

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2023 11:09:42

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bea882b8d602

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А.Г. Балашов

« 18 » 05 2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Уравнения математической физики»

Направление подготовки - 01.03.04 «Прикладная математика»

Направленность (профиль) – «Компьютерная математика и математическое моделирование»

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенция, формируемая в дисциплине	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
<b>ОПК-2.</b> Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем	<b>ОПК-2.УрМФ.</b> Математическое моделирование процессов и объектов, применение математических моделей и методов, аналитических и научных пакетов прикладных программ при решении исследовательских и проектных задач	<b>Знает:</b> - основные типы уравнений математической физики и методы их вывода из физических моделей, - аналитические методы решения базовых уравнений математической физики, в том числе с использованием интегральных преобразований Фурье. <b>Умеет</b> использовать аналитические и численные методы решения основных краевых задач математической физики. <b>Имеет опыт</b> применения методов математической физики для построения математических моделей колебательных процессов и процессов распределения тепловой энергии в твердых телах

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входные требования:

- Знания и умения студента по решению линейных и квазилинейных обыкновенных дифференциальных уравнений
- Знания и умения студента в области линейной алгебры
- Знания и умения студента в области основ математического анализа
- Знания и умения студента в области физики твердого тела

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
3	5	4	144	32	-	32	44	Экз (36)

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Типичные задачи математической физики. Линейные и квазилинейные уравнения с частными производными первого порядка.	16	-	16	18	Отчет и защита Домашнего задания № 1 (ДЗ №1)
					Контрольная работа №1
2. Методы решения краевых задач математической физики. Линейные уравнения с частными производными второго порядка.	16	-	16	26	Отчет и защита Домашнего задания № 2 (ДЗ №2)
					Контрольная работа №2
					Защита реферата

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Общие представления о дифференциальных уравнениях в частных производных. Понятие о совокупности решений. Некоторые методы интегрирования.
	2	2	Линейные и квазилинейные уравнения первого порядка. Примеры интегрирования (Замена переменных, разделение переменных). Задача Коши и теорема существования.
	3	2	Поля и непрерывные среды. Уравнения полей. Ротор и Дивергенция, градиент
	4	2	Понятие обобщенной функции. Дельта функция и тэта функция, их свойства.
	5	2	Теплопроводность. Введение в проблематику и вывод уравнения. Решение в виде комбинации Синусов или Косинусов для различных ГУ. Решение методом разделения переменных
	6	2	Дискретная задача. Краевая задача. Ряд Фурье, решение дифференциального уравнения теплопроводности. Задача Штурма-Леувилля, Разложение по собственным функциям. Полные ортонормированные системы функций. Многомерные случаи.
	7-8	4	Типичные задачи математической физики, приводящие к уравнениям с частными производными. Волновое уравнение. Метод Даламбера решения краевых задач для волнового уравнения. Метод Фурье
2	9-10	4	Метод Даламбера для решения КЗ Теплопроводности. Интерпретация результатов. Понятие о функции Грина краевой задачи.
	11	2	Методы интегральных преобразований Фурье и Лапласа в решении краевых задач
	12	2	Эллиптический тип. Уравнения Лапласа и Пуассона. Внутренняя и внешняя задачи Дирихле.
	13	2	Специальные функции (функции Бесселя, полиномы Лежандра, полиномы Эрмита, гамма-функция)
	14	2	Уравнение Шрёдингера и краевые задачи для стационарных квантовых состояний.
	15	2	Представление о разделяющих координатах.
	16	2	Криволинейные координаты, основные дифференциальные операторы в криволинейных координатах. Полярные, цилиндрические координаты вращения и сферические координаты, оператор Лапласа в этих координатах

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Обыкновенные ДУ и ДУ в частных производных в физике. Примеры решений, Фазовое пространство. Решение задачи маятника.
	2-3	4	Методы решения линейных и квазилинейных уравнений первого порядка. Выдача домашнего задания № 1.
	4	2	Линейные ДУЧП второго порядка, типы, приведение к каноническому виду
	5	2	Линейные ДУЧП второго порядка, исключение первых производных
	6	2	Решение типовых задач, подготовка к Контрольной работе, консультация по задачам БДЗ
	7	2	Телеграфное уравнение, Уравнение Лапласа и Пуассона (уравнение Максвелла), физический смысл.
	8	2	Контрольная работа № 1, Прием домашнего задания №1
2	9-10	4	Уравнение колебаний струны, Граничные и начальные условия, Понятие задачи Коши, ГУ 1-го и 2-го рода. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Подробный разбор метода продолжений.</li> <li>• Пример решения методом Даламбера</li> <li>• Пример решения методом продолжений</li> <li>• Пример решений методом Коши</li> <li>• Ответ на вопросы.</li> </ul> Выдача домашнего Задания 2
	11	2	Интегральные Методы Лапласа и Фурье
	12-13	4	Уравнение параболического типа. Уравнение теплопроводности. Метод разделения переменных Фурье. Функция Грина
	14	2	Уравнения эллиптического типа. Различные типы краевых задач, задача Штурма-Лиувилля . Подготовка к контрольной
	15	2	Контрольная работа № 2 Прием домашнего задания 2.
16	2	Обзор совокупности методов решения. Решение типовых задач колебаний струны и теплопроводности.	

