

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 07.04.2025 16:53:15 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322323	МИНОВЕР НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Рабочая программа дисциплины "Численные методы и математическое моделирование" по направлению подготовки (специальности) 03.03.02 "Физика" направленности (профилю) Фундаментальная физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
--	--	---	--------

**Рабочая программа дисциплины (модуля)\***  
**Численные методы и математическое моделирование**

Направление подготовки (специальность)

03.03.02 Физика

Направленность (профиль)

Фундаментальная физика

Присваиваемая квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2023

\*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2023 г.



## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
  - 6.1. Перечень видов оценочных средств
  - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
  - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
  - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
  - 7.1. Рекомендуемая литература
  - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
  - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является формирование у студентов знаний численных методов и навыков решения задач, возникающих в процессе практической и исследовательской деятельности, путем построения и изучения соответствующих математических моделей.

Основные задачи дисциплины:

- Изучение основных понятий, применяемых при построении и изучении численных моделей.
- Изучение основных численных методов.
- Знакомство с важнейшими методами математического моделирования.

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

ОПК-3.1. Имеет представление об основных существующих информационных технологиях, используемых при решении профессиональных задач.

ОПК-3.2. Демонстрирует умения использовать существующие информационные технологии при решении задач профессиональной деятельности.

ОПК-3.3. Имеет практический опыт использования существующих информационных технологий при решении задач профессиональной деятельности.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: К.М.01.03

#### 2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Программирование для физиков, радиофизиков и инженеров

Линейная алгебра

#### 2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Численные методы физики

Решение прикладных задач на ЭВМ

Методы математической физики

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Научно-исследовательская работа

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**ОПК-3: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности**

#### Знать:

Для достижения ОПК-3.1: стандартные методы решения профессиональных задач на основе информационных технологий; основные понятия, применяемые при построении и изучении численных моделей; основные численные методы; основные подходы математического моделирования

#### Уметь:

Для достижения ОПК-3.2: применять методы решения профессиональных задач, используя информационные технологии; решать типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения; подбирать математический аппарат для решения конкретной физической задачи

#### Владеть:

Для достижения ОПК-3.3: владеть навыками применения средств разработки информационных систем, математических моделей и использования компьютера для решения профессиональных задач; навыками использования теоретических основ базовых разделов математики при решении конкретных физических задач

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

3.1 Знать:



3.1.1 основные понятия, применяемые при построении и изучении численных моделей; основные численные методы; основные подходы математического моделирования

**3.2 Уметь:**

3.2.1 решать типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения; подбирать математический аппарат для решения конкретной физической задачи;

**3.3 Владеть:**

3.3.1 навыками использования теоретических основ базовых разделов математики при решении конкретных физических задач

**4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Общая трудоемкость	<b>5 ЗЕТ</b>
Часов по учебному плану : 180 в том числе : аудиторные занятия : 88 самостоятельная работа : 42,9 часов на контроль : 36 контактная работа: 101,1 ИКР: 13,1	Виды контроля в семестрах:  экзамены 3 зачеты 2

**5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
<b>Раздел 1. Введение, математические модели</b>				
1.1	Понятие и свойства математических моделей. Приближенные числа, погрешности. Вычисление значений погрешностей арифметических операций и простейших функций. /Лек/	2	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.2	Понятие погрешности /Лаб/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.3	Погрешности результатов арифметических операций /Лаб/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.4	Погрешности функций /Лаб/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.5	Понятие и свойства математических моделей. Приближенные числа, погрешности. Вычисление значений погрешностей арифметических операций и простейших функций. /Ср/	2	12,3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 2. Методы решения уравнений и поиск экстремума</b>				
2.1	Вычислительные методы линейной алгебры. Прямые и итерационные процессы. Задачи на собственные значения. Поиск корней нелинейных уравнений. Итерационные методы. Метод Ньютона. Отделение корней. Комплексные корни. Решение систем уравнений. Поиск экстремума, одномерная и многомерная оптимизация. /Лек/	2	12	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.2	Решение СЛАУ методом Гаусса /Лаб/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.3	Вычисление определителя и обратной матрицы /Лаб/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.4	Метод прогонки /Лаб/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



