

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
материаловедения и индустрии наносистем



В.М. Иевлев
21.04.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.20 Классическая механика и методы вычислений

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:** 04.03.02 Химия, физика и механика материалов
- 2. Профиль подготовки/специализация:** материаловедение и индустрия наносистем
- 3. Квалификация выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра материаловедения и индустрии наносистем
- 6. Составители программы:** Прижимов Андрей Сергеевич, кандидат физико-математических наук
- 7. Рекомендована:** научно-методическим советом химического факультета, протокол №3 от 19.04.2022

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2023-2024

Семестр(ы): 4

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Задача настоящего курса состоит в овладении основными принципами, моделями и математическим аппаратом, лежащими в основе описания механических аспектов динамики физических систем. В эту задачу входит знание лагранжевского и гамильтоновского формализмов, включая аппарат канонических преобразований и формализм уравнений Гамильтона, и умение составлять функции Лагранжа и Гамильтона простейших систем и решать отвечающие им дифференциальные уравнения, опираясь на свойства пространственно-временной симметрии и связанные с ними интегралы движения.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Б1. Обязательная часть.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-3	Способен использовать в профессиональной деятельности базовые знания в области математических и смежных естественных наук	ОПК-3.1	Использует базовые знания в области математики и физики при решении задач материаловедения	знать: основные принципы и модели лежащими в основе описания механических аспектов динамики физических систем; лагранжевский и гамильтоновский формализм, включая аппарат канонических преобразований и формализм уравнений Гамильтона уметь: пользоваться математическим аппаратом для описания механических аспектов динамики физических систем; составлять функции Лагранжа и Гамильтона простейших систем и решать отвечающие им дифференциальные уравнения, опираясь на свойства пространственно-временной симметрии и связанные с ними интегралы движения владеть: теоретическими и практическими методами расчётов; численными методами решения систем уравнений
		ОПК-3.2.	Обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик	знать: численные методы решения скалярных уравнений и линейных систем, основные понятия теории приближения функций, квадратурные формулы и формулы численного дифференцирования уметь: получать приближенное решение скалярных уравнения и систем линейных уравнений, находить приближение функций интерполяционным многочленом владеть: теоретическими и практическими методами расчётов; численными методами решения систем уравнений
		ОПК-3.3.	Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений	знать: численные методы решения скалярных уравнений и линейных систем, основные понятия теории приближения функций, квадратурные формулы и формулы численного дифференцирования, общую схему метода сеток для решения дифференциальных уравнений в частных производных

				уметь: применять формулы и методы численного дифференцирования и численного интегрирования владеть: теоретическими и практическими методами расчётов; численными методами решения систем уравнений
--	--	--	--	---

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 4/144

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			№ семестра	№ семестра 4	...
Контактная работа					
в том числе:	лекции	36		36	
	практические	36		36	
	лабораторные				
	курсовая работа				
Самостоятельная работа		36		36	
Промежуточная аттестация		36		36	
Итого:		144		36	

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1. Лекции			
1.1	Введение. Обобщенные координаты.	Место механики в системе естественных наук, в системе технических наук, в практике. Иерархическая структура механики как научной отрасли. Основные этапы становления механики как точной науки. Понятие механической системы и ее математическое представление.	-
1.2	Статика. Условие равновесия.	Статика. Механические силы. Момент силы. Условие равновесия. Работа. Виртуальные перемещения. Обобщенные координаты и обобщенные силы. Устойчивость равновесного состояния.	-
1.3	Кинематика. Сложение движений	Кинематика. Математическое описание движения материальной точки, твердого тела, произвольной механической системы. Закон движения. Обобщенные кинематические характеристики движения.	-
1.4	Динамика. Прямая и	Динамика. Прямая и обратная задачи динамики.	-

