

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Уравнения математической физики

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

---

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование и вычислительная математика

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.25 Уравнения математической физики относится к обязательной части образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен решать актуальные задачи прикладной математики и информатики	<p>ПК-1.1: Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и естественных наук и информационных технологий для решения актуальных задач прикладной математики и информатики</p> <p>ПК-1.2: Умеет применять базовые знания математических и естественных наук и информационных технологий для решения актуальных задач прикладной математики и информатики</p> <p>ПК-1.3: Имеет практический опыт решения актуальных задач прикладной математики и информатики</p>	<p>ПК-1.1: Знать: основные факты из математического анализа, геометрии и алгебры и других дисциплин, на которые опирается изучение уравнений математической физики</p> <p>ПК-1.2: Уметь: решать математические задачи и проблемы методами математической физики, аналогичные ранее изученным:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уметь определять тип уравнения в частных производных</li> <li>2. Приводить уравнение к каноническому виду;</li> <li>3. Решать типовые начально-краевые задачи методом разделения переменных (метод Фурье);</li> <li>4. Решать типовые задачи методом Даламбера</li> <li>5. Решать задачи с использованием специальных функций. Знать основные свойства специальных функций.</li> <li>6. Доказывать ранее изученные в рамках дисциплины математические утверждения;</li> <li>7. Проводить доказательства математических</li> </ol>	Контрольная работа Отчет по лабораторным работам	<p>Экзамен: Контрольные вопросы Задачи</p> <p>Зачёт: Контрольные вопросы Задачи</p>

		<p>утверждений не аналогичных ранее изученным, но тесно примыкающих к ним.</p> <p>ПК-1.3:</p> <p>Владеть: основными принципами, фактами, понятиями, аналитическими и численными методами, изучаемыми в дисциплине, включая разделы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поперечные колебания струны.</li> <li>2. Распространение тепла в твердом теле.</li> <li>3. Уравнения гидродинамики и акустики.</li> <li>4. Корректность постановок задач математической физики. Пример Адамара некорректно поставленной задачи.</li> <li>5. Классификация и приведение к каноническому виду уравнений в частных производных второго порядка с двумя независимыми переменными</li> <li>6. Решение задачи о свободных поперечных колебаниях струны методом разделения переменных (методом Фурье). Физическая интерпретация решения.</li> <li>7. Общая схема метода Фурье решения однородной начально-краевой задачи для гиперболического (параболического) уравнения.</li> <li>8. решение методом Фурье неоднородной начально-краевой задачи для гиперболического (параболического) уравнения.</li> <li>9. Задача Штурма-Лиувилля. Функция Грина этой задачи и ее свойства. Интегральное представление функций через функцию Грина. Приведение задачи Штурма-Лиувилля к интегральному уравнению.</li> <li>10. Свойства собственных значений и собственных функций задачи Штурма-</li> </ol>		
--	--	---	--	--

		<p>Лиувилля, теоремы Стеклова.</p> <p>11. Обоснование классического решения начально-краевой задачи методом Фурье.</p> <p>12. Теорема единственности решения начально-краевой задачи для гиперболического уравнения.</p> <p>13. Задача Коши для уравнения колебаний струны. Формула и метод Даламбера решения этой задачи.</p> <p>14.. Решение методом Даламбера задач о колебании полубесконечной и конечной струны. Дисперсия волн.</p> <p>15. Решение трехмерного волнового уравнения в виде сферических волн.</p> <p>16. Задача Коши для трехмерного волнового уравнения, формула Пуассона. Метод редукции.</p> <p>17. Задача Коши для трехмерного уравнения теплопроводности. Понятие об интегральных преобразованиях. Преобразование Фурье и его применение к задаче Коши. Функция Грина этой задачи.</p> <p>18. Определение и свойства обобщенных функций в смысле Соболева-Шварца. Дельта-функция Дирака.</p> <p>19. Импульсные воздействия, их модели для уравнений гиперболического и параболического типа.</p> <p>20. Обобщенные решения начально-краевых задач.</p> <p>21. Гармонические функции и их свойства. Принцип максимума и его следствия.</p> <p>22. Теоремы единственности и устойчивости решения задачи Дирихле для уравнения Лапласа.</p> <p>23. Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа с помощью функции Грина. Свойства функции Грина этой задачи.</p> <p>24. Решение задачи Дирихле</p>		
--	--	--	--	--