Рабочая программа дисциплины "Численные методы и математическое моделирование" по направлению подготовки (специальности) 03.03.02 "Физика" направленности (профилю) Фундаментальная физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»				стр. 5
2.5	Итерационные методы решения СЛАУ /Лаб/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.6	Итерационные методы решения частичной проблемы собственных значений /Лаб/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.7	Решения полной проблемы определения собственных значений /Лаб/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.8	Вычислительные методы линейной алгебры. Прямые и итерационные процессы. Задачи на собственные значения. Поиск корней нелинейных уравнений. Итерационные методы. Метод Ньютона. Отделение корней. Комплексные корни. Решение систем уравнений. Поиск экстремума, одномерная и многомерная оптимизация. /Ср/	2	20	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 3. Интерполяция и приближение функций</b>				
3.1	Интерполяционные полиномы. Наилучшее приближение. Среднеквадратичное приближение. Равномерное приближение. Ортогональные многочлены. Сплайн интерполяция. Быстрое преобразование Фурье. /Лек/	3	10	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.2	Решение нелинейных алгебраических уравнений методом простой итерации и методом деления отрезка пополам /Лаб/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.3	Решение нелинейных алгебраических уравнений методом Ньютона и методом секущих /Лаб/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.4	Решение систем нелинейных алгебраических уравнений /Лаб/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.5	Интерполяционные полиномы. Наилучшее приближение. Среднеквадратичное приближение. Равномерное приближение. Ортогональные многочлены. Сплайн интерполяция. Быстрое преобразование Фурье. /Ср/	3	3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 4. Численное интегрирование и дифференцирование</b>				
4.1	Квадратурные формулы. Метод Ньютона-Котеса. Метод Гаусса. Формула средних. Численное интегрирование быстро осциллирующих функций. Методы вычисления многомерных интегралов. Методы Монте-Карло. /Лек/	3	14	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.2	Формула Лагранжа /Лаб/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.3	Наилучшее приближение /Лаб/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.4	Вычисление определенных интегралов /Лаб/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.5	Метод Эйлера /Лаб/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.6	Квадратурные формулы. Метод Ньютона-Котеса. Метод Гаусса. Формула средних. Численное интегрирование быстро осциллирующих функций. Методы вычисления многомерных интегралов. Методы Монте-Карло. /Ср/	3	3,6	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 5. Численное решение дифференциальных уравнений</b>				



5.1	Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Интегрирование уравнений второго и высших порядков. Численные методы решения краевой задачи и задач на собственные значения для обыкновенных дифференциальных уравнений. Вычислительные методы решения краевых задач математической физики. Разностные схемы. Аппроксимация. Устойчивость. Сходимость. Вариационно- разностные методы, метод конечных элементов. Обработка экспериментальных данных. /Лек/	3	10	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
5.2	Метод Рунге-Кутта /Лаб/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
5.3	Метод Адамса /Лаб/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
5.4	Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Интегрирование уравнений второго и высших порядков. Численные методы решения краевой задачи и задач на собственные значения для обыкновенных дифференциальных уравнений. Вычислительные методы решения краевых задач математической физики. Разностные схемы. Аппроксимация. Устойчивость. Сходимость. Вариационно- разностные методы, метод конечных элементов. Обработка экспериментальных данных. /Ср/	3	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 6. Иная контактная работа</b>				
6.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	2	3,7	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
6.2	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	3	9,4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 6.1. Перечень видов оценочных средств

Отчеты по заданиям к лабораторным работам  
Контрольная работа  
Вопросы к зачету  
Вопросы к экзамену

### 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Задания к лабораторным занятиям

Лабораторная работа № 1. Понятие погрешности.

1. Округляя указанные в варианте задания числа до трех значащих цифр, определить абсолютную и относительную погрешности полученных приближенных чисел.
2. Определить абсолютную погрешность чисел, указанных в варианте задания по их относительным погрешностям.
3. Определить относительную погрешность значений углов, указанных в варианте задания, полагая их абсолютную погрешность равной 1".
4. Определить количество верных цифр в числах, указанных в варианте задания, по их абсолютной погрешности.
5. Определить количество верных цифр в числах, указанных в варианте задания, по их относительной погрешности.

Лабораторная работа № 2. Погрешности результатов арифметических операций.

1. Вычислить суммы чисел  $a_1, b_1, c_1$ , приведенных в варианте задания, и определить их абсолютную и относительную погрешности. Считать все значащие цифры исходных чисел верными.
2. Вычислить произведения чисел  $a_2, b_2, c_2$ , приведенных в варианте задания, и определить их абсолютную и относительную погрешности. Считать все значащие цифры исходных чисел верными.
3. Вычислить частное чисел  $a_3$  и  $b_3$ , приведенных в варианте задания, и определить абсолютную и



относительную погрешности результатов. Считать все значащие цифры исходных чисел верными.