	обратная задачи динамики. Интегралы движения.	Потенциальные, непотенциальные, диссипативные силы. Закон механики. Уравнения движения. Начальные условия. Задача Коши. Интегрирование уравнений движения.	
1.5	Линейные колебания.	Линейные колебания материальной точки, вращающегося твердого тела, системы двух, трех материальных точек. Колебания системы со многими степенями свободы. Спектр частот. Колебательные моды. Колебания кристаллической решетки. Локальные и квазилокальные колебания. Понятие о параметрических колебаниях и автоколебаниях.	-
1.6	Аналитическая механика. Функция Лагранжа. Функция Гамильтона.	Аналитическая механика. Принцип наименьшего действия. Функция Лагранжа. Уравнение Лагранжа. Функция Гамильтона. Уравнение Гамильтона. Фазовое пространство. Интегралы движения.	
1.7	Динамика вращения твердого тела.	Динамика вращения твердого тела. Центр инерции. Тензор инерции. Кинетическая энергия и момент импульса вращающегося твердого тела. Уравнение свободного вращения твердого тела.	
1.8	Понятие погрешности. Численные методы решения скалярных уравнений.	Источники и классификация вычислительных погрешностей. Погрешность функции. Численные методы решения скалярных уравнений: метод деления пополам, простой итерации и Ньютона. Сходимость и оценка погрешности методов.	
1.9	Интерполяция. Интерполяционные многочлены.	Постановка задачи интерполяции. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Разделенные разности и их свойства. Интерполяционная формула Ньютона. Интерполяция сплайнами.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6194
1.10	Численное дифференцирование. Численное интегрирование. Квадратурные формулы.	Численное дифференцирование. Характеристическая функция формулы численного дифференцирования. Численное интегрирование. Квадратурные формулы. Общая интерполяционная квадратура. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Сходимость квадратурного процесса.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6194
1.11	Численные методы решения систем уравнений.	Численные методы решения систем уравнений. Метод прогонки решения линейных систем с трехдиагональной матрицей. Метод Гаусса. Метод простой итерации.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6194
1.12	Решение дифференциальных уравнений. Задача Коши. Краевая задача.	Решение дифференциальных уравнений. Общий одношаговый метод решения задачи Коши. Методы Тейлора и Рунге-Кутты. Методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6194
1.13	Решение краевых задач для уравнений математической физики.	Общая схема метода сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений математической физики. Разностные схемы для параболических, эллиптических и гиперболических уравнений. Разностная схема для задачи Дирихле для уравнения Пуассона.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6194
2. Практические занятия			
2.1	Динамика. Прямая и обратная задачи динамики. Интегралы движения.	Решение прямой и обратной задач динамики. Вывод уравнений движения. Интегрирование уравнений движения.	-
2.2	Линейные колебания.	Решение задач по теме.	-
2.3	Аналитическая механика. Функция Лагранжа. Функция Гамильтона.	Решение задач по теме, вывод уравнений Лагранжа.	-
2.4	Понятие погрешности. Численные методы решения скалярных уравнений.	Решение скалярных уравнений методами деления отрезка пополам, простой итерации и Ньютона. Сходимость и оценка погрешности методов.	-

2.5	Интерполяция. Интерполяционные многочлены.	Построение интерполяционного многочлена Лагранжа. Вычисление разделенных разностей. Построение интерполяционного многочлена по формуле Ньютона.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6194
2.6	Численное дифференцирование. Численное интегрирование. Квадратурные формулы.	Вывод формул численного дифференцирования. Вычисление значений производных функции в точке, используя формулы численного дифференцирования. Численное интегрирование. Вывод квадратурных формул для $n=1,2,3$. Вычисление определенных интегралов по квадратурным формулам (простым и составным). Определение минимального числа разбиения N , необходимого для обеспечения заданной погрешности составной квадратурной формулы. Построение ортогональных многочленов, квадратурных формул Гаусса. Вычисление определенных интегралов, используя формулы Гаусса.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6194
2.7	Численные методы решения систем уравнений.	Численное решение систем уравнений с использованием метода прогонки решения линейных систем с трехдиагональной матрицей и метода Гаусса, метода простой итерации.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6194
2.8	Решение краевых задач для уравнений математической физики.	Определение сходимости сеточной задачи с помощью спектрального признака устойчивости.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6194