#### 4.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	6	Подготовка к контрольной работе № 1
	12	Выполнение Домашнего задания № 1 (ДЗ №1)
2	6	Подготовка к контрольной работе № 2
	12	Выполнение Домашнего задания № 2 (ДЗ №2)
	8	Подготовка реферата

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

#### Общее

- ✓ Методические указания студентам по изучению дисциплины

**Модуль 1** «Типичные задачи математической физики. Линейные и квазилинейные уравнения с частными производными первого порядка»

- ✓ Материалы для проработки теоретического материала: Учебная литература по дисциплине, тексты лекций
- ✓ Материалы для подготовки к практическим занятиям: Учебная литература по дисциплине, примеры решения типовых задач
- ✓ Материалы для подготовки к контрольной работе №1: Учебная литература по дисциплине, примеры решения типовых задач
- ✓ Материалы для выполнения самостоятельной работы (ДЗ №1): Учебная литература по дисциплине, примеры решения типовых задач

**Модуль 2** «Методы решения краевых задач математической физики. Линейные уравнения с частными производными второго порядка»

- ✓ Материалы для проработки теоретического материала: Учебная литература по дисциплине, тексты лекций
- ✓ Материалы для подготовки к практическим занятиям: Учебная литература по дисциплине, примеры решения типовых задач
- ✓ Материалы для подготовки к контрольной работе №2: Учебная литература по дисциплине, примеры решения типовых задач
- ✓ Материалы для подготовки Реферата: МУС по выполнению ПОЗ 11 (Ссылка на ОРИОКС:

✓ Материалы для выполнения самостоятельной работы (ДЗ №2): Учебная литература по дисциплине, примеры решения типовых задач

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Литература

1. Лесин В.В. Уравнения математической физики : Учеб. пособие / В.В. Лесин. - М. : Курс : Инфра-М, 2017. - 240 с. - ISBN 978-5-906818-61-4
2. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики : Учеб. пособие для вузов / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. - 5-е стер. изд. - М. : Наука, 1977. - 736 с.
3. Будаг Б.М. Сборник задач по математической физике : Учеб. пособие / Б.М. Будаг, А.А. Самарский, А.Н. Тихонов. - 4-е изд., испр. - М. : Физматлит, 2004. - 688 с. - ISBN 5-9221-0311-3
4. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения : Учебник / Л.Э. Эльсгольц. - 8-е изд. - М. : URSS. ЛКИ, 2014. - 312 с. - (Классический учебник МГУ). - ISBN 978-5-382-01491-3
5. Бугров Я. С. Высшая математика : Учебник для вузов: В 3-х т. Т. 3 : Дифференциальные уравнения. Кратные интегралы. Ряды. Функции комплексного переменного / Я.С. Бугров, С.М. Никольский; Под ред. В.А. Садовниченко. - 5-е стер. изд. - М. : Дрофа, 2003. - 512 с. - (Высшее образование. Современный учебник). - ISBN 5-7107-6556-2
6. Шарма Дж. Н. Уравнения в частных производных для инженеров : [Учебник] / Шарма Дж. Н., К. Сингх; Пер. с англ. Б.В. Карпова, под ред. А.Г. Кюркчана. - М. : Техносфера, 2002. - 320 с. - (Мир математики). - ISBN 5-94836-004-0
7. Калиткин Н.Н. Численные методы : В 2-х кн.: Учебник. Кн. 1 : Численный анализ / Н.Н. Калиткин, Е.А. Альшина. - М. : Академия, 2013. - 304 с. - (Университетский учебник. Сер. Прикладная математика и информатика). - ISBN 978-5-7695-5089-8
8. Пакет MATLAB и его применение в лабораторном компьютерном практикуме: Учеб. пособие / Ю. П. Лисовец [и др.]. - М. : МИЭТ, 1998. - 96 с.
9. Самарский А.А. Теория разностных схем: учеб. пособие для вузов - 2-е изд., испр. - М.: Наука, 1983. - 616 с.

### Периодические издания

1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ / Российская академия наук, Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. – Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук, 1989 - . - URL: [http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=mm&option\\_lang=rus](http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=mm&option_lang=rus) (дата обращения: 15.03.2023)

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Лань : Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 25.03.2023). - Режим доступа: для авторизированных пользователей МИЭТ
2. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 -. - URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 25.03.2023). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей
3. Math-Net.Ru: общероссийский математический портал: сайт. – Москва: Математический институт им. В. А. Стеклова РАН, 2020 - . - URL: <http://www.mathnet.ru/> (дата обращения: 25.03.2023). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
4. EqWorld : Мир математических уравнений: сайт / А. Д. Полянин. – Москва, 2004 - . - URL: <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm> (дата обращения: 25.03.2023).
5. zbMATH Open : [Открытая математическая библиотека Европейского Математического Общества] : сайт. – На англ. языке. - URL: <https://zbmath.org/> (дата обращения: 25.03.2023).
6. Math.ru/lib : [Библиотека] : сайт. - URL: <https://math.ru/lib/> (дата обращения: 25.03.2023).