4. Вычислить приближенные значения выражений, приведенных в табл. 1, номера которых указаны в варианте задания, используя значения параметров  $a_4$ ,  $b_4$ ,  $c_4$  и  $d_4$ . Определить абсолютные и относительные погрешности полученных результатов. Считать все значащие цифры исходных чисел верными.

Лабораторная работа № 3. Погрешности функций

1. Углы  $\alpha$  измерены с абсолютной погрешностью  $\Delta\alpha$ . Определить значения, абсолютную и относительную погрешности функций  $u(\alpha)$ , указанных в варианте задания. В полученных значениях функций сохранить только верные значащие цифры.
2. Вычислить значения функций  $f(x)$ , указанных в варианте задания, для заданного значения аргумента  $x$ . Определить абсолютную и относительную погрешности результатов. Считать все значащие цифры аргумента верными. В полученном значении функции сохранить только верные значащие цифры.
3. Вычислить значения функций  $u(x,y,z)$ , указанных в варианте задания, для заданных значений аргументов  $x$ ,  $y$  и  $z$ . Определить абсолютную и относительную погрешности результатов. Считать все значащие цифры аргументов верными. В полученном значении функции сохранить только верные значащие цифры.

Лабораторная работа № 4. Решение СЛАУ методом Гаусса.

1. Решить указанную в варианте задания систему линейных алгебраических уравнений методом Гаусса с выбором главного элемента в столбце.
2. Проверить правильность решения путем подстановки полученных значений корней в исходные уравнения.

Лабораторная работа № 5. Вычисление определителя и обратной матрицы.

1. Вычислить определитель и обратную матрицу для указанной в варианте задания матрицы методом Гаусса с выбором главного элемента в столбце.
2. Проверить правильность решения.

Лабораторная работа № 6. Метод прогонки.

1. Решить указанную в варианте задания систему линейных алгебраических уравнений методом прогонки.
2. Проверить правильность решения путем подстановки полученных значений корней в исходные уравнения.

Лабораторная работа № 7. Итерационные методы решения СЛАУ.

1. Используя метод простой итерации и метод Зейделя, вычислить значения корней СЛАУ с абсолютной погрешностью  $|\epsilon| \leq 1 \cdot 10^{-4}$ .
2. Проверить правильность решения путем подстановки полученных значений корней в исходные уравнения.

Лабораторная работа № 8. Итерационные методы решения частичной проблемы собственных значений.

1. Используя итерационный метод, вычислить максимальное собственное значение и соответствующий ему собственный вектор матрицы, указанной в варианте задания, с абсолютной погрешностью  $\Delta \leq 1 \cdot 10^{-5}$ .
2. Проверить правильность полученного решения.

Лабораторная работа № 9. Решения полной проблемы определения собственных значений.

1. Используя метод Данилевского, вычислить все собственные значения матрицы, указанной в варианте задания.
2. Проверить правильность полученного решения.

Лабораторная работа № 10. Решение нелинейных алгебраических уравнений методом простой итерации и методом деления отрезка пополам.

1. Выполнить отделение корней уравнений.
2. Решить указанные в варианте задания алгебраические уравнения методом деления отрезка пополам и методом простой итерации.
3. Проверить условия сходимости методов.
4. Проверить правильность решения путем подстановки полученных значений корней в исходные уравнения.

Лабораторная работа № 11. Решение нелинейных алгебраических уравнений методом Ньютона и методом секущих.

1. Выполнить отделение корней уравнений.
2. Решить указанные в варианте задания алгебраические уравнения методом Ньютона и методом секущих.
3. Проверить условия сходимости методов.
4. Проверить правильность решения путем подстановки полученных значений корней в исходные уравнения.



Лабораторная работа № 12. Решение систем нелинейных алгебраических уравнений.

1. Выполнить отделение корней уравнений.
2. Решить указанную в варианте задания систему алгебраических уравнений методом Ньютона и методом простой итерации.
3. Проверить условия сходимости методов.
4. Проверить правильность решения путем подстановки полученных значений корней в исходные уравнения.

Лабораторная работа № 13. Формула Лагранжа.

