

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  
(специальность)

[1] 14.05.01 Ядерные реакторы и материалы

| Семестр | Трудоемкость,<br>кред. | Общий объем<br>курса, час. | Лекции, час. | Практич.<br>занятия, час. | Лаборат. работы,<br>час. | В форме<br>практической<br>подготовки/ В | СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы)<br>контроля,<br>экз./зач./КР/КП |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|------------------------------------------|-----------|-----------|------------------------------------------|
| 6       | 2                      | 72                         | 15           | 30                        | 0                        |                                          | 12-27     | 0         | 3                                        |
| Итого   | 2                      | 72                         | 15           | 30                        | 0                        | 0                                        | 12-27     | 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; интерполирование, 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 стек: 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 выполнении 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-1 [1] – Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования | З-ОПК-1 [1] – Знать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования<br>У-ОПК-1 [1] – Уметь использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования<br>В-ОПК-1 [1] – Владеть навыками использования основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применения методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования     |
| ОПК-2 [1] – Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий                                                        | З-ОПК-2 [1] – Знать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач<br>У-ОПК-2 [1] – Уметь формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач<br>В-ОПК-2 [1] – Владеть навыками формулирования целей и задач исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| УКЕ-1 [1] – Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах                  | З-УКЕ-1 [1] – знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования<br>У-УКЕ-1 [1] – уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи<br>В-УКЕ-1 [1] – владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами |

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

| Задача профессиональной | Объект или область знания | Код и наименование профессиональной | Код и наименование индикатора |
|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|

| деятельности (ЗПД)                                                                                                            |                                                                                                                                      | компетенции;<br>Основание<br>(профессиональный<br>стандарт-ПС, анализ<br>опыта)                                                                                                                                                                           | достижения<br>профессиональной<br>компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| научно-исследовательский                                                                                                      |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Проведение расчетных исследований и измерений физических характеристик на экспериментальных стендах и установках              | Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий | ПК-4 [1] - способен применять экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 24.031, 24.067, 24.078                                                | З-ПК-4[1] - Знать экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области ;<br>У-ПК-4[1] - Уметь применять экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области;<br>В-ПК-4[1] - Владеть методами интерпретации (анализа) и презентации полученных результатов        |
| проектный                                                                                                                     |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Проектирование, создание и внедрение новых продуктов и систем, применение теоретических знаний в реальной инженерной практике | Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий | ПК-6 [1] - способен к расчету и проектированию деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-6[1] - Знать методы расчета и проектирования деталей узлов и приборов ;<br>У-ПК-6[1] - Уметь выполнять расчет и проектирование деталей и узлов приборов в соответствии с техническим заданием;<br>В-ПК-6[1] - Владеть навыками применения стандартных средств автоматизации проектирования при расчете и проектировании деталей узлов и приборов |

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| Направления/цели воспитания | Задачи воспитания (код)                                                                                                                                          | Воспитательный потенциал дисциплин                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22) | <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 коллективизма 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 распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</p> |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры информационной безопасности (B23)                                                                        | Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|  |  |                                                                                                                                |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уровне 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/ Практи. (семинары )/ Лабораторные работы, час. | Обязат. текущий контроль (форма*, неделя) | Максимальный балл за раздел** | Аттестация раздела (форма*, неделя) | Индикаторы освоения компетенции                                                                                                 |
|-------|-----------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | <i>6 Семестр</i>                        |        |                                                        |                                           |                               |                                     |                                                                                                                                 |
| 1     | Раздел 1                                | 1-8    | 8/15/0                                                 |                                           | 25                            | КИ-8                                | 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1 |
| 2     | Раздел 2                                | 9-15   | 7/15/0                                                 |                                           | 25                            | КИ-15                               | 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1 |

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

\* – 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  |
| З           | Зачет               |

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели     | Темы занятий / Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Лек., час.             | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|------------|
|            | <i>6 Семестр</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 15                     | 30             | 0          |
| <b>1-8</b> | <b>Раздел 1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 8                      | 15             | 0          |
| 1 - 6      | <b>Тема 1. Введение. Интерполирование, 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 приближенно восстановить ее вид.<br>Приводятся простейшие примеры полиномиальной интерполяции. Рассматриваются интерполяционные полиномы Лагранжа и Ньютона. Точность интерполяции по Лагранжу. Минимизации ошибки интерполяции по | Всего аудиторных часов |                |            |
|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 6                      | 10             | 0          |
|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Онлайн                 |                |            |
|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0                      | 0              | 0          |

