

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ**  
**ПРОЦЕССОВ**


<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Обязательная</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.О.14</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>3 семестр - 5; 4 семестр - 4; всего - 9</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>324 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>3 семестр - 32 часа; 4 семестр - 32 часа; всего - 64 часа</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>3 семестр - 16 часов; 4 семестр - 16 часов; всего - 32 часа</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>3 семестр - 16 часов; 4 семестр - 16 часов; всего - 32 часа</b>
<b>Консультации</b>	<b>3 семестр - 2 часа; 4 семестр - 2 часа; всего - 4 часа</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3 семестр - 113,5 часов; 4 семестр - 77,5 часа; всего - 191,0 час</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Лабораторная работа</b> <b>Расчетно-графическая работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>3 семестр - 0,5 часа;</b>
<b>Экзамен</b>	<b>4 семестр - 0,5 часа;</b>
	<b>всего - 1,0 час</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Амосова О.А.
	Идентификатор	Rf7ad01b5-AmosovaOA-b62f9924

(подпись)


О.А. Амосова

(расшифровка  
подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дмитриев А.С.
	Идентификатор	R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaeae2f


(подпись)

А.С. Дмитриев

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

(подпись)

Ю.Ю. Пузина

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение основных вычислительных методов, получение практических навыков решения задач прикладной математики на ЭВМ, знакомство с базовыми математическими моделями инженерных задач

### Задачи дисциплины

- изучение методов решения скалярных уравнений и систем уравнений, методов приближения функций, методов численного дифференцирования и интегрирования функций, методов решения дифференциальных уравнений и систем;
- теоретическое обоснование свойств вышеперечисленных методов, анализ их точности, условий применимости и т.д.;
- изучение некоторых общих подходов построения численных методов для возможности самостоятельной модификации этих методов или построения новых методов для решения научных задач.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-1 способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Применяет методы численного моделирования и экспериментального исследования	знать: - элементарную теорию погрешностей; - численные методы решения скалярных уравнений; - численные методы решения систем линейных уравнений и нелинейных уравнений; - методы приближения функций; - численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений; - методы численного интегрирования и дифференцирования.  уметь: - выбирать численный метод, опираясь на анализ поставленной задачи.
ОПК-2 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	ИД-3 <sub>ОПК-2</sub> Применяет методы математического и компьютерного моделирования	знать: - базовые математические модели инженерных задач.  уметь: - анализировать свойства математических моделей и применять инструментальную базу для их численной реализации.
ОПК-3 способен	ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> Использует	уметь:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	современные программные средства для моделирования физических процессов	- использовать алгоритмические языки программирования или специальные средства математических пакетов для решения задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать математику, информатику, прикладную физику
- уметь применять инструментальную базу для реализации численных методов

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц, 324 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Введение в теорию погрешностей	20	3	4	2	2	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Введение в теорию погрешностей". Студентам необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Введение в теорию погрешностей", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы.</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а также изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Введение в теорию погрешностей" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Введение в теорию погрешностей".</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение</u></b></p>
1.1	Введение в теорию погрешностей	20		4	2	2	-	-	-	-	-	12	-	

														<p><b><u>теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Введение в теорию погрешностей"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[2], стр. 3, 4 [3], стр. 5–14 [7], стр. 4–7</p>
2	Численные методы решения скалярных уравнений	28	4	4	4	-	-	-	-	-	16	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а также изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Численные методы решения скалярных уравнений" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Численные методы решения скалярных уравнений", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Численные методы решения скалярных уравнений".</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Численные методы решения скалярных уравнений".</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения задач по разделу "Численные методы решения скалярных уравнений". Студентам необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных</p>	
2.1	Численные методы решения скалярных уравнений	28	4	4	4	-	-	-	-	-	16	-		

													задач, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 5, 6 [3], стр. 15–22 [7], стр. 8–10
3	Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений	52	12	6	6	-	-	-	-	-	28	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений".
3.1	Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений	52	12	6	6	-	-	-	-	-	28	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях. <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а также изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений" материалу. <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы. <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений". <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения задач по разделу "Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений". Студентам необходимо повторить

													теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений и подготовка к контрольной работе <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 26–37, 97–108, 112–127, 131–171, 202–215, 243–251 [2], стр. 7–11 [3], стр. 23–37 [7], стр. 11–15
4	Приближение функций	44	12	4	4	-	-	-	-	-	24	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Приближение функций". Студентам необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы.
4.1	Приближение функций	44	12	4	4	-	-	-	-	-	24	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Приближение функций", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях. <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Приближение функций". <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы. <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а



														также изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Приближение функций" материалу. <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Приближение функций". <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 347–358, 366–406 [2], стр. 12–15 [4], стр. 9–24 [5], стр. 16–20
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0		32	16	16	-	2	-	-	0.5	80	33.5	
	Итого за семестр	180.0		32	16	16	2		-		0.5		113.5	
5	Численное интегрирование и дифференцирование	24	4	6	4	4	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Численное интегрирование и дифференцирование".
5.1	Численное интегрирование и дифференцирование	24		6	4	4	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Численное интегрирование и дифференцирование и подготовка к контрольной работе. <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы. <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а также изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Численное интегрирование и дифференцирование" материалу. <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Численное интегрирование и дифференцирование". Студентам необходимо повторить теоретический

														<p>материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Численное интегрирование и дифференцирование".</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Численное интегрирование и дифференцирование", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 16, 17 [4], стр. 25–42 [7], стр. 21–26</p>
6	Численные методы решения задачи Коши	34		10	6	6	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы.</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Численные методы решения задачи Коши".</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а также изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Численные методы решения задачи Коши" материалу.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Численные методы решения задачи Коши".</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Численные методы решения задачи</p>
6.1	Численные методы решения задачи Коши	34		10	6	6	-	-	-	-	-	12	-	

														<p>Коши". Студентам необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Численные методы решения задачи Коши", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 17, 18 [5], стр. 5–59 [7], стр. 27–29</p>
7	Решение краевых и начально-краевых задач	50	16	6	6	-	-	-	-	-	22	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Разностные методы решения краевой задачи".</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Разностные методы решения краевой задачи", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях.</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Разностные методы решения краевой задачи".</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а также изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Разностные методы решения краевой задачи" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и</p>	
7.1	Решение краевых и начально-краевых задач	50	16	6	6	-	-	-	-	-	22	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Разностные методы решения краевой задачи".</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а также изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Разностные методы решения краевой задачи" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и</p>	

													подготовка к защите лаб. работы. <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизадч по разделу "Разностные методы решения краевой задачи". Студентам необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 19, 20 [5], стр. 30–36 [6], стр. 6–19 [7], стр. 30–31
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	32	16	16	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0	32	16	16		2	-		0.5		77.5	
	ИТОГО	324.0	-	64	32	32	4	-		1.0		191.0	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Введение в теорию погрешностей

#### 1.1. Введение в теорию погрешностей

Источники и классификация погрешностей. Абсолютная и относительная погрешности. Понятие верной цифры. Погрешности арифметических операций. Погрешность функции одной и многих переменных. Обусловленность вычислительной задачи. Представление чисел в ЭВМ. Понятия машинного эпсилон, машинной бесконечности, машинного нуля. Особенности машинной арифметики. Вычислительные задачи. Корректность и обусловленность вычислительных задач. Вычислительные алгоритмы.

### 2. Численные методы решения скалярных уравнений

#### 2.1. Численные методы решения скалярных уравнений

2. Численные методы решения скалярных уравнений. Постановка задачи поиска корня нелинейного уравнения. Локализация корней. Метод бисекции: алгоритм и теорема сходимости. Метод простой итерации. Достаточное условие сходимости. Априорные и апостериорные оценки погрешности. Приведение к виду, удобному для итераций. Метод Ньютона. Теорема сходимости. Достоинства и недостатки метода Ньютона. Модификации метода Ньютона: метод секущих, упрощенный метод Ньютона и др. Нахождение кратных корней. Сравнение численных методов. Интервал неопределенности корня.