1. Для указанной в варианте задания таблицы функции построить интерполяционный многочлен Лагранжа.
2. Вычислить с помощью полученного многочлена значения функции для указанных значений аргумента.
3. Проверить правильность вычисления параметров многочлена.

Лабораторная работа № 14. Наилучшее приближение.

1. Для таблицы функции, указанной в варианте задания, с использованием метода наименьших квадратов построить наилучшее приближение многочленами 2-й и 3-й степеней.
2. Вычислить значения функции для указанных в варианте задания значений аргументов.
3. Построить графики полученных многочленов и указать на этих графиках точки, соответствующие табличным значениям функции.

Лабораторная работа № 15. Вычисление определенных интегралов.

1. Используя составные формулы трапеций и Симпсона при  $n=16$  вычислить и сравнить значения определенных интегралов, указанных в варианте задания.
2. Проверить правильность полученных значений, вычислив интеграл с помощью формулы Ньютона-Лейбница.

Лабораторная работа № 16. Метод Эйлера

1. Применяя метод Эйлера, численно решить указанные в варианте задания дифференциальные уравнения с данными начальными условиями на заданном отрезке с шагом  $h$  и  $h/2$  при указанных значениях параметров.
2. Применяя метод Эйлера, численно решить системы дифференциальных уравнений, указанные в варианте заданий, с данными начальными условиями на отрезке  $[0,1]$  для значений шага  $h=0,05$  и  $h/2=0,025$ .

Лабораторная работа № 17. Метод Рунге-Кутты

1. Используя расчетные формулы метода Рунге-Кутты, численно решить систему дифференциальных уравнений, указанную в варианте задания, с данными начальными условиями на отрезке  $[0,1]$  для значений шага  $h=0,05$  и  $h/2=0,025$ .
2. Проверить полученные результаты.

Лабораторная работа № 18. Метод Адамса.

1. Используя метод Адамса построить численное решение задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений.
2. Проверить правильность полученного решения.

Пример варианта контрольной работы

1. Дать определение математической модели.
2. Записать формулы для вычисления погрешности функций одной и нескольких переменных.
3. Изложить порядок вычисления определителя методом Гаусса.
4. Какие преобразования матриц называются эквивалентными? Привести пример эквивалентного преобразования.
5. Записать условия сходимости метода Ньютона для нелинейного уравнения.

### 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Вопросы к зачету

1. Математические модели и их свойства. \*
2. Источники и классификация погрешности. \*
3. Абсолютная и относительная погрешности. \*
4. Верные значащие цифры.
5. Погрешности арифметических операций.
6. Погрешность функции одной и нескольких переменных.
7. Прямые методы решения СЛАУ. Метод исключения Гаусса. Метод Гаусса с выбором главного элемента. \*
8. Вычисление определителя. Вычисление обратной матрицы. \*
9. Метод прогонки. \*



10. Понятие нормы. Основные нормы векторов и матриц.
11. Метод простой итерации. Условия сходимости метода. \* Метод Зейделя.
12. Точное решение полной задачи на собственные значения, преобразования подобия, метод Данилевского. \*
13. Нахождения наибольшего по модулю собственного значения матрицы и соответствующего собственного вектора. \*
14. Отделение корней нелинейного уравнения. \*
15. Метод деления отрезка пополам, сходимость метода.
16. Метод простых итераций, сходимость метода. \*
17. Метод Ньютона. Сходимости метода Ньютона. \*
18. Метод секущих.
19. Метод Ньютона для системы нелинейных уравнений. \*
20. Метод простых итераций.
21. Поиск экстремума. Метод градиентного спуска. \*

Примечание: \*отмечены вопросы, входящие в список вопросов «теоретического минимума».

