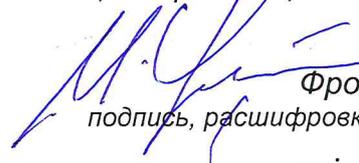


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
теоретической физики  
наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины

  
Фролов М.В.  
подпись, расшифровка подписи  
\_\_\_\_\_.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.О.26 – Теоретическая механика  
Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: \_\_\_\_\_

03.03.03 – Радиофизика

2. Профиль подготовки/специализация: «Радиофизика и электроника»

3. Квалификация выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: 0802 – теоретической физики

6. Составители программы: Каменский Александр Анатольевич  
ФИО

К.ф.-М.Н.  
ученая степень

ученое звание

7. Рекомендована: НМС физического факультета от 17.06.2022 г. протокол № 6  
(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)

8. Учебный год: 2023-2024

Семестр(ы)/Триместр(ы): 4

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

- ознакомление студентов с принципами и математическими методами, применяемыми в различных областях физики;
- формирование представлений о лагранжевом и гамильтоновом формализмах классической механики, о гидродинамике идеальной и вязкой жидкости с приложениями к решению типовых задач.

*Задачи учебной дисциплины:*

- овладение фундаментальными понятиями и физическими моделями;
- получение представлений о подходах к постановке и решению конкретных, с учётом особенностей специализации, физических задач.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Данная дисциплина относится к базовой части. Является предшествующей для дисциплин «Электродинамика», «Квантовая механика», «Термодинамика и статистическая физика», а также «Теория колебаний». Студенты должны обладать знаниями дисциплин базовой части дисциплин «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Теория функций комплексного переменного», а также «Механика».

## 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-1	Способность применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности	ОПК-1.2	Умение оценивать границы применимости и использовать математические модели, необходимые для решения типовых профессиональных задач	Знать: основные положения и методы теоретической механики.  Уметь: использовать в профессиональной деятельности знания о свойствах механических систем и методах их исследования, применять полученные знания для освоения профильных дисциплин и решения профессиональных задач.
		ОПК-1.3	Владение знаниями фундаментальных разделов физики и применение их в профессиональной деятельности	Владеть: практическими методами исследования механических систем и применять их на практике при решении профессиональных задач.

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) — 5/180.

**Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) зачет с оценкой**

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		4		...
Аудиторные занятия	84	84		
в том числе:	лекции	34	34	
	практические	50	50	
	лабораторные			
Самостоятельная работа	96	96		
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации (экзамен – __ час.)	Зачет с оц.	Зачет с оц.		
Итого:	180	180		

## 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Механика Ньютона для систем без связей	<p>Предмет и основные задачи теоретической механики. Кинематические и динамические характеристики механической системы. Инерциальные системы отсчета и принцип относительности Галилея.</p> <p>Законы Ньютона. Закон изменения и сохранения импульса. Момент импульса. Момент силы. Закон изменения и сохранения момента импульса.</p> <p>Работа. Кинетическая энергия. Потенциал и потенциальные силы. Консервативные, неконсервативные, гироскопические и диссипативные силы. Закон изменения и сохранения энергии. Теорема о вириале сил.</p>	–
1.2	Динамика систем со связями. Уравнения Лагранжа.	<p>Системы со связями. Виды связей. Уравнения связей. Действительные, возможные и виртуальные перемещения. Голономные связи. Идеальные связи.</p> <p>Уравнения Лагранжа I рода. Силы реакции связей. Неопределенные множители Лагранжа. Принцип виртуальных перемещений. Общее уравнение механики.</p> <p>Обобщенные координаты и скорости. Вывод уравнений Лагранжа II рода из общего уравнения механики. Действие. Принцип наименьшего действия. Вывод уравнений Лагранжа из принципа наименьшего действия.</p> <p>Функция Лагранжа. Свойства функции Лагранжа. Функция Лагранжа свободной частицы. Функция Лагранжа и принцип относительности Галилея. Функция Лагранжа системы частиц.</p> <p>Интегралы движения. Понятие энергии. Закон сохранения энергии и однородность времени. Понятие импульса. Закон сохранения импульса и однородность пространства. Момент импульса. Закон сохранения момента импульса и изотропия пространства.</p> <p>Законы преобразования при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой (импульс, энергия, функция Лагранжа, действие, момент импульса). Одномерное движение.</p>	–
1.3	Задача двух тел и движение в центральном поле	<p>Задача двух частиц. Центральное поле. Сохранение момента импульса частицы в центральном поле. Функция Лагранжа частицы в центральном поле. Сохранение момента импульса и второй закон Кеплера. Решение задачи о движении частицы в центральном поле. "Падение" на центр.</p> <p>Задача Кеплера. Постановка задачи. Функция Лагранжа. Закон движения. Уравнение траектории. Третий закон Кеплера.</p> <p>Столкновения частиц. Упругое столкновение в системе центра инерции. Упругое столкновение в лабораторной системе координат. Диаграммы рассеяния.</p>	–