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В данной дисциплине используется смешанное обучение.

Применяется модель «перевернутый класс». Учебный процесс начинается с постановки проблемного задания, для выполнения которого студент должен самостоятельно ознакомиться с материалом, размещенным в электронной среде. В аудитории проверяются и дополняются полученные знания с использованием докладов, дискуссий и обсуждений. Работа поводится по следующей схеме:

- СРС (онлайн-предаудиторная работа с использованием внешнего или внутреннего ресурса: записи видеолекции, темы онлайн-курса);
- аудиторная работа (семинар с представлением и обсуждением выполненной работы, возможно презентаций с применением на практическом примере изученного материала, тематической дискуссии);
- обратная связь с обсуждением и подведением итогов.

№ п/п	Тип занятия или внеаудиторной работы	Тематика занятия по модели «перевернутый класс»
1	Лекция № 3	Поля и непрерывные среды. Связь векторных полей с линейными операторами. Пространство сжимающих отображений и его применение в физике
2	Лекция № 6	Задача Штурма Лиувилля как предельный переход от векторных к функциональным пространствам
3	Лекция № 9	Функция Грина, Дискретный случай



4	Лекция № 11	Причины повсеместного применения преобразования Фурье, его основы
5	Лекция № 13	Гамма функция как неизбежный результат аналитического продолжения функции на комплексной плоскости

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС <http://orioks.miet.ru>.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** (<http://orioks.miet.ru>).

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внешние электронные ресурсы** в формах:

- База знаний, интерпретатор языка программирования Mathematica и среда решения и визуализации математических уравнений и систем Wolfram Alpha URL: <https://www.wolframalpha.com/> (Дата обращения: 25.03.2023)
- Онлайн-приложения для визуализации графиков функций и неравенств Desmos URL: <https://www.desmos.com/calculator?lang=ru> (Дата обращения: 25.03.2023)
- МГУ, Онлайн-лекции на английском языке URL: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLZHQObOWTQDNPOjrT6KVlfJuKtYTftqH6> (Дата обращения: 25.03.2023)

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Учебная доска Мультимедийное оборудование (компьютер с ПО и возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронно-образовательную среду МИЭТ; телевизоры; акустическое оборудование (микрофон, звуковые	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, Python Jupyter Notebook, Microsoft VS Code

	колонки))	
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC Python Jupyter Notebook, Microsoft VS Code

## **10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ**

ФОС по подкомпетенции ОПК-2.УрМФ. Способен использовать математический аппарат для исследования моделей, возникающих в научно-исследовательских и прикладных задачах математической физики

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **11.1. Особенности организации процесса обучения**

Курс направлен на решение узкоспециализированных задач математической физики, которые, в то же время, требуют глубокого понимания теории дифференциальных уравнений и хороших знаний в области физики твердого тела и математического анализа.

Если в ходе обучения возникают темы, которые вызывают недопонимание, но не являются предметом изучения, необходимо обратиться к преподавателю и провести самостоятельную подготовку, восполнить недостающие знания теоретического плана.

Необходимо посещать все лекционные и практические занятия. При самостоятельной работе изучить материал прослушанной лекции и задачи, рассмотренные на практических занятиях, рекомендуемую литературу и регулярно выполнять домашние задания по изученным разделам. При возникновении вопросов и неясностей обратиться за консультацией к преподавателю.

В самостоятельной работе обращать внимание на связь теоретического материала с практическими приложениями в решении задач математической физики. Для углублённого изучения обращаться также к рекомендуемой литературе, в том числе, дополнительной.

Условие успешного изучения дисциплины - регулярные занятия на протяжении всего семестра с самого его начала - когда самостоятельные занятия следуют непосредственно за теоретическими и практическими.


### **11.2. Система контроля и оценивания**

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и сроки сдачи контрольных мероприятий, а также детальная схема начисления баллов представлена в таблице ниже (см. также журнал успеваемости на ОРИОКС <http://www.rpk.miet.ru>).

#### **РАЗРАБОТЧИК:**

Доцент кафедры ВМ-1 к.ф.-м.н.

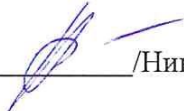
  
\_\_\_\_\_ /Гурьянов М.А./

Рабочая программа дисциплины «Уравнения математической физики» по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика», направленность (профиль) «Компьютерная математика и математическое моделирование», разработана на кафедре ВМ-1 и утверждена на заседании кафедры 25.04 2023 года, протокол № 11

Заведующий кафедрой ВМ-1  /А.А. Прокофьев/

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК  /Никulina И.М./

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

/Директор библиотеки  /Филиппова Т.П./