

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

ОДОБРЕНО  
УМС ИЯФИТ Протокол №01/08/24-573.1 от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ

Направление подготовки [1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии  
(специальность) [2] 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

| Семестр | Трудоемкость, кредит. | Общий объем курса, час. | Лекции, час. | Практич. занятия, час. | Лаборат. работы, час. | В форме практической подготовки/ В | СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП |
|---------|-----------------------|-------------------------|--------------|------------------------|-----------------------|------------------------------------|-----------|-----------|------------------------------------|
| 6       | 3-4                   | 108-144                 | 30           | 30                     | 0                     |                                    | 12-48     | 0         | Э                                  |
| Итого   | 3-4                   | 108-144                 | 30           | 30                     | 0                     | 0                                  | 12-48     | 0         |                                    |

## **АННОТАЦИЯ**

В курсе излагаются основные сведения о классических и современных численных методах решения различных прикладных задач с использованием языка программирования Python. В курсе затрагиваются такие темы как: прямые и итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений, решение нелинейных алгебраических и трансцендентных уравнений; интерполярование, дифференцирование и интегрирование, решение краевых задач и задач Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений, а также методы решения смешанных краевых задач для дифференциальных уравнений в частных производных. Каждая тема иллюстрируется с использованием интерактивных средств языка программирования Python и средств Jupiter notebook. В процессе обучения, студенты учатся реализовывать различные численные алгоритмы в виде программных комплексов и библиотек с использованием Python, что позволяет, в первую очередь, освоить данные алгоритмы, а во вторую, улучшить навыки программирования.

В процессе освоения дисциплины, студенты изучают следующий технологический стэк: Jupiter notebook, Anaconda, LaTex, Python и его библиотеки, Miro, Wolfram|Alpha.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью освоения учебной дисциплины является

- ознакомление студентов с основами численных методов и формирование у них умений и навыков решения практических задач;
- формирование навыков анализа и обработки полученных при выполнение лабораторных работ результатов, а также их систематизация в форме научного отчета;
- развитие навыков программирования и разработки законченных программ с использованием языка программирования Python.

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

Для успешного освоения дисциплины необходимы базовые знания следующих дисциплин математического цикла:

- линейная алгебра;
- обыкновенные дифференциальные уравнения;
- математический анализ;
- интегральные уравнения;

а также дисциплин из цикла компьютерных наук:

- о Информатика;
- о Программирование на любом языке C/C++/Basic/Python/Matlab и др.

Материал курса может быть использован в первую очередь при подготовке выпускных квалификационных работ, для решения задач с использованием методов вычислительной математики. Также материал данного курса может быть использован как основа, для более углубленного изучения вычислительной математики (в частности, при решении задач, связанных с уравнениями в частных производных, методами оптимизации и т.п.). Некоторые темы курса, могут быть полезным тем, кто изучает прикладные методы анализ данных.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции   |
|---|--|
| ОПК-2 [1] – Способен понимать принципы работы информационных технологий; осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий | 3-ОПК-2 [1] – Знать средства и методы поиска, анализа, обработки и хранения информации, в том числе виды источников информации, поисковые системы и системы хранения информации<br>У-ОПК-2 [1] – Уметь осуществлять поиск, хранение, анализ и обработку информации, представлять ее в требуемом формате; применять компьютерные и сетевые технологии<br>В-ОПК-2 [1] – Владеть навыком поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий        |
| ОПК-3 [1] – Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения   | 3-ОПК-3 [1] – Знать основные принципы и требования к построению алгоритмов, синтаксис языка программирования<br>У-ОПК-3 [1] – Уметь разрабатывать алгоритмы для решения практических задач согласно предъявляемым требованиям<br>В-ОПК-3 [1] – Владеть средой программирования и отладки для разработки программ для практического применения  |
| ОПК-4 [1] – Способен использовать в профессиональной деятельности современные информационные системы, анализировать возникающие при этом опасности и угрозы, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны                  | 3-ОПК-4 [1] – Знать системы хранения информации, требования информационной безопасности, включая защиту государственной тайны<br>У-ОПК-4 [1] – Уметь использовать информационные системы и анализировать возникающие при этом опасности и угрозы.<br>В-ОПК-4 [1] – Владеть навыками соблюдения основных требований информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны   |
| УК-6 [1, 2] – Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни   | 3-УК-6 [1, 2] – Знать: основные приемы эффективного управления собственным временем; основные методики самоконтроля, саморазвития и самообразования на протяжении всей жизни<br>У-УК-6 [1, 2] – Уметь: эффективно планировать и контролировать собственное время; использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения<br>В-УК-6 [1, 2] – Владеть: методами управления собственным временем; технологиями приобретения, использования и обновления социо-культурных и профессиональных знаний, умений, и навыков; методиками саморазвития и самообразования в течение всей жизни |