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Введение. Обобщенные координаты.	1				1
2	Статика. Условие равновесия.	1	1		1	3
3	Кинематика. Сложение движений	1	1		1	3
4	Динамика. Прямая и обратная задачи динамики. Интегралы движения.	2	2		2	6
5	Линейные колебания.	4	2		2	8
6	Аналитическая механика. Функция Лагранжа. Функция Гамильтона.	4	2		2	8
7	Динамика вращения твердого тела.	2	2		2	6
8	Понятие погрешности. Численные методы решения скалярных уравнений.	1	2		2	5
9	Интерполяция. Интерполяционные многочлены.	4	6		6	16
10	Численное дифференцирование. Численное интегрирование. Квадратурные формулы.	10	10		10	30
11	Численные методы решения систем уравнений.	2	4		4	10
12	Решение дифференциальных уравнений. Задача Коши. Краевая	2	2		2	6

	задача.					
13	Решение краевых задач для уравнений математической физики.	2	2		2	6
	Итого:	36	36		36	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для успешного освоения дисциплины, необходимо

- изучение основных и дополнительных литературных источников;
- выполнение практического задания.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Ландау Л.Д. Теоретическая физика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М. : Физматлит, 2007.- Т.1: Механика. – 222 с.
2	Бахвалов Н.С. Численные методы. / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков – М. : Физматлит, 2007.- 636 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Поляхов Н.Н. Теоретическая механика. / Н.Н. Поляхов, С.А. Зегжда, М.П. Юшков – Под ред. П.Е. Товстика. М. : Высш. шк., 2000.-279 с.
4	Ольховский И.И. Задачи по теоретической механике для физиков. / И.И. Ольховский, Ю.Г. Павленко, Л.С. Кузьменков – М. : Изд-во Моск.ун-та, 1977. – 395 с.
5	Павленко Ю.Г. Лекции по теоретической механике. / Ю.Г. Павленко – М. : Изд. Моск. ун-та, 1991. – 336 с.
6	Павленко Ю.Г. Задачи по теоретической механике. / Ю.Г. Павленко – М. : Изд. Моск. ун-та, 1988. – 343 с.
7	Бабенко К.И. Основы численного анализа. / К.И. Бабенко – М. : Наука, 1986. – 743 с.
8	Крылов В.И. Вычислительные методы / В.И. Крылов, В.В. Бобков, П.И. Монастырский : в 2 т. М. : Наука, 1976. – Т.1. – 1976 . – 302 с.; Т.2. – 1977. – 399 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Источник
9	http://www.elibrary.ru – научная электронная библиотека.
10	http://www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека ВГУ.

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Проведение текущей аттестации и самостоятельной работы по отдельным разделам дисциплины. Использование ЭУМК <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6194>

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Специальных технических средств не требуется

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Введение. Обобщенные координаты.	ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3	Устный опрос
2	Статика. Условие равновесия.	ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3	Устный опрос
3	Кинематика. Сложение движений	ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3	Устный опрос
4	Динамика. Прямая и обратная задачи динамики. Интегралы движения.	ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3	Устный опрос
5	Линейные колебания.	ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3	Устный опрос
6	Аналитическая механика. Функция Лагранжа. Функция Гамильтона.	ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3	Устный опрос
7	Динамика вращения твердого тела.	ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3	Устный опрос
8	Понятие погрешности. Численные методы решения скалярных уравнений.	ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3	Устный опрос
9	Интерполяция. Интерполяционные многочлены.	ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3	Устный опрос
10	Численное дифференцирование. Численное интегрирование. Квадратурные формулы.	ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3	Устный опрос
11	Численные методы решения систем уравнений.	ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3	Устный опрос
12	Решение дифференциальных уравнений. Задача Коши. Краевая задача.	ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3	Устный опрос
13	Решение краевых задач для уравнений математической физики.	ОПК-3	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3	Устный опрос
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Комплект КИМ

