

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Обнинский институт атомной энергетики –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

## ОТДЕЛЕНИЕ БИОТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено на заседании  
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол от 24.04.2023 № 23.4

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Численные методы

*название дисциплины*

для студентов направления подготовки

03.03.02 Физика

профиль:

Ядерно-физические технологии в медицине

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

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

Цель дисциплины – формирование представления о месте, границах применения и роли математических и численных моделей в задачах моделирования физических и прочих процессов в их динамике.

Задачи дисциплины – освоение теоретических и практических основ численного моделирования, понимание проблем и направлений перспективных исследований.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) БАКАЛАВРИАТА**

Дисциплина реализуется в рамках естественнонаучного модуля.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

- Математический анализ.
- Дифференциальные и интегральные уравнения.

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

- Научно-исследовательская работа студентов.

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

В результате освоения ООП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<b>Коды компетенций</b>	<b>Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций</i></b>	<b>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине</b>
УКЕ-1	Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	З-УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи В-УКЕ-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
УКЦ-2	Способен искать нужные источники информации и	З-УКЦ-2 Знать: методики сбора и обработки информации с использованием цифровых

	<p>данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач</p>	<p>средств, а также актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности, принципы, методы и средства решения стандартных задач профессиональной деятельности с использованием цифровых средств и с учетом основных требований информационной безопасности</p> <p><b>У-УКЦ-2</b> Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; с использованием цифровых средств, осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников, и решать стандартные задачи профессиональной деятельности с использованием цифровых средств и с учетом основных требований информационной безопасности.</p> <p><b>В-УКЦ-2</b> Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации с использованием цифровых средств для решения поставленных задач, навыками подготовки обзоров, аннотаций, составления рефератов, научных докладов, публикаций и библиографии по научно-исследовательской работе с использованием цифровых средств и с учетом требований информационной безопасности</p>
ОПК-3	<p>Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p>3-ОПК-3 знать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности</p> <p><b>У-ОПК-3</b> уметь выбирать и использовать современные информационные технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности</p> <p><b>В-ОПК-3</b> владеть современными информационными технологиями и программными средствами при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности.</p>

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
<b>Профессиональное и трудовое воспитание</b>	- формирование культуры исследовательской и инженерной деятельности (В16)	Использование воспитательного потенциала по дисциплинам, предусматривающим курсовые работы (проекты) для формирования навыков владения

		эвристическими методами поиска и выбора технических решений в условиях неопределенности через специальные задания с использованием программных пакетов.
--	--	---

**5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

<b>Вид работы</b>	<b>Количество часов на вид работы:</b>	
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>		
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>64</b>	
В том числе:		
лекции (в интерактивной форме)	16	
практические занятия (в интерактивной форме)	48	
лабораторные занятия	-	
<b>Промежуточная аттестация</b>		
В том числе:		
зачет	<b>0</b>	
экзамен	-	
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>		
<b>Самостоятельная работа обучающихся(всего)</b>	<b>80</b>	
В том числе:		
проработка учебного материала	20	
подготовка отчетов по практическим работам	30	
подготовка зачету	30	
<b>Всего (часы):</b>	<b>144</b>	
<b>Всего (зачетные единицы):</b>	<b>4</b>	

## 6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

### 6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах (вносятся данные по реализуемым формам)									
		Очная форма обучения					Заочная форма обучения				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО	Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1.	<b>Аппроксимация и интерполяция.</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>0</b>		<b>15</b>					
1.1.	Проблемы, возникающие при аппроксимации функций. Интерполяционный многочлен Лагранжа.	1	4	0		10					
1.2.	Одномерные кубические сплайны. Двумерные линейные сплайны. Понятие о методе наименьших квадратов.	1	4	0		5					
2.	<b>Численное интегрирование и численное дифференцирование</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>0</b>		<b>15</b>					
2.1.	Численное интегрирование.	1	8	0		10					
2.2.	Численное дифференцирование.	1	8	0		5					
3.	<b>Решение систем линейных уравнений.</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>0</b>		<b>15</b>					
3.1.	Итерационные методы решения систем линейных уравнений.	1	4	0		10					
3.2.	Метод прогонки.	1	4	5		5					
4.	<b>Численные методы решения интегральных уравнений.</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>0</b>		<b>10</b>					
4.1.	Использование квадратурных формул для решения интегральных уравнений.	4	8	0		10					
5.	<b>Численные методы решения задачи Коши.</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>0</b>		<b>25</b>					
5.1.	Простейшие методы.	2	8	0		10					
5.2.	Общий подход к построению методов Рунге-Кутты.	2	0	0		10					
5.3.	Неявные методы и разложение в ряд Тейлора.	2	0	0		5					
	<b>Итого за 4 семестр:</b>	<b>16</b>	<b>48</b>	<b>0</b>		<b>80</b>					
	<b>Всего:</b>	<b>16</b>	<b>48</b>	<b>0</b>		<b>80</b>					

*Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия /семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся.*

## 6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

### Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	<b>Аппроксимация и интерполяция.</b>	
1.1.	Проблемы, возникающие при аппроксимации функций. Интерполяционный многочлен Лагранжа.	Проблемы, возникающие при аппроксимации функций. Построение интерполяционного многочлена Лагранжа.
1.2.	Одномерные кубические сплайны. Двумерные линейные сплайны. Понятие о методе наименьших квадратов.	Одномерные линейные и кубические сплайны. Двумерные линейные сплайны. Понятие о методе наименьших квадратов. Взвешенный метод наименьших квадратов.
2.	<b>Численное интегрирование и численное дифференцирование.</b>	
2.1.	Численное интегрирование.	Простейшие методы численного интегрирования: методы прямоугольников, трапеций и Симпсона. Квадратурные формулы Гаусса. Численное интегрирование с использованием метода Монте-Карло. Вычисление многомерных интегралов.
2.2.	Численное дифференцирование.	Разностные аппроксимации первых и вторых производных. Погрешность аппроксимации. Метод неопределенных коэффициентов.
3.	<b>Решение систем линейных уравнений.</b>	
3.1	Итерационные методы решения систем линейных уравнений.	Общий подход к построению итерационных методов решения систем линейных уравнений. Методы простой итерации и Зейделя. Методы релаксации.
3.2	Метод прогонки.	Построение правой и левой прогонки. Встречная прогонка.
4.	<b>Численные методы решения интегральных уравнений.</b>	
4.1.	Использование квадратурных формул для решения интегральных уравнений.	Сведение интегрального уравнения к системе линейных уравнений с использованием квадратурных формул. Постоянный и переменный верхние пределы.
5.	<b>Численные методы решения задачи Коши.</b>	
5.1.	Простейшие методы.	Задачи, приводящие к задаче Коши. Метод Эйлера, метод Эйлера с пересчетом.
5.2	Общий подход к построению методов Рунге-Кутты.	Методы Рунге-Кутты 2-го порядка. Общий подход к построению методов Рунге-Кутты. Применение методов Рунге-Кутты для решения системы уравнений 1-го порядка.
5.3.	Неявные методы и разложение в ряд Тейлора.	Неявные методы решения задачи Коши. Решение задачи Коши с помощью ряда Тейлора. Метод матричной экспоненты.

### Практические занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Название практической работы
1.	<b>Аппроксимация и интерполяция.</b>	
1.1.	Интерполяционный многочлен Лагранжа.	Написать на языке MATLAB программу, реализующую расчетную схему для построения интерполяционного многочлена Лагранжа. Отладить ее и провести контрольные расчеты.

1.2	Одномерные кубические сплайны. Двумерные линейные сплайны. Понятие о методе наименьших квадратов	Написать на языке MATLAB программу, реализующую расчетную схему для построения сплайнов. Отладить ее и провести контрольные расчеты.
<b>2. Решение систем линейных уравнений.</b>		
2.1.	Численное интегрирование.	Написать на языке MATLAB программу, реализующую расчетную схему для численного интегрирования. Отладить ее и провести контрольные расчеты.
2.2.	Численное дифференцирование.	Написать на языке MATLAB программу, реализующую численное дифференцирование. Отладить ее и провести контрольные расчеты.
<b>3. Простейшие разностные схемы.</b>		
3.1.	Итерационные методы решения систем линейных уравнений.	Написать на языке MATLAB программу, реализующую метод Зейделя в рамках решения систем линейных уравнений. Отладить ее и провести контрольные расчеты.
3.2.	Метод прогонки.	Написать на языке MATLAB программу, реализующую решение системы уравнений методом прогонки. Отладить ее и провести контрольные расчеты.
<b>4. Простейшие разностные схемы.</b>		
4.1.	Использование квадратурных формул для решения интегральных уравнений.	Написать на языке MATLAB программу, реализующую квадратурные формулы для решения заданных интегральных уравнений. Отладить ее и провести контрольные расчеты.
<b>5. Простейшие разностные схемы.</b>		
5.1.	Простейшие методы.	Написать на языке MATLAB программу, реализующую простейшую разностную схему. Отладить ее и провести контрольные расчеты.

