МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет информатики и информационных технологий

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Кафедра информационных технологий и безопасности компьютерных систем

Образовательная программа
03.03.02 – Физика

Профиль подготовки:
Фундаментальная физика, Медицинская физика

Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
Входит в обязательную часть ОПОП

Махачкала, 2021 год

Рабочая программа дисциплины составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02– Физика, профили подготовки: фундаментальная физика, медицинская физика (уровень: бакалавриат) от «07» августа 2020 г. № 891.

Разработчик (и): кафедра информационных технологий и безопасности компьютерных систем, Иминов К.О., д.ф.-м.н., профессор

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры информационных технологий и безопасности компьютерных систем от «28» июня 2021 г., протокол №11

Зав. кафедрой _____ Ахмедова З.Х.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «30» июня 2021 г., протокол № 10

Председатель _____ Мурлиева Ж. Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«05» июля 2021 г.

Начальник УМУ _____ Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Численные методы и математическое моделирование» входит в базовую, часть образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02– Физика. Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой информационных технологий и безопасности компьютерных систем.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с численными методами алгебры, численными методами анализа, обработки экспериментальных данных, математического моделирования и программирования.

Дисциплина нацелена на формирование универсальной компетенции УК-1и общепрофессиональных компетенций ОПК-1, ОПК-3.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля: текущий контроль успеваемости в форме приема домашних заданий, контрольных работ, сдачи лабораторных работ и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Семестр	Общий объем	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
		в том числе							
		Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе зачет	
		Всего	из них						
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации		
3	108	66	30	18	18			42	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «**Численные методы и математическое моделирование**» имеет своей целью:

- получение студентами общих и специальных знаний в области численных методов и программирования,

- систематизация знаний о возможностях и особенностях применения математического моделирования реальных физических объектов и процессов,
- освоение алгоритмов приближенного, графического и численного решения задач,
- выработка практических навыков составления программ, реализующих эти алгоритмы,
- представление о возможностях использования математических методов в естествознании и умения качественно и количественно анализировать ситуации,
- знание методов, средств и инструментов постановки и выполнения вычислительного эксперимента,
- умение использовать электронные образовательные ресурсы для обработки экспериментальных данных из различных предметных областей на персональном компьютере.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Численные методы и математическое моделирование» входит в «Модуль информатики и информационных технологий» обязательной части ОПОП бакалавриата по направлению 03.03.02 – физика. Настоящий учебный курс является неотъемлемой частью единого комплекса обучения студентов применению современных компьютеров для решения физических задач.

В условиях интенсивного научно-технического прогресса и требования резкого повышения уровня естественнонаучного образования требует изучение численного моделирования на ЭВМ, которое в последние десятилетия широко используется во всех областях деятельности человека, где оно стало серьезным фактором прогресса. Моделирование позволяет получить обширную научную информацию о сложных объектах общей физики, квантовой физики и астрофизики. Кроме этого, моделирование на ЭВМ позволяет значительно облегчить обработку экспериментальных результатов, связанных с решением сложных уравнений, не имеющих решений в виде простых аналитических функций. Постоянное оперирование моделями при изучении физики вырабатывает способность к абстрактному мышлению, выделению в том или ином явлении главного, а широкое применение математического аппарата приучает к строгому научному методу. Поэтому обучение студентов численным методам и моделированию становится обязательным.

Настоящий курс предназначен для обучения студентов численным методам, моделированию задач и решению их на компьютере с помощью программирования. Курс состоит из лекций, практических и лабораторных занятий. Теоретический материал, который дается на лекциях, программы, составляемые на практических занятиях и реализуемые на компьютерах на

лабораторных занятиях взаимосвязаны. Поэтому для полного усвоения курса необходимо разобрать и усвоить теоретический материал и выполнить все лабораторные задания.

Требования к первоначальному уровню подготовки обучающихся для успешного освоения дисциплины:

Уровень «знать»:

- работа персонального компьютера на пользовательском уровне;
- основные понятия и методы линейной алгебры, дискретной математики; дифференциальное и интегральное исчисления;
- основные понятия и конструкции языка программирования Турбо-Паскаль;
- основные архитектурные решения и парадигмы обработки информации.

Уровень «уметь»:

- составлять и решать задачи по линейной алгебре, по дискретной математике, дифференцировать и интегрировать;
- проектировать и реализовывать программы на одном из языков программирования;
- составлять и отлаживать программы на языках программирования высокого уровня;
- менять исходные данные и соответственно базовые модели к созданию программ.

