

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

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
президиумом Ученого совета ННГУ
от 14.12.2021 г. протокол №4

Рабочая программа дисциплины

Уравнения математической физики

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

01.03.03 Механика и математическое моделирование

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2022 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Уравнения математической физики» относится к обязательной части.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина Б1.О.16. «Уравнения математической физики» относится к обязательной части ООП направления подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование

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**	
<i>ОПК-1</i> Способен использовать фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, в профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Знает основы фундаментальных физико-математических дисциплин и других естественных наук.	Знает основные понятия, математические модели уравнений математической физики	<i>Собеседование</i>
	ОПК-1.2. Умеет анализировать и решать стандартные профессиональные задачи с применением фундаментальных знаний математики, физики и других естественных наук.	Умеет анализировать и решать стандартные задачи с применением фундаментальных знаний математической физики	<i>Контрольная работа</i>
	ОПК-1.3. Владеет навыками применения фундаментальных разделов механики, базовых знаний естественнонаучного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач.	Владеет навыками применения фундаментальных разделов матфизики при решении стандартных профессиональных задач	<i>Контрольная работа</i>
<i>ОПК-5</i> Способен использовать в педагогической деятельности научные основы знаний в сфере математики и механики	ОПК-5.1. Знает основы преподавания физико-математических дисциплин и информатики в средней школе и специальных учебных заведениях	Знает основы преподавания физико-математических дисциплин в школе	<i>Собеседование</i>
	ОПК-5.2. Умеет использовать получен-	Умеет использовать полученные знания в преподавательской деятельности	<i>Собеседование</i>

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**	
	ные фундаментальные и специальные знания в области физико-математических наук в преподавательской деятельности.		
	ОПК-5.3. Владеет навыками планирования и подготовки учебных занятий, а также представления научных знаний.	Владеет навыками планирования и подготовки учебных занятий	<i>Собеседование</i>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	8 з.е.
Часов по учебному плану	288
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	64
- занятия семинарского типа	64
- занятия лабораторного типа	
- текущий контроль (КСР)	4
самостоятельная работа	84
Промежуточная аттестация – экзамены (5,6 сем.)	72

3.2. Содержание дисциплины

Очная форма обучения							
№	Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				СР ¹ , часы
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
			из них			Всего	
ЗЛеТ ²	ЗСеТ ³	ЗЛаТ ⁴	Всего				
1.	Классификация уравнений с частными производными	10	4	4		8	2
2.	Вывод основных уравнений гиперболического типа, изучаемых в матфизике	6	2	2		4	2
3.	Метод характеристик для одномерного волнового уравнения	30	4	12		16	14
4.	Задачи Коши и Гурса	24	4	10		14	10
5.	Обобщенные функции и их применение в математической физике	12	4	2		6	6
6.	Классификация уравнений с n независимыми переменными. Начальная задача для	18	10			10	8

Очная форма обучения							
№	Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				СР ¹ , часы
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
			из них			Всего	
З.ЛеТ ²	З.СеТ ³	З.ЛаТ ⁴					
	трехмерного волнового уравнения						
7.	Задача Штурма-Лиувилля. Цилиндрические функции	20	6	6		12	8
8.	Метод Фурье (метод разделения переменных)	34	8	16		24	10
9.	Уравнения параболического типа	24	8	6		14	10
10.	Уравнения эллиптического типа	24	8	6		14	10
11.	Теория потенциалов.	10	6			6	4
	Текущий контроль (КСР)	4				4	
	ИТОГО	214	64	64	0	132	
	¹ Самостоятельная работа обучающегося. ² Занятия лекционного типа. ³ Занятия семинарского типа. ⁴ Занятия лабораторного типа.						

Краткое содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Классификация уравнений с частными производными.

Понятие дифференциального уравнения с частными производными, его классического решения. Нелинейные, квазилинейные, линейные уравнения. Классификация линейных уравнений второго порядка с двумя независимыми переменными. Характеристики. Приведение уравнений к каноническому виду.

Раздел 2. Вывод основных уравнений гиперболического типа, изучаемых в математике.

Вывод уравнений малых поперечных колебаний струны, продольных колебаний стержня. Постановка начальной и начально-краевой задач. Условия согласования в начально-краевой задаче.

Раздел 3. Метод характеристик для одномерного волнового уравнения.