## 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Не имеются.

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 8.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
<b>Текущий контроль, 4 семестр</b>			
1.	Аппроксимация и интерполяция.	УК-1	практическая работа
2.	Численное интегрирование и численное дифференцирование.	УК-1	устный опрос
3.	Решение систем линейных уравнений.	УК-2	практическая работа
4.	Численные методы решения интегральных уравнений.	УК-2	устный опрос
5.	Простейшие разностные схемы.	ОПК-1	практическая работа
<b>Промежуточный контроль, 4 семестр</b>			

Зачет	УК-1; УК-2; ОПК-1	Вопросы к зачету
Всего:		

## 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

### 8.2.1. Зачет

а) типовые вопросы:

1. Поиск корней трансцендентных уравнений. Метод деления отрезка пополам и метод хорд.
2. Поиск корней трансцендентных уравнений. Метод Ньютона. Метод секущих.
3. Поиск корней трансцендентных уравнений. Многомерный метод Ньютона.
4. Поиск корней трансцендентных уравнений. Метод парабол. Исключение уже найденных корней.
5. Метод Рыбакова поиска всех корней уравнения на заданном отрезке.
6. Поиск минимума одномерных функций. Метод «золотого сечения».
7. Поиск минимума одномерных функций. Метод парабол.
8. Поиск минимума многомерных функций. Метод покоординатного спуска.
9. Поиск минимума многомерных функций. Метод наискорейшего (градиентного) спуска.
10. Интерполяция. Построение интерполяционного полинома Лагранжа.
11. Интерполяция. Одномерные кубические сплайны.
12. Интерполяция. Одномерные и двумерные линейные сплайны.
13. Простейшие методы численного интегрирования. Методы прямоугольников, трапеций и Симпсона.
14. Метод Монте –Карло для численного интегрирования. Оценка погрешности.
15. Метод Гаусса численного интегрирования.
16. Метод Гаусса решения систем линейных уравнений.
17. Метод прогонки.
18. Численное решение интегральных уравнений.
19. Численное решение задачи Коши. Метод касательных (Эйлера).
20. Численное решение задачи Коши. Примеры методов Рунге – Кутта. Общий подход к построению методов Рунге – Кутта.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В критерии оценки знаний по зачету входят:

1. уровень освоения студентом материала, предусмотренного учебной программой;
2. полнота и правильность ответа, степень осознанности, понимания изученного материала;
3. обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;
4. ответы на дополнительные вопросы.

в) описание шкалы оценивания:

Каждому студенту задается 2 вопроса в произвольном порядке из списка вопросов к зачету.

Ответ на каждый вопрос оценивается в 20 баллов.

15-20 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- полно раскрывает содержание теоретических вопросов;

8-14 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- допустил незначительные неточности при изложении материала, не искажающие содержание ответа по существу вопроса.

1-7 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- раскрывает содержание не всех теоретических вопросов;

0 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- имеет пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине, не может дать четкого определения основных понятий;
- не может успешно продолжать дальнейшее обучение в связи с недостаточным объемом знаний.

### **8.2.2. Практическая работа №1**

a) типовые задания (вопросы) - образец:

Написать на языке MATLAB программу, реализующую расчетную схему для построения интерполяционного многочлена Лагранжа. Отладить ее и провести контрольные расчеты.

*Пример задания:*

1. В соответствии с номером варианта ( $N$ ) заполнить строку № 3 Таблицы 1.
2. Для функции, заданной таблично (строки № 3 и 4 Таблицы 1), построить полином Лагранжа. Определить интерполированное значение функции для  $x = 3$  и  $x = 4,5$  с помощью полинома Лагранжа.

