

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

\_\_\_.\_\_\_.2023 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 25.05.2023 г. протокол № 5  
(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)

8. Учебный год: 2024-2025

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	Закон изменения импульса системы частиц. Радиус-вектор центра масс. Момент импульса. Закон изменения момента импульса системы частиц. Потенциальные и непотенциальные силы, работа и мощность. Законы изменения и сохранения механической энергии. Одномерное движение частицы. Период финитного движения.	–
1.2	Задача двух тел и движение в центральном поле	Задача двух тел. Приведённая масса. Общие свойства движения в центральное поле. Секториальная скорость. Решение задачи о движении в центральном поле в общем виде. Угол поворота. Движение в кулоновском поле. Виды траекторий. Законы Кеплера. Рассеяние частиц. Дифференциальное эффективное сечение рассеяния. Распад частиц. Угол вылета частицы в разных системах отсчёта.	–
1.3	Динамика систем со связями. Уравнения Лагранжа.	Несвободная механическая система. Уравнения связи. Идеальные связи. Уравнение Лагранжа с реакциями связей. Обобщённые координаты, обобщённые скорости, обобщённые силы. Функция Лагранжа и уравнение Лагранжа II рода. Обобщённая энергия и однородность времени. Обобщённый импульс и циклические координаты. Свойства функции Лагранжа. Свойства пространства-времени и законы сохранения в формализме Лагранжа. Функция Лагранжа в неинерциальной системе отсчёта. Уравнение движения частицы в неинерциальной системе отсчёта. Энергия и импульс частицы в равномерно вращающейся системе отсчёта.	–
1.4	Движение твёрдого тела	Кинетическая энергия твёрдого тела, поступательное и вращательное движения. Тензор инерции и главные моменты инерции твёрдого тела. Теорема Штейнера-Гюйгенса. Момент импульса твёрдого тела. Угловая скорость прецессии симметрического волчка.	–
1.5	Теория малых колебаний	Свободные одномерные колебания. Амплитуда и энергия осциллятора. Вынужденные колебания. Осциллятор в среде с линейным трением. Вынужденные колебания при наличии трения, случай гармонической силы.	–
1.6	Канонические уравнения	Функция Гамильтона и канонические уравнения. Изменение физической величины во времени. Скобки Пуассона. Действие и его зависимость от координат и времени	–
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Механика Ньютона для систем без связей	Закон изменения импульса системы частиц. Радиус-вектор центра масс. Момент импульса. Закон изменения момента импульса системы частиц. Потенциальные и непотенциальные силы, работа и мощность. Законы изменения и сохранения механической энергии. Одномерное движение частицы. Период финитного движения.	–

2.2	Задача двух тел и движение в центральном поле	Задача двух тел. Приведённая масса. Общие свойства движения в центральное поле. Секториальная скорость. Решение задачи о движении в центральном поле в общем виде. Угол поворота. Движение в кулоновском поле. Виды траекторий. Законы Кеплера. Рассеяние частиц. Дифференциальное эффективное сечение рассеяния. Распад частиц. Угол вылета частицы в разных системах отсчёта.	–
2.3	Динамика систем со связями. Уравнения Лагранжа.	Несвободная механическая система. Уравнения связи. Идеальные связи. Уравнение Лагранжа с реакциями связей. Обобщённые координаты, обобщённые скорости, обобщённые силы. Функция Лагранжа и уравнение Лагранжа II рода. Обобщённая энергия и однородность времени. Обобщённый импульс и циклические координаты. Свойства функции Лагранжа. Свойства пространства-времени и законы сохранения в формализме Лагранжа. Функция Лагранжа в неинерциальной системе отсчёта. Уравнение движения частицы в неинерциальной системе отсчёта. Энергия и импульс частицы в равномерно вращающейся системе отсчёта.	–
2.4	Движение твёрдого тела	Кинетическая энергия твёрдого тела, поступательное и вращательное движения. Тензор инерции и главные моменты инерции твёрдого тела. Теорема Штейнера-Гюйгенса. Момент импульса твёрдого тела. Угловая скорость прецессии симметрического волчка.	–
2.5	Теория малых колебаний	Свободные одномерные колебания. Амплитуда и энергия осциллятора. Вынужденные колебания. Осциллятор в среде с линейным трением. Вынужденные колебания при наличии трения, случай гармонической силы.	–
2.6	Канонические уравнения	Функция Гамильтона и канонические уравнения. Изменение физической величины во времени. Скобки Пуассона. Действие и его зависимость от координат и времени	–

\* 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	5	7		14	26
2	Задача двух тел и движение в центральном поле	4	6		12	22
3	Динамика систем со связями. Уравнения Лагранжа	8	13		23	44
4	Движение твёрдого тела	5	7		14	26
5	Теория малых колебаний	8	12		22	42
6	Канонические уравнения	4	5		11	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>
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 – 1.6, 2.1 – 2.6	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. Закон изменения импульса системы частиц. Радиус-вектор центра масс.
2. Момент импульса. Закон изменения момента импульса системы частиц.
3. Потенциальные и непотенциальные силы, работа и мощность.
4. Законы изменения и сохранения механической энергии.
5. Одномерное движение частицы. Период финитного движения.
6. Задача двух тел. Приведённая масса.
7. Общие свойства движения в центральное поле. Секториальная скорость.
8. Решение задачи о движении в центральном поле в общем виде. Угол поворота.
9. Движение в кулоновском поле. Виды траекторий.
10. Законы Кеплера.
11. Рассеяние частиц. Дифференциальное эффективное сечение рассеяния.
12. Распад частиц. Угол вылета частицы в разных системах отсчёта.
13. Несвободная механическая система. Уравнения связи.
14. Идеальные связи. Уравнение Лагранжа с реакциями связей.
15. Обобщённые координаты, обобщённые скорости, обобщённые силы.
16. Функция Лагранжа и уравнение Лагранжа II рода.
17. Обобщённая энергия и однородность времени.
18. Обобщённый импульс и циклические координаты.
19. Свойства функции Лагранжа
20. Свойства пространства-времени и законы сохранения в формализме Лагранжа
21. Функция Лагранжа в неинерциальной системе отсчёта.
22. Уравнение движения частицы в неинерциальной системе отсчёта.

23. Энергия и импульс частицы в равномерно вращающейся системе отсчёта.
24. Кинетическая энергия твёрдого тела, поступательное и вращательное движения.
25. Тензор инерции и главные моменты инерции твёрдого тела.
26. Момент импульса твёрдого тела (и его компоненты).
27. Свободные одномерные колебания. Амплитуда и энергия осциллятора.
28. Вынужденные колебания.
29. Осциллятор в среде с линейным трением.
30. Вынужденные колебания при наличии трения (случай гармонической силы).
31. Функция Гамильтона и канонические уравнения.
32. Изменение физической величины во времени. Скобки Пуассона.
33. Действие и его зависимость от координат и времени

### **Описание технологии проведения**

Зачет проводится в устной форме с учётом результатов контрольных работ. 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.