#### Вопросы к экзамену

1. Математические модели и их свойства. \*
2. Прямые методы решения СЛАУ. Метод исключения Гаусса. Метод Гаусса с выбором главного элемента. \*
3. Вычисление определителя. Вычисление обратной матрицы. \*
4. Метод прогонки. \*
5. Понятие нормы. Основные нормы векторов и матриц.
6. Метод простой итерации. Условия сходимости метода. \* Метод Зейделя.
7. Точное решение полной задачи на собственные значения, преобразования подобия, метод Данилевского. \*
8. Нахождения наибольшего по модулю собственного значения матрицы и соответствующего собственного вектора. \*
9. Отделение корней нелинейного уравнения. \*
10. Метод деления отрезка пополам, сходимость метода.
11. Метод простых итераций, сходимость метода. \*
12. Метод Ньютона. Сходимости метода Ньютона. \*
13. Метод секущих.
14. Метод Ньютона для системы нелинейных уравнений. \*
15. Метод простых итераций.
16. Поиск экстремума. Метод градиентного спуска. \*
17. Постановка задачи приближения функций. Аппроксимирующая функция. \* Обобщенные многочлены и базисные функции.
18. Интерполяция. Интерполяция обобщенными многочленами. Матрица Грама. Линейная зависимость системы функций. \*
19. Полиномиальная интерполяция. Интерполяционная формула Лагранжа. \* Единственность многочлена Лагранжа.
20. Остаточный член интерполяционной формулы Лагранжа. \*
21. Конечные разности.
22. Разделенные разности. Интерполяционный полином Ньютона. \*
23. Сходимость интерполяционного процесса. Оптимальный выбор расположения узлов интерполяции. Формулировка теоремы Фабера.
24. Кусочно-полиномиальная интерполяция (движущимся полиномом, кусочно-линейная интерполяция)
25. Интерполяция сплайнами. Построение кубического сплайна. \*
26. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое дискретное преобразование Фурье.
27. Наилучшее приближение. Среднеквадратичное приближение. \*
28. Приближение алгебраическими многочленами.
29. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. \*
30. Формулы трапеций и Симпсона. \*
31. Составные формулы трапеций и Симпсона. Оценка остаточного члена. \*
32. Простая и составная формула средних. \* Оценка остаточного члена.
33. Квадратурные формулы Гаусса. \*
34. Интегрирование быстро осциллирующих функций. Метод Филона. \*
35. Метод ячеек вычисления кратного интеграла. Оценка погрешности составной формулы. \*
36. Вычисления кратного интеграла последовательным интегрированием.
37. Вычисление определенного интеграла методом Монте-Карло.
38. Разностная аппроксимация производных. Оценка погрешности аппроксимации.
39. Некорректность операции численного дифференцирования. \*



40. Численное дифференцирование с применением интерполяционных формул.
41. Сеточные методы решения задачи Коши для ОДУ. Понятие сходимости и погрешности метода. \*
42. Метод Эйлера и симметричная схема. Погрешности методов. \*
43. Методы Рунге-Кутты. Вывод формул для метода Рунге-Кутты 2-го порядка точности. \*
44. Многошаговые методы и методы Адамса. Погрешность аппроксимации методов Адамса и вывод расчетных формул для двухшагового метода. \*
45. Краевая задача для линейного ОДУ второго порядка. Метод стрельбы. \*
46. Разностный метод для линейных уравнений и его сходимость. \*
47. Разностный метод для нелинейных уравнений и его сходимость.
48. Поиск решения разностной задачи. \*
49. Метод Галеркина построения приближенного решения краевой задачи.
50. Метод коллокации. \*

Примечание: \* отмечены вопросы, входящие в список вопросов «теоретического минимума».

#### 6.4. Критерии оценивания

При итоговом контроле знаний во втором семестре оценка «зачтено» ставится по результатам работы в семестре на основе использования балльно-рейтинговой системы оценки деятельности студентов. Балльно-рейтинговая система базируется на учете следующих основных критериев:

- Степень освоения теоретического материала, которая определяется по результатам выполнения студентами контрольных работ. Контрольные работы предусматривают проверку знаний, в соответствии с перечнем вопросов, приведенных в разделе 6. Предусматривается проведение двух контрольных работ с общей максимальной оценкой 10 баллов.
  - Достигнутый уровень практических навыков, определяемый по результатам самостоятельного выполнения заданий к лабораторным работам с общей максимальной оценкой 81 балл.
  - Посещаемость лекционных и лабораторных занятий с общей максимальной оценкой 9 баллов.
- Максимальная оценка, которую может получить студент при выполнении всех заданий, составляет 100 баллов. Оценка «зачтено» выставляется при наборе 61 балла.

При использовании балльно-рейтинговой системы в третьем семестре применяются те же критерии, что и во втором, однако больший вес придается теоретическим знаниям студента. Предусматривается проведение 2 контрольных работ с общей максимальной оценкой 40 баллов. Посещаемость лекционных и практических занятий обеспечивает максимально 13 баллов и выполнение заданий к лабораторным работам – 47 баллов. Максимальная оценка за одну лабораторную работу может достигать 5 баллов.