Таблица 1

<b>1</b>	<b>i</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
<b>2</b>	$x_i^T$	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
<b>3</b>	$x_i$					$x_i = x_i^T + 0.1N$
<b>4</b>	$y_i$	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

7 баллов:

- правильное выполнение практической работы в соответствии с методикой, корректное применение полученных знаний на практике, своевременная сдача отчета, правильные ответы на вопросы во время защиты практической работы.

5-6 баллов:

- правильное выполнение практической работы в соответствии с методикой, хорошее знание теоретической базы, в целом верная постановка целей и задач, решение основных задач, своевременная сдача отчета.

4 баллов:

- слабое знание теории, несвоевременное выполнение работы, несвоевременная защита работы, незнание ответов на вопросы преподавателя.

0 баллов:

- невыполнение работы.

в) описание шкалы оценивания:

4-7 баллов – практическая работа зачтена;

0-3 баллов – отчет по практической работе отдается на доработку.

### **8.2.3. Практическая работа №2**

a) типовые задания (вопросы) - образец:

Написать на языке MATLAB программу, реализующую расчетную схему для построения сплайнов. Отладить ее и провести контрольные расчеты.

*Пример задания:*

Построить кубический сплайн (на 4x отрезках)

Узлы  $x_0=1; x_1=2; x_2=3; x_3=4$

$$L_i(x) = a_i + b_i(x-x_{i-1}) + c_i(x-x_{i-1})^2 + d_i(x-x_{i-1})^3, \quad i=1,2,3,4.$$

Границные условия

$$L_1''(x_0)=s_1=18; L_4''(x_4)=s_4=0$$

$$X_0 = -1+12+m = 11+m$$

$$X_1 = -8+48+2m=40+2m$$

$$X_2 = -27+12*9+3m=81+3m$$

$$X_3 = -64+12*16+4m=128+4m$$

где  $m$  – номер в списке

На каждом отрезке записать сплайн в виде

$$L(x) = kx^3 + lx^2 + mx + n$$

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

7 баллов:

- правильное выполнение практической работы в соответствии с методикой, корректное применение полученных знаний на практике, своевременная сдача отчета, правильные ответы на вопросы во время защиты практической работы.

5-6 баллов:

- правильное выполнение практической работы в соответствии с методикой, хорошее знание теоретической базы, в целом верная постановка целей и задач, решение основных задач, своевременная сдача отчета.

4 баллов:

- слабое знание теории, несвоевременное выполнение работы, несвоевременная защита работы, незнание ответов на вопросы преподавателя.

0 баллов:

- невыполнение работы.

в) описание шкалы оценивания:

4-7 баллов – практическая работа зачтена;

0-3 баллов – отчет по практической работе отдается на доработку.

#### 8.2.4. Практическая работа №3

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Написать на языке MATLAB программу, реализующую расчетную схему для численного интегрирования. Отладить ее и провести контрольные расчеты.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

8 баллов:

- правильное выполнение практической работы в соответствии с методикой, корректное применение полученных знаний на практике, своевременная сдача отчета, правильные ответы на вопросы во время защиты практической работы.

6-7 баллов:

- правильное выполнение практической работы в соответствии с методикой, хорошее знание теоретической базы, в целом верная постановка целей и задач, решение основных задач, своевременная сдача отчета.

5 баллов:

- слабое знание теории, несвоевременное выполнение работы, несвоевременная защита работы, незнание ответов на вопросы преподавателя.

0 баллов:

- невыполнение работы.

в) описание шкалы оценивания:

5-8 баллов – практическая работа зачтена;

0-4 баллов – отчет по практической работе отдается на доработку.

### **8.2.5. Практическая работа №4**

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Написать на языке MATLAB программу, реализующую численное дифференцирование. Отладить ее и провести контрольные расчеты.

*Пример задания:*

$$2x_1+x_2 = -5$$

$$x_1+10x_2-5x_3 = -18$$

$$x_2-5x_3+2x_4 = -40$$

$$x_3+4x_4 = -27$$

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

8 баллов:

- правильное выполнение практической работы в соответствии с методикой, корректное применение полученных знаний на практике, своевременная сдача отчета, правильные ответы на вопросы во время защиты практической работы.