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

| <b>Задача профессиональной деятельности (ЗПД)</b>   | <b>Объект или область знания</b>  | <b>Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>   | <b>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции</b>   |
|---|---|--|--|
| <b>научно-исследовательский</b>   |   |  |  |
| Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности | Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. безопасность эксплуатации и | ПК-1 [2] - Способен к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик<br><br>Основание:<br>Профессиональный стандарт: 24.032 | 3-ПК-1[2] - Знать методы прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик;<br>У-ПК-1[2] - Уметь разрабатывать методы прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик;<br>В-ПК-1[2] - Владеть методами прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик. |

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
|  | радиационный<br>контроль атомных<br>объектов и установок;  |   |   |
| Исследования перспективных типов ядерных энергетических установок, теплофизические исследования перспективных твэлов, топлива, конструкционных материалов и теплоносителей. Разработка моделей и программных комплексов для расчета теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в активных зонах перспективных ядерных реакторов. Создание и применение установок и систем для проведения теплофизических, ядерно-физических исследований, неравновесных физических процессов | Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов | ПК-1 [1] - Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области ;<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 24.078, 40.011 | З-ПК-1[1] - знать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области ;<br>У-ПК-1[1] - уметь использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области ;<br>В-ПК-1[1] - владеть современными компьютерными технологиями и методами использования информационных ресурсов в своей предметной области |
| Получение новых знаний в области физики элементарных частиц и космологии, описание явлений в данной области. Участие в решении задач по физике элементарных частиц и космологии.   | Элементарные частицы, детекторы элементарных частиц, ускорители элементарных частиц (Большой Адронный Коллайдер и др.), нейтрино, экзотические ядра, кварк-глюонная материя, скрытая масса и темная энергия, гравитация с многомерными обобщениями, и  | ПК-2 [1] - Способен проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 24.078, 40.011   | З-ПК-2[1] - знать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований ;<br>У-ПК-2[1] - уметь использовать методы математического моделирования процессов и объектов   |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
|   | космология.   |  | на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;; В-ПК-2[1] - владеть навыками математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;   |
| Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности | Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и | ПК-4 [2] - Способен применять стандартные пакеты прикладных программ для математического моделирования процессов и режимов работы объектов<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 24.028 | З-ПК-4[2] - Знать стандартные пакеты прикладных программ для математического моделирования процессов и режимов работы объектов; У-ПК-4[2] - Уметь применять стандартные пакеты прикладных программ для математического моделирования процессов и режимов работы объектов; В-ПК-4[2] - Владеть навыками работы со стандартными пакетами прикладных программ для математического моделирования процессов и режимов работы объектов |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  | энергетики.<br>безопасность<br>эксплуатации и<br>радиационный<br>контроль атомных<br>объектов и установок; |  |  |
|--|--|--|--|

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| Направления/цели воспитания            | Задачи воспитания (код)  | Воспитательный потенциал дисциплин  |
|--|--|---|
| Интеллектуальное воспитание            | Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры умственного труда (В11)  | Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.   |
| Профессиональное и трудовое воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду (В14) | 1.Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач. - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных |

|                             |  |  |
|-----------------------------|--|--|
|                             |  | <p>проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплины «Экономика и управление в промышленности на основе инновационных подходов к управлению конкурентоспособностью», «Юридические основы профессиональной деятельности» для: - формирования навыков системного видения роли и значимости выбранной профессии в социально-экономических отношениях через контекстное обучение</p>   |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (В22) | <p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного колlettивизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при</p> |

|                             |   |  |
|-----------------------------|---|--|
|                             |   | распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.   |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры информационной безопасности (В23) | Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирование базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователям. |

