

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 16.07.2024 12:44:56

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

2024 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Численные методы решения уравнений математической физики»

Направление подготовки – 02.03.01 «Математика и компьютерные науки»

Направленность (профиль) – «Компьютерная математика и анализ данных»

Москва 2023

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенции, формируемые в дисциплине	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
<p><b>ОПК-2.</b> Способен проводить под научным руководством исследование на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности</p>	<p><b>ОПК-2. ЧМРУрМФ.</b> Способен планировать и проводить научные эксперименты с использованием существующих методов численного решения уравнений математической физики</p>	<p><i>Знает</i> методику проведения вычислительных экспериментов, связанных с поиском решений уравнений математической физики <i>Умеет</i> использовать стандартные вычислительные процедуры для решения уравнений математической физики <i>Имеет опыт</i> планирования и проведения научных экспериментов с использованием существующих методов численного решения уравнений математической физики</p>
<p><b>ОПК-3.</b> Способен самостоятельно представлять научные результаты, составлять научные документы и отчеты</p>	<p><b>ОПК-3. ЧМРУрМФ.</b> Способен анализировать научно-техническую информацию, оформлять результаты исследований в области использования вычислительных методов решения уравнений математической физики</p>	<p><i>Умеет</i> анализировать научные и технические публикации, описывать основные этапы и результаты исследований в области использования вычислительных методов решения уравнений математической физики. <i>Имеет опыт</i> составления отчета по решению практической задачи с использованием численных методов решения уравнений математической физики</p>

Дисциплина участвует в формировании компетенции **ПК-2** «Способен применять вычислительные методы к решению естественнонаучных и прикладных задач», сформулированной в результате анализа требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда, а также консультаций с ведущими работодателями.

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-2. ЧМРУрМФ. Способен самостоятельно реализовывать современные численные методы решения уравнений математической физики, применять аналитические и научные пакеты прикладных программ для моделирования физических процессов.	Разработка, отладка, модификация программного обеспечения в сфере разработки математических методов, математического моделирования объектов, процессов	<i>Знает</i> теоретические основы современных численных методов решения уравнений математической физики. <i>Умеет</i> реализовывать современные численные методы решения уравнений математической физики с помощью аналитических и научных пакетов прикладных программ. <i>Имеет опыт</i> моделирования физических процессов, разработки алгоритмов и компьютерных программ для исследования моделей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Для изучения дисциплины студент должен владеть знаниями и умениями в области дифференциального и интегрального исчисления, линейной алгебры и численных методов.

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Практическая подготовка при выполнении курсовой работы (проекта) (часы)	Другие виды самостоятельной работы (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)			
3	6	4	144	32	32	-	12	32	Эк (36), КР

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Практические занятия (часы)	Лабораторные занятия (часы)		
1. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений	14	-	14	14	Защита индивидуальных заданий лабораторных работ 1 - 6
2. Решение дифференциальных уравнений в частных производных	18	-	18	18	Защита индивидуальных заданий лабораторных работ 7 - 13
			12		Защита курсовой работы

##### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Математическое моделирование и методология науки. Приближенный анализ, источники погрешности, корректность.
1	2	2	Математическая физика и сеточные методы. Сгущение сетки и контроль точности: методы Ричардсона и Эйткена. Квазиравномерные сетки. Основы теории сеточных методов: аппроксимация, устойчивость, сходимость.
1	3	2	Обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ). Задача Коши. Схемы Рунге-Кутты с 1-4 стадиями; многостадийные схемы. Прочие методы.
1	4	2	Жесткие системы ОДУ. Неявные методы и схемы Розенброка.
1	5	2	Схемы с комплексными коэффициентами. Дифференциально-алгебраические системы.
1	6	2	Краевые задачи для ОДУ второго и высоких порядков; линейные и нелинейные задачи.
1	7	2	Задачи на собственные значения для ОДУ.



2	8	2	Линейное уравнение переноса. Схемы бегущего счета, их свойства. Одномерные и многомерные задачи.
2	9	2	Квазилинейное уравнение переноса, характер его решений. Ложная сходимость и консервативные схемы. Искусственная вязкость.
2	10	2	Одномерное уравнение теплопроводности. Неявные схемы и комплексная схема. Слоистые среды и бикомпактные схемы. Задачи в неограниченной области.
2	11	2	Многомерное уравнение теплопроводности. Эволюционно факторизованные схемы.
2	12	2	Эллиптическое уравнение. Счет на установление; оптимальный шаг и логарифмический набор шагов. Итерационные методы: усеченный наискорейший спуск и сопряженные градиенты.
2	13	2	Одномерное уравнение акустики. Схема "крест" и схема с весами. Двуслойная схема.
2	14	2	Многомерное уравнение акустики. Схема "крест" и факторизованная схема с весами.
2	15	2	Многокомпонентные задачи. Метод расщепления по процессам. Жесткий метод прямых и комплексная схема.
2	16	2	Интегральные уравнения. Корректные задачи и сеточные методы. Понятие о некорректных задачах.

#### 4.2. Практические занятия

Не предусмотрены

#### 4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Приближенный анализ, источники погрешности, корректность. Сгущение сетки и контроль точности: методы Ричардсона и Эйткена.
1	2	2	Обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ). Задача Коши. Схемы Рунге-Кутты с 1-4 стадиями; многостадийные схемы.
1	3	2	Жесткие системы ОДУ. Неявные методы и схемы Розенброка.
1	4	2	Схемы с комплексными коэффициентами. Дифференциально-алгебраические системы.
1	5	2	Краевые задачи для ОДУ второго и высоких порядков; линейные и нелинейные задачи.
1	6	2	Задачи на собственные значения для ОДУ.
2	7	2	Линейное уравнение переноса.
2	8	2	Квазилинейное уравнение переноса, характер его решений.