Решение начальной задачи для одномерного волнового уравнения. Формула Даламбера. Понятие области зависимости, области определенности, области влияния. Решение неоднородного уравнения. Устойчивость решения к входным данным. Понятие о корректно поставленной задаче. Начально-краевая задача для полуограниченной и ограниченной струны. Решение задач методом продолжений. Отражение на закрепленных и свободных концах. Решение задач о распространении краевого режима.

Раздел 4. Задачи Коши и Гурса.

Задача Коши для уравнений второго порядка с двумя независимыми переменными. Теорема Коши-Ковалевской. (без док-ва) Задача Коши для уравнения гиперболического типа с двумя независимыми переменными. Существования и единственность классического решения. Постановка задачи Гурса для уравнения гиперболического типа с двумя независимыми переменными.

Раздел 5. Обобщенные функции и их применение в математической физике.

Определение обобщенной функции. Примеры. Действия с обобщенными функциями. Понятие обобщенного решения дифференциального уравнения.

Раздел 6. Классификация уравнений с n независимыми переменными. Начальная задача для трехмерного волнового уравнения.

Получение решения методом сферического среднего. Физическая интерпретация формулы Пуассона, принцип Гюйгенса. Решение начальной задачи методом Дюамеля. Запывающий потенциал. Метод спуска. Постановка начально-краевой задачи для трехмерного и двумерного волнового уравнения.

Раздел 7. Задача Штурма-Лиувилля. Цилиндрические функции.

Свойства собственных значений и собственных функций. Теорема Стеклова (без док-ва). Уравнение Бесселя. Отыскание решения уравнения Бесселя в виде обобщенного степенного ряда. Функция Неймана.

Раздел 8. Метод Фурье (метод разделения переменных).

Реализация метода на примере решения начально-краевой задачи для уравнения гиперболического типа с двумя независимыми переменными. Интеграл энергии. Теоремы единственности и непрерывной зависимости от начальных данных. Обоснование метода разделения переменных для смешанной задачи для волнового уравнения. Цилиндрические функции, их использование при решении задач с осевой симметрией.

Раздел 9. Уравнения параболического типа.

Задача о распространении тепла. Постановки начальной и начально-краевой задач. Решение начальной задачи методом преобразования Фурье. Фундаментальное решение, его свойства. Решение начальной задачи в трехмерном пространстве. Принцип максимума и минимума. Теоремы единственности и непрерывной зависимости от входных данных. Решение начально-краевых задач методом разделения переменных. Понятие функции Грина.

Раздел 10. Уравнения эллиптического типа.

Фундаментальное решение уравнения Лапласа. Интегральное представление дважды дифференцируемых функций. Свойства гармонических функций. Принцип максимума и минимума для гармонических функций. Основные постановки задач для уравнения Пуассона. Теоремы единственности и непрерывной зависимости от входных данных. Метод функции Грина для решения задачи Дирихле. Построение функции Грина методом конформных отображений. Построение функции Грина методом отражений.

Раздел 11. Теория потенциалов.

Объемный потенциал, потенциалы простого и двойного слоя. Применение потенциалов к решению краевых задач.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (экзамены).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточному контролю успеваемости (экзамены).

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств включает: контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме *задач (практических заданий), контрольных работ* и контрольные материалы для проведения промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий к экзамену.

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Шкала оценивания сформированности компетенций		Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
		Знания	Умения	Навыки
плохо	не зачтено	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа
		Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
удовлетворительно	зачтено	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
хорошо	зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными негрубыми недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
отлично	зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
превосходно	зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
превосходно	зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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»
незачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1. Контрольные вопросы

№	Вопрос	Код формируемой компетенции
1.	Дайте классификацию дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка с двумя независимыми переменными.	ОПК-1, ОПК-5
2.	Приведите с доказательствами схему преобразования к каноническому виду уравнения гиперболического типа.	ОПК-1, ОПК-5
3.	Приведите с доказательствами схему преобразования к каноническому виду уравнения параболического типа.	ОПК-1, ОПК-5
4.	Приведите с доказательствами схему преобразования к каноническому виду уравнения эллиптического типа.	ОПК-1, ОПК-5
5.	Выведите уравнение малых поперечных колебаний струны. Сформулируйте начальную и начально-краевую задачи.	ОПК-1, ОПК-5
6.	Дайте определение обобщенной функции. Какие возможны действия с обобщенными функциями.	ОПК-1, ОПК-5
7.	Сформулируйте задачу Штурма-Лиувилля. Докажите свойства собственных функций и собственных значений.	ОПК-1, ОПК-5
8.	Дайте определение обобщенного решения дифференциального уравнения.	ОПК-1, ОПК-5
9.	Сформулируйте задачу Коши для уравнения второго порядка с двумя независимыми переменными. Определите вторые производные от решения на начальной кривой.	ОПК-1, ОПК-5
10.	Сформулируйте теорему Коши-Ковалевской.	ОПК-1, ОПК-5
11.	Сформулируйте теорему существования решения задачи Коши для уравнения гиперболического типа.	ОПК-1, ОПК-5
12.	Сформулируйте теорему единственности решения задачи Коши для уравнения гиперболического типа.	ОПК-1, ОПК-5
13.	В чем заключается задача Гурса для уравнения гиперболического типа.	ОПК-1, ОПК-5