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

| № п.п | Наименование раздела учебной дисциплины | Недели | Лекции/ Практ.<br>(семинары) /<br>Лабораторные<br>работы, час. | Обязат. текущий<br>контроль (форма*,<br>неделя) | Максимальный<br>балл за раздел* <sup>*</sup> | Аттестация<br>раздела (форма*,<br>неделя) | Индикаторы<br>освоения<br>компетенции   |
|-------|---|--------|--|---|--|---|---|
|       | <i>6 Семестр</i>                        |        |  |   |  |   |   |
| 1     | Раздел 1                                | 1-8    | 15/15/0  |   | 25   | КИ-8                                      | У-ПК-1,<br>В-ПК-1,<br>З-ПК-2,<br>У-ПК-2,<br>В-ПК-2,<br>З-ПК-4,<br>У-ПК-4,<br>В-ПК-4,<br>З-УК-6,<br>У-УК-6,<br>В-УК-6,<br>З-ОПК-2,<br>У-ОПК-2,<br>В-ОПК-2,<br>З-ОПК-3,<br>У-ОПК-3,<br>В-ОПК-3, |

|   |   |      |         |  |    |   |  |
|---|---|------|---------|--|----|---|--|
|   |   |      |         |  |    | 3-ОПК-4,<br>У-ОПК-4,<br>В-ОПК-4,<br>З-ПК-1,<br>У-ПК-1,<br>В-ПК-1,<br>З-ПК-1 |  |
| 2 | Раздел 2  | 9-15 | 15/15/0 |  | 25 | КИ-15   | 3-ОПК-2,<br>У-ОПК-2,<br>В-ОПК-2,<br>З-ОПК-3,<br>У-ОПК-3,<br>В-ОПК-3,<br>З-ОПК-4,<br>У-ОПК-4,<br>В-ОПК-4,<br>З-ПК-1,<br>У-ПК-1,<br>В-ПК-1,<br>З-ПК-1,<br>У-ПК-1,<br>В-ПК-1,<br>З-ПК-2,<br>У-ПК-2,<br>В-ПК-2,<br>З-ПК-4,<br>У-ПК-4,<br>В-ПК-4,<br>З-УК-6,<br>У-УК-6,<br>В-УК-6 |
|   | <i>Итого за 6 Семестр</i>                           |      | 30/30/0 |  | 50 |   |  |
|   | <b>Контрольные<br/>мероприятия за 6<br/>Семестр</b> |      |         |  | 50 | Э   | В-ОПК-2,<br>З-ОПК-3,<br>У-ОПК-3,<br>В-ОПК-3,<br>З-ОПК-4,<br>У-ОПК-4,<br>В-ОПК-4,<br>З-ПК-1,<br>У-ПК-1,<br>В-ПК-1,<br>З-ПК-1,<br>У-ПК-1,<br>В-ПК-1,<br>З-ПК-2,<br>У-ПК-2,<br>В-ПК-2,<br>З-ПК-4,<br>У-ПК-4,<br>В-ПК-4,<br>З-УК-6,  |

|  |  |  |  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|--|--|--|---|
|  |  |  |  |  |  |  | У-УК-6,<br>В-УК-6,<br>З-ОПК-2,<br>У-ОПК-2 |
|--|--|--|--|--|--|--|---|

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

| Обозначение | Полное наименование |
|-------------|---------------------|
| КИ          | Контроль по итогам  |
| Э           | Экзамен             |

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели     | Темы занятий / Содержание  | Лек., час.                                  | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|------------|--|---|----------------|------------|
|            | <i>6 Семестр</i>   | 30  | 30             | 0          |
| <b>1-8</b> | <b>Раздел 1</b>  | <b>15</b>                                   | <b>15</b>      | <b>0</b>   |
| 1 - 6      | <b>Тема 1. Введение. Интерполярование, дифференцирование и интегрирование при помощи Python.</b><br>Дается краткая характеристика предмета.<br>Рассматриваются исторические предпосылки к развитию методов вычислительной математики как самостоятельного раздела науки. Описываются и иллюстрируются примерами отличия вычислительной математики от других дисциплин математического цикла.<br><br>Обсуждаются методы интерполяции функций, т.е. методы позволяющие по конечному набору значений функции в некоторых точках приблизенно восстановить ее вид.<br>Приводятся простейшие примеры полиномиальной интерполяции. Рассматриваются интерполяционные полиномы Лагранжа и Ньютона. Точность интерполяции по Лагранжу. Минимизация ошибки интерполяции по Лагранжу с применением нулей полиномов Чебышева.<br>Обсуждается обусловленность задачи полиномиальной интерполяции. С использованием языка Python иллюстрируются особенности полиномиальной интерполяции. Даются соответствующие примеры.<br>Рассматриваются методы интерполяции при помощи сплайнов. Основное внимание уделяется кусочно-линейной интерполяции и интерполяции при помощи кубических полиномов. С использованием языка Python иллюстрируются особенности сплайновой интерполяции.<br>Обсуждаются методы интерполяции для случая кратных узлов интерполяции (полином Эрмита). | Всего аудиторных часов<br>10<br>Онлайн<br>0 | 10<br>0        | 0          |