6-7 баллов:

- правильное выполнение практической работы в соответствии с методикой, хорошее знание теоретической базы, в целом верная постановка целей и задач, решение основных задач, своевременная сдача отчета.

5 баллов:

- слабое знание теории, несвоевременное выполнение работы, несвоевременная защита работы, незнание ответов на вопросы преподавателя.

0 баллов:

- невыполнение работы.

в) описание шкалы оценивания:

5-8 баллов – практическая работа зачтена;

0-4 баллов – отчет по практической работе отдается на доработку.

### **8.2.6. Практическая работа №5**

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Написать на языке MATLAB программу, реализующую метод Зейделя в рамках решения систем линейных уравнений. Отладить ее и провести контрольные расчеты.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

7 баллов:

- правильное выполнение практической работы в соответствии с методикой, корректное применение полученных знаний на практике, своевременная сдача отчета, правильные ответы на вопросы во время защиты практической работы.

5-6 баллов:

- правильное выполнение практической работы в соответствии с методикой, хорошее знание теоретической базы, в целом верная постановка целей и задач, решение основных задач, своевременная сдача отчета.

4 баллов:

- слабое знание теории, несвоевременное выполнение работы, несвоевременная защита работы, незнание ответов на вопросы преподавателя.

0 баллов:

- невыполнение работы.

- в) описание шкалы оценивания:  
 4-7 баллов – практическая работа зачтена;  
 0-3 баллов – отчет по практической работе отдается на доработку.

### **8.2.7. Практическая работа №6**

- а) типовые задания (вопросы) - образец:

Написать на языке MATLAB программу, реализующую решение системы уравнений методом прогонки. Отладить ее и провести контрольные расчеты.

*Пример задания:*

$$\begin{aligned} 2x_1 + x_2 &= -5 \\ x_1 + 10x_2 - 5x_3 &= -18 \\ x_2 - 5x_3 + 2x_4 &= -40 \\ x_3 + 4x_4 &= -27 \end{aligned}$$

- б) критерии оценивания компетенций (результатов):

7 баллов:

- правильное выполнение практической работы в соответствии с методикой, корректное применение полученных знаний на практике, своевременная сдача отчета, правильные ответы на вопросы во время защиты практической работы.

5-6 баллов:

- правильное выполнение практической работы в соответствии с методикой, хорошее знание теоретической базы, в целом верная постановка целей и задач, решение основных задач, своевременная сдача отчета.

4 баллов:

- слабое знание теории, несвоевременное выполнение работы, несвоевременная защита работы, незнание ответов на вопросы преподавателя.

0 баллов:

- невыполнение работы.

- в) описание шкалы оценивания:

4-7 баллов – практическая работа зачтена;  
 0-3 баллов – отчет по практической работе отдается на доработку.

### **8.2.8. Практическая работа №7**

- а) типовые задания (вопросы) - образец:

Написать на языке MATLAB программу, реализующую квадратурные формулы для решения заданных интегральных уравнений. Отладить ее и провести контрольные расчеты.

*Пример задания:*

Решить с помощью метода Галеркина краевую задачу.

$$\frac{d^2y(x)}{dx^2} + y(x) = f(x)$$

$$y(-1) = 0$$

$$y(1) = 0$$

$$f(x) = a - 12ax^2 - ax^4$$

Использовать функции

$$U_1(x) = 1 - x^2$$

$$U_2(x) = x^2 - x^4$$

Результат сравнить с точным решением.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

7-8 баллов:

- правильное выполнение практической работы в соответствии с методикой, корректное применение полученных знаний на практике, своевременная сдача отчета, правильные ответы на вопросы во время защиты практической работы.

5-6 баллов:

- правильное выполнение практической работы в соответствии с методикой, хорошее знание теоретической базы, в целом верная постановка целей и задач, решение основных задач, своевременная сдача отчета.

4 баллов:

- слабое знание теории, несвоевременное выполнение работы, несвоевременная защита работы, незнание ответов на вопросы преподавателя.

0 баллов:

- невыполнение работы.

в) описание шкалы оценивания:

4-8 баллов – практическая работа зачтена;

0-3 баллов – отчет по практической работе отдается на доработку.

### 8.2.9. Практическая работа №8

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Написать на языке MATLAB метод итерации источника для решения задачи Коши. Отладить программу и провести контрольные.