Дисциплины, следующие по учебному плану:

- Компьютерное моделирование в физике;
- Статистические методы обработки экспериментальных результатов;
- Научно-исследовательская работа;
- Итоговая государственная аттестация.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

В результате освоения данной дисциплины обучающийся демонстрирует следующие универсальные и общепрофессиональные компетенции:

Наименование категории (группы) универсальных компетенц	**Код и наименование универсальной компетенции выпускника**	**Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции выпускника**	**Результаты обучения**

ий			
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Выполняет поиск необходимой информации, ее критический анализ и обобщает результаты анализа для решения поставленной задачи	**Знает:** методы поиска, сбора и обработки информации, стандарты и рекомендации работы с данными и информацией. **Умеет:** планировать и осуществлять поиск информации с помощью информационно-коммуникационных технологий, анализировать и управлять информацией для достижения поставленных целей. **Владеет:** навыками осуществления поиска и отбора информации для последующей обработки
		УК-1.2. Использует системный подход для решения поставленных задач	**Знает:** методы системного анализа и синтеза информации. **Умеет:** применять системный подход для решения поставленных задач. **Владеет:** навыками критического восприятия, анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач.
Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	**Код и наименование общепрофессиональной компетенции**	**Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции выпускника**	**Результаты обучения**
Научное мышление	ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных	ОПК-1.2. Реализует и совершенствует методы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности	**Знает:** основные понятия, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики; новые методологические подходы к решению задач в области профессиональной деятельности **Умеет:** реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.

	наук в сфере своей профессиональной деятельности		**Владеет:** навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.
		ОПК-1.3. Проводит качественный и количественный анализ выбранного метода решения поставленной задачи, при необходимости вносит нужные коррективы	**Знает:** основы качественного и количественного анализа методов решения поставленной задачи **Умеет:** выбирать метод решения поставленной задачи, проводить его качественный и количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения оптимального результата **Владеет:** навыками реализации и совершенствования методов и алгоритмов решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.
Владение информационными технологиями и компьютерная грамотность	ОПК-3. Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-3.1. Демонстрирует умения использовать современные информационные технологии при решении задач профессиональной деятельности соблюдая требования информационной безопасности	**Знает:** современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации из различных источников и баз данных в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий соблюдая требования информационной безопасности. **Умеет:** получать и использовать новые знания в области профессиональной деятельности с использованием информационно-коммуникационных технологий. **Владеет:** навыками использования современных информационных технологий для приобретения новых знаний в области профессиональной деятельности
		ОПК-3.3. Использует методы математического	**Знать:** Численные методы решения различных математических и

	моделирования и численного решения задач профессиональной деятельности и программные средства реализации этих методов	физических задач; основные возможности и правила работы со стандартными программными продуктами при решении профессиональных задач; основные методы математической обработки экспериментальных данных; **Уметь:** строить математические модели для решения реальных задач, подбирать подходящие численные методы решения этих модельных задач и строить алгоритмы решения, на основании алгоритмов составлять программы на ТР и решать задачи на компьютере. **Владеть:** методами математического моделирования и построения моделей физических систем; навыками разрабатывать и составлять программы для решения и исследования различных моделей физических задач; методами навыками работы с программными средствами общего и профессионального назначения.

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

4.2. Структура дисциплины

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Самостоятель	Формы текущего контроля успеваемости *(по неделям семестра)* Форма промежуточной

				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль	на я ра бо та	аттестации *(по семестрам)*
	Модуль 1. (Особенности математических вычислений, реализуемых на ЭВМ. Теоретические основы численных методов)								
1	Математическое моделирование и вычислительный эксперимент в физике. Приближенные числа и погрешности.	4	1,2	3	3			3	Подготовка рефератов (докладов, сообщений и информационных материалов т.п.).
2	Общая схема и методы численного решения нелинейного уравнения на ЭВМ.	4	2,3	4	2	2		4	к/р, тестовый контроль, устный опрос
3	Методы и алгоритмы численного решения систем линейных алгебраических уравнений	4	4,5, 6	5	3	4		6	к/р, тестовый контроль, устный и письменный опросы
	Итого по модулю 1:			12	8	6		13	
Модуль 2. (Интерполирование функций. Численное дифференцирование и интегрирование)									

4	Полиномиальная интерполяция и методы нахождения приближающей функции	4	7	2	2	2		4	Подготовка рефератов (докладов, сообщений т.п.). Контрольная работа
5	Численное дифференцирование	4	8	2	2			4	практические задания, к/р, тестовый контроль, устный и письменный опросы, доклады по темам
6	Численное интегрирование. Вычисление многомерных интегралов методом Монте-Карло	4	9, 10	4		4		6	практические задания, к/р, тестовый контроль, устный и письменный опросы, доклады по темам
	Итого по модулю 2:			8	4	6		14	
Модуль 3. (Методы численного решения ДУ. Методы обработки экспериментальных данных)									
7	Математические модели, описываемые дифференциальными уравнениями. Методы численного решения ОДУ	4	11,12	4	2	3		5	практические задания, к/р, тестовый контроль, устный и письменный опросы, доклады по темам
8	Сеточные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных	4	13,14	4	2	3		5	Подготовка рефератов (докладов, сообщений и информационных материалов т.п.). Контрольная работа

9	Методы обработки экспериментальных данных.	4	15, 16	2	2			5	Подготовка докладов, сообщений и информационных материалов т.п. Контрольная работа
	Итого по модулю 3:			10	6	6		15	
	Итого:			30	18	18		42	зачет

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Модуль 1
Особенности математических вычислений, реализуемых на ЭВМ.
Теоретические основы численных методов.

