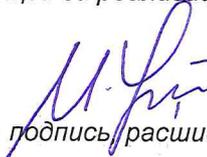


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
теоретической физики  
наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины

 Фролов М.В.  
подпись / расшифровка подписи

\_\_\_ . \_\_\_ . 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

*Б1.В.01 – Теоретическая механика*

*Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом*

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: \_\_\_\_\_  
*14.03.02 Ядерная физика и технологии*
2. Профиль подготовки/специализация: \_\_\_\_\_  
*" Физика атомного ядра и частиц "*
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 26.06.2024 г. протокол № 6*  
*(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)*
8. Учебный год: \_\_\_\_\_ *2025-2026* Семестр(ы)/Триместр(ы): \_\_\_\_\_ *4*

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- формирование представлений о лагранжевом и гамильтоновом формализмах классической механики с приложениями к решению типовых задач..

Задачи учебной дисциплины:

- овладение фундаментальными понятиями, физическими моделями и методами теоретической механики, а также получение представлений о подходах к постановке и решению конкретных, с учётом особенностей специализации, физических задач.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Для освоения курса необходимо использовать материал всех математических дисциплин базового блока «Математика», а также дисциплины «Механика» базового блока «Физика», входящих в Обязательную часть. В свою очередь, материал курса «Теоретическая механика» необходим для изучения дисциплин Б1.В.03 «Электродинамика», Б1.В.04 «Квантовая механика», Б1.В.05 «Термодинамика и статистическая физика», предусмотренных учебным планом направления 14.03.02 Ядерная физика и технологии.

## 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
ПК-1	Способность использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области	ПК-1.3	Умение проводить изучение и анализ литературных и патентных источников по тематике исследований	<p>Знать: основные положения и методы теоретической механики;</p> <p>Уметь: использовать в профессиональной деятельности знания о свойствах механических систем, а также методах их исследования, применять полученные знания для освоения профильных дисциплин и решения профессиональных задач;</p> <p>Владеть: современным аппаратом теоретической и математической физики, необходимым для решения задач теоретической механики.</p>

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) — 3 / 108.

Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) -- экзамен.

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		4	...	...
Аудиторные занятия	28	28		
в том числе:	лекции	14	14	
	практические	14	14	
	лабораторные			
Самостоятельная работа	44	44		

в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации (экзамен – ___ час.)	Экзамен 36	Экзамен - 36		
Итого:	108	108		

### 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.	–
1.3	Уравнения Лагранжа.	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.	–
1.4	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.	–
1.5	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.	–
		Обобщённые координаты, обобщённые скорости,	–

2.3	Уравнения Лагранжа.	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.	
2.4	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.	–
2.5	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 темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
4 семестр						
1	Механика Ньютона для систем без связей	2		2	6	10
2	Задача двух тел и движение в центральном поле	4		4	12	20
3	Уравнения Лагранжа.	4		4	8	16
4	Теория малых колебаний	2		2	10	14
5	Канонические уравнения	2		2	8	12
	Итого:	14		14	44	72

### 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.)

При освоении лекционного материала обучающимся необходимо понимать связь каждой лекции с предыдущими, ее место и роль в текущей главе; на занятиях рекомендуется задавать уточняющие вопросы преподавателю, домашние задания следует систематически выполнять.

### 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.
2	Сивухин Д. В. Общий курс физики. Учеб. пособие: Для вузов. В 5 т. Т. I. Механика. — 4-е изд., стереот. — М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2014. — 560 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Манаков Н.Л. Задачи по теоретической механике. Часть 1. Учебное пособие для вузов /

	<i>Н.Л. Манаков, А.А. Некипелов, В.Д. Овсянников // Воронеж. - Издательский дом ВГУ. - 2013. – 58с.</i>
4	<i>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></i>
5	<i>Коткин Г.Л. Лекции по аналитической механике: [учебное пособие] / Г.Л. Коткин, В.Г. Сербо, А.И. Черных.— Н. : Новосибирский гос. Ун-т, 2007. — 188 с.</i>
6	<i>Ольховский И.И. Курс теоретической механики для физиков / И.И. Ольховский. —М.: Изд-во Моск.ун-та, 1974.</i>
7	<i>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.</i>
8	<i>Павленко Ю.Г. Лекции по теоретической механике / Ю.Г. Павленко. — М.: Изд. Моск. Ун-та, 2002. — 392 с.</i>

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

№ п/п	Ресурс
9	<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
-------	----------

**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, электронные средства для представления презентаций.

**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 – 1.5, 2.1 – 2.5	ПК-1	ПК-1.3	Тестовые задания
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				Вопросы к экзамену

**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:

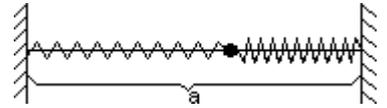
### Примеры заданий для контрольных работ

#### Контрольная работа №1

1. Частица массы  $m$  движется с энергией  $E$  вдоль оси  $x$  в поле  $U(x) = \alpha / \cos^2 \beta x$ , причем  $\alpha < E$ . Найти закон движения частицы, если в начальный момент времени:  $x(0) = x_0$ . ( $\alpha, \beta$  – постоянные).
2. Частица массы  $m$  движется в центральном поле с потенциальной энергией. Найти уравнение траектории частицы, если ее полная энергия равна нулю, а момент импульса  $L$ .

#### Контрольная работа №2

1. Точка массы  $m$  может двигаться по горизонтали и соединена пружинами с двумя стенками, расстояние между которыми равно  $a$ . Собственные длины пружин  $l_{01}$  и  $l_{02}$ , а их жесткости одинаковы и равны  $k$ . Получить функцию Лагранжа данной механической системы.



2. В предыдущей задаче получить уравнение движения механической системы.

### Перечень тестовых вопросов

1. Определение импульса материальной точки
2. Закон изменения импульса системы частиц
3. Закон изменения момента импульса системы частиц
4. Координаты двух частиц массами  $m_1$  и  $m_2$  равны  $x_1$  и  $x_2$  соответственно. Чему равна координата  $x$  их центра масс?
5. Определение момента импульса материальной точки
6. Определение момента сил, действующих на материальную точку
7. Определение элементарной работы механической системы
8. Чему равен ротор потенциальной силы?
9. По какой формуле потенциальная сила связана с потенциальной энергией?
10. Какая механическая величина сохраняется, если потенциальная энергия явно не зависит от времени, а диссипативные силы отсутствуют?
11. Формула в квадратурах для нахождения зависимости  $t(x)$  одномерного движения частицы
12. Формула для периода одномерного движения частицы в поле  $U(x)$
13. Чему равна скорость одномерного движения частицы в точках, где  $E = U(x)$ ?
14. Как движется центр масс в задаче двух тел?
15. Приведенная масса (формула)
16. Чему равен момент силы, действующей на частицу со стороны центрального поля?
17. Траектория частицы в центральном поле лежит в плоскости, из какого закона сохранения это следует?
18. Записать квадрат скорости частицы в полярной системе координат
19. Какой физической величине пропорциональна секториальная скорость частицы?
20. Записать проекцию момента импульса  $L_z$  в цилиндрической системе координат
21. Записать проекцию момента импульса  $L_z$  в декартовой системе координат
22. Выразить радиальную скорость частицы в центральном поле через эффективную потенциальную энергию
23. Какая часть скорости частицы равна нулю в точках поворота траектории (в центральном поле)?
24. Как изменяется со временем момент импульса частицы в задаче Кеплера?
25. Уравнение траектории в задаче Кеплера в случае притяжения (через параметр и эксцентриситет орбиты).

26. Значения  $r_{min}$  и  $r_{max}$  для финитного движения в задаче Кеплера (через параметр и эксцентриситет орбиты).
27. К какой величине стремится скорость частицы при движении по параболе в задаче Кеплера по мере удаления от центра поля?
28. Формулировка законов Кеплера
29. Записать модуль момента импульса  $L$  рассеиваемой частицы через прицельное расстояние.
30. Формула дифференциального сечения рассеяния.
31. Определение обобщённых координат, обобщённых скоростей, обобщённой силы
32. Как элементарная работа выражается через обобщённые силы?
33. Что такое функция Лагранжа?
34. Написать функцию Лагранжа плоского математического маятника, частицы в центральном поле, линейного осциллятора
35. Уравнение Лагранжа в обобщённых координатах (через функцию Лагранжа)
36. Определение обобщённой энергии, обобщённого импульса
37. Что такое циклическая координата?
38. Какая величина сохраняется, если обобщённая координата  $q_\alpha$  циклическая?
39. Какой закон сохранения следует из однородности времени, из однородности пространства? из изотропии пространства?
40. Уравнение гармонических колебаний
41. Закон гармонических колебаний (в любом виде)
42. Как механическая энергия линейного осциллятора зависит от амплитуды и частоты?
43. Уравнение вынужденных малых колебаний
44. Определение функции Гамильтона, от каких переменных она зависит?
45. Функция Гамильтона материальной точки в однородном поле тяжести
46. Скорость изменения физической величины во времени в формализме Гамильтона
47. Уравнения Гамильтона
48. Функция Гамильтона линейного гармонического осциллятора

### Описание технологии проведения

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме(ах): **устного опроса (индивидуальный опрос); письменных работ (контрольные).**

### 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### Перечень вопросов к экзамену:

1. Импульс и момент импульса системы частиц в механике Ньютона (вывод законов их изменения).
2. Работа, закон сохранения энергии (элементарная работа, кинетическая и потенциальная энергии).
3. Период одномерного финитного движения (точки останова, вывод формулы  $t(x)$  и периода финитного движения частицы).
4. Центральное поле и секториальная скорость.
5. Уравнение траектории частицы в центральном поле (вывод формулы  $\varphi(r)$ , понятие угла поворота).
6. Движение в кулоновском поле (вывод формулы  $r(\varphi)$  для случая притяжения, параметр орбиты и эксцентриситет).
7. Законы Кеплера (I, II законы пояснить, III закон доказать).
8. Распад частиц.
9. Задача 2-х тел (вывести уравнение движения с приведённой массой).

10. Рассеяние частиц. Эффективное сечение рассеяния (вывод формулы для  $\varphi_0$  и дифференциального сечения рассеяния).
11. Обобщённые координаты и силы для голономных связей (определение обобщённых координат, скоростей, вывод обобщённой силы для случая идеальных связей).
12. Функция Лагранжа и уравнение Лагранжа (с выводом).
13. Обобщённый импульс и обобщённая энергия (здесь же циклические координаты).
14. Свойства функции Лагранжа.
15. Законы сохранения в формализме Лагранжа.
16. Функция Гамильтона и уравнения Гамильтона (с выводом).
17. Изменение физической величины во времени в формализме Гамильтона. Скобки Пуассона.
18. Одномерные малые колебания. Свободные колебания (вывод уравнения линейных колебаний, его решение; энергия осциллятора).
19. Вынужденные колебания.

### **Описание технологии проведения**

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 и практическое задание, позволяющее оценить степень умения решать практические задачи. Критерии оценивания приведены выше.

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

Критерии оценок:

Отлично – Полное знание учебно-программного материала на уровне количественной характеристики. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.

Хорошо – Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.

Удовлетворительно – Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность скорректировать ответ под руководством преподавателя.

Неудовлетворительно – Незнание основного программного материала. Неспособность скорректировать ответ под руководством преподавателя.