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  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ И.Г. Игнатова  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_202\_ г. |

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Численные методы решения уравнений математической физики»**

Направление подготовки – 01.03.04 «Прикладная математика»

Направленность (профиль) – «Применение математических методов к решению инженерных и естественнонаучных задач»

Москва 2020

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенцийобразовательных программ:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Компетенции, формируемые в дисциплине** | **Подкомпетенции,**  **формируемые в дисциплине** | **Индикаторы достижения компетенций** |
| **ОПК-3.** Способен использовать и развивать методы математического моделирования и применять аналитические и научные пакеты прикладных программ. | **ОПК-3.ЧМРУрМФ.** Способен самостоятельно реализовывать и грамотно применять современные численные методы решения уравнений математической физики, используя аналитические и научные пакеты прикладных программ. | ***Знает*** теоретические основы современных численных методов решения уравнений математической физики.  ***Умеет*** реализовывать современные численные методы решения уравнений математической физики с помощью аналитических и научных пакетов прикладных программ.  ***Имеет опыт*** моделирования физических процессов. |

**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** | | | **Самостоятельная работа (часы)** | **Промежуточная аттестация** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Лекции (часы)** | **Лабораторные работы (часы)** | **Практические занятия (часы)** |
| 3 | 6 | 4 | 144 | 32 | 32 | - | 44 | Эк (36) |

# 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ и наименование модуля** | **Контактная работа** | | | **Самостоятельная работа** | **Формы текущего контроля** |
| **Лекции** | **практические занятия** | **лабораторные занятия** |
| 1. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений | 14 | - | 14 | 19 | Защита лабораторных работ 1 - 6 |
| 1. Решение дифференциальных уравнений в частных производных | 18 | - | 18 | 25 | Защита лабораторных работ 7 - 13 |

**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 занятия

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ модуля  дисциплины** | **№ лабораторной работы** | **Объем занятий (часы)** | **Краткое содержание** |
| 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 | 19 | Подготовка к выполнению лабораторных работ 1 - 6. |
| 2 | 25 | Подготовка к выполнению лабораторных работ 7 - 13. |
|  | 36 | Подготовка к экзамену. |

# 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, [http://oriok](http://orioks.miet.ru/)[s.](http://orioks.miet.ru/)[miet.ru/](http://orioks.miet.ru/)):

**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.

# 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

**Основная литература**

|  |  |
| --- | --- |
|  | 1. Численные методы [Текст] : 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. Численные методы [Текст] : 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. |

**Дополнительная литература**

|  |  |
| --- | --- |
|  | 1. Вычисления на квазиравномерных сетках [Текст] / Н. Н. **Калиткин** [и др.]. - М. : Физматлит, 2005. - 224 с. - ISBN 5-9221-0565-5. |

# 7. ПЕРЕЧЕНЬпрофессиональныхбаз данных, информационных справочных систем

|  |  |
| --- | --- |
| 1. | Лань : Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: https://e.lanbook.com (дата обращения: 28.10.2020). - Режим доступа: для авторизированных пользователей МИЭТ |
| 2. | eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека: cайт. - Москва, 2000 -. - URL: https://www.elibrary.ru/defaultx.asp (дата обращения: 05.11.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей |
| 3. | Math-Net.Ru: общероссийский математический портал: сайт. – Москва, [Математический институт им. В. А. Стеклова РАН](http://www.mi-ras.ru/" \t "_blank" \o "Математический институт им. В. А. Стеклова РАН), 2020. – URL: <http://www.mathnet.ru/> (дата обращения: 06.04.2020). – 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 учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы** | **Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы** | **Перечень программного обеспечения** |
| --- | --- | --- |
| Учебная аудитория | Мультимедийное оборудование | Windows 10 Pro,  Microsoft Office Профессиональный плюс 2007 |
| Компьютерный класс | Системный блок Intel Core i5, монитор TFT 21,5" AOC i2269Vw | Windows 10 Pro,  Matlab 2007, Microsoft Office Профессиональный плюс 2007 |
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся | Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС | Windows 10 Pro,  Microsoft Office Профессиональный плюс 2007  Matlab 2007 |

# 10. ФОНДы ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ

# СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/подкомпетенций

ФОС по подкомпетенции **ОПК-3.ЧМРУрМФ.** «Способен самостоятельно реализовывать и грамотно применять современные численные методы решения уравнений математической физики, используя аналитические и научные пакеты прикладных программ»

# 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.

**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 01.03.04 «Прикладная математика», направленность (профиль) «Применение математических методов к решению инженерных и естественнонаучных задач», разработана на кафедре ВМ-1 и утверждена на заседании кафедры \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_202\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_\_

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./