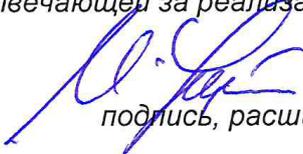


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
теоретической физики  
наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины

 (Фролов М.В.)  
подпись, расшифровка подписи

. .2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
Б1.О.24 – Теоретическая механика и механика сплошных сред

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.03.02 – физика

2. Профиль подготовки/специализация: "Физика медицинских, лазерных технологий и наноматериалов"

3. Квалификация выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная (дневная)

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

6. Составители программы Мармо Сергей Иванович

ФИО

д.ф.-м.н.

доцент

ученая степень

ученое звание

7. Рекомендована: НМС физического факультета от 20.05.2025 г. протокол № 5  
(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)

8. Учебный год: 2026-2027

Семестр(ы)/Триместр(ы): 3-4

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Классическая механика является неотъемлемой частью физического образования. Изучение классической механики позволяет познакомиться с принципами и математическими методами, применяемыми в различных областях физики. Целью курса является формирование представлений о лагранжевом и гамильтоновом формализмах классической механики, о гидродинамике идеальной и вязкой жидкости с приложениями к решению типовых задач, что составляет основу теоретической подготовки физиков. Основными задачами курса являются овладение фундаментальными понятиями и физическими моделями и получение представлений о подходах к постановке и решению конкретных, с учётом особенностей специализации, физических задач.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Входит в модуль «Теоретическая физика» базовой части Б1. Изучение дисциплины проводится на базе общих курсов (математический анализ, аналитическая геометрия, линейная алгебра, векторный и тензорный анализ, общая физика: механика) с учётом требований к уровню подготовки, необходимых для освоения основной образовательной программы. Дисциплина является предшествующей для курсов электродинамики, квантовой теории, специальных курсов.

## 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 физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.4	Умение решать типовые задачи с учетом основных понятий и общих закономерностей, сформулированных в рамках базовых дисциплин естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)	<p>Знать: основные положения и методы теоретической механики и гидродинамики сплошных сред;</p> <p>Уметь: использовать в профессиональной деятельности знания по теоретической механике и гидродинамике сплошных сред, применять полученные знания для освоения профильных дисциплин и решения профессиональных задач;</p> <p>Владеть (иметь навык(и)): практическими методами теоретической механики и гидродинамики сплошных сред и применять их на практике при решении профессиональных задач</p>
		ОПК-1.5	Умение использовать знания основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	
		ОПК-1.6	Владение навыками использования знаний о методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук при решении практических задач, структурирования естественно-научной информации	

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. 7/ 252.****Форма промежуточной аттестации зачет, экзамен****13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			3 семестр	4 семестр
Аудиторные занятия		136	72	64
в том числе:	лекции	68	36	32
	практические	68	36	32
	лабораторные			
Самостоятельная работа		80	36	44
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации (зачет, экзамен – 36 час.)		36	Зачет	Экзамен-36
Итого:		252	108	144

**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	Основные понятия и законы ньютоновской механики	Общие понятия теоретической механики. Системы отсчета. Первый закон Ньютона. Преобразования Галилея. Силы. Второй и третий законы Ньютона. Работа силы. Потенциальные силы. Связи. Реакции связей. Уравнение Лагранжа 1-го рода. Общее уравнение механики.	–
1.2	Лагранжев формализм	Обобщенные координаты. Принцип наименьшего действия. Функция Лагранжа. Законы сохранения как свойства симметрии функции Лагранжа. Неинерциальные системы отсчета.	–
1.3	Движение в центральном поле	Задача двух тел. 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. Задача Кеплера. Закон движения. Уравнение траектории. Столкновения частиц. Упругое столкновение в системе центра инерции (ц-система). Упругое столкновение в лабораторной системе координат (л-система). Диаграммы рассеяния. Рассеяние частиц в центральном поле. Эффективное и дифференциальное сечения рассеяния. Рассеяние одной частицы. Формула Резерфорда.	–
1.4	Колебания	Одномерные колебания. Вынужденные колебания. Колебания с трением. Колебания со многими степенями свободы. Цепочки. Ангармонические колебания. Параметрический резонанс. Движение в быстро осциллирующем поле. Маятник Капицы.	–
1.5	Динамика твердого тела	Понятие твердого тела. Кинематика твердого тела. Кинетическая энергия твердого тела. Момент количества движения твердого тела. Симметрический волчок. Уравнения Эйлера.	–
1.6	Гамильтонов формализм	Уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Действие как функция координат и времени. Уравнение Гамильтона-Якоби. Канонические преобразования.	–

		Теорема Лиувилля. Уравнение Гамильтона-Якоби. Разделение переменных.	
1.7	Гидродинамика	Основные понятия и уравнения механики сплошных сред. Гидростатика. Уравнение Бернулли. Парадокс Даламбера. Звуковые волны. Эффект Доплера. Уравнения непрерывности импульса и энергии. Несжимаемая жидкость. Вязкая жидкость. Уравнение Навье-Стокса. Закон подобия.	–
1.8	Заключение	Границы применимости законов классической механики и ее дальнейшее развитие.	–
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Кинематика и ньютонов формализм	Кинематика материальной точки. Динамика материальной точки. Законы изменения и сохранения импульса, энергий. Интегралы движений.	–
2.2	Одномерное движение	Движение в одномерном потенциале. Определение периода частицы, движущейся в яме. Определение потенциала по энергетической зависимости периода финитного движения.	–
2.3	Лагранжев формализм	Уравнения Лагранжа первого рода. Уравнения Лагранжа второго рода