№	Вопрос	Код формируемой компетенции
14.	Выведите формулу Даламбера.	ОПК-1, ОПК-5
15.	Решите начальную задачу для неоднородного волнового уравнения.	ОПК-1, ОПК-5
16.	Дайте определение функции Бесселя.	ОПК-1, ОПК-5
17.	Дайте определение функции Бесселя.	ОПК-1, ОПК-5
18.	Дайте классификацию линейных уравнений с частными производными с n независимыми переменными.	ОПК-1, ОПК-5
19.	Дайте определение сферического среднего. Перечислите его свойства.	ОПК-1, ОПК-5
20.	Решите начальную задачу для трехмерного волнового уравнения методом сферических средних.	ОПК-1, ОПК-5
21.	Дайте физическую интерпретацию формулы Пуассона.	ОПК-1, ОПК-5
22.	Рассмотрите метод разделения переменных на примере решения начально-краевой задачи для одномерного волнового уравнения. Приведите обоснование полученного решения.	ОПК-1, ОПК-5
23.	Докажите теорему единственности решения начально-краевой задачи для уравнения гиперболического типа.	ОПК-1, ОПК-5
24.	Докажите теорему о непрерывной зависимости решения смешанной задачи для уравнения гиперболического типа от начальных данных	ОПК-1, ОПК-5
25.	Определите фундаментальное решение уравнения теплопроводности. Перечислите его свойства.	ОПК-1, ОПК-5
26.	Выведите уравнение распространения тепла в изотропном твердом теле. Сформулируйте начальную и начально-краевую задачи для уравнения теплопроводности.	ОПК-1, ОПК-5
27.	Докажите основные свойства гармонических функций.	ОПК-1, ОПК-5
28.	Выведите интегральное представление для гармонических функций.	ОПК-1, ОПК-5
29.	Определите функцию Грина задачи Дирихле. Докажите ее свойства.	ОПК-1, ОПК-5
30.	Дайте определение потенциала двойного слоя. Перечислите его свойства. Как используется потенциал двойного слоя для решения задачи Дирихле.	ОПК-1, ОПК-5
31.	Сведите решение задачи Неймана к решению интегрального уравнения, используя потенциал простого слоя.	ОПК-, ОПК-51
32.	Дайте определение объемного потенциала. Докажите его свойства.	ОПК-1, ОПК-5
33.	Решите задачу Дирихле для шара.	ОПК-1, ОПК-5
34.	Решите начальную задачу для уравнения теплопроводности методом интегрального преобразования Фурье.	ОПК-1, ОПК-5
35.	Сформулируйте и докажите принцип максимума для уравнения параболического типа.	ОПК-1, ОПК-5
36.	Сформулируйте и докажите теорему единственности решения начальной задачи для уравнения теплопроводности.	ОПК-1, ОПК-5
37.	Докажите теоремы единственности и непрерывной зависимости от входных данных первой начально-краевой задачи для уравнения параболического типа.	ОПК-1, ОПК-5

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Вариант №1 домашней контрольной работы в 5 семестре:

- Используя формулу Даламбера, найти решение задачи:

$$U_{tt} = U_{xx} + \sin x, \quad U|_{t=0} = x, \quad U_t|_{t=0} = x$$

- Определить решение начальной задачи для однородного волнового уравнения в точке $x=\pi/2$. Начальные функции имеют вид:

$$\varphi(x) = \begin{cases} \sin x, & |x| < \pi \\ 0, & |x| > \pi \end{cases}, \quad \Psi(x) = \begin{cases} V_0, & |x| < \pi \\ 0, & |x| > \pi \end{cases}$$

- Построить профиль полугораниченной струны с жестко закрепленным концом $x=0$ в момент времени $t=5c/2a$, если начальное отклонение отлично

от нуля только на интервале $(c, 4c)$ и имеет форму ломаной с вершинами в точках $(c,0), (2c,2h), (3c,h), (4c,0)$. Начальная скорость равна нулю. Найти формулы, представляющие закон движения точки $x=5c/2$.