Тема 1. Введение. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент.

Численное моделирование его место и роль в современной фундаментальной и прикладной науке. Этапы решения задачи с использованием ЭВМ (постановка задачи и построения материалистической модели, подбор численного метода и разработка алгоритма решения, составление программы и исполнение программы на ЭВМ). Лабораторный и вычислительный эксперименты и их сравнение. Использование компьютеров в науке. Особенности выполнения вычислений на ЭВМ. Диапазон и точность представления чисел. Ошибки округления. Абсолютная и относительная погрешности результатов основных арифметических операций. Накопление ошибок. Общая погрешность решения задачи на ЭВМ. Устойчивость вычислительных алгоритмов.

Тема 2. Решение алгебраических и трансцендентных уравнений.

Постановка задачи. Общая схема решения нелинейного уравнения на ЭВМ. Отделение корней (графический способ, использование ЭВМ). Метод итераций, метод Ньютона, метод половинного деления. Условия применимости, скорость сходимости к решению и оценка погрешности этих методов. Программы на ТР для решения нелинейных уравнений на основании алгоритмов указанных методов.

Тема 3. Решение систем линейных алгебраических уравнений.

Общие сведения. Определители, матрицы и действия над ними. Прямые методы: метод Крамера, метод Гаусса и его модификации; итерационные методы: метод простой итерации и метод Зейделя. Условия сходимости итерационного процесса. Практические схемы решения систем линейных уравнений этими методами. Программы на ТР.

Модуль 2.
Интерполирование функций. Численное дифференцирование и интегрирование.

Тема 4. Интерполирование функций.

Интерполяция таблично заданной функции. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Факторы, определяющие точность интерполяции. Конечные разности. Первая и вторая интерполяционные формулы Ньютона. Сплайны их свойства, интерполяция сплайнами. Построение кубического интерполяционного сплайна. Погрешность интерполирования.

Тема 5. Численное дифференцирование.

Постановка задачи численного дифференцирования. Методы односторонней и двусторонней разности. Дифференцирование функций многих переменных. Методы численного дифференцирования на основе интерполяционных многочленов Лагранжа и Ньютона. Суммарная погрешность ее составляющие и оценка погрешности производной. Способы уменьшения погрешности дифференцирования.

Тема 6. Численное интегрирование. Вычисление многомерных интегралов методом Монте-Карло.

Приближенное вычисление определенных интегралов. Общая структура интерполяционной квадратурной формулы. Классические методы численного интегрирования: формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона. Оценка точности этих методов. Метод Моне–Карло (М-К). Вычисление многомерных интегралов методом М-К. Оценка погрешности метода М-К.

Модуль 3.
Методы численного решения ДУ. Методы обработки экспериментальных данных.

Тема 7. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений.

Задача Коши и ее решение. Метод конечных разностей и его этапы. Метод Эйлера и численное решение уравнения теплопроводности. Метод Эйлера-Крамера и численное решение уравнения движение с учетом сопротивления воздуха. Метод Рунге-Кутты и решение системы, состоящей из дифференциальных уравнений. Оценка погрешности этих методов.

Тема 8. Методы численного решения дифференциальных уравнений в частных производных.

Конечно-разностные методы численного решения дифференциальных уравнений в частных производных. Уравнение Пуассона и ее численное решение в прямоугольной области. Построение разностной сетки и сеточных

функций. Представление дифференциального уравнения системой нелинейных алгебраических уравнений. Решение нелинейной разностной схемы методом итерации.

Тема 9. Методы обработки экспериментальных данных.

Метод наименьших квадратов. Линейная и квадратичная регрессия. Нахождение приближающейся функции в виде элементарных функций (степенная функция, показательная функция, логарифмическая функция и др.). Элементы математической статистики. Распределения. Точные и интервальные оценки.

Содержание практических и лабораторных занятий по дисциплине

Модуль 1.
Особенности математических вычислений, реализуемых на ЭВМ. Теоретические основы численных методов

Практические занятия:

Тема 1. Этапы и общая погрешность решения задачи на ЭВМ.