		<p>для шара, интеграл Пуассона.</p> <p>25. Задача Неймана для уравнения Лапласа. Теорема единственности, решение через функцию Грина.</p> <p>Владеет:</p> <p>1. терминологией предметной области;</p> <p>2. приемами аналитического решения задач и интерпретации результатов.</p> <p>3. навыками поиска информации в рамках предметной области в сети Интернет и других источниках.</p> <p>4. навыками использования универсальных математических пакетов для выполнения расчетов;</p> <p>5. навыками интерпретации результатов численного исследования</p>		
--	--	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>8</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>288</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>64</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>96</b>
- КСР	<b>3</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>89</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b>
	<b>Экзамен, Зачёт</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия	Занятия	Всего	

		лекционного типа	семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы		
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
Тема 1. Понятие дифференциального уравнения с частными производными	12	4	4	8	4
Тема 2. Вывод основных уравнений математической физики	10	4	2	6	4
Тема 3. Уравнение колебаний струны. Метод характеристик.	22	4	12	16	6
Тема 4. Задачи Коши и Гурса для уравнений гиперболического типа	16	4	6	10	6
Тема 5. Задача Коши для волнового уравнения.	13	4	4	8	5
Тема 6. Основные смешанные задачи для волнового уравнения.	14	4	4	8	6
Тема 7. Метод Фурье для свободных и вынужденных колебаний струны	22	4	12	16	6
Тема 8. Задача Штурма–Лиувилля	16	4	4	8	8
Тема 9. Общая схема метода Фурье в многомерных задачах	18	4	6	10	8
Тема 10. Специальные функции математической физики	22	4	12	16	6
Тема 11. Уравнения параболического типа.	26	6	12	18	8
Тема 12. Уравнения эллиптического типа.	22	6	8	14	8
Тема 13. Свойства гармонических функций.	16	6	4	10	6
Тема 14. Элементы теории потенциала	20	6	6	12	8
Аттестация	36				
КСР	3			3	
Итого	288	64	96	163	89

### Содержание разделов и тем дисциплины

1. Понятие дифференциального уравнения с частными производными. Обзор основных разделов курса. Некоторые вопросы истории и примеры.  
Классификация и приведение к каноническому виду уравнений второго порядка
2. Вывод основных уравнений математической физики
3. Уравнение колебаний струны. Метод характеристик. Формула Даламбера. Метод продолжения в задачах на полупрямой.
4. Задачи Коши и Гурса для уравнений гиперболического типа.
5. Задача Коши для волнового уравнения. Формулы Пуассона и Кирхгофа. Цилиндрические волны.
6. Основные смешанные задачи для волнового уравнения. Теорема о единственности решения.
7. Метод Фурье для свободных и вынужденных колебаний струны.
8. Задача Штурма–Лиувилля. Свойства собственных функций и собственных значений.
9. Общая схема метода Фурье в многомерных задачах.

10. Специальные функции математической физики. Задача о колебании круглой мембраны. Функции Бесселя.

11. Уравнения параболического типа. Основные задачи для уравнения теплопроводности. Теорема о максимуме и минимуме. Формула Пуассона

12. Уравнения эллиптического типа. Основные задачи для уравнений Лапласа и Пуассона. Функции Грина.

13. Свойства гармонических функций. Теорема о максимуме и минимуме для гармонических функций

14. Элементы теории потенциала.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:  
Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

Уравнения математической физики (Дерендяев Н.В.), Уравнения математической физики 5, Уравнения математической физики 6, <https://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=6176>, <https://elearning.unn.ru/enrol/index.php?id=1656>, <https://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=1657>.

Иные учебно-методические материалы:

Виды самостоятельной работы студентов:

- проработка теоретического материала лекционных занятий;
  - подготовка к выполнению работ лабораторного практикума;
  - подготовка к выполнению письменных контрольных работ;
  - подготовка к предварительной аттестации в форме зачета;
- подготовка к промежуточной аттестации в форме экзамена

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

**5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

Контрольная работа 1

1. Привести уравнение к каноническому виду

$$9u_{xx} - 6u_{xy} + u_{yy} + 7u_x - 2u_y - u = 0.$$

2. Стержень, один конец которого ( $x=0$ ) закреплён жестко, а другой ( $x=l$ ) свободен, был подвергнут начальному растяжению

$$u(x, 0) = Ax, \quad 0 \leq x \leq l,$$

начальные скорости точек стержня равны нулю.

