

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

Направление подготовки/специальность: 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Наименование образовательной программы: Математическое и компьютерное моделирование

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.04
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	1 семестр - 32 часа;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	1 семестр - 32 часа;
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	1 семестр - 43,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	1 семестр - 0,3 часа;

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Вестфальский А.Е.
	Идентификатор	Rd0dd34ac-VestfalskyAY-542acad

(подпись)

А.Е.
Вестфальский

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Черепова М.Ф.
	Идентификатор	R9267877e-CherepovaMF-dbb9bf1

(подпись)

М.Ф. Черепова

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Зубков П.В.
	Идентификатор	R4920bc6f-ZubkovPV-8172426c

(подпись)

П.В. Зубков

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: заключается в изучении принципов построения методов исследования и способов практической реализации метода конечных элементов и многосеточных методов решения задач математической физики

Задачи дисциплины

- знакомство с основами метода конечных элементов;
- знакомство с многосеточными методами и их теоретическим обоснованием;
- получение навыков практической реализации и применения изученных методов.

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
ПК-1 Способен разрабатывать и исследовать математические модели естествознания и технологий, а также осуществлять их компьютерную реализацию	ИД-1 _{ПК-1} Демонстрирует знание современного математического аппарата, используемого при математическом и компьютерном моделировании	знать: - постановки основных задач математической физики и их свойства; - математический аппарат метода конечных элементов и многосеточных методов. уметь: - строить дискретные аналоги краевых задач для эллиптических уравнений математической физики и численные методы их решения.
ПК-1 Способен разрабатывать и исследовать математические модели естествознания и технологий, а также осуществлять их компьютерную реализацию	ИД-6 _{ПК-1} Разрабатывает и исследует алгоритмы компьютерного моделирования прикладных задач	уметь: - сопоставлять результаты вычислительного эксперимента с теоретически обоснованными свойствами решений краевых задач; - практически реализовывать и применять многосеточные методы на современных языках программирования с использованием системы контроля версий при разработке приложений.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Математическое и компьютерное моделирование (далее – ОПОП), направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать численные методы, уравнения математической физики

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 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ 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	Многосеточные методы	72	1	18	24	-	-	-	-	-	-	30	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Проработка теоретической и алгоритмической составляющих реализованных в рамках лабораторных работ методов. Подготовка к защите лабораторных работ.</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Проработка теоретического материала (по лекциям и рекомендованной литературе).</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 9--28, 39--74 [2], стр. 9--28, 39--74</p>	
1.1	Многосеточные методы	72		18	24	-	-	-	-	-	-	30	-		
2	Метод конечных элементов	35.7		14	8	-	-	-	-	-	-	-	13.7	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Проработка теоретического материала (по лекциям и рекомендованной литературе).</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 28--39 [2], стр. 28--39 [3], стр. 46--61</p>
2.1	Метод конечных элементов	35.7		14	8	-	-	-	-	-	-	-	13.7	-	
	Зачет с оценкой	0.3		-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	108.0	32	32	-	-	-	-	-	-	0.3	43.7	-		
	Итого за семестр	108.0	32	32	-	-	-	-	-	0.3	0.3	43.7	-		

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. Многосеточные методы

1.1. Многосеточные методы

Классические постановки основных задач математической физики. Их разрешимость. Задачи линейной алгебры как дискретные аналоги задач математической физики. Итерационные методы решения систем сеточных уравнений. Пространства сеточных функций. Операторы продолжения и проектирования с (на) грубой сетки. Двухсеточный метод и его сходимость для модельной задачи. Классический многосеточный метод. V-, W-, F-циклы. Матрица итераций. Сходимость метода. Пример применения для задачи Дирихле для уравнения Пуассона. Вложенные итерации, схема полного мультигрида. Применение к нелинейным задачам. Схема полной аппроксимации..

2. Метод конечных элементов

2.1. Метод конечных элементов

Обобщенные производные и пространства Соболева как математический аппарат компьютерного моделирования. Обобщенная постановка эллиптических задач математической физики. Их разрешимость. Конечно-элементная триангуляция области. Конечномерные пространства базисных функций. Виды конечных элементов. Аппроксимация интегральных тождеств. Матрица жесткости элемента. Сборка. Структура и свойства матрицы метода. Пример применения для задачи Дирихле для уравнения Пуассона в прямоугольнике и в области сложной формы. Применение многосеточных методов..

3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

1. Метод конечных элементов;
2. Полный мультигрид;
3. Классический мультигрид;
4. Классические итерационные методы: сглаживающие свойства.

3.5 Консультации

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	
Знать:				
математический аппарат метода конечных элементов и многосеточных методов	ИД-1 _{ПК-1}	+	+	Лабораторная работа/Метод конечных элементов
постановки основных задач математической физики и их свойства	ИД-1 _{ПК-1}	+		Лабораторная работа/Классические итерационные методы: сглаживающие свойства
Уметь:				
строить дискретные аналоги краевых задач для эллиптических уравнений математической физики и численные методы их решения	ИД-1 _{ПК-1}		+	Лабораторная работа/Метод конечных элементов
практически реализовывать и применять многосеточные методы на современных языках программирования с использованием системы контроля версий при разработке приложений	ИД-6 _{ПК-1}	+		Лабораторная работа/Классический мультигрид
сопоставлять результаты вычислительного эксперимента с теоретически обоснованными свойствами решений краевых задач	ИД-6 _{ПК-1}	+		Лабораторная работа/Полный мультигрид

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Классические итерационные методы: сглаживающие свойства (Лабораторная работа)
2. Классический мультигрид (Лабораторная работа)
3. Метод конечных элементов (Лабораторная работа)
4. Полный мультигрид (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №1)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Ольшанский, М. А. Лекции и упражнения по многосеточным методам / М. А. Ольшанский . – М. : Физматлит, 2005 . – 168 с. - ISBN 5-922105-93-0 .;
2. Ольшанский М. А.- "Лекции и упражнения по многосеточным методам", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2005 - (168 с.)
https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59391;
3. Сьярле, Ф. Метод конечных элементов для эллиптических задач / Ф. Сьярле . – М. : Мир, 1980 . – 512 с..

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. Visual Studio;
6. Latex;
7. Python;
8. ОС Linux.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. 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	М-808, Учебная аудитория	стол учебный, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	М-712, Учебная лаборатория каф. МКМ	стол учебный, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	М-712, Учебная лаборатория каф. МКМ	стол учебный, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	М-714, Преподавательская каф. МКМ	рабочее место сотрудника, стул, шкаф, шкаф для документов, шкаф для одежды, тумба, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, книги, учебники, пособия
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-713/1, Учебно-научная лаборатория каф. МКМ	рабочее место сотрудника, стул, шкаф, шкаф для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, книги, учебники, пособия

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Численные методы компьютерного моделирования**

(название дисциплины)

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

КМ-1 Классические итерационные методы: сглаживающие свойства (Лабораторная работа)

КМ-2 Классический мультигрид (Лабораторная работа)

КМ-3 Полный мультигрид (Лабораторная работа)

КМ-4 Метод конечных элементов (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	11	15
1	Многосеточные методы					
1.1	Многосеточные методы		+	+	+	+
2	Метод конечных элементов					
2.1	Метод конечных элементов					+
Вес КМ, %:			10	25	25	40