Постановка задачи и построения материалистической модели, подбор численного метода и разработка алгоритма решения, составление программы и исполнение программы на ЭВМ. Неустранимая погрешность, погрешность метода, вычислительная погрешность. Диапазон и точность представления чисел. Машинный нуль.

Тема 2. Приближенные числа.

Погрешности арифметических операций. Абсолютная и относительная погрешности. Значащие цифры. Правило округления чисел. Погрешность произвольной функции.

Тема 3. Численное решение нелинейных уравнений.

Отделение корней (графический способ, использование ЭВМ). Алгоритмы метода итераций, метода Ньютона, метода половинного деления.

Тема 4. Методы решения систем из линейных алгебраических уравнений.

Точные (прямые) и приближенные (итерационные) методы. Алгоритмы метода Гаусса, метода Крамера, метода итераций. Примеры.

Лабораторные занятия:

Лабораторная работа №1: Составить программу на ТР на основании алгоритма простой итерации, половинного деления или Ньютона для решения нелинейного уравнения и исполнить ее на ПК.

Лабораторная работа №2: Составить программу на ТР на основании алгоритма Гаусса или Крамера для решения системы из линейных алгебраических уравнения и исполнить ее на ПК.

Лабораторная работа №3: Составить программу на ТР на основании алгоритма Зейделя для решения системы из линейных алгебраических уравнения и исполнить ее на ПК.

Модуль 2.

Интерполирование функций. Численное дифференцирование и интегрирование.

Практические занятия:

Тема 1. Интерполяция.

Интерполяционный полином в форме Лагранжа. Примеры. Интерполяционный полином в форме Ньютона. Примеры. Сплайн-интерполяция. Примеры

Тема 2. Численное дифференцирование.

Методы правосторонней, левосторонней и двусторонней разности. Примеры. Дифференцирование на основе интерполяционного многочлена Ньютона. Примеры.

Тема 3. Численное интегрирование.

Метод прямоугольников, метод трапеций, метод парабол (Симпсона). Примеры. Вычисление многомерных интегралов методом Монте-Карло. Примеры.

Лабораторные занятия:

Лабораторная работа №1: Составить программу на ТР на основании интерполяционной формулы Лагранжа для построения приближающей функции по заданным табличным значениям исходной функции и исполнить ее на ПК.

Лабораторная работа №2: Составить программу на ТР для вычисления определенного интеграла методом трапеции или Симпсона и исполнить ее на ПК.

Лабораторная работа №3: Составить программу на ТР для вычисления полной массы, координат центра масс и момента инерции плоского диска методом М-К и исполнить ее на ПК.

Модуль 3.

Методы численного решения ДУ. Методы обработки экспериментальных данных.

Практические занятия:

Тема 1. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений.

Метод конечных разностей и его этапы. Решение задачи Коши (метод Эйлера, метод Эйлера-Крамера, метод полушага, метод Верле). Примеры.

Тема 2. Разностные методы решения краевой задачи.

Построение сетки и определение сеточной функции. Замена дифференциальных операторов их конечноразностными аналогами. Решение полученной СЛАУ.

Тема 3. Аппроксимация функций.

Построение функциональной зависимости между величинами заданными таблицей, полученными в результате измерений в процессе эксперимента. Метод наименьших квадратов и построение аппроксимирующей функции в виде линейной и степенной функции. Примеры.

Лабораторные занятия:

Лабораторная работа №1: Составить программу на ТР на основании алгоритма Эйлера для решения уравнения теплопроводности и исполнить ее на ПК.

Лабораторная работа №2: Составить программу на ТР для решения неоднородного уравнения Пуассона с заданными начальными и граничными условиями и исполнить ее на ПК.

5. **Образовательные технологии**

Рекомендуемые образовательные технологии: лекции, практические занятия, лабораторные занятия, самостоятельная работа студентов.

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (лекций-презентаций, компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебного курса возможно использование онлайн-лекций преподавателей ведущих российских вузов, мастер-классы экспертов и специалистов.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее 20% аудиторных занятий (определяется требованиями ФГОС с учетом специфики ОПОП). Занятия лекционного типа для определенных групп студентов не могут составлять более 60% аудиторных занятий (определяется соответствующим ФГОС).

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на образовательном сервере Даггосуниверситета (http://edu.icc.dgu.ru), к которым студенты имеют свободный доступ.

При проведении лекций для активизации восприятия и обратной связи практикуется устный опрос, позволяющий бакалаврам проявить свои интересы и эрудицию, что оценивается при выводе итоговой оценки на зачете. Устный опрос – специальный элемент диалогового изложения материала, при котором лектор время от времени задает вопросы студентам, апеллируя к ранее полученным знаниям, и дальнейшее повествование частично связывает с полученными ответами. Активность студентов оценивается, качество ответов будет учтено при выводе оценки на зачете.