2	9	2	Одномерное уравнение теплопроводности. Неявные схемы и комплексная схема.
2	10	2	Многомерное уравнение теплопроводности. Эволюционно факторизованные схемы.
2	11	4	Эллиптическое уравнение. Счет на установление; оптимальный шаг и логарифмический набор шагов.
2	12	4	Одномерное уравнение акустики. Схема "крест" и схема с весами.
2	13	2	Основы внешней баллистики.

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	6	Подготовка к выполнению лабораторных работ 1 - 6.
	8	Выполнение индивидуальных заданий к лабораторным работам 1-6 и подготовка к их защите.
2	7	Подготовка к выполнению лабораторных работ 7 - 13.
	11	Выполнение индивидуальных заданий к лабораторным работам 7-13 и подготовка к их защите.
	12	Практическая подготовка при выполнении курсовой работы

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ

Практическая реализация метода сеток для решения краевых задач математической физики, моделирующих физические процессы.

### 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 «Решение обыкновенных дифференциальных уравнений»

✓ Методические материалы для выполнения лабораторных работ 1 - 6.

#### Модуль 2 «Решение дифференциальных уравнений в частных производных»

✓ Методические материалы для выполнения лабораторных работ 7 - 13.

✓ Методические указания к выполнению курсовой работы.

### 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Литература

1. 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
2. Калиткин, Н. Н. Численные методы: В 2-х кн. : Учебник. Кн. 2 : Методы математической физики / Н. Н. Калиткин, П. В. Корякин. - М. : Академия, 2013. - 304 с. - (Университетский учебник. Сер. Прикладная математика и информатика). - ISBN 978-5-7695-5091-1

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

1. Лань : Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.03.2023). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
2. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 -. - URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 15.03.2023). - 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: 15.03.2023). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется **смешанное обучение**, основанное на интеграции технологий традиционного и электронного обучения, замещении части традиционных учебных форм занятий формами и видами взаимодействия в электронной образовательной среде. С этой целью для освоения образовательной программы применяются ресурсы электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС <http://orioks.miet.ru>.

Работа происходит циклично по следующей схеме:

(1) лекция (контактная работа по расписанию занятий) - СРС (проработка лекционного материала с использованием учебно-методических пособий с целью подготовки к лабораторным работам и практическим занятиям);

(2) лабораторные работы (контактная работа по расписанию занятий, включающая дискуссионное обсуждение проблемных вопросов, поставленных на лекциях, выполнение и защиту лабораторных работ).

Для взаимодействия преподавателя со студентом во время приёма и защиты лабораторных работ используется раздел «Домашние задания» среды ОРИОКС. Через ОРИОКС студенты имеют доступ к текстам лекций по курсу и к разработкам по практическим занятиям, содержащим необходимый теоретический материал и разбор решений задач.

Для взаимодействия студентов с преподавателем также используются электронная почта.



## 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 колонки))	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC MATLAB/Python
Компьютерный класс	Системный блок Intel Core i5, монитор TFT 21,5" АОС i2269Vw	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC MATLAB/Python
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 MATLAB/Python

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

ФОС по подкомпетенции ОПК-2.ЧМРУрМФ. Способен планировать и проводить научные эксперименты с использованием существующих методов численного решения уравнений математической физики.



ФОС по подкомпетенции ОПК-3. ЧМРУрМФ. Способен анализировать научно-техническую информацию, оформлять результаты исследований в области использования вычислительных методов решения уравнений математической физики

ФОС по подкомпетенции ПК-2. ЧМРУрМФ. Способен самостоятельно реализовывать современные численные методы решения уравнений математической физики, применять аналитические и научные пакеты прикладных программ для моделирования физических процессов.

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**

Посещение лекций и лабораторных работ обязательно. Дополнительной формой аудиторной работы являются консультации. Консультации проводятся лектором еженедельно, их посещать необязательно.

Набор индивидуальных заданий лабораторных работ включают практико-ориентированные задания на опыт деятельности.

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

Система контроля включает мероприятия текущего контроля и промежуточную аттестацию. Текущий контроль состоит из защиты лабораторных работ, контрольной работы. Промежуточная аттестация проходит в форме экзамена.

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система. Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре, активность (участие в обсуждениях проблемных вопросов на практических занятиях и во время лабораторных работ) и сдача экзамена. Максимальный суммарный балл – 100.

Важное значение придается соблюдению сроков сдачи контрольных мероприятий. Задержка в сдаче приводит к уменьшению числа баллов, начисляемых за выполнение.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

### **РАЗРАБОТЧИК:**

Доцент каф. ВМ-1, к.ф.-м..н.



/Козлитин И.А./

Рабочая программа дисциплины «Численные методы решения уравнений математической физики» по направлению подготовки 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», направленность (профиль) «Компьютерная математика и анализ данных», разработана на кафедре ВМ-1 и утверждена на заседании кафедры 25.03 2024 года, протокол № 8

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

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Начальник АНОК  /Никулина И.М./

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

/Директор библиотеки  /Филиппова Т.П./