. Основные свойства потенциалов простого и двойного слоя. Сведение задач Дирихле и Неймана к интегральным уравнениям Фредгольма.

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 2, семестр – 3

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Основные краевые задачи	16	8	–	30	54
Классификация ДУЧП 2-го порядка	8	4	–	15	27
Постановка краевых задач	8	4	–	15	27
Раздел 2. Формула Остроградского и Грина. Метод сеток	18	9	–	27	54
Формула Остроградского и Грина	8	4	–	10	22
Понятие о методе сеток	10	5	–	16	31
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	34	17	–	57	108

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

Основные краевые задачи

1. Математическая классификация дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка: гиперболический, параболический и эллиптический тип уравнений. Однородное, неоднородное, линейное.
2. Понятие характеристик, приведения уравнений в частных производных к каноническому виду. (Вывод)
3. Типы граничных условий и их физический смысл для волнового уравнения.
4. Понятия о краевых задачах и корректности их постановок по Адамару.
5. Уравнения гиперболического типа. Задача Коши. Вывод формулы Даламбера. Физическая интерпретация решения. (Вывод)
6. Задача Штурма-Лиувилля. Свойства собственных значений и собственных функций. Решение основных задач Штурма-Лиувилля, нахождение собственных функций и значений.
7. Метод Фурье для задачи о свободных колебаниях струны, закрепленной на концах. (Вывод)
8. Корректность по Адамару задачи Коши-Дирихле (с однородными краевыми условиями) для волнового уравнения. (Доказательство)
9. Различные типы начально-краевых условий для волнового уравнения.
10. Уравнения параболического типа. Начальные и граничные условия.
11. Решение задачи Коши для уравнения теплопроводности (формула Пуассона). (Вывод*)
12. Фундаментальное решение уравнения теплопроводности.
13. Принцип максимального значения (параболические уравнения) и следствия из него.
14. Решение однородного уравнения теплопроводности с однородными краевыми условиями Дирихле.
15. Корректность по Адамару задачи Коши-Дирихле (с однородными краевыми условиями) для уравнения теплопроводности. (Доказательство)
16. Вывод уравнения теплопроводности.
17. Вывод уравнения диффузии газов.
18. Уравнение Лапласа. Стационарное распределение температуры в изотропном теле. Краевые задачи для уравнения Лапласа. Уравнение Лапласа в полярных координатах. (Вывод)
19. Фундаментальное решение оператора Лапласа. (Вывод)
20. Понятие гармонической функции. Теорема о среднем значении. Принцип максимального (минимального) значения (гармонические функции). Следствия из принципа максимального значения (гармонические функции). Свойства гармонических функций.
21. Задачи для круга: внутренняя и внешняя, задача для кольца.

Раздел 2

Формула Остроградского и Грина. Метод сеток

1. Формулы Грина (Первая, вторая и третья).
2. Функция Грина для двумерного уравнения Лапласа.
3. Преобразование Лапласа. Основные свойства. (Таблица оригиналов и изображений*)
4. Преобразование Фурье. Основные свойства. Функция Дирака.*

5. Уравнения Бесселя, функции Бесселя и их применение при решении методом разделения переменных краевых задач в случае цилиндрической системы координат.
6. Линейные пространства. Функциональные пространства.
7. Норма и скалярное произведение.
8. Ортогональные, ортонормированные и полные системы функций.
9. Понятие оператора и функционала.
10. Вариационная и дифференциальная постановка задач математической физики.
11. Теорема о функционале энергии. Метод Рунге.
12. Функционал невязки. Метод наименьших квадратов.
13. Разностная сетка и сетевые функции.

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

Контрольные работы по практике по темам:

- краевая задача для уравнения струны с однородными граничными условиями и заданными начальными условиями;
- краевая задача для уравнения теплопроводности с однородными граничными условиями и заданными начальными условиями;
- уравнение Лапласа в заданной области с заданными граничными условиями;
- приведение уравнения к каноническому виду в каждой из областей, где его тип сохраняется;
- построение функции Грина данного дифференциального уравнения с заданными краевыми условиями;
- построение функции Грина данного дифференциального уравнения 2-го порядка;
- нахождение функции Грина задачи Дирихле для уравнения Лапласа в заданной области методом сеток.

7.3. Образец содержания экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физико-технический факультет
Кафедра математической физики

Образовательная программа: Бакалавриат
Направление подготовки: 03.03.02 Физика
Специализация: Физика
Форма обучения: Очная
Семестр: Четвертый
Дисциплина: Методы математической физики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

1. Решение однородного уравнения теплопроводности с однородными краевыми условиями первого типа.
2. Принцип максимума для гармонических функций.
3. Решить начальную краевую задачу для уравнения теплопроводности:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = 2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad u(0, t) = u_x'(1, t) = 0, \quad u(x, 0) = \sin \pi x.$$

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

8.1. Семестр 4

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1,2	Организационно-учебная работа в аудитории	15
	Самостоятельная работа	15
	Контрольные работы по практике	15
	Контрольная работа по теоретическому материалу	15
ИТОГО		60
Экзамен		40
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;

- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа;
 - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
 - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - письменные задания выполняются на компьютере;
 - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - в печатной форме увеличенным шрифтом;
 - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в четвертом корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения лабораторных занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете четвертого корпуса (ауд.108).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

11.1. Основная литература

1. Арсенин, В. Я. Методы математической физики и специальные функции : [Учеб. пособие для студентов вузов] / В. Я. Арсенин. - М. : Наука, 1974. – 431 с.
2. Бицадзе, А. В. Сборник задач по уравнениям математической физики : учеб. пособие для студ. мех.-мат. и физ. спец. вузов / А. В. Бицадзе, Д. Ф. Калинин. - Москва : Наука, 1977. - 223 с.
3. Владимиров, В. С. Уравнения математической физики : Учеб. для студентов физ.-техн. специальностей вузов / В. С. Владимиров. - 5-е изд. - М. : Наука, 1988. - 512 с.
4. Смирнов, М. М. Задачи по уравнениям математической физики : [Учеб. пособие для мех.-мат., физ.-мат. фак., инж.-техн. специальностей вузов] / М. М. Смирнов. - 6-е изд. - М. : Наука, 1975. - 128 с.

11.2. Дополнительная литература

5. Араманович, И. Г. Уравнения математической физики : учеб. пособие для вузов / И. Г. Араманович, В. И. Левин. - Изд. 2-е. - Москва : Наука, 1969. - 286 с.
6. Петровский, И. Г. Лекции об уравнениях с частными производными : учебник для гос. ун-тов / И. Г. Петровский. - Изд. 2-е. - Москва : Гостехиздат, 1953. - 360 с.
7. Шалдырван, В. А. Классические задачи математической физики : Учеб. пособие для студентов ун-тов и высш. техн. учеб. заведений. Ч. 1 / В. А. Шалдырван, В. С. Герасимчук. - Донецк : ДонГУ, 1999. - 152 с.
8. Шалдырван, В. А. Классические задачи математической физики : Учеб. пособие для студентов ун-тов и высш. техн. учеб. заведений. Ч. 2 / В. А. Шалдырван, В. С. Герасимчук. - Донецк : ДонГУ, 2001. - 158 с.

12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.
2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. –Текст: электронный.
3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/>

(дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

8. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).