Зачет проходит в устной форме в виде ответов на вопросы, при необходимости уточнить оценку используются контрольные вопросы в качестве дополнительных испытаний. Экзаменатор не ставит задачу каждому студенту дать билет с уникальными вопросами, более того, не играет в случайный выбор вопроса студентом. Выбор вопроса определяет лектор с учетом ранее проявленных студентом при устных опросах интересов, активности и эрудиции. Материал курса не предусматривает однозначных ответов на изученные вопросы, а более нацелен на сознательные, компетентные выводы из рассмотренного на лекциях и найденного самостоятельно материала.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Виды и порядок выполнения самостоятельной работы:

1. Изучение рекомендованной литературы
2. Поиск в Интернете дополнительного материала
3. Подготовка реферата (до 5 страниц), презентации и доклада (10-15 минут)
4. Подготовка к зачету

Текущий контроль успеваемости осуществляется непрерывно, на протяжении всего курса. Прежде всего, это устный опрос по ходу лекции, выполняемый для оперативной активизации внимания студентов и оценки их уровня восприятия. Это домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях. Промежуточные модульные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала. Выполнение и сдача лабораторных работ.

Промежуточный контроль. Зачет в конце 3 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение моделировать и решать задачи с помощью программирования на ПК**.** Зачет проходит в устной форме в виде ответов на билеты и, если понадобится, то на дополнительные контрольные вопросы. Результаты семестровой работы учитываются при сдаче итогового зачета.

Вопросы к промежуточному контролю

Модуль 1.

1. Основные направления использования компьютеров в науке. Вычислительный эксперимент.
2. Виды, цели и особенности математического моделирования.
3. Численное моделирование и этапы решения задачи на ЭВМ.
4. Виды погрешностей из которых складывается общая погрешность решения задачи на ЭВМ.
5. Приближенные числа. Абсолютная и относительная погрешности.
6. Диапазон и точность представления чисел. Машинный нуль. Ошибки округления.
7. Накопление ошибок и устойчивость вычислительных алгоритмов.
8. Графическое отделение корней нелинейного уравнения с одной переменной.
9. Отделение корней нелинейного уравнения с помощью ЭВМ. Блок схема программы.
10. Метод простой итерации. Блок схема и программа.
11. Метод половинного деления. Блок схема и программа.
12. Метод Ньютона. Блок схема и программа.
13. Система линейных алгебраических уравнений, ее матричная запись и решение.
14. Операции над матрицами и вычисление определителей.
15. Решение системы уравнений методом Гаусса, алгоритм решения, пример.
16. Решение системы уравнений методом Крамера, алгоритм решения, пример.

17. Решение системы уравнений методом Зейделя, алгоритм решения, пример.

Модуль 2.

18. Интерполирование функций. Нахождение приближающей функции в виде многочлена степени n.
19. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Пример. Алгоритм и блок схема.
20. Первая и вторая интерполяционные формулы Ньютона.
21. Интерполяция сплайнами. Кубические сплайны.
22. Численное дифференцирование. Методы односторонней и двусторонней разности.
23. Дифференцирование функций многих переменных.
24. Методы численного дифференцирования на основе интерполяционных многочленов Лагранжа и Ньютона.
25. Порядок точности и способы уменьшения погрешности дифференцирования.
26. Классические методы численного интегрирования. Общая структура интерполяционной квадратурной формулы.
27. Метод трапеций. Пример и программа. Оценка погрешности.
28. Метод Симпсона. Пример и программа. Оценка погрешности.
29. Вычисление интегралов методом Монте-Карло. Оценка погрешности.
30. Вычисление M,X,Y и I_Z плоского диска методом Монте-Карло.

Модуль 3.

31. Задача Коши и ее решение. Метод конечных разностей и его этапы.
32. Алгоритм численного решения дифференциальных уравнений. Локальная и глобальная погрешности.
33. Алгоритм Эйлера и численное решение уравнения теплопроводности.
34. Метод средней точки и метод полушага их алгоритмы и особенности.
35. Алгоритмы методов Верле, Бимана и Шофильда. Их преимущества.
36. Численное решение системы из дифференциальных уравнений. Метод Рунге-Кутты.
37. Сеточные методы численного решения дифференциальных уравнений в частных производных.
38. Неоднородное уравнение Пуассона и алгоритм его численного решения.
39. Основные причины отклонения точного решения дифференциальных уравнений от численного решения.
40. Методы обработки экспериментальных данных.
41. Метод наименьших квадратов и нахождение значений параметров приближающей функции в общем виде.
42. Построение приближающей функции для зависимости заданной в виде таблицы.
43. Нахождение приближающей функции в виде $F(x,a,b) = ax+b$ и $F(x,a,m) = ax^m$.

44. Сумма квадратов уклонения и оценка качества приближения.