Для получения отличной оценки на экзамене (3 семестр) студент должен продемонстрировать глубокие знания изученного теоретического материала, самостоятельно выбирать оптимальные методы решения и показывать хорошие навыки решения практических задач. При использовании балльно-рейтинговой системы отличная оценка ставится при наборе более 91 балла. Для получения хорошей оценки студент должен продемонстрировать знания основного теоретического материала, а также показать навыки решения практических задач. При использовании балльно-рейтинговой системы хорошая оценка ставится при наборе от 74 до 90 баллов.

Для получения удовлетворительной оценки студент должен продемонстрировать знания основных тем изученного теоретического материала, а также навыки решения простых практических задач. При использовании балльно-рейтинговой системы удовлетворительная оценка ставится при наборе от 51 до 73 баллов.

Для получения неудовлетворительной оценки студент должен продемонстрировать значительные пробелы в знаниях основных тем изученного теоретического материала, а также недостаточные навыки решения простых практических задач. При использовании балльно-рейтинговой системы неудовлетворительная оценка ставится при наборе менее 51 балла. При получении неудовлетворительной оценки студент сдает экзамен в обычном порядке. При успешной сдаче экзамена студент может получить дополнительно до 20 баллов.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л1.1	Копченова Н. В., Марон И. А.	Вычислительная математика в примерах и задачах ( <a href="https://e.lanbook.com/book/171859">https://e.lanbook.com/book/171859</a> )	Санкт-Петербург : Лань, 2021	ЭБС
Л1.2	Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченова Н. В.	Вычислительные методы ( <a href="https://e.lanbook.com/book/211463">https://e.lanbook.com/book/211463</a> )	Санкт-Петербург : Лань, 2022	ЭБС



	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л1.3	Волков Е. А.	Численные методы ( <a href="https://e.lanbook.com/book/254663">https://e.lanbook.com/book/254663</a> )	Санкт- Петербург : Лань, 2022	ЭБС

#### 7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л2.1	Бахвалов Н. С., Овчинникова И. М., Шикин Е. В.	Численные методы: анализ, алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения: монография ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=456941">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=456941</a> )	Москва : Наука, 1975	ЭБС
Л2.2	Киреев В. И., Пантелеев А. В.	Численные методы в примерах и задачах ( <a href="https://e.lanbook.com/book/212063">https://e.lanbook.com/book/212063</a> )	Санкт- Петербург : Лань, 2022	ЭБС

#### 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Лань [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Лань. – URL: <a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>
Э2	Университетская библиотека онлайн [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / ООО Директмедиа Паблишинг. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
Э3	Юрайт [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Юрайт. – URL: <a href="https://biblio-online.ru">https://biblio-online.ru</a>
Э4	Znanium.com [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / Научно-издательский центр ИНФРА-М. – URL: <a href="http://znanium.com/">http://znanium.com/</a>
Э5	eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. – URL: <a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a>

#### 7.3 Перечень информационных технологий

##### 7.3.1 Программное обеспечение

MS Office365

PascalABC

Adobe Reader

LMS Moodle

Adobe Connect Acrobat

##### 7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. Электронный каталог научной библиотеки ЧелГУ [Электронный ресурс] : база данных / Челяб. гос. ун-т. – URL: <http://library.csu.ru/ru/> - Челябинск, 1992.
2. APS JOURNALS. Physical Review Letters, Physical Review X, Physical Review, and Reviews of Modern Physics : журналы American Physical Society : сайт. – URL: <http://journals.aps.org/about> – Яз. англ. – Режим доступа: только из сети университета. – Текст : электронный.
3. Web of Science : мультидисциплинарная реферативная база данных / компания Thomson Reuters. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.
4. Scopus : реферативная база данных / Elsevier BV. – URL: <http://www.scopus.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.
5. Springer Link : [сайт]. – URL: <http://link.springer.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

#### 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Для обеспечения тематической иллюстрации занятий лекционного типа в образовательном процессе используются цифровые образовательные ресурсы (мультимедийные презентации). Для проведения занятий лекционного типа используется переносное и/или стационарное мультимедийное оборудование (экран, ноутбук, проектор, колонки) в аудиториях 1-го корпуса ЧелГУ.



Лабораторные занятия проходят в учебной лаборатории общей и прикладной физики кафедры общей и теоретической физики (аудитория 222), оснащенной персональными компьютерами, мультимедийной аппаратурой.