|                        |  |   |                        |   |  |   |   |   |        |  |  |   |   |   |  |
|------------------------|--|---|------------------------|---|--|---|---|---|--------|--|--|---|---|---|--|
|                        | <p>Также иллюстрируются базовые функции и библиотеки языка Python, созданные для решения задачи численного интерполяирования.</p> <p>Понятие пространственной сетки. Численное дифференцирование функций. Левые, правые и центральные разности. Метод неопределенных коэффициентов, метод рядов Тейлора и метод дифференцирования интерполяционных полиномов. Порядок аппроксимации и его оценка для различных формул численного дифференцирования. Примеры вычисления типовых конечных разностей на языке Python.</p> <p>Методы численного интегрирования. Формулы Ньютона-Котекса. Вывод методов прямоугольника, трапеций и Симпсона с использованием интерполяционного полинома Лагранжа. Численное интегрирование методом Гаусса. Нули полинома Лагранжа. Интегрирование быстроосцилирующих функций. Оценка погрешностей данных методов.</p> |   |                        |   |  |   |   |   |        |  |  |   |   |   |  |
| 7 - 8                  | <p><b>Тема 2. Итерационные методы решения трансцендентных уравнений.</b></p> <p>Трансцендентные уравнения. Методы отделения корней. Графический метод и метод деления отрезка пополам. Итерационные методы поиска корней трансцендентных уравнений. Метод дихотомии (бисекции) и его модификации. Серия методов простых итераций: метод релаксации, метод Ньютона (касательных), метод хорд. Границы применимости методов простых итераций. Сжимающие отображения и неподвижная точка.</p> <p>Графический смысл методов простых итераций. Понятие скорости сходимости итерационных методов. Методы простых итераций в случае кратных корней трансцендентных уравнений. Демонстрация примеров решения типовых задач на языке Python.</p>  | <table border="1"> <tr> <td colspan="3">Всего аудиторных часов</td> </tr> <tr> <td>5</td><td>5</td><td>0</td></tr> <tr> <td colspan="3">Онлайн</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table> | Всего аудиторных часов |   |  | 5 | 5 | 0 | Онлайн |  |  | 0 | 0 | 0 |  |
| Всего аудиторных часов |  |   |                        |   |  |   |   |   |        |  |  |   |   |   |  |
| 5                      | 5  | 0   |                        |   |  |   |   |   |        |  |  |   |   |   |  |
| Онлайн                 |  |   |                        |   |  |   |   |   |        |  |  |   |   |   |  |
| 0                      | 0  | 0   |                        |   |  |   |   |   |        |  |  |   |   |   |  |
| 9-15                   | <b>Раздел 2</b>  | 15  | 15                     | 0 |  |   |   |   |        |  |  |   |   |   |  |
| 9 - 10                 | <p><b>Тема 3. Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.</b></p> <p>Задача Коши для обыкновенного дифференциального уравнения (ОДУ) n-ого порядка. Нормальная система ОДУ. Сведение задачи Коши для ОДУ n-ого порядка к нормальной системе дифференциальных уравнений первого порядка.</p> <p>Жесткие и нежесткие задачи. Явные и неявные методы решения задачи Коши. Методы решения задачи Коши для ОДУ первого порядка. Метод Эйлера, метод предиктор-корректор. Однослойные методы. Иерархия методов Рунге-Кутта. Вывод методов Рунге-Кутта. Таблицы Батчера. Многослойные методы. Иерархия методов Адамса. Графический смысл методов. Априорные и апостериорные оценки точности метода. Поправка Рунге. Демонстрация примеров решения типовых задач на языке</p>   | <table border="1"> <tr> <td colspan="3">Всего аудиторных часов</td> </tr> <tr> <td>4</td><td>4</td><td>0</td></tr> <tr> <td colspan="3">Онлайн</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table> | Всего аудиторных часов |   |  | 4 | 4 | 0 | Онлайн |  |  | 0 | 0 | 0 |  |
| Всего аудиторных часов |  |   |                        |   |  |   |   |   |        |  |  |   |   |   |  |
| 4                      | 4  | 0   |                        |   |  |   |   |   |        |  |  |   |   |   |  |
| Онлайн                 |  |   |                        |   |  |   |   |   |        |  |  |   |   |   |  |
| 0                      | 0  | 0   |                        |   |  |   |   |   |        |  |  |   |   |   |  |