### 3. Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений

#### 3.1. Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений

Постановка задачи решения линейной системы алгебраических уравнений (СЛАУ). Прямые и итерационные методы решения. Метод Гаусса и его модификации с выбором главного элемента. Трудоемкость метода Гаусса. LU-разложение матрицы и его использование для задач вычислительной алгебры. Метод прогонки. Алгоритм и трудоемкость метода. Системы с симметричными положительно определенными матрицами. Метод Холецкого. Нормы векторов и матриц. Обусловленность задачи решения СЛАУ. Число обусловленности матрицы. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод простой итерации, метод Зейделя, метод релаксации. Основные алгоритмы, теоремы сходимости. Оценки погрешности методов. Каноническая форма записи расчетных формул итерационных методов. Необходимое и достаточное условия сходимости итерационных методов для систем с положительно определенными матрицами. Постановка задачи отыскания решения систем нелинейных уравнений. Корректность и обусловленность задачи. Метод простой итерации: сходимость метода, модификации. Метод Ньютона.

### 4. Приближение функций

#### 4.1. Приближение функций

Постановка задачи приближения функций. Среднеквадратичное отклонение. Метод наименьших квадратов. Вывод нормальной системы метода, ее разрешимость. Постановка задачи глобальной полиномиальной интерполяции. Существование и единственность интерполяционного многочлена. Многочлен Лагранжа. Погрешность интерполяции. Интерполяционный многочлен Ньютона с конечными и с разделенными разностями. Кусочно-полиномиальная интерполяция. Интерполяция сплайнами.

### 5. Численное интегрирование и дифференцирование

### 5.1. Численное интегрирование и дифференцирование

Постановка задачи численного интегрирования. Формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона и априорные оценки погрешности. Правило Рунге оценки погрешностей. Понятие об адаптивных процедурах численного интегрирования. Квадратуры Гаусса. Постановка задачи численного дифференцирования. Левая, правая и центральная разностные производные (первого порядка). Вторая разностная производная. Их оценки погрешности. Формулы интерполяционного типа. Обусловленность задачи численного дифференцирования.

## 6. Численные методы решения задачи Коши

### 6.1. Численные методы решения задачи Коши

Постановка задачи Коши и ее геометрический смысл. Дискретизация задачи. Аппроксимация, устойчивость и сходимость численных методов. Понятие о локальной и глобальной погрешностях. Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений: метод разложения в ряд Тейлора, метод Эйлера, методы Рунге-Кутты. Правило Рунге оценки погрешностей. Организация программ с автоматическим выбором шага. Многошаговые методы. Устойчивость численных методов решения задачи Коши. Неявные методы. Решение задачи Коши для систем дифференциальных уравнений и уравнений  $m$ -го порядка. Понятие о жестких задачах.

## 7. Решение краевых и начально-краевых задач

### 7.1. Решение краевых и начально-краевых задач

Постановка краевой задачи. Дискретизация задачи. Сетка, сеточные функции. Построение разностной схемы. Разрешимость. Использование метода прогонки. Оценка погрешности сеточного решения. Устойчивость, аппроксимация и сходимость. Проблема аппроксимации краевых условий. Понятие о вариационных и проекционно-разностных методах. Методы Рунца и Галеркина. Постановка начально-краевой задачи. Численное решение уравнения теплопроводности. Явная разностная схема и ее свойства. Условие устойчивости. Чисто неявная разностная схема. Абсолютная устойчивость неявной разностной схемы. Симметричная схема. Постановка задачи Дирихле для уравнения Пуассона. Дискретизация задачи, построение разностной схемы “крест”. Реализация разностной схемы.