Найти растяжение точек стержня в момент  $t = l/2a$

## Контрольная работа 2

1. Решите смешанную задачу

$$u_{tt}(x, t) - a^2 u_{xx}(x, t) = 0, \quad 0 < x < 2, \quad t > 0;$$

$$u(x, t)|_{t=0} = x(x-2), \quad u_t(x, t)|_{t=0} = 0; \quad u(0, t) = u(l, t) = 0.$$

2. Найти функцию  $v(r, \varphi)$ , гармоническую в единичном круге  $0 < r < 1$ ,  $\varphi \in [0, 2\pi)$  такую, что  $v(r, \varphi)|_{r=1} = \cos^6 \varphi + \sin^6 \varphi$ .

## Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

## 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

Перечень лабораторных работ:

1. Обобщенные ряды Фурье

Лабораторная работа предназначена для закрепления знаний и приобретение практических навыков по разделу "Обобщенные ряды Фурье", который включает в себя главы классического и функционального анализа. Цель работы: подготовить фундаментальную базу для изучения основополагающего метода в курсе УМФ – метода Фурье.

2. Поперечные колебания струны в среде без сопротивления

Лабораторная работа предназначена для развития интуиции, способствующей более глубокому пониманию колебательных процессов в физических системах.



### 3. Распространение тепла в конечном стержне

Лабораторная работа предназначена для развития интуиции, способствующей более глубокому пониманию процессов распространения тепла в физических системах.

### 4. Специальные функции

Данная лабораторная работа является непосредственным обобщением и продолжением лабораторной работы №1 и предназначена для закрепления знаний, полученных на лекционных и практических занятиях, посвященных специальным функциям и их применению в задачах математической физики.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Задание лабораторной работы выполнено верно или с негрубыми ошибками.
не зачтено	Задание лабораторной работы не выполнено или выполнено с грубыми ошибками.

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без

			задания, но не в полном объеме	все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	объеме, но некоторые с недочетами	несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка с постоянными коэффициентами с  $n$  независимыми переменными.

2. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка с двумя независимыми переменными.
3. Приведение к каноническому виду уравнения гиперболического типа.
4. Приведение к каноническому виду уравнения параболического типа.
5. Приведение к каноническому виду уравнения эллиптического типа.
6. Вывод уравнения малых поперечных колебаний струны. Постановка основных задач.
7. Задача Коши для уравнений свободных колебаний струны. Формула Даламбера для решения задачи Коши.
8. Непрерывная зависимость решения задачи Коши от начальных данных.
9. Задача Коши для уравнения вынужденных колебаний бесконечной струны.
10. Задача о колебаниях полуограниченной струны с закрепленным концом.
11. Задача о колебаниях полуограниченной струны со свободным концом.
12. Задача о граничном режиме для полуограниченной струны.
13. Теорема единственности решения начально-краевой задачи для волнового уравнения.
14. Задача Коши для волнового уравнения в пространстве. Формула Пуассона.
15. Цилиндрические волны. Принцип Гюйгенса.
16. Неоднородное волновое уравнение в пространстве. Запаздывающий потенциал.
17. Метод разделения переменных на примере решения начально-краевой задачи о свободных колебаниях струны.
18. Обоснование метода разделения переменных для начально-краевой задачи о свободных колебаниях струны.
19. Задача о вынужденных колебаниях струны.
20. Явление резонанса на примере задачи о вынужденных колебаниях струны.
21. Задача Штурма-Лиувилля. Вещественность собственных значений и собственных функций.
22. Задача Штурма-Лиувилля. Ортогональность собственных функций, соответствующих различным собственным значениям.
23. Задача Штурма-Лиувилля. Линейная зависимость собственных функций, соответствующих одному собственному значению.

24. Задача Штурма-Лиувилля. Неотрицательность собственных значений при естественных граничных условиях.
25. Задача Штурма-Лиувилля. Теорема Стеклова.
26. Метод разделения переменных в многомерном случае. Свойства собственных значений и собственных функций.
27. Задача о колебаниях прямоугольной мембраны.
28. Задача о колебаниях круглой мембраны. Функции Бесселя.
29. Вывод уравнения теплопроводности в пространстве.
30. Постановка задач для уравнения теплопроводности.
31. Вывод уравнения теплопроводности в стержне.
32. Постановка основных задач для уравнения теплопроводности в стержне.
33. Теорема о максимуме и минимуме для уравнения теплопроводности.
34. Задача Коши для уравнения теплопроводности. Фундаментальное решение и формула Пуассона.
35. Теорема о единственности решения задачи Коши для уравнения теплопроводности.
36. Теорема о единственности решения смешанной задачи для уравнения теплопроводности.
37. Метод разделения переменных для уравнения теплопроводности в стержне.
38. Гармонические функции. Постановка основных задач для уравнений Лапласа и Пуассона.
39. Первая и вторая формулы Грина.
40. Теорема о представлении произвольной функции (третья формула Грина).
41. Свойства гармонических функций. Теорема о среднем арифметическом.
42. Свойства гармонических функций. Теорема о максимуме и минимуме и единственность решения задачи Дирихле для уравнения Пуассона.
43. Теоремы о единственности решения основных задач для уравнения Пуассона.
44. Функция Грина задачи Дирихле для уравнения Лапласа и её свойства.
45. Задача Дирихле для шара. Формула Пуассона.
46. Понятие и свойства объёмного потенциала.
47. Понятие и свойства потенциала простого слоя.

48. Понятие и свойства потенциала двойного слоя.

49. Применение поверхностных потенциалов к решению краевых задач.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа.

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Классификация уравнений 2-ого порядка с постоянными коэффициентами с  $n$  независимыми переменными.
2. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка с двумя независимыми переменными.
3. Основные задачи для уравнения малых поперечных колебаний струны.
4. Задача Коши для уравнений свободных колебаний струны. Формула Даламбера для решения задачи Коши.
5. Непрерывная зависимость решения задачи Коши от начальных данных.
6. Задача Коши для вынужденных колебаний бесконечной струны.

7. Задача о колебаниях полубесконечной струны с закрепленным концом.
8. Задача о колебаниях полубесконечной струны со свободным концом.
9. Задача о граничном режиме для полубесконечной струны.
10. Задача Коши для волнового уравнения в пространстве. Формула Пуассона.
11. Задача Коши для волнового уравнения на плоскости.
12. Принцип Гюйгенса.
13. Неоднородное волновое уравнение в пространстве. Запаздывающий потенциал.
14. Задача Штурма-Лиувилля. Свойства собственных функций и собственных значений.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки

### 5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Найти решение смешанной задачи

$$u_{tt} - u_{xx} = 0, \quad t > 0, \quad 0 < x < \pi, \quad u|_{x=0} = u|_{x=\pi} = 0, \quad u|_{t=0} = 2 \sin 3x, \quad u_t|_{t=0} = 0$$

2. Найти решение смешанной задачи

$$u_{tt} - 9u_{xx} = e^{2t} \cos \frac{\pi x}{2}, \quad t > 0, \quad 0 < x < 1, \quad u_x|_{x=0} = u_x|_{x=1} = 0, \quad u|_{t=0} = 0, \quad u_t|_{t=0} = 0$$

3. Найти решение смешанной задачи

$$u_t - u_{xx} = 0, \quad t > 0, \quad 0 < x < 1, \quad u_x|_{x=0} = u_x|_{x=1} = 0, \quad u|_{t=0} = -4 \cos \frac{5\pi x}{2}$$

4. Найти решение смешанной задачи

$$u_t - a^2 u_{xx} = t \cos 2x, \quad t > 0, \quad 0 < x < \pi, \quad u_x|_{x=0} = u_x|_{x=\pi} = 0, \quad u|_{t=0} = 0$$

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи.

Оценка	Критерии оценивания
	Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
отлично	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме
очень хорошо	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами
хорошо	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами
удовлетворительно	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме
неудовлетворительно	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа

### 5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Используя формулу Д'Аламбера найти решение задачи

$$u_{tt} - a^2 u_{xx} = 0, u|_{t=0} = e^{-x^2}, u_t|_{t=0} = 0, -\infty < x < \infty, t > 0.$$

2. Привести к каноническому виду уравнение

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - y \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$$

в области эллиптичности.