Используются аудитория №205 - читальный зал №3 (учебный корпус №1) и аудитория №206 - электронный читальный зал (специализированный медицентр) (учебный корпус №1) для самостоятельной работы студента, оснащенные персональными компьютерами, мультимедийной аппаратурой. В аудиториях обеспечен доступ к различной справочной литературе, энциклопедиям, библиографическим и полнотекстовым базам данных, информационным ресурсам «Интернет».

#### 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Освоение содержания учебной дисциплины осуществляется на лекциях, лабораторных занятиях и в процессе самостоятельной учебной деятельности студентов.

Лекционные занятия обеспечивают теоретическое изучение дисциплины. Основными методами обучения являются информационно-объяснительный и проблемный. На лекциях излагается основное содержание тем программы, проводится анализ основных понятий и рассматриваются примеры.

Лекционный материал является важным, но не единственным для усвоения учебной дисциплины. Его обязательно необходимо дополнить материалом основной и дополнительной литературы по теме.

Лабораторные занятия служат для закрепления теоретических основ, излагаемых в лекциях. Для проведения текущего и промежуточного контроля проводятся контрольные работы и защиты отчетов по заданиям к лабораторным работам. Система контрольных мероприятий должна обеспечивать объективную оценку знаний и навыков студентов, способствовать повышению эффективности всех видов учебных занятий, включая и самостоятельную работу.

Важным моментом при изучении любой дисциплины является организация самостоятельной работы. При освоении материала не следует стремиться к механическому запоминанию приведенных определений, формулировок и положений, если требования к Вам прямо не указывают на это. Вполне эффективной может оказаться попытка понять суть явления, выработать свое отношение к нему, опираясь на материал, содержащийся в рекомендованной литературе. Также рекомендуется равномерно распределять нагрузку самостоятельного обучения в течение семестра.

В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (вебинары), чаты, видео-конференции и др.) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, MS Office365, форумы, электронная почта и др.).

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды.

#### 10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и голо информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося.

1. Мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения: портативный компьютер с вводом/выводом шрифтом Брайля с синтезатором речи «EIBraile-W14J G2»; ноутбуки с программной экранной доступности NVDA; электронные увеличители для удаленного просмотра; видеоувеличители портативные; тифлоплеер; цифровые диктофоны.

2. Мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями слуха: система свободного звукового поля со встроенной совместимостью с FM-устройствами; радиоклассы «Сонет-PCM» с передатчиком, заушным индуктором и индукционной петлей; система информационная для слабослышащих переносная «Исток» А2 со встроенным плеером – звуковым информатором; документ-камера; программируемые слуховые аппараты индивидуального пользования.



3. Ассистивные информационные технологии: программное обеспечение экранного доступа с синтезом речи NVDA; программы экранного увеличения; программы речевого синтеза для компьютеров и ноутбуков; программы речевого синтеза для мобильных устройств; экранная клавиатура; экранная лупа.

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации NVDA, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах, с помощью специальных технических и программных средств (рабочее место для незрячего пользователя с программным обеспечением экранного доступа с синтезом речи NVDA, рабочее место с компьютерным роллером и клавиатурой Clevy с большими кнопками и с разделяющей клавиши накладкой).

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме шрифтом Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий (Moodle, Adobe Connect Pro и пр.).

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья используется индивидуальная работа. Под индивидуальной работой подразумевается две формы взаимодействия с преподавателем: индивидуальная учебная работа (консультации), т.е. дополнительное разъяснение учебного материала и углубленное изучение материала с теми обучающимися, которые в этом заинтересованы, и индивидуальная воспитательная работа. Индивидуальные консультации направлены на индивидуализацию обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или обучающимся с ограниченными возможностями здоровья.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине обеспечивается выполнение следующих дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей, обучающихся:

- а) инструкция по порядку проведения процедуры оценивания предоставляется в доступной форме (устно, в письменной форме, в письменной форме шрифтом Брайля, устно с использованием услуг сурдопереводчика);
- б) доступная форма предоставления заданий оценочных средств (в печатной форме, в печатной форме увеличенным шрифтом, в печатной форме шрифтом Брайля, в форме электронного документа, задания зачитываются ассистентом, задания предоставляются с использованием сурдоперевода);
- в) доступная форма предоставления ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. Эти средства могут быть предоставлены ЧелГУ или могут использоваться собственные технические средства. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