Темы для самостоятельного изучения (рефераты):

- Применение компьютеров в науке.
- Особенности выполнения вычислений на ЭВМ. Ошибки округления.
- Условия применимости, скорость сходимости к решению и оценка погрешности методов.
- Определители и действия над ними.
- Вычисление собственных значений и собственных векторов симметричной матрицы с помощью преобразования подобия.
- Факторы, определяющие точность интерполяции. Конечные разности.
- Оценка погрешности производной и способы уменьшения погрешности дифференцирования.
- Метода Монте-Карло и его особенности.
- Алгоритмы методов серединной точки, полушага, Верле.
- Линейная и квадратичная регрессия.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения представленных задач	**Знать:** основные законы и свойства информации, как философской категории; основные архитектурные решения и парадигмы поиска, хранения и представления информации; основные российские и международные стандарты	Устный опрос, письменный опрос

		и рекомендации работы с данными и информацией. **Уметь:** планировать и осуществлять поиск информации с помощью информационно-коммуникационных технологий, анализировать и управлять информацией для достижения поставленных целей. **Владеть:** системным подходом и технологиями решения задач связанных с поиском, анализом и синтезом информационных данных.	
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	**Знать:** основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики; новые методологические подходы к решению задач в области профессиональной деятельности. **Уметь:** выбирать метод решения поставленной задачи, проводить его качественный и количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения результата **Владеть:** навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и	Устный опрос, письменный опрос

		алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.	
ОПК-3	Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	**Знать:** численные методы решения различных математических и физических задач; основы информационных технологий, основные возможности и правила работы со стандартными программными продуктами при решении профессиональных задач; основные методы математической обработки экспериментальных данных; **Уметь:** строить математические модели для решения реальных задач, подбирать подходящие численные методы решения этих модельных задач и строить алгоритмы решения, на основании алгоритмов составлять программы на ТР и решать задачи на компьютере. **Владеть:** методами математического моделирования и построения моделей физических систем; навыками разрабатывать и составлять программы для решения и исследования	Устный опрос, письменный опрос

		различных моделей физических задач; методами навыками работы с программными средствами общего и профессионального назначения.	

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

7.2. Типовые контрольные задания

Тема: Приближенные числа. Абсолютная и относительная погрешности

1. Дано приближенное число x = 1.906 и его абсолютная погрешность $\Delta x = 0.1 \cdot 10^{-2}$. Определить относительную погрешность и число верно значащих цифр приближенного числа.
2. Дано приближенное число x = 0.576371 и его относительная погрешность δx = 1.5%. Определить абсолютную погрешность и число верно значащих цифр приближенного числа.
3. Дано приближенное число x = 14.27291 и известно, что у этого числа n = 4 верных значащих цифры в широком (узком) смысле. Оценить абсолютную и относительную погрешности в обоих случаях. Определить предельную абсолютную и относительную погрешности в обоих случаях.
4. Определить, какое равенство точнее $\sqrt{30} = 5.48$ или $\frac{7}{15} = 0.467$.
5. Дано выражение x $=\left[\frac{(a+b)c}{m-n}\right]^2$, a = 4.85 ± 0.03, b = 12.35 ± 0.04, c = 9.6 ± 0.07, m = 11.714 ± 0.007, n = 5.73 ± 0.003. Вычислите значение x и оцените погрешность искомого значения. Определите число верных знаков в результате.

Тема: Решение нелинейного уравнения.

1. Графически отделить корни уравнения $x^3 - 3x + 1 = 0$. Составить программу на ТР для отделения корней этого же уравнения.
2. Найти корень уравнения $arccosx - \sqrt{1 - 0{,}3x^3} = 0$ находящийся на отрезке [0; 1] с точностью $\varepsilon = 10^{-4}$ методом итераций. Составить программу на ТР.
3. Найти корень уравнения $cos\frac{2}{x} - 2sin\frac{1}{x}x + \frac{1}{x} = 0$ находящийся на отрезке [1; 2] с точностью $\varepsilon = 10^{-4}$ методом половинного деления. Составить программу на ТР.
4. Найти корень уравнения $3x - 4lnx - 5 = 0$ находящийся на отрезке [2; 4] с точностью $\varepsilon = 10^{-4}$ методом Ньютона. Составить программу на ТР.

Тема: Решение систем линейных алгебраических уравнений.

. Вычислить определитель

$$\begin{pmatrix} 2 & 6 & 4 & 2 \\ 3 & 3 & 1 & 5 \\ 9 & 8 & 1 & 2 \\ 2 & 3 & 2 & 4 \end{pmatrix}$$

вручную. Составить программу на ТР для вычисления на ПК.