|         |   |  |  |
|---------|---|--|--|
|         | Python.   |  |  |
| 11 - 12 | <b>Тема 4. Краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений и методы решения СЛАУ с использованием Python.</b><br>Краевая задача для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка. Аппроксимация производных конечными разностями. Координатная сетка. Понятие невязки. Использование невязки для оценки порядка аппроксимации производных конечными разностями. Замена дифференциального уравнения системой алгебраических уравнений. Метод фиктивных точек для аппроксимации краевых условий с повышенной точностью. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод прогонки. Необходимое условие для устойчивости метода прогонки. Демонстрация примеров решения типовых задач на языке Python. | Всего аудиторных часов<br>4      4      0<br>Онлайн<br>0      0      0 |  |
| 13 - 14 | <b>Тема 5. Смешанная краевая задача для волнового уравнения.</b><br>Основные понятия конечно-разностных методов. Пространственно-временная сетка. Шаблон разностной схемы. Явные и неявные разностные схемы. Понятие невязки, порядка аппроксимации и устойчивости разностных схем. Шаблон типа “крест” для одномерного волнового уравнения. Порядок аппроксимации и устойчивость разностной задачи на шаблоне типа “крест”. Использование метода фиктивных точек для получения аппроксимации начальных и граничных условий. Исследование устойчивости схемы “крест”. Условие Куранта. Демонстрация примеров решения типовых задач на языке Python.   | Всего аудиторных часов<br>4      4      0<br>Онлайн<br>0      0      0 |  |
| 15      | <b>Тема 6. Смешанная краевая задача для уравнения теплопроводности.</b><br>Шеститочечный шаблон и семейство разностных схем для одномерного уравнения теплопроводности. Оценка порядка аппроксимации для схем на основе шеститочечного шаблона. Обоснование преимуществ симметричной схемы и схемы повышенной точности. Анализ устойчивости схем на основе шеститочечного шаблона. Демонстрация примеров решения типовых задач на языке Python.   | Всего аудиторных часов<br>3      3      0<br>Онлайн<br>0      0      0 |  |

Сокращенные наименования онлайн опций:

| Обозначение | Полное наименование              |
|-------------|----------------------------------|
| ЭК          | Электронный курс                 |
| ПМ          | Полнотекстовый материал          |
| ПЛ          | Полнотекстовые лекции            |
| ВМ          | Видео-материалы                  |
| АМ          | Аудио-материалы                  |
| Прз         | Презентации                      |
| Т           | Тесты                            |
| ЭСМ         | Электронные справочные материалы |

|    |                    |
|----|--------------------|
| ИС | Интерактивный сайт |
|----|--------------------|

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекционные и практические занятия сопровождаются различными демонстрационными материалами, реализованными в Jupiter notebook на языке Python. Данные материалы, позволяют «на лету» демонстрировать особенности рассматриваемых тем, вводя в курс элемент интерактивности.

Основной акцент в курсе делается на решении практических задач, в том числе на применимости рассматриваемых подходов в прикладных исследованиях. При обсуждении тем лекционных занятий используются интерактивные формы обучения, в частности используются презентации, обсуждаются последние научные работы, новые численные методы и схемы, рассказывается о работе с научной литературой. Обязательным является самостоятельная работа студентов, выполнение индивидуальных заданий, работа с литературой. Помимо этого, студенты получают опыт самостоятельной подготовки законченных программ, улучшают навыки программирования на языке Python, учатся систематизировать и представлять результаты исследований в виде отчетов.