		<p>Понятие сечения произвольного процесса, сечения рассеяния. Дифференциальное и полное сечение рассеяния. Рассеяние частиц в центральном поле. Рассеяние одной частицы.</p> <p>Формула Резерфорда. Рассеяние под малыми углами. Обратная задача рассеяния.</p>	
1.4	Движение твердого тела	<p>Кинематика твердого тела. Система отсчета, жестко связанная с твердым телом. Кинетическая энергия твердого тела. Тензор инерции. Теорема Кенига. Главные оси и моменты инерции твердого тела.</p> <p>Свойства тензора инерции. Теорема Штейнера-Гюйгенса. Момент импульса твердого тела.</p> <p>Прецессия, прецессирующая система отсчета. Угловая скорость прецессии симметрического волчка. Углы Эйлера. Преобразование векторов при переходе во вращающуюся систему отсчета.</p> <p>Уравнения движения в системе главных осей инерции, уравнения Эйлера.</p>	–
1.5	Движение в неинерциальных системах отсчета	<p>Движение в неинерциальной системе отсчета. Функция Лагранжа в неинерциальной системе отсчета. Уравнения движения. Движение в равномерно вращающейся системе координат.</p>	–
1.6	Теория колебаний	<p>Малые колебания. Свободные одномерные колебания. Функция Лагранжа осциллятора. Уравнение движения осциллятора и его решение. Энергия осциллятора. Фазовый портрет осциллятора. Действие для осциллятора.</p> <p>Вынужденные колебания. Функция Лагранжа системы. Уравнение движения и его решение. Энергия системы. Периодическая вынуждающая сила. Резонанс.</p> <p>Затухающие колебания. Сила трения. Уравнения Лагранжа системы с учетом трения. Гармонический осциллятор с трением. Уравнение движения и его решение. Диссипативная функция. Вынужденные колебания с учетом трения. Поглощение энергии.</p> <p>Колебания систем со многими степенями свободы. Функция Лагранжа. Уравнения движения. Решение уравнений движения. Собственные частоты системы. Нормальные координаты. Вынужденные колебания системы с несколькими степенями свободы.</p> <p>Нелинейные колебания. Ангармонический осциллятор. Функция Лагранжа. Уравнение движения. Метод последовательных приближений. Общие свойства нелинейных колебаний.</p> <p>Резонанс в нелинейных колебаниях. Движение в быстро осциллирующем поле.</p>	–
1.7	Канонические уравнения	<p>Функция Гамильтона и уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Свойства скобок Пуассона. Тождество Якоби. Теорема Пуассона. Действие как функция координат. Действие как функция времени.</p> <p>Канонические преобразования. Производящая функция канонического преобразования. Виды производящих функций. Свойства канонических преобразований.</p> <p>Действие как производящая функция. Теорема Лиувилля.</p> <p>Уравнение Гамильтона-Якоби. Полный интеграл уравнения Гамильтона-Якоби.</p>	–
1.8		Предмет гидродинамики. Модель сплошной среды.	–

