



**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 лагранжевого 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:** (цикл, к которому относится дисциплина, требования к входным знаниям, умениям и компетенциям, дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей)  
Б1, вариативная часть

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	Способность использовать современные методы химии, физики, математики механики, биологии на уровне, необходимом для приобретения новых знаний с их использованием и решения задач, возникающих при выполнении профессиональных функций и имеющих естественнонаучное содержание.	<p><b>знать:</b> основные принципы и модели лежащими в основе описания механических аспектов динамики физических систем; лагранжевый и гамильтоновский формализм, включая аппарат канонических преобразований и формализм уравнений Гамильтона</p> <p><b>уметь:</b> 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</p> <p><b>владеть:</b> теоретическими и практическими методами расчётов; численными методами решения систем уравнений</p>
ОПК-4	способностью использования феноменологических, математических и численных	<p><b>знать:</b> численные методы решения скалярных уравнений и линейных систем, основные понятия теории приближения функций, квадратурные формулы и формулы</p>

	(альтернативных) моделей для описания и прогнозирования различных явлений, осуществление их качественного и количественного анализа	численного дифференцирования <b>уметь:</b> получать приближенное решение скалярных уравнения и систем линейных уравнений, находить приближение функций интерполяционным многочленом <b>владеть:</b> теоретическими и практическими методами расчётов; численными методами решения систем уравнений
ПК-1	способностью использовать основные современные методологические, теоретические и экспериментальные подходы к проведению научных исследований по выбранному профилю программы	<b>знать:</b> 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 <b>уметь:</b> применять формулы и методы численного дифференцирования и численного интегрирования <b>владеть:</b> теоретическими и практическими методами расчётов; численными методами решения систем уравнений

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 5/180.**

**Форма промежуточной аттестации – экзамен.**

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)			
	Всего	По семестрам		
		.....	4	.....
Аудиторные занятия	60		60	
в том числе:				
лекции	30		30	
практические	30		30	
лабораторные				
Самостоятельная работа	84		84	
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час./ экзамен – 36 час.)	36		36	
Итого:	180		180	

#### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
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.
2	Статика. Условие равновесия.	Статика. Механические силы. Момент силы. Условие равновесия. Работа. Виртуальные перемещения. Обобщенные координаты и обобщенные силы. Устойчивость равновесного состояния.
3	Кинематика. Сложение движений	Кинематика. Математическое описание движения материальной точки, твердого тела, произвольной механической системы. Закон движения. Обобщенные кинематические характеристики движения.
4	Динамика. Прямая и обратная задачи динамики. Интегралы движения.	Динамика. Прямая и обратная задачи динамики. Потенциальные, непотенциальные, диссипативные силы. Закон механики. Уравнения движения. Начальные условия. Задача Коши. Интегрирование уравнений движения.
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.
6	Аналитическая механика. Функция Лагранжа. Функция Гамильтона.	Аналитическая механика. Принцип наименьшего действия. Функция Лагранжа. Уравнение Лагранжа. Функция Гамильтона. Уравнение Гамильтона. Фазовое пространство. Интегралы движения.
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.
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.
9	Интерполяция. Интерполяционные многочлены.	Постановка задачи интерполяции. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Разделенные разности и их свойства. Интерполяционная формула Ньютона. Интерполяция сплайнами.
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.
11	Численные методы решения систем уравнений.	Численные методы решения систем уравнений. Метод прогонки решения линейных систем с трехдиагональной матрицей. Метод Гаусса. Метод простой итерации.
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.
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.
<b>2. Практические занятия</b>		
1	Динамика. Прямая и обратная задачи динамики. Интегралы движения.	Прямая и обратная задачи динамики. Уравнения движения. Начальные условия. Задача Коши. Интегрирование уравнений движения.
2	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.
3	Аналитическая механика. Функция Лагранжа. Функция Гамильтона.	Принцип наименьшего действия. Функция Лагранжа. Уравнение Лагранжа. Функция Гамильтона. Уравнение Гамильтона.
4	Понятие погрешности. Численные методы решения скалярных уравнений.	Численные методы решения скалярных уравнений: метод деления пополам, простой итерации и Ньютона. Сходимость и оценка погрешности методов.
5	Интерполяция. Интерполяционные многочлены.	Построение интерполяционного многочлена Лагранжа. Вычисление разделенных разностей. Построение интерполяционного многочлена по формуле Ньютона.
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.
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.
8	Решение краевых задач для уравнений математической физики.	Определение сходимости сеточной задачи с помощью спектрального признака устойчивости..