При освоении материала курса, студенты осваивают следующий технологический стэк:

- о Python;
- о Jupiter notebook;
- о Latex;
- о Wolfram|Alpha

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

| Компетенция | Индикаторы освоения | Аттестационное мероприятие (КП 1) |
|-------------|---------------------|-----------------------------------|
| ПК-1        | З-ПК-1              | Э, КИ-8, КИ-15                    |
|             | У-ПК-1              | Э, КИ-8, КИ-15                    |
|             | В-ПК-1              | Э, КИ-8, КИ-15                    |
| ПК-4        | З-ПК-4              | Э, КИ-8, КИ-15                    |
|             | У-ПК-4              | Э, КИ-8, КИ-15                    |
|             | В-ПК-4              | Э, КИ-8, КИ-15                    |
| УК-6        | З-УК-6              | Э, КИ-8, КИ-15                    |
|             | У-УК-6              | Э, КИ-8, КИ-15                    |
|             | В-УК-6              | Э, КИ-8, КИ-15                    |
| ОПК-2       | З-ОПК-2             | Э, КИ-8, КИ-15                    |
|             | У-ОПК-2             | Э, КИ-8, КИ-15                    |
|             | В-ОПК-2             | Э, КИ-8, КИ-15                    |
| ОПК-3       | З-ОПК-3             | Э, КИ-8, КИ-15                    |
|             | У-ОПК-3             | Э, КИ-8, КИ-15                    |

|       |         |                |
|-------|---------|----------------|
|       | В-ОПК-3 | Э, КИ-8, КИ-15 |
| ОПК-4 | З-ОПК-4 | Э, КИ-8, КИ-15 |
|       | У-ОПК-4 | Э, КИ-8, КИ-15 |
|       | В-ОПК-4 | Э, КИ-8, КИ-15 |
| ПК-1  | З-ПК-1  | Э, КИ-8, КИ-15 |
|       | У-ПК-1  | Э, КИ-8, КИ-15 |
|       | В-ПК-1  | Э, КИ-8, КИ-15 |
| ПК-2  | З-ПК-2  | Э, КИ-8, КИ-15 |
|       | У-ПК-2  | Э, КИ-8, КИ-15 |
|       | В-ПК-2  | Э, КИ-8, КИ-15 |

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

| Сумма баллов | Оценка по 4-ех балльной шкале | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины   |
|--------------|-------------------------------|-------------|---|
| 90-100       | 5 – «отлично»                 | A           | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко иочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.  |
| 85-89        |                               | B           |   |
| 75-84        |                               | C           |   |
| 70-74        | 4 – «хорошо»                  | D           | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.   |
| 65-69        |                               |             | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.  |
| 60-64        | 3 – «удовлетворительно»       | E           |   |
| Ниже 60      | 2 – «неудовлетворительно»     | F           | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. П 30 Лекции по вычислительной математике : Учебное пособие, Петров И.Б., Москва: Интернет - Университет информационных технологий, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017
2. ЭИ К 90 Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений : учебное пособие, Семёнов А. Ю., Погорелов Н. В., Куликовский А. Г. , Москва: Физматлит, 2012
3. 519 Б30 Численные методы : учеб. пособие для вузов, Жидков Н.П., Кобельков Г.М., Бахвалов Н.С., М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 517 С17 Теория разностных схем : Учеб.пособие для вузов, Самарский А.А., М.: Наука, 1989
2. 519 Ч-67 Численные методы Кн.1 Численный анализ, , Москва: Академия, 2013
3. 519 Ч-67 Численные методы Кн.2 Методы математической физики, , Москва: Академия, 2013

### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

Специальное программное обеспечение не требуется

### **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

### **1. Проведение лекционных и практических занятий**

Курс включает в себя лекционные и практические занятия. Практические занятия проводятся в компьютерном классе, имеющем все необходимое оборудование и установленное программное обеспечение. В ходе занятий в компьютерном классе при выполнении практических работ происходит последовательное освоение лекционного материала, развитие практических навыков использования современной вычислительной техники для решения задач.