## **3.3. Темы практических занятий**

1. Нормы векторов и матриц. Итерационные методы решения СЛАУ.;
2. Численное дифференцирование.;
3. Численное интегрирование.;
4. Приближение функций методом интерполяции.;
5. Решение скалярных уравнений методом Ньютона. Модификации метода Ньютона.;
6. Численное решение краевой задачи для дифференциального уравнения второго порядка.;
7. Решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Прямые методы решения.;
8. Теория погрешностей и машинная арифметика.;
9. Приближение функций по методу наименьших квадратов.;
10. Построение разностных схем для начально-краевых задач.;
11. Численное решение задачи Коши многошаговыми методами.;
12. Устойчивость численных методов решения задачи Коши.;
13. Решение скалярных уравнений методами бисекций и простой итерации.;

14. Численное решение задачи Коши явными одношаговыми методами..

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Решение систем линейных уравнений итерационными методами.;
2. Теория погрешностей.;
3. Решение нелинейных уравнений.;
4. Решение систем линейных уравнений прямыми методами.;
5. Численное интегрирование.;
6. Решение задачи Коши.;
7. Решение начально-краевых задач.;
8. Численное дифференцирование..

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по разделу "Введение в теорию погрешностей".
2. Обсуждение материалов по разделу "Численные методы решения скалярных уравнений".
3. Обсуждение материалов по разделу "Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений".
4. Обсуждение материалов по разделу "Приближение функций".
5. Обсуждение материалов по разделу "Численное интегрирование и дифференцирование".
6. Обсуждение материалов по разделу "Численные методы решения задачи Коши".
7. Обсуждение материалов по разделу "Разностные методы решения краевой задачи".

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)							Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7		
<b>Знать:</b>										
методы численного интегрирования и дифференцирования	ИД-2ОПК-1					+				Расчетно-графическая работа/Расчетно-графическая задание. Часть 2 Лабораторная работа/Численное дифференцирование Лабораторная работа/Численное интегрирование
численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений	ИД-2ОПК-1							+		Расчетно-графическая работа/Расчетно-графическая задание. Часть 2 Лабораторная работа/Решение задачи Коши
методы приближения функций	ИД-2ОПК-1					+				Лабораторная работа/Приближение функций Расчетно-графическая работа/Расчетно-графическое задание. Часть 1
численные методы решения систем линейных уравнений и нелинейных уравнений	ИД-2ОПК-1				+					Расчетно-графическая работа/Расчетно-графическое задание. Часть 1 Лабораторная работа/Решение систем линейных алгебраических уравнений
численные методы решения скалярных уравнений	ИД-2ОПК-1		+							Лабораторная работа/Решение нелинейных уравнений



элементарную теорию погрешностей	ИД-2ОПК-1	+							Расчетно-графическая работа/Расчетно-графическое задание. Часть 1 Лабораторная работа/Теория погрешностей
базовые математические модели инженерных задач	ИД-3ОПК-2							+	Расчетно-графическая работа/Расчетно-графическая задание. Часть 2 Лабораторная работа/Решение начально-краевых задач
<b>Уметь:</b>									
выбирать численный метод, опираясь на анализ поставленной задачи	ИД-2ОПК-1			+					Расчетно-графическая работа/Расчетно-графическое задание. Часть 1 Лабораторная работа/Решение систем линейных алгебраических уравнений
анализировать свойства математических моделей и применять инструментальную базу для их численной реализации	ИД-3ОПК-2							+	Расчетно-графическая работа/Расчетно-графическая задание. Часть 2 Лабораторная работа/Решение начально-краевых задач
использовать алгоритмические языки программирования или специальные средства математических пакетов для решения задач	ИД-2ОПК-3		+						Расчетно-графическая работа/Расчетно-графическое задание. Часть 1 Лабораторная работа/Решение нелинейных уравнений

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **3 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Приближение функций (Лабораторная работа)
2. Решение нелинейных уравнений (Лабораторная работа)
3. Решение систем линейных алгебраических уравнений (Лабораторная работа)
4. Теория погрешностей (Лабораторная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Расчетно-графическое задание. Часть 1 (Расчетно-графическая работа)

#### **4 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Решение задачи Коши (Лабораторная работа)
2. Численное дифференцирование (Лабораторная работа)
3. Численное интегрирование (Лабораторная работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Решение начально-краевых задач (Лабораторная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Расчетно-графическая задание. Часть 2 (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

#### Экзамен (Семестр №3)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих

#### Экзамен (Семестр №4)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих

В диплом выставляется оценка за 4 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченова Н. В. - "Вычислительные методы", (4-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (672 с.)