2. Решить методом Гаусса систему уравнений

$$x_1 + 3x_2 + 5x_3 = 2$$
$$10x_1 + 3x_2 + 5x_3 = 4$$
$$2x_1 + 6x_2 + 2x_3 = 3$$

вручную. Составить программу на ТР для решения на ПК.

3. Решить методом Крамера систему уравнений

$$x_1 + 3x_2 + 5x_3 = 2$$
$$10x_1 + 3x_2 + 5x_3 = 4$$
$$2x_1 + 6x_2 + 2x_3 = 3$$

вручную. Составить программу на ТР для решения на ПК.

4. Решить методом Зейделя систему уравнений с точностью 0.001

$$x_1 + 3x_2 + 5x_3 = 2$$
$$10x_1 + 3x_2 + 5x_3 = 4$$
$$2x_1 + 6x_2 + 2x_3 = 3$$

вручную. Составить программу на ТР для решения на ПК.

Тема: Аппроксимация и интерполяция функций

1. Функция $y = f(x)$ задана таблицей. Построить по имеющимся данным интерполяционный полином Лагранжа и вычислить значение функции в точке $x = 0{,}1$

x	0,03	0,59	0,79	0,97
y	0,9996	0,8309	0,7038	0,5653

Составить программу на ТР для решения на ПК.

2. Оценить погрешность интерполяции, допущенную при выполнении задачи 1, если известно аналитическое выражение функции $y = \cos(x)$.

3. Необходимо осуществить интерполяцию с помощью полинома Ньютона и вычислить значение функции в точках $x = 2{,}80$ и $x = 3{,}80$

x	0,32	0,97	1,52	2,02	2,96	3,79
y	1,377	2,637	4,572	7,538	19,297	44,256

Составить программу на ТР для решения на ПК.

4. Методом наименьших квадратов найти эмпирическую формулу в виде логарифмической функции $y = a + blnx$ для зависимости x и y, заданной таблицей

x	1	2	3	4	5	6	7	8
y	521	308	240	204	183	175	159	152

Тема: Численное дифференцирование и интегрирование

1. Получить пятиточечную аппроксимацию производной функции $f(x) = x^2 + x - 1$ в точке $x_0 = 1$ с приращением $\Delta = 0{,}1$.

2. Вычислить приближенное значение определенного интеграла

$$\int_4^6 \frac{5}{(4x-3)^3}\,dx$$

по формуле прямоугольников, если число частичных отрезков $n = 20$. Составить программу на ТР для решения на ПК. Оценить погрешность вычислений, пользуясь формулой остаточного члена.

3. Вычислить приближенное значение определенного интеграла

$$\int_4^6 \frac{5}{(4x-3)^3}dx$$

по формуле трапеций, если число частичных отрезков $n = 20$. Составить программу на ТР для решения на ПК. Оценить погрешность вычислений, пользуясь формулой остаточного члена.

4. Вычислить определенный интеграл

$$\int_{0,8}^{1,8} \frac{x}{\sqrt{1-x^3}}dx$$

с точностью до $\varepsilon = 10^{-6}$ по общей формуле Симпсона. Составить программу на ТР для решения на ПК. Оценить погрешность вычислений, пользуясь формулой остаточного члена.

Тема: Численные методы решения дифференциальных уравнений

1. Решить обыкновенное дифференциальное уравнение $y' = x + cos\frac{y}{\sqrt{5}}$ с начальным условием $y_0(1{,}8) = 2{,}6$; на промежутке [1,8; 2,8] с числом разбиений 4; 20. Выполнить ручной расчет при $n = 4$, используя метод Эйлера с уточнением составить программу на ТР для решения на ПК.

2. Решить обыкновенное дифференциальное уравнение $\frac{y''-3y+2e^x}{cosx} = -4$ с начальными условиями $y(-0{,}8) = 1{,}146$; $y'(-0{,}8) = 1{,}167$ на промежутке [-0,8; 0]. Выполнить ручной расчет при $n = 4$ используя метод Рунге-Кутта, точное решение $y(x)=e^x + cosx$.

3. Используя метод сеток составить решение уравнения теплопроводности $\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{\partial^2 U}{\partial X^2}$ при заданных начальном ($t = 0$) $U(x,0) = f(x) = cos2x$ и граничных условиях $U(a, t) = U(0, t) = \varphi(t) = 1 - 6t$ и $U(b, t) = U(0{,}6, t) = \Psi(t) = 0{,}3626$, где $x \in [0; 0{,}6]$ $h = (b-a)/n$. $n = 10$; $t \in [0; 1]$, $\sigma = \frac{1}{6}$. Составить программу на ТР для решения на ПК.