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Теоретические вопросы

1. Статика. Классификация сил. Главный вектор сил. Момент сил. Условие равновесия.
2. Диссипативные силы. Сила трения.
3. Обобщенные силы. Обобщенные координаты. Условие равновесия.
4. Кинематические характеристики материальной точки в декартовой системе координат.
5. Кинематические характеристики материальной точки в полярной системе координат
6. Динамика. Прямая и обратная задачи динамики.
7. *Принцип наименьшего действия. Функция Лагранжа. Уравнения Лагранжа.*
8. Уравнения Гамильтона. Фазовое пространство.
9. Колебания системы с двумя степенями свободы. Колебания системы с n степенями свободы.
10. Колебания цепочки атомов.
11. Источники и классификация вычислительных погрешностей. Погрешность функции.
12. Постановка задачи интерполяции. Интерполяционный многочлен Лагранжа.
13. Разделенные разности и их свойства. Интерполяционная формула Ньютона.
14. Численное дифференцирование.
15. Численное интегрирование. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса.
16. Численное интегрирование. Составные квадратурные формулы.
17. Численное интегрирование. Квадратурные формулы Гаусса.
18. Численные методы решения скалярных уравнений: метод деления отрезка пополам, простой итерации и Ньютона.
19. Решение дифференциальных уравнений. Методы Тейлора и Рунге-Кутты.
20. Общая схема метода сеток решения краевых задач для дифференциальных уравнений математической физики.

Задачи

1. Вычислить интеграл $\int_1^5 (x^3 + \frac{1}{x^2}) dx$ по квадратурным формулам Ньютона-Котеса для $n=1,2,3$ и оценить погрешность.
2. Построив интерполяционный многочлен второй степени, вычислить $\sqrt{\lg x^3}$ при $x = 1,5; 3; 23$
3. Построить квадратуру Гаусса с тремя узлами и вычислить интеграл $\int_{-1}^1 (x^2 + 5x) dx$.
4. Для вычисления $\int_0^1 f(x) dx$ применяется составная формула прямоугольников. Оценить минимальное число разбиений N , обеспечивающее точность $0,5 \cdot 10^{-3}$ на классе функций $\|f''(x)\| \leq 1$.
5. Построить интерполяционный многочлен Лагранжа для функции $|x|$.
6. Вычислить интеграл $\int_0^5 \frac{1}{1+x^2} dx$ по составной квадратурной формуле прямоугольников ($N = 5$)
7. Вычислить интеграл $\int_0^5 \frac{1}{1+x^2} dx$ по составной квадратурной формуле трапеций ($N = 5$)

8. Вычислить интеграл $\int_1^5 (x^3 + \frac{1}{x^2}) dx$ по составной квадратурной формуле трапеций ($N = 4$) и оценить

погрешность

9. Построить многочлен Лагранжа третьей степени, удовлетворяющий условиям $L_4(x_k) = y_k$: $x_k = k-5$; $y_k = 3k^3 + 2k^2 + k + 1$; $k = 1, 2, 3, 4$

10. Для вычисления $\int_0^1 f(x) dx$ применяется составная формула трапеций. Оценить минимальное число

разбиений N , обеспечивающее точность 10^{-3} на классе функций $1 \|f''(x)\| \leq 1$.

Описание технологии проведения.

После получения студентом билета КИМ и бланка листа ответа, самостоятельно выполняются задания КИМ в письменной форме. Время подготовки 40 минут.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания.

Оценка “отлично” ставится если студент дает полный и правильный ответ, раскрывая теоретические и практические аспекты вопроса, анализируя литературные источники по данному вопросу, аргументирует собственную позицию по данному вопросу

Оценка “хорошо” ставится если студент допускает несущественные ошибки, испытывает трудности при определении собственной оценочной позиции

Оценка “удовлетворительно” ставится если студент допускает существенные ошибки, нарушена логика изложения материала, требуются наводящие вопросы преподавателя

Оценка “неудовлетворительно” ставится при незнании или непонимании большей или наиболее существенной части содержания учебного материала