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение. Обобщенные координаты.	1			2	3
2	Статика. Условие равновесия.	1	1		4	6
3	Кинематика. Сложение движений	1	1		10	12
4	Динамика. Прямая и обратная задачи динамики. Интегралы движения.	2	2		10	14
5	Линейные колебания.	4	2		4	10
6	Аналитическая механика. Функция Лагранжа. Функция Гамильтона.	4	2		4	10
7	Динамика вращения твердого тела.	2	2		4	8
8	Понятие погрешности. Численные методы решения скалярных уравнений.	1	2		2	5
9	Интерполяция. Интерполяционные многочлены.	4	6		4	14

10	Численное дифференцирование. Численное интегрирование. Квадратурные формулы.	4	6		4	14
11	Численные методы решения систем уравнений.	2	2		12	16
12	Решение дифференциальных уравнений. Задача Коши. Краевая задача.	2	2		12	16
13	Решение краевых задач для уравнений математической физики.	2	2		12	16
	Итого:	30	30		84	144

**14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины** (рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

Организация изучения дисциплины предполагает:

- изучение основных и дополнительных литературных источников;
  - выполнение практического задания.
- Организация изучения дисциплины предполагает использование ЭУМК «Классическая механика и методы вычислений» на портале Электронный университет.

**15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины** (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

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)\*:

№	Ресурс
---	--------

п/п	
9	<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a> – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн. научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 1400 российских научно-технических журналов, в том числе более 500 журналов в открытом доступе.

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)**

1	Бахвалов Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях. / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков – М. : Высш. шк., 2000. – 190 с.
---	---

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Специальных технических средств не требуется

**19. Фонд оценочных средств:**

**19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения**

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-1 Способность использовать современные методы химии, физики, математики механики, биологии на уровне, необходимом для приобретения новых знаний с их использованием и решения задач, возникающих при выполнении профессиональных функций и имеющих естественнонаучное содержание.	<b>знать:</b> 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	<i>Введение.</i> <i>Обобщенные координаты.</i> Статика. Условие равновесия. Кинематика. Сложение движений Кинематика. Сложение движений Линейные колебания Аналитическая механика. Функция Лагранжа. Функция Гамильтона.	Устный опрос
	<b>уметь:</b> пользоваться математическим аппаратом для описания механических аспектов динамики физических систем; составлять функции Лагранжа и Гамильтона простейших систем и решать	Динамика вращения твердого тела. Понятие погрешности. Численные методы решения скалярных уравнений. Интерполяция.	Устный опрос

	<p>отвечающие им дифференциальные уравнения, опираясь на свойства пространственно-временной симметрии и связанные с ними интегралы движения</p> <p><b>владеть:</b> теоретическими и практическими методами расчётов; численными методами решения систем уравнений</p>	<p>Интерполяционные многочлены. Численное дифференцирование. Численное интегрирование. Квадратурные формулы</p>	<p>Устный опрос</p>
<p>ОПК4 способностью использования феноменологических, математических и численных (альтернативных) моделей для описания и прогнозирования различных явлений, осуществление их качественного и количественного анализа</p>	<p><b>знать:</b> численные методы решения скалярных уравнений и линейных систем, основные понятия теории приближения функций, квадратурные формулы и формулы численного дифференцирования</p> <p><b>уметь:</b> получать приближенное решение скалярных уравнения и систем линейных уравнений, находить приближение функций интерполяционным многочленом</p> <p><b>владеть:</b> теоретическими и практическими методами расчётов; численными методами решения систем уравнений</p>	<p>Численные методы решения скалярных уравнений. Интерполяция. Интерполяционные многочлены. Численное дифференцирование. Численное интегрирование.</p>	<p>Устный опрос</p>
<p>ПК-1 способностью использовать основные современные методологические, теоретические и экспериментальные подходы к проведению научных исследований по выбранному профилю программы</p>	<p><b>знать:</b> 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</p> <p><b>уметь:</b> применять формулы и методы численного дифференцирования и численного интегрирования</p>	<p>Численные методы решения скалярных уравнений. Интерполяция. Интерполяционные многочлены. Численное дифференцирование. Численное интегрирование. Квадратурные формулы</p>	<p>Устный опрос</p>



	<b>владеть:</b> теоретическими и практическими методами расчётов; численными методами решения систем уравнений		
<b>Промежуточная аттестация</b>			Комплект КИМ №1

### 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенции	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки, способен иллюстрировать ответ примерами, выводить изученные формулы и применять теоретические знания для решения практических задач	Повышенный уровень	Отлично
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами и выводить изученные формулы,	Базовый уровень	Хорошо
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, знает основные формулы изученных численных методов, не умеет применять полученные знания для решения практических задач	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.	–	Неудовлетворительно

### 19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### 19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

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.

### 19.3.2 Перечень практических заданий

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  $1 \|f''(x)\| \leq 1$ .

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

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме устного опроса, защиты рефератов выполнения практического задания. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.