4. Используя метод сеток составить решение уравнения Лапласа $\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} = 0$ в прямоугольной области $\Pi = \{0 \le x \le a,\ 0 \le y \le b\}$ при следующих граничных условиях: $U(0,y) = U_0$; $U(a,y) = U(x, b) = U(x, 0) = 0$; $a = 4$; $b = 2$; $h = b/n$. $n = 100$; $\varepsilon = 10^{-4}$. Начальное распределение $U(x,y) = |x| + |y|$; $U_0 = 4$. Составить программу на ТР для решения на ПК.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающая из

текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Лекции - *Текущий контроль* включает:

- посещение занятий __10__ **бал.**
- активное участие на лекциях __ 15__**бал.**
- устный опрос, тестирование, коллоквиум __ 60__**бал.**
- и др. (доклады, рефераты) ___15__ **бал.**

Практика (р/з) - Текущий контроль включает:

- посещение занятий __10__ **бал.**
- активное участие на практических занятиях __15__**бал.**
- выполнение домашних работ __15__**бал.**
- выполнение самостоятельных работ __20__ **бал.**
- выполнение контрольных работ __40__**бал.**

Лабораторные занятия - Текущий контроль включает:

- посещение занятий __10__ **бал.**
- выполнение лабораторных работ __60__**бал.**
- защита лабораторных работ __30__ **бал.**

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Бахвалов Н. С. Численные методы [Текст]: учеб. пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков - М. МГУ: БИНОМ. Лаборатория знаний , 2006. - 636 с.
2. Волков Е. А. Численные методы [Текст]: учеб. пособие / Е. А. Волков - 5-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2008. - 248 с.
3. Копченова Н. В. Вычислительная математика в примерах и задачах [Текст]: учеб. пособие / Н. В. Копченова, И. А. Марон - Изд. 3-е, стер. - СПб. : Лань, 2009. – 366 с.
4. Махмутов М. М. Лекции по численным методам [Электронный ресурс] / М.М. Махмутов - Москва, Ижевск: 2007. — 237 с. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/16558.html

Дополнительная литература

1. Вержбицкий В. М. Основы численных методов [Текст]: учебник для вузов / В. М. Вержбицкий - 2-е изд. переработанное - М. : Высш. шк., 2005. - 840с.
2. Фаддеев М. А. Основные методы вычислительной математики [Текст]: учеб. пособие / М. А. Фаддеев, К. А. Марков. - СПб. : Лань, 2008. – 154 с.
3. Турчак Л. И. Основы численных методов : учеб. пособие / Л. И. Турчак, П.В. Плотников. - 2-е изд. - М. : Физматлит, 2003. - 300 с.
4. Формалев В.Д. Численные методы [Текст]: учеб. пособие / В.Д. Формалев, Д. Л. Ревизников -М.: Физматлит, 2004. - 400 с.

5. Гулд Х. Компьютерное моделирование в физике [Текст]: учеб. пособие в 2-х ч. / Х. Гулд, Ян Тобочник ; пер. с англ. А.Н. Полюдова, В.А. Панченко. - М.: Мир, 1990. - 748 с.
6. Тарасевич Ю. Ю. Математическое и компьютерное моделирование [Текст]: учеб. пособие для вузов / Ю. Ю. Тарасевич - 4-е изд., испр. - М. : Едиториал УРСС, 2004. – 148 с
7. Киреев В. И. Численные методы в примерах и задачах [Текст]: учеб. пособие / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. - 2-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2006. – 479 с.
8. Семенов М.Е. Математическое моделирование физических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.Е. Семенов, Н.Н. Некрасова - Воронеж: ВГАСУ - 94 с. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/72919.html
9. Шевченко Г.И. Численные методы [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / Г.И. Шевченко, Т.А. Куликова - Ставрополь: СКФУ, 2016. - 107 с. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62885.html
10. Пименов В.Г. Численные методы. Часть 2 [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Г. Пименов, А.Б. Ложников.- Екатеринбург: УФУ, 2014. - 108 с. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/68411.html

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. Международная база данных Scopus по разделу физика столкновений и элементарные процессы http://www.scopus.com/home.url
2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier по тематике элементарные процессы http://www.sciencedirect.com/
3. Ресурсы Российской электронной библиотеки www.elibrary.ru, включая научные обзоры журнала Успехи физических наук www.ufn.ru
4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов http://rrc.dgu.ru/
5. Электронные ресурсы Издательства «Лань» http://e.lanbook.com/
6. Университетская библиотека ONLINE: http://www.biblioclub.ru/

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины представлено в программе курса, кроме того, для проведения лекций целесообразно использовать презентации, копии которых можно использовать в качестве конспектов и примеров техники программирования в разных парадигмах.

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

1. Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
2. Программное обеспечение в компьютерный класс: ТР, MS PowerPoint (MS PowerPointViewer), AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

- Аудиторный класс.
- Компьютерный класс.
- Ноутбук, мультимедиа проектор для презентаций, экран.