*Пример задания:*

Решить задачу Коши

$$y'(x) = f(y(x), x) = -ay(x) + e^{bx}$$

$$u(0) = 0$$

$$x \in [0, 1] \quad h = 0.2$$

Использовать сначала разложение в ряд Тейлора до 2-й производной.

Затем использовать сначала разложение в ряд Тейлора до 3-й производной.

Сравнить результаты между собой и с точным решением.

**Точное решение**

$$y(x) = (1/(a+b)) [e^{bx} - e^{-ax}]$$

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

8 баллов:

- правильное выполнение практической работы в соответствии с методикой, корректное применение полученных знаний на практике, своевременная сдача отчета, правильные ответы на вопросы во время защиты практической работы.

6-7 баллов:

- правильное выполнение практической работы в соответствии с методикой, хорошее знание теоретической базы, в целом верная постановка целей и задач, решение основных задач, своевременная сдача отчета.

5 баллов:

- слабое знание теории, несвоевременное выполнение работы, несвоевременная защита работы, незнание ответов на вопросы преподавателя.

0 баллов:

- невыполнение работы.

в) описание шкалы оценивания:

5-8 баллов – практическая работа зачтена;

0-4 баллов – отчет по практической работе отдается на доработку.

### **8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка №1 и контрольная точка № 2.

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

#### **4 Семестр**

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	<b>Контрольная точка № 1</b>		
	Практическая работа №1	4	7
	Практическая работа №2	4	7
	Практическая работа №3	5	8
	Практическая работа №4	5	8
	<b>Контрольная точка № 2</b>		
	Практическая работа №5	4	7
	Практическая работа №6	4	7
	Практическая работа №7	4	8
	Практическая работа №8	5	8
Промежуточный	<b>Зачет</b>		
	Вопросы к зачету	25	40
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		60	100

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

Устный опрос проводится на каждом занятии и затрагивает как тематику прошедшего занятия, так и лекционный материал. Применяется групповое оценивание ответа или оценивание преподавателем.

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в виде экзамена, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Экзамен предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения

дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний и умений приводить примеры практического использования знаний (например, применять их в решении практических задач), приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления.

Оценка сформированности компетенций на экзамене для тех обучающихся, которые пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций во время изучения дисциплины, проводится после индивидуального собеседования с преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на экзамене.

#### **8.4. Шкала оценки образовательных достижений**

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных обучающимся при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

<i>Сумма баллов</i>	<i>Оценка по 4-х балльной шкале</i>	<i>Оценка ECTS</i>	<i>Требования к уровню освоения учебной дисциплины</i>
<b>90-100</b>	5- «отлично»/ «зачтено»	A	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко иочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы
<b>85-89</b>	4 - «хорошо»/ «зачтено»	B	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
<b>75-84</b>		C	
<b>70-74</b>		D	
<b>65-69</b>		E	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
<b>60-64</b>	3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»		
<b>0-59</b>	2 - «неудовлетворительно»/ «не засчитано»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут

			продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине
--	--	--	--

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### a) основная учебная литература:

1. Б. П. Демидович, И. А. Марон. Основы вычислительной математики. ЛАНЬ, Москва, 2011.
2. Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков. Численные методы в задачах и упражнениях. ЛАНЬ, Москва, 2010.
3. Г.И. Марчук. Методы вычислительной математики. ЛАНЬ, Москва, 2009.
4. Численные методы: Учеб. пособие для вузов / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. - 2-е изд. - М.: Наука. Физматлит: Лаборатория Базовых Знаний; СПб. : Невский Диалект, 2002. - 632 с.

### б) дополнительная учебная литература:

1. Н.Н. Калиткин. Численные методы. Наука, Москва, 1978.
2. У.Г. Пирумов. Численные методы. Дрофа, Москва, 2003.
3. Л.И. Турчак, П.В.Плотников. Основы численных методов. Физматлит. Москва, 2002 г.

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Научная электронная библиотека [Электронный ресурс] URL: <http://elibrary.ru> (Дата обращения: 10.05.2020).
2. Библиотека численного анализа НИВЦ МГУ: [Электронный ресурс] URL: [http://num-anal.srcc.msu.ru/lib\\_na/libnal.htm](http://num-anal.srcc.msu.ru/lib_na/libnal.htm) (Дата обращения: 10.05.2020).
3. Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ": [Электронный ресурс] URL: [www.library.mephi.ru](http://www.library.mephi.ru) (Дата обращения: 10.05.2020).