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                        |    |   |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----|---|
|        | <p>Лагранжу с применением нулей полиномов Чебышева. Обсуждается обусловленность задачи полиномиальной интерполяции. С использованием языка Python иллюстрируются особенности полиномиальной интерполяции. Даются соответствующие примеры. 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. Обсуждаются методы интерполяции для случая кратных узлов интерполяции (полином Эрмита).</p> <p>Также иллюстрируются базовые функции и библиотеки языка Python, созданные для решения задачи численного интерполирования.</p> <p>Понятие пространственной сетки. Численное дифференцирование функций. Левый, правые и центральные разности. Метод неопределенных коэффициентов, метод рядов Тейлора и метод дифференцирования интерполяционных полиномов. Порядка 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 быстроосциллирующих функций. Оценка погрешностей данных методов.</p> |                        |    |   |
| 7 - 8  | <p><b>Тема 2. Итерационные методы решения трансцендентных уравнений.</b><br/>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. 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>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Всего аудиторных часов |    |   |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2                      | 5  | 0 |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Онлайн                 |    |   |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0                      | 0  | 0 |
| 9-15   | <b>Раздел 2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 7                      | 15 | 0 |
| 9 - 10 | <p><b>Тема 3. Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.</b><br/>Задача Коши для обыкновенного дифференциального</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Всего аудиторных часов |    |   |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2                      | 4  | 0 |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Онлайн                 |    |   |



|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                        |   |   |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---|---|
|         | <p>уравнения (ОДУ) <math>n</math>-ого порядка. Нормальная система ОДУ. Сведение задачи Коши для ОДУ <math>n</math>-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-Кутты. Вывод методов Рунге-Кутты. 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 Python.</p>                                                                | 0                      | 0 | 0 |
| 11 - 12 | <p><b>Тема 4. Краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений и методы решения СЛАУ с использованием Python.</b></p> <p>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.</p> | Всего аудиторных часов |   |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2                      | 4 | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Онлайн                 |   |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0                      | 0 | 0 |
| 13 - 14 | <p><b>Тема 5. Смешанная краевая задача для волнового уравнения.</b></p> <p>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.</p>                                                                                       | Всего аудиторных часов |   |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2                      | 4 | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Онлайн                 |   |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0                      | 0 | 0 |
| 15 - 16 | <p><b>Тема 6. Смешанная краевая задача для уравнения теплопроводности.</b></p> <p>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</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Всего аудиторных часов |   |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1                      | 3 | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Онлайн                 |   |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0                      | 0 | 0 |

|  |                  |  |  |  |
|--|------------------|--|--|--|
|  | на языке Python. |  |  |  |
|--|------------------|--|--|--|

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

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 итерактивности.

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 стек:

- 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) |
|-------------|---------------------|-----------------------------------|
| ОПК-1       | З-ОПК-1             | З, КИ-8, КИ-15                    |
|             | У-ОПК-1             | З, КИ-8, КИ-15                    |
|             | В-ОПК-1             | З, КИ-8, КИ-15                    |

|       |         |                |
|-------|---------|----------------|
| ОПК-2 | З-ОПК-2 | З, КИ-8, КИ-15 |
|       | У-ОПК-2 | З, КИ-8, КИ-15 |
|       | В-ОПК-2 | З, КИ-8, КИ-15 |
| ПК-4  | З-ПК-4  | З, КИ-8, КИ-15 |
|       | У-ПК-4  | З, КИ-8, КИ-15 |
|       | В-ПК-4  | З, КИ-8, КИ-15 |
| ПК-6  | З-ПК-6  | З, КИ-8, КИ-15 |
|       | У-ПК-6  | З, КИ-8, КИ-15 |
|       | В-ПК-6  | З, КИ-8, КИ-15 |
| УКЕ-1 | З-УКЕ-1 | З, КИ-8, КИ-15 |
|       | У-УКЕ-1 | З, КИ-8, КИ-15 |
|       | В-УКЕ-1 | З, 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-х балльной шкале     | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------|----------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 90-100       | 5 – <i>«отлично»</i>             | A           | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно 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        | 4 – <i>«хорошо»</i>              | B           | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.                                                                                                             |
| 75-84        |                                  | C           |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 70-74        |                                  | D           |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 65-69        | 3 – <i>«удовлетворительно»</i>   | E           | 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        |                                  |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Ниже 60      | 2 – <i>«неудовлетворительно»</i> | 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. 519 Ч-67 Численные методы Кн.1 Численный анализ, , Москва: Академия, 2013
2. 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 происходит последовательное освоение лекционного материала, развитие практических навыков использования современной вычислительной техники для решения задач.

В начале каждого занятия студенты получают индивидуальное задание по ранее прослушанному на лекции материалу. Данное задание должно быть сделано в течении 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. 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

При проведении текущего контроля успеваемости по дисциплине используются

- Задания

Контроль по итогам проводится на 8 и 15 неделе.

Проводится промежуточная аттестация.

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

### 1. Проведение лекционных и лабораторных занятий

#### 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 происходит последовательное освоение лекционного материала, развитие практических навыков использования современной вычислительной техники для решения задач.

В начале каждого занятия студенты получают индивидуальное задание по ранее прослушанному на лекции материалу. Данное задание должно быть сделано в течении 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. 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.

## 2. Организация контроля успеваемости студентов

При проведении текущего контроля успеваемости по дисциплине используются

- Задания

Контроль по итогам проводится на 8 и 15 неделе.

Проводится промежуточная аттестация.

На каждом занятии следует отмечать посещаемость студентов. На первом занятии необходимо ознакомить студентов с программой дисциплины, а также предложить литературу, которая потребуется для успешного освоения материала.

Автор(ы):

Рябов Павел Николаевич, к.ф.-м.н.