В начале каждого практического занятия студенты получают индивидуальное задание по ранее прослушанному на лекции материалу. Данное задание должно быть сделано в течении практического занятия. В случае, если студент не успевает выполнить задание, допускается подготовка программ студентами дома, однако в данном случае следует уделять особое внимание проверке понимания студентами выполненной работы. Сдача задания делится на два этапа. На первом этапе студент обязан показать корректно работающую программу, ответить на все вопросы по коду программы и самостоятельно внести соответствующие правки в программный код по желанию преподавателя. Если студент свободно ориентируется в программе, то следующим этапом сдачи работы является прием теоретического материала по данной теме. На данном этапе преподаватель задает студенту ряд теоретических вопросов, на которые студент обязан ответить для успешной сдачи задания. Если студент не отвечает на теоретические вопросы сдача задания не засчитывается.

Весь необходимый для успешной сдачи всех заданий теоретический материал излагается на лекционных занятиях, посещение которых является обязательным. Практика показала, что в случае пропуска хотя бы одного лекционного занятия, сдача задания по соответствующей теме существенно осложняется.

На каждом занятии отмечается посещаемость студентов. При изучении курса студентам рекомендуется внимательно ознакомиться с программой дисциплины, взять в библиотеке рекомендованную литературу.

## 2. Организация контроля успеваемости студентов

Организация контроля успеваемости студентов проводится с использованием фонда оценочных средств по данной дисциплине (ФОС). Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу данной дисциплины.

При проведении текущего контроля успеваемости по дисциплине используются

- Контроль по итогам

Рубежный контроль проводится дважды: в середине и в конце семестра. Промежуточный контроль выставляется на основе экзамена.

Для допуска к экзамену необходимо закрыть на положительную оценку все предложенные в рамках текущего контроля задания.

# 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

## 1. Проведение лекционных и практических занятий

Курс включает в себя лекционные и практические занятия. Практические занятия проводятся в компьютерном классе, имеющем все необходимое оборудование и установленное программное обеспечение. В ходе занятий в компьютерном классе при выполнении практических работ происходит последовательное освоение лекционного материала, развитие практических навыков использования современной вычислительной техники для решения задач.

В начале каждого практического занятия студенты получают индивидуальное задание по ранее прослушанному на лекции материалу. Данное задание должно быть сделано в течении практического занятия. В случае, если студент не успевает выполнить задание, допускается подготовка программ студентами дома, однако в данном случае следует уделять особое

внимание проверке понимания студентами выполненной работы. Сдача задания делится на два этапа. На первом этапе студент обязан показать корректно работающую программу, ответить на все вопросы по коду программы и самостоятельно внести соответствующие правки в программный код по желанию преподавателя. Если студент свободно ориентируется в программе, то следующим этапом сдачи работы является прием теоретического материала по данной теме. На данном этапе преподаватель задает студенту ряд теоретических вопросов, на которые студент обязан ответить для успешной сдачи задания. Если студент не отвечает на теоретические вопросы сдача задания не засчитывается.

На лекционных занятиях сначала излагается теоретический материал, затем рассматриваются примеры в зависимости от темы. Практика показала, что следует использовать различные приемы вовлечения студентов в творческий процесс освоения учебного материала: опрос студентов по содержанию прочитанных лекций, вызов студентов к доске для решения текущей задачи, самостоятельное решение задач и выполнение алгоритмов вручную со сверкой промежуточных и конечного результатов решения, демонстрация преподавателем на доске решения типовых задач.

На каждом занятии следует отмечать посещаемость студентов. Рекомендуется не допускать студентов до сдачи контрольных мероприятий регулярно пропускающих занятия. На первом занятии необходимо ознакомить студентов с программой дисциплины, а также предложить литературу, которая потребуется для успешного освоения материала.

## 2. Организация контроля успеваемости студентов

Организация контроля успеваемости студентов проводится с использование фонда оценочных средств по данной дисциплине (ФОС). Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу данной дисциплины.

При проведении текущего контроля успеваемости по дисциплине используются

- Контроль по итогам

Рубежный контроль проводится дважды: в середине и в конце семестра. Промежуточный контроль выставляется на основе экзамена.

Для допуска к экзамену необходимо закрыть на положительную оценку все предложенные в рамках текущего контроля задания.

Автор(ы):

Рябов Павел Николаевич, к.ф.-м.н.