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации.
Практические занятия	При подготовке к практическим работам следует ознакомиться с основами программирования в среде MATLAB (OCTAVE). При защите практических работ важно детально разбираться в теоретических основах применяемых для решения конкретных дифференциальных уравнений.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, материал практических занятий, рекомендуемую литературу и интернет источники. Важно добиться понимания изучаемой дисциплины.

## **12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)**

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешенном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- 1) Создание и управление классами,
- 2) Создание курсов,
- 3) Организация записи учащихся на курс,
- 4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- 5) Публикация заданий для учеников,
- 6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
- 7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

### **12.1. Перечень информационных технологий**

- Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
- Интерактивное общение с помощью программы meeet.

### **12.2. Перечень программного обеспечения**

- Компилятор языка программирования MATLAB.

## **13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Лекционные занятия:

Учебная аудитория на 20 мест с мультимедийным оборудованием, программное обеспечение для компьютерных презентаций. Доска.

Практические занятия:

Учебная аудитория на 20 рабочих мест.

## **14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ**

### **14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

№ пп	Наименование темы дисциплины	Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий

1.	Проблемы, возникающие при аппроксимации функций. Интерполяционный многочлен Лагранжа	лекции	1	лекция-беседа
2.	Одномерные кубические сплайны. Двумерные линейные сплайны. Понятие о методе Устный опрос наименьших квадратов.	лекции	1	лекция-беседа
3.	Численное интегрирование.	лекции	1	лекция-беседа
4.	Численное дифференцирование.	лекции	1	лекция-беседа
5.	Итерационные методы решения систем линейных уравнений.	лекции	1	лекция-беседа
6.	Метод прогонки.	лекции	1	лекция-беседа
7.	Использование квадратурных формул для решения интегральных уравнений.	лекции	4	лекция-беседа
8.	Простейшие методы.	лекции	2	лекция-беседа, мозговой штурм
9.	Общий подход к построению методов Рунге-Кутты.	лекции	2	лекция-беседа, мозговой штурм
10.	Неявные методы и разложение в ряд Тейлора.	лекции	2	лекция-беседа, мозговой штурм

**14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки**

**Темы для самостоятельного изучения:**

1. Поиск корней трансцендентных уравнений. Многомерный метод Ньютона.
2. Интерполяция. Двухмерные кубические сплайны.
3. Численное решение интегральных уравнений.
4. Поиск минимума одномерных функций. Метод «золотого сечения».
5. Метод Галеркина решения краевых задач.

**15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-

44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

**Для лиц с нарушением слуха** возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а так же, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае обучающийся предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

**Для лиц с нарушением зрения** допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а так же использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

**Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата** не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия обучающийся может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия обучающийся должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем обучающийся в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут

входить в состав РПД на правах отдельного документа.

**Программу составил (а) (и):**

\_\_\_\_\_ В.В. Колесов, к.ф.-м.н., доцент отд. ЯФиТ

**Рецензент (ы):**

\_\_\_\_\_ Ю.А. Казанский, д.ф.-м.н., профессор отд. ЯФиТ

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа рассмотрена на заседании отделения ЯФиТ (протокол № ____ от « ____ » 20 ____ г.)	Начальник отделения ЯФиТ « ____ » 20 ____ г. ____ Д.С.Самохин
Программа рассмотрена на заседании отделения биотехнологий (протокол № ____ от « ____ » 20 ____ г.)	Руководитель образовательной программы 03.03.02 Физика « ____ » 20 ____ г. ____ Ю.Н. Анохин  Начальник отделения биотехнологий « ____ » 20 ____ г. ____ А.А.Котляров

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа дисциплины разработана в отделении биотехнологий ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Рассмотрена на заседании отделения биотехнологий и рекомендована к одобрению Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ  (протокол № <u>9/1</u> от « <u>21</u> » <u>04</u> <u>2023</u> г.)	Начальник отделения биотехнологий ИАТЭ НИЯУ МИФИ  A.A. Котляров
---	--