	Механика сплошных сред	Уравнение непрерывности. Идеальная жидкость. Условие адиабатичности движения. Уравнение Эйлера. Несжимаемая жидкость. Гидростатика. Барометрическая формула. Стационарное течение жидкости. Уравнение Бернулли Звуковые волны. Уравнения гидродинамики для звуковой волны. Волновое уравнение. Бегущие плоские волны. Скорость звука в газе.	
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Законы Ньютона	Одномерное движение. Законы сохранения.	–
2.2	Уравнения Лагранжа первого рода	Силы реакции связей. Неопределенные множители Лагранжа	–
2.3	Формализм Лагранжа	Функция Лагранжа свободной частицы. Функция Лагранжа системы частиц. Одномерные и двумерные задачи. Интегралы движения.	–
2.4	Центральное поле	Законы сохранения в центральном поле. Законы Кеплера. Рассеяние.	–
2.5	Движение твердого тела	Тензор инерции. Теорема Кенига. Вычисление главных моментов инерции твердого тела. Уравнения Лагранжа для твердого тела	–
2.6	Движение в неинерциальных системах отсчета	Движение в равномерно вращающейся системе координат.	–
2.7	Теория колебаний	Свободные одномерные колебания. Вынужденные колебания. Затухающие колебания. Колебания систем со многими степенями свободы.	–
2.8	Канонические уравнения	Функция Гамильтона и уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона.	–
2.9	Механика сплошных сред	Уравнение Эйлера. Уравнение Бернулли	–

\* заполняется, если отдельные разделы дисциплины изучаются с помощью онлайн-курса. В колонке Примечание необходимо указать название онлайн-курса или ЭУМК. В других случаях в ячейки ставятся прочерки.

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

№ п/п	Наименование (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Механика Ньютона для систем без связей	4	6		8	18
2	Динамика систем со связями. Уравнения Лагранжа	7	10		20	37
3	Задача двух тел и движение в центральном поле	3	6		8	17
4	Движение твердого тела	4	8		12	24
5	Движение в неинерциальных системах отсчета	2	2		4	8
6	Теория колебаний	7	10		20	37
7	Канонические уравнения	3	4		12	19
8	Механика сплошных сред	4	4		12	20
	Итого:	34	50		96	180

**14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:** (рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: указание наиболее сложных разделов, работа с конспектами лекций, презентационным материалом, рекомендации по выполнению курсовой работы, по организации самостоятельной работы по дисциплине и др.)

Необходимо после каждой лекции по ее теме разбирать и осваивать лекционный материал, для его лучшего понимания читать рекомендованную основную и дополнительную литературу, готовиться к лабораторному занятию, разбирая соответствующий теоретический материал, систематически выполнять домашние задания, не пропускать текущие тестирования по пройденному теоретическому и практическому материалу.

**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: в 10 т. Т. I. Механика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — М.: Физматлит, 2007. — 222 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Манаков Н.Л. Задачи по теоретической механике. Часть 1. Учебное пособие для вузов / Н.Л. Манаков, А.А. Некипелов, В.Д. Овсянников // Воронеж. - Издательский дом ВГУ. - 2013. - 56с.
3	Манаков Н.Л. Задачи по теоретической механике. Часть 2. Учебное пособие для вузов / Н.Л. Манаков, А.А. Некипелов, В.Д. Овсянников // Воронеж. - Издательский дом ВГУ. - 2012. - 58с. Электронный ресурс: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-188.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-188.pdf</a>
4	Манаков Н.Л. Задачи по теоретической механике. Часть 2. Учебное пособие для вузов / Н.Л. Манаков, А.А. Некипелов, В.Д. Овсянников // Воронеж. - Издательский дом ВГУ. - 2012. - 58с.
5	Павленко Ю.Г. Лекции по теоретической механике. – М.: Физматлит, 2002. – 391 С.
6	Арнольд В.И. Математические методы классической механики. – М.: Наука, 1989. – 472 С.
7	Голдстейн Г. Классическая механика. / Пер.с англ. А.Н.Рубашова. – М.: Наука, 1975. – 416 С.
8	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. – М.: Физматлит, 2003. – Т.6: Гидродинамика. – 731 С.
9	Ольховский И.И., Павленко Ю.Г., Кузьменков Л.С. Задачи по теоретической механике для физиков. – М.: Изд-во Моск.ун-та, 1977. – 395 С.
10	Павленко Ю.Г. Задачи по теоретической механике. – М.: Изд. Моск. Ун-та, 1988. – 343 С.