3. В каждой из областей, где сохраняется тип уравнения, найти его общее решение.

$$y u_{xx} + (x - y) u_{xy} - x u_{yy} = 0$$

4. Найти решение задачи Коши

$$u_{xy} + u_x = 0, u|_{y=x} = \sin x, u_x|_{y=x} = 1, |x| < \infty.$$

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Задача решена верно или с не грубыми ошибками

Оценка	Критерии оценивания
не зачтено	Задача не решена или допущены грубые ошибки

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Тихонов Андрей Николаевич. Уравнения математической физики : учеб. пособие для вузов. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1966. - 724 с. - 22.00., 179 экз.
2. Сборник задач по уравнениям математической физики / под ред. В. С. Владимирова. - 4-е изд., стер. - М. : Физматлит, 2003. - 288 с. - ISBN 5-9221-0309-1 : 123.00., 1 экз.
3. Гаврилов В. С. Метод характеристик для одномерного волнового уравнения : учебно-методическое пособие / Гаврилов В. С., Денисова Н. А. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2014. - 72 с. - Рекомендовано методической комиссией механико–математического факультета для студентов ННГУ, обучающихся по специальностям «Математика», «Прикладная математика и информатика», «Механика и математическое моделирование». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=730151&idb=0>.
4. Буда́к Борис Михайлович. Сборник задач по математической физике : учеб. пособие для студентов ун-тов. - Изд. 3-е. - М. : Наука , 1980. - 688 с., 60 ил. - 2.80., 129 экз.
5. Владимиров В. С. Уравнения математической физики / Владимиров В. С., Жаринов В. В. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2000. - 400 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN 5-9221-0011-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=665807&idb=0>.
6. Годунов Сергей Константинович. Уравнения математической физики : учеб. пособие для студентов физ.-мат. специальностей ун-тов. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Наука, 1979. - 391 с. - 1.10., 61 экз.
7. Кошляков Николай Сергеевич. Уравнения в частных производных математической физики : [учеб. пособие для мех.-мат. и физ. фак. ун-тов]. - [2-е изд.]. - М. : Высшая школа, 1970. - 710 с. : 3 черт. - 1-е изд. вышло под загл.: Дифференциальные уравнения математической физики. - 1.07., 132 экз.

Дополнительная литература:

1. Владимиров Василий Сергеевич. Уравнения математической физики : [учеб. для физ.-техн. специальностей вузов]. - 5-е изд., доп. - М. : Наука, 1988. - 512 с. : ил. - 1.30., 81 экз.
2. Буда́к Борис Михайлович. Сборник задач по математической физике : учеб. пособие для вузов. - 4-е изд., испр. - М. : Физматлит, 2003. - 688 с. - ISBN 5-9221-0311-3 : 232.30., 1 экз.
3. Дерендяев Николай Васильевич. Проекционный метод Фурье : учебно-методическое пособие / Н. В. Дерендяев, А. В. Калинин ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 75 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=851280&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):



1. Уравнения математической физики <https://online.edu.ru/public/course?cid=4192>
2. Сулова И.Б., Баденко Г.В. «Математическая физика». —Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. [Электронный ресурс]. // Современная цифровая образовательная среда РФ. [сайт]. URL: <https://online.edu.ru/public/course?cid=4192>
3. При проведении лабораторных работ используется лицензионное программное обеспечение в виде универсальных математических пакетов, установленных в лаборатории 220 кафедры ТУиДС, корп.2, а также учебно-исследовательские компьютерные программы с открытым кодом, разработанные сотрудниками кафедры ТУиДС с использованием лицензионных средств разработки C++Builder 2006.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Мультимедийная техника (компьютер, проектор, экран).

Лицензионное и свободное программное обеспечение:

- 1. Операционные системы семейства Microsoft Windows, – лицензия по подписке Microsoft Imagine;
- 2. Комплекс учебно-исследовательских программ по дисциплине «Уравнения математической физики», установленных в лаб. 220(2), 218(2) – разработанных в лаборатории «Динамика и оптимизация» каф. ТУиДС ИИТММ; разработка выполнена с использованием среды разработки C++Builder 2006 (приобретена в 2006/2007 гг при выполнении нац. проекта «Образование», ключ у системного администратора);
- Математический пакет MatLab, – лицензионное ПО приобретено в 2006/2007 гг при выполнении нац. проекта «Образование», бессрочная лицензия, ключ у системного администратора.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Калинин Алексей Вячеславович, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Калинин Алексей Вячеславович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.