

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 22.07.2024 16:05:28
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю:



Руководитель ООП

[Handwritten signature]

Б.Б.Педько

«21»

мая

2024 г.

Рабочая программа дисциплины

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ФИЗИКЕ**
Численные методы и математическое моделирование

Закреплена за кафедрой: **Общей физики**

Направление подготовки: **03.03.02 Физика**

Направленность (профиль): **Медицинская физика**

Квалификация: **Бакалавр**

Форма обучения: **очная**

Семестр: **3,4**

Программу составил(и):
канд. физ.-мат. наук, доц., Зубков Виктор Викторович

Тверь, 2024

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

Целью освоения дисциплины является:

формирование у студентов навыков использования методов численного решения типичных задач математической и прикладной физики.

Задачи:

Задачами освоения дисциплины являются:

- подготовка студентов к разработке вычислительных моделей и алгоритмов решения задач, возникающих в процессе математического моделирования законов реального мира, и применение познанных законов в практической деятельности;
- подготовка студентов для создания и исследования математических моделей объектов и явлений;
- постановка и анализ задачи, применение различных методов решения.
- создание иерархии математических моделей и оценка направлений перспективных исследований

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.О.12Б1.О

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Математический анализ

Аналитическая геометрия и линейная алгебра

Дифференциальные уравнения

Теория вероятностей и математическая статистика

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

Физика конденсированного состояния вещества

Физика магнитных явлений

Преддипломная практика

Научно-исследовательская работа

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	8 ЗЕТ
Часов по учебному плану	288
в том числе:	
аудиторные занятия	99
самостоятельная работа	122
часов на контроль	27

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ОПК-1.2: Применяет знания в области физико-математических наук при решении практических задач в сфере профессиональной деятельности

ОПК-2.2: Решает теоретические задачи и проводит моделирование физических объектов, систем и процессов в рамках научного исследования

ОПК-2.3: Обрабатывает теоретические и экспериментальные данные по результатам научного исследования физических объектов, систем и процессов

ОПК-3.1: Использует современные информационные технологии и программные средства для обработки и анализа данных

ОПК-3.2: Применяет информационные технологии и программные средства для моделирования физических процессов

УК-1.1: Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие

УК-1.2: Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи

УК-1.5: Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
экзамены	4
зачеты	3

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
	Раздел 1. Понятие о численных методах и математическом моделировании					
1.1	Численное моделирование, корректность и погрешность вычислений.	Лек	3	1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
1.2	Основы работы с массивами, запись в файл, работа в математических пакетах.	Лаб	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
	Раздел 2. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений					
2.1	Метод Гаусса, итерационные методы, методы прогонки.	Лек	3	3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
2.2	Решение СЛАУ	Лаб	3	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
2.3	Задача на собственные значения и собственные векторы	Ср	3	17	Л1.1 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
	Раздел 3. Интерполирование функций, аппроксимация					

3.1	Полиномиальная интерполяция. Многочлен Лагранжа, Ньютона. Интерполяционная схема Эйткена. Интерполяция сплайнами.	Лек	3	3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
3.2	Интерполяция.	Лаб	3	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
3.3	Аппроксимация. Среднеквадратическая аппроксимация, метод наименьших квадратов. Понятие о линейной регрессии. Аппроксимация Паде.	Лек	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
3.4	Задача аппроксимации.	Лаб	3	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
	Раздел 4. Методы решения алгебраических и трансцендентных уравнений					
4.1	Метод Ньютона, метод секущих, метод простых итераций, метод Зейделя.	Лек	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
4.2	Решение уравнений	Лаб	3	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
	Раздел 5. Методы решения систем нелинейных уравнений					
5.1	Локализация корней, метод Ньютона, метод хорд, метод Мюллера, корни комплексных уравнений	Лек	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
5.2	Решение систем нелинейных уравнений	Лаб	3	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
	Раздел 6. Численное интегрирование					
6.1	Численное интегрирование	Лаб	3	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	

6.2	Квадратурные формулы Ньютона-Котеса, Оценка точности Рунге-Ромберга, формулы Гаусса-Кристоффеля, метод Филона, интегралы с особенностями, многомерные интегралы, метод Монте-Карло	Лек	3	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
6.3	Численное интегрирование интегралов с особенностями	Ср	3	20	Л1.1 Л1.3 Л1.7	
	Раздел 7. Численное дифференцирование					
7.1	Методы вычисления производных разного порядка. Использование интерполяции, метод конечных разностей, метод Рунге	Лек	4	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
7.2	Численное дифференцирование	Лаб	4	5	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
	Раздел 8. Задача минимизации					
8.1	Метод золотого сечения. Метод парабол, метод Брента, метод спуска, метод сопряженных направлений	Лек	4	3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
8.2	поиск минимума функции	Лаб	4	5	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
8.3	Многомерная минимизация	Ср	4	20	Л1.1 Л1.7	
	Раздел 9. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений и систем					
9.1	Метод Эйлера, метод Адамса, явные и неявные схемы, метод Рунге-Кутты	Лек	4	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
9.2	Численное решение дифференциальных уравнений	Лаб	4	8	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
9.3	Численное решение дифференциальных уравнений	Ср	4	25	Л1.1 Л1.3 Л1.7	

	Раздел 10. Численное решение уравнений в частных производных					
10.1	Методы решения уравнений в частных производных, уравнения переноса, волновое уравнение. Примеры математического моделирования в физике	Лек	4	7	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
10.2	Методы решения уравнений в частных производных.	Лаб	4	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
10.3	Классификация математических моделей. Этапы построения математической модели. Построение собственной математической модели какого-либо физического явления. Решить ее с помощью среды Maple и C++.	Лаб	4	8	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7	
10.4	Виды математических моделей. Моделирование в физике. Примеры моделей.	Ср	4	40	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Л1.5	
	Раздел 11. Контроль					
11.1	Экзамен	Экзамен	4	27	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7	

Список образовательных технологий

1	Информационные (цифровые) технологии
2	Активное слушание

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

См. Приложение

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

См. Приложение

8.3. Требования к рейтинг-контролю

Студенты, освоившие программу курса «Численные методы и математическое моделирование» могут получить зачет в 3 семестре и экзамен в 4 семестре по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то зачет или экзамен сдается согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.).

3 семестр

Модуль 1.

Контрольная работа - 20 баллов

Решение задач на практике - 20 баллов

Модуль 2

Контрольная работа - 20 баллов

Решение задач на практике - 20 баллов

зачет - 20 баллов

4 семестр

Модуль 1.

Контрольная работа - 20 баллов

Самостоятельная работа по решению задач - 10 баллов

Модуль 2

Контрольная работа - 20 баллов

Самостоятельная работа по решению задач - 10 баллов

экзамен - 40 баллов

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Рекомендуемая литература

9.1.1. Основная литература

Шифр	Литература
ЛП.1	Зализняк, Численные методы. Основы научных вычислений, Москва: Юрайт, 2024, ISBN: 978-5-534-02714-3, URL: https://urait.ru/bcode/535676
ЛП.2	Кольцова, Скичко, Женса, Численные методы решения уравнений математической физики и химии, Москва: Юрайт, 2024, ISBN: 978-5-534-06219-9, URL: https://urait.ru/bcode/539753
ЛП.3	Пирумов, Гидаспов, Иванов, Ревизников, Стрельцов, Формалев, Численные методы, Москва: Юрайт, 2023, ISBN: 978-5-534-03141-6, URL: https://urait.ru/bcode/510769
ЛП.4	Зализняк, Золотов, Введение в математическое моделирование, Москва: Юрайт, 2024, ISBN: 978-5-534-13307-3, URL: https://urait.ru/bcode/543104
ЛП.5	Зализняк, Золотов, Введение в математическое моделирование, Москва: Юрайт, 2024, ISBN: 978-5-534-12249-7, URL: https://urait.ru/bcode/542735
ЛП.6	Пирумов, Гидаспов, Иванов, Ревизников, Стрельцов, Формалев, Численные методы, Москва: Юрайт, 2021, ISBN: 978-5-534-03141-6, URL: https://urait.ru/bcode/468650

Л1.7	Гулин, Мажорова, Морозова, Введение в численные методы в задачах и упражнениях, Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2017, ISBN: 978-5-16-012876-4, URL: https://znanium.com/catalog/document?id=8380
------	---

9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	OpenOffice
3	Adobe Acrobat Reader
4	Многофункциональный редактор ONLYOFFICE

9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	ЭБС «ZNANIUM.COM»
2	ЭБС «ЮРАИТ»
3	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
4	ЭБС «Лань»

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-216	комплект учебной мебели, компьютеры, коммутаторы, проектор

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

См. Приложение

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Типовые задания текущей аттестации

- Решить алгебраическое уравнение численным методом.
- Построить математическую модель. Выполнить анализ и создать компьютерную модель.
- Выполнить содержательную, концептуальную и математическую постановки для математической модели срубленного дерева
- Рассказать об основных методах численного интегрирования.
- Построить собственную математическую модель какого-либо физического явления. Решить ее с помощью среды Maple.
- Продемонстрировать навык решения обыкновенных дифференциальных уравнений в системе Maple

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для выполнения практических заданий студентам рекомендуется самостоятельно выбрать привычную для них среду разработки программ. В качестве таковых студенты могут использовать среду разработки Delphi, Builder или VisualStudio. Для визуализации вычислений необходимо использовать пакет математической графики Origin. В рамках данного курса студенты должны овладеть математическим пакетом Maple. Для быстрой выработки необходимых навыков использования этих пакетов к данному методическому комплексу прилагаются электронные учебники по данным пакетам. Полезные ссылки по программным продуктам:

1. <http://www.matlab-online.com/>
2. <http://sl-matlab.ru/>
3. <http://www.mathworks.com/products/matlab/>
4. <http://www.maplesoft.com/>

Планы практических занятий

1. Решение СЛАУ методом Гаусса.
2. Решение СЛАУ итерационными методами.
3. Интерполяционная формула Лагранжа. Метод Эйткена.
4. Решение алгебраического и (или) трансцендентного уравнения итерационными методами Ньютона и МПИ.
5. Решение системы из двух алгебраических и трансцендентных уравнений методом Ньютона и МПИ.
6. Решение определенных интегралов методом трапеций и Симпсона.
7. Методы решения интегралов с особенностями.
8. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений.
9. Модель движения материальной точки.
10. Модель движения абсолютно твердого тела.
11. Модель движения системы Земля-Луна
12. Моделирование колебательного движения
13. Моделирование волнового движения на поверхности жидкости
14. Моделирование дифракции и интерференции в оптике
15. Моделирование статических электрических и магнитных полей.

16. Моделирование систем, состоящей из большого количества частиц (принципы метода молекулярной динамики)
17. Моделирование квантово-механических систем

– *примеры заданий лабораторного практикума*

1. С точностью до 0.01 решите уравнение $\sqrt{|x-4|} - x + 1 = 0$

- a) методом половинного деления;
b) методом хорд.

2. С точностью до 0.001 найдите положительный корень уравнения $x^4 - 2x - 4 = 0$

- a) методом Ньютона;
b) методом секущих.

3. Для функции $y = f(x)$, заданной тремя значениями $f(1) = 0.71$, $f(2) = 3.31$, $f(3) = 0.18$, найдите коэффициенты интерполирующего ее многочлена Лагранжа $P_2(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2$.

4. Оценить погрешности величин x , y , заданных соотношениями

$$x = \frac{a^3 \sqrt{b}}{c^2 + 1}, \quad y = \frac{\sqrt[3]{a-b}}{a^2 + b^2 + c^2} + \frac{a}{c}$$

при $a = 32(\pm 0.02)$, $b = 17(\pm 0.01)$, $c = 3.7(\pm 0.003)$.

5. Функция $y = f(x)$ задана в табличной форме

x	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
y	1.24	1.03	1.36	1.85	2.43	3.14

Вычислить

- a) значение производной в точках $x = 0, 0.4, 0.8$ с первым и вторым порядком точности;
b) вторую производную в этих же точках со вторым и третьим порядками точности.

6. Вычислить $\int_0^1 e^{x^2} dx$ с точностью 0.0001, используя методы прямоугольников, трапеций и Симпсона.

7. С помощью метода Монте-Карло вычислить площадь фигуры, заданной уравнением $\sqrt[3]{x^2} + \sqrt[3]{y^2} = 1$. Принять n равным 104, 110, 130. Сравнить ответы с точным значением площади.

8. Исследовать на экстремум функцию $y = (x-5)e^x$.

9. Количество вещества x , участвующего в некоторой химической реакции, определяется уравнением $dx/dt = -x$ (t – время). Найти количество вещества при $t = 10$ с, если в начальный момент оно равно 0.4 моль. Решение провести численным методом, результат сравнить с точным аналитическим решением.

10. Используя метод Гаусса, решить следующую систему уравнений с погрешностью 10^{-4} :

$$1.17 x_1 + 0.53 x_2 - 0.84 x_3 = 1.15,$$

$$0.64 x_1 - 0.72 x_2 - 0.43 x_3 = 0.15,$$

$$0.32 x_1 + 0.43 x_2 - 0.93 x_3 = -0.48.$$

11. Методом последовательного интегрирования решить двойной интеграл

$$\int_0^2 \int_3^4 (x^2 + yx) dx dy \text{ с точностью } 0.01$$

12. Построить математическую модель движения астероида.

13. Построить математическую модель движения срубленного дерева.

14. Построить математическую модель посадки спутника в атмосфере Земли.

15. Построить математическую модель полета снаряда.

16. Построить математическую модель движения лыжника при выполнении прыжка с трамплина.

17. Построить математическую модель воронки тропического урагана.

18. Построить математическую модель карманного фонаря на эффекте Пельтье.

19. Построить математическую модель на свой выбор (при обязательной консультации с преподавателем).

– методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов:

1. Изучить рекомендуемую литературу.
2. Просмотреть задачи, разобранные на аудиторных занятиях.
3. Разобрать задачи, рекомендованные преподавателем для самостоятельного решения, используя, при необходимости, примеры решения аналогичных задач.
4. Обсудить проблемы, возникшие при решении задач с преподавателем.

Требования к рейтинг-контролю. В течение семестра два раза (на модульных неделях) необходимо:

- 1) сдать преподавателю решения домашних задач, полученных из указанных сборников задач,
- 2) ответить на теоретические вопросы. Примеры вопросов:
 1. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений
 2. Методы интерполирования и аппроксимации функций
 3. Методы решения алгебраических и трансцендентных уравнений
 4. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений и систем
 5. Классификацию математических моделей
 6. Этапы построения математических моделей
 7. Методы построения математических моделей
 8. Подходы, используемые при построении математических моделей. Трудности с формализацией модельных постановок.
 9. Основные положения методов компьютерного моделирования на примере современных физических моделей

Задания для проверки умений при освоении дисциплины.

1. Записать на псевдокоде или в виде блок-схемы алгоритм решения системы линейных алгебраических уравнений одним из подходящих методов
2. Записать на псевдокоде или в виде блок-схемы алгоритм решения алгебраического уравнения одним из подходящих методов
3. Записать на псевдокоде или в виде блок-схемы алгоритм решения обыкновенного дифференциального уравнения (или системы уравнений) указанным методом
4. Записать на псевдокоде или в виде блок-схемы алгоритм поиска экстремумов функции одной переменной
5. Производить исследование объекта для постановки и математической формализации задачи. Оценивать трудоемкость задачи.
6. Составлять уравнения в соответствии с постановкой задачи
7. Разрабатывать алгоритм решения составленных уравнений. Использовать численные методы при решении уравнений
8. Создавать компьютерные программы, реализующие математическую модель
9. Анализировать решение и построенную математическую модель
10. Проверять адекватность построенной математической модели

Задания для проверки оценки «владений» при освоении дисциплины

1. Реализовать выбранный алгоритм численного решения задачи на одном из языков программирования (C++, C#).
2. Решить систему линейных алгебраических уравнений с помощью пакета Maple.
3. Численно решив задачу Коши для обыкновенного дифференциального уравнения, представить результат расчетов с помощью программы научной графики Origin.
4. Записать алгоритм численного решения определённого интеграла с помощью языка программы Maple. Сравнить полученный результат расчетов со значением одной из встроенных функций решения интегралов в среде Maple.
5. Определив в заданной области значений минимум функции двух переменных в среде Maple, проиллюстрировать правильность полученного расчета с помощью визуализации в Origin.
6. Основные приемы построения математических моделей
7. Численные методы решения уравнений, представляющих собой математическую модель
8. Приемы работы в системах аналитических вычислений и компьютерного моделирования
9. Информационные технологии при решении задач моделирования
10. Приемы проверки адекватности моделирования, построения иерархии моделей и их использования