<https://e.lanbook.com/book/168619>;

2. Амосова, О. А. Расчетное задание по вычислительной математике : Методическое пособие по вычислительным методам для всех факультетов МЭИ (ТУ) / О. А. Амосова, С. Б. Зайцева, Е. А. Самсонова, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 32 с.;
3. Казенкин, К. О. Указания к решению задач по вычислительной математике. Теория погрешностей. Нелинейные уравнения. Системы линейных алгебраических уравнений : методическое пособие по курсам вычислительных методов по всем направлениям / К. О. Казенкин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 36 с.;
4. Казенкин, К. О. Приближение функций. Численное интегрирование. Численное дифференцирование. Указания к решению задач по вычислительной математике : методическое пособие по курсу "Вычислительные методы" для студентов МЭИ по всем направлениям подготовки / К. О. Казенкин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Издательский дом МЭИ, 2012 . – 44 с.  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4384](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4384);
5. Казенкин, К. О. Численное решение задачи Коши. Численное решение двухточечных краевых задач. Указания к решению задач по вычислительной математике : методическое пособие по курсу "Вычислительные методы" по всем направлениям подготовки / К. О. Казенкин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М., 2014 . – 44 с.;
6. Казенкин, К. О. Численное решение задач математической физики. Стационарные уравнения : учебно-методическое пособие по курсу "Вычислительные методы" по всем направлениям подготовки / К. О. Казенкин, О. А. Амосова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 40 с.  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8980](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8980);
7. Амосова, О. А. Упражнения по основам численных методов : задачник для всех направлений подготовки НИУ "МЭИ" / О. А. Амосова, А. Е. Вестфальский, Г. В. Крупин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 32 с.  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8726](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8726).

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-200, Лекционная учебная аудитория	парта со скамьей, трибуна, шкаф для хранения инвентаря, доска меловая, колонки звуковые, мультимедийный

		проектор, экран, колонки, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Ж-409, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Д-411, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Ж-211, Компьютерный класс ИВЦ	стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Ж-409, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Д-411, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Помещения для консультирования	М-423/1, Аудитория каф. "НТ"	стул, стол письменный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-407/1, Кладовая	стеллаж для хранения инвентаря, стеллаж для хранения книг, инвентарь специализированный

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Математические методы моделирования физических процессов

(название дисциплины)

#### 3 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Теория погрешностей (Лабораторная работа)
- КМ-2 Решение нелинейных уравнений (Лабораторная работа)
- КМ-3 Решение систем линейных алгебраических уравнений (Лабораторная работа)
- КМ-4 Приближение функций (Лабораторная работа)
- КМ-5 Расчетно-графическое задание. Часть 1 (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	15	15
1	Введение в теорию погрешностей						
1.1	Введение в теорию погрешностей		+				+
2	Численные методы решения скалярных уравнений						
2.1	Численные методы решения скалярных уравнений			+			+
3	Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений						
3.1	Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений				+		+
4	Приближение функций						
4.1	Приближение функций					+	+
Вес КМ, %:			10	20	30	20	20

#### 4 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-6 Численное интегрирование (Лабораторная работа)
- КМ-7 Численное дифференцирование (Лабораторная работа)
- КМ-8 Решение задачи Коши (Лабораторная работа)
- КМ-9 Решение начально-краевых задач (Лабораторная работа)
- КМ-10 Расчетно-графическое задание. Часть 2 (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10
		Неделя КМ:	4	8	12	15	15
1	Численное интегрирование и дифференцирование						
1.1	Численное интегрирование и дифференцирование		+	+			+
2	Численные методы решения задачи Коши						
2.1	Численные методы решения задачи Коши				+		+
3	Решение краевых и начально-краевых задач						
3.1	Решение краевых и начально-краевых задач					+	+
Вес КМ, %:			20	20	20	20	20