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

№ п/п	Ресурс
11	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

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

№ п/п	Источник
1	Манаков Н.Л. Задачи по теоретической механике. Часть 1. Учебное пособие для вузов / Н.Л. Манаков, А.А. Некипелов, В.Д. Овсянников // Воронеж. - Издательский дом ВГУ. - 2013. - 56с.
2	Манаков Н.Л. Задачи по теоретической механике. Часть 2. Учебное пособие для вузов / Н.Л. Манаков, А.А. Некипелов, В.Д. Овсянников // Воронеж. - Издательский дом ВГУ. - 2012. - 58с.

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

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

Лекционная аудитория, доска, учебная литература, дисплейный класс.

### **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.	Разделы 1.1 – 1.8, 2.1 – 2.9	ОПК-1	ОПК-1.2 ОПК-1.3	Контрольные работы
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оц.				Вопросы к зачету

### **20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

#### **20.1. Текущий контроль успеваемости**

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### **Примеры заданий для контрольных работ**

##### **Контрольная работа №1**

1. Дана функция Лагранжа  $L = at^2 \dot{x}\dot{y} + bx \cos \omega t$ . Записать уравнения Лагранжа и обобщенную энэргию.
2. Найти функцию Лагранжа и уравнения движения плоского математического маятника длины  $l$  и массы  $m$ , точка подвеса которого движется в вертикальной плоскости по окружности радиуса  $R$  с постоянной угловой скоростью  $\Omega$  в плоскости движения маятника.

##### **Контрольная работа №2**

1. Определить время падения частицы массы  $m$  с расстояния  $R$  в центр поля  $U(r) = \alpha r^2$ . ( $\alpha = \text{const}$ .) Начальная скорость  $v_0 = 0$ .
2. Квадратная рамка из однородных стержней длины  $l$  массы  $m$  вращается с угловой скоростью  $\Omega$ , вокруг оси, проходящей через ее центр перпендикулярно плоскости рамки. Найти кинетическую энергию.

##### **Контрольная работа №3**

1. Найти закон движения первоначально покоившегося осциллятора массой  $m$  и собственной частотой  $\omega$  по окончании действия силы

$$F=a(T-t), 0 < t < T, F=0, T < t < \infty.$$

2. Два одинаковых физических маятника в виде стержней длины  $l$  и массы  $m$  подвешены на одном уровне на расстоянии  $l_0$  друг от друга. На расстоянии  $a$  от точек подвеса они соединены пружиной с собственной длиной  $l_0$  и жесткостью  $k$ . Найти собственные частоты малых колебаний.

#### Контрольная работа №4

1. Записать функцию Гамильтона и уравнения Гамильтона математического маятника, длина которого меняется по закону  $l=a \sin(\beta t)$
2. Дана функция Лагранжа  $L = at^2 \dot{x}\dot{y} + bx \cos \omega t$ . Записать функцию Гамильтона и уравнения Гамильтона.

#### Описание технологии проведения

На выполнение заданий контрольных работ выделяется по 2 академических часа. При решении задач студентам разрешено пользоваться конспектами занятий.

#### Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

Оценка «отлично»: *Подробные и решения всех задач с правильными ответами, допускаются незначительные вычислительные неточности.*

Оценка «хорошо»: *Подробные решения всех задач, допускается неполное выполнение отдельных заданий.*

Оценка «удовлетворительно»: *решение отдельных задач, допускаются неточности в выборе способа решения задачи.*

Оценка «неудовлетворительно»: *отсутствие правильно решенных задач.*

#### 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

##### Перечень вопросов к зачету

1. Законы сохранения и изменения импульса.
2. Движение в неинерциальной системе отсчёта.
3. Законы изменения и сохранения момента импульса.
4. Свободные одномерные колебания.
5. Работа и энергия. Потенциал. Закон сохранения энергии.
6. Вынужденные колебания одномерного гармонического осциллятора. Резонанс. Биения.
7. Потенциальные, гироскопические и диссипативные силы. Теорема о вириале сил.
8. Колебания системы с несколькими степенями свободы.
9. Затухающие колебания.
10. Виды связей. Уравнения связей. Действительные, возможные и виртуальные перемещения. Идеальные связи.
11. Вынужденные колебания при наличии затухания.
12. Уравнения Лагранжа 1 рода. Законы сохранения для систем со связями. Общее уравнение механики.
13. Ангармонические колебания.
14. Момент импульса твердого тела. Прецессия.
15. Функция Гамильтона. Канонические уравнения Гамильтона.
16. Обобщенные координаты и скорости. Вывод уравнений Лагранжа 2 рода из общего уравнения механики. Принцип виртуальных перемещений и условие равновесия.
17. Резонанс в нелинейных колебаниях.

18. Вывод уравнений Лагранжа 2 рода из принципа наименьшего действия.
19. Система в быстро осциллирующем поле.
20. Общие свойства функции Лагранжа. Функция Лагранжа свободных и взаимодействующих частиц.
21. Уравнения Эйлера для движения твердого тела.
22. Однородность времени и закон сохранения энергии.
23. Скобки Пуассона и интегралы движения.
24. Однородность пространства и закон сохранения импульса.
25. Действие как функция координат и времени.
26. Центр инерции. Преобразование энергии и импульса при переходе между инерциальными системами отсчёта.
27. Физически бесконечно малые величины. Уравнение непрерывности вещества.
28. Изотропия пространства и закон сохранения момента импульса.
29. Преобразование момента импульса при переходе между инерциальными системами отсчёта.
30. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля.
31. Приведенная масса. Общие свойства движения в центральном поле.
32. Уравнение Гамильтона-Якоби.
33. Уравнение Эйлера. Полная система уравнений движения идеальной жидкости.
34. Канонические преобразования. Производящие функции.
35. Задача Кеплера. Финитное и инфинитное движение в поле притяжения отталкивания.
36. Гидростатика. Уравнение Бернулли.
37. Сечение рассеяния.
38. Тензор плотности потока импульса сплошной среды.
39. Формула Резерфорда.
40. Теорема Томсона о сохранении циркуляции скорости.
41. Рассеяние под малыми углами.
42. Потенциальное течение. Интеграл Коши.
43. Кинематика твердого тела. Угловая скорость.
44. Звуковые волны.
45. Тензор инерции. Главные моменты инерции. Теорема Штейнера-Гюйгенса.
46. Уравнение Навье-Стокса.

### **Описание технологии проведения**

Зачет проводится в устной форме. Студенту предлагается 2 вопроса из списка вопросов, на которые он должен дать развернутый ответ в течение одного академического часа. В случае неудовлетворительных результатов текущего контроля успеваемости студент также получает дополнительное письменное задание.

### **Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания**

Оценка «отлично»: подробные и безошибочные ответы на основные и дополнительные вопросы.  
 Оценка «хорошо»: подробные ответы на поставленные вопросы с мелкими ошибками.  
 Оценка «удовлетворительно»: неудовлетворительные ответы на один из основных и некоторые дополнительные вопросы.  
 Неудовлетворительно – плохое знание материала, неудовлетворительные ответы на большинство поставленных вопросов.