4. Полуограниченной струне со свободным концом $x=0$ в начальный момент времени $t=0$ с помощью поперечного удара передается импульс I в точках $x = x_0, x = 4x_0$. Найти отклонения точек струны в момент времени $t = \frac{3x_0}{2a}$.

5. Найти решение начально-краевой задачи:

$$\begin{aligned} U_{tt} - 4U_{xx} &= 0, & x > 0, t > 0 \\ U|_{t=0} &= 2 - x, & U_t|_{t=0} &= 2, \\ (U_t + 3U_x)|_{x=0} &= 3t - e^t \end{aligned}$$

6. Решить задачу о колебаниях струны, один конец которой ($x=0$) свободен, а другой ($x=\pi$) закреплен жестко. Начальное отклонение и начальная скорость имеют вид:

$$U|_{t=0} = \cos \frac{x}{2}, \quad U_t|_{t=0} = \cos \frac{x}{2}$$

7. Рассмотреть задачу о поперечных колебаниях струны, закрепленной на конце $x=0$ и подверженной на конце $x=l$ действию силы $A \sin \omega t$. Начальные условия нулевые. Найти решение при всех $0 < t < \frac{3l}{2a}$.

Вариант №1 домашней контрольной работы в 6 семестре

1. К струне, один конец которой ($x=0$) свободен, а другой ($x=l$) закреплен жестко, с момента времени $t=0$ приложена непрерывно распределенная сила с линейной плотностью $f(x,t)=A \sin \omega t$. Найти колебания струны в среде без сопротивления; исследовать возможность резонанса и найти решение в случае резонанса.

2. Найти стационарную температуру в круглом цилиндре с радиусом основания r_0 и высотой h , если температуры нижнего и верхнего оснований равны соответственно T_0 и $T_0(1 - \frac{r}{r_0})$, а боковая поверхность цилиндра теплоизолирована.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Арсенин В.Я. Методы математической физики и специальные функции. – М.: Наука 1984. 38 экз., 1974 – 31 экз.
2. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1977. 61 экз. (<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/TihonovSamarskij1977ru.djvu>), 1966 – 4 экз., 1972 – 4 экз., 2004 – 4 экз.
3. Сборник задач по уравнениям математической физики. Под редакцией Владимирова В.С.–М.: Наука, 1982. 81 экз., 1974 – 43 экз., 2001 – 3 экз., 2003 – 1 экз., 2004 – 10 экз.
4. Гаврилов В.С., Денисова Н.А. Метод характеристик для одномерного волнового уравнения. – Н.Новгород: изд. ННГУ, 2014.-72с. http://www.unn.ru/books/met_files/onewaveeq.pdf

б) дополнительная литература:

1. Олейник О.А. Лекции об уравнениях с частными производными. Ч.1 – М.: МГУ, 1976 110 с. 1 экз. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005.–252с
2. Владимиров В.С. Уравнения математической физики.– М.: Наука, 1988. 83 экз., 1967 – 1 экз., 1971 – 2 экз., 1976 – 34 экз., 1981 – 14 экз.
3. Смирнов М.М. Дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка. Минск, 1974. 4 экз. 1964 1 экз. (<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Smirnov1964ru.djvu>)
4. Будак Б.М., Самарский А.А., Тихонов А.Н. Сборник задач по математической физике.– М.: Наука, 1979. (<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/BudakSamarskijTixonov1979ru.djvu>), 1980.–688с. 143 экз., 1956 – 2 экз., 2003 – 11 экз., 2004 – 99 экз.
5. Задача Коши для уравнений гиперболического типа с двумя независимыми переменными. Составители: Денисова Н.А., Морозов С.Ф.– Н.Новгород: изд. ННГУ, 1996. (кафедра МФОУ).

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. <http://www.unn.ru/books/resources.html>, Регистрационный номер 671.14.06
2. <http://www.unn.ru/books/resources.html>, Регистрационный номер 987.15.06

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: мультимедийная техника (компьютер, проектор, экран).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.03.03 Механика и математическое моделирование

Автор(ы) _____ к.ф.-м.н., доцент
Денисова Н.А.

Рецензент(ы) _____

Заведующий кафедрой
теоретической, компьютерной и экспериментальной механики _____ д.ф.-м.н., профессор
Игумнов Л.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 01.12.2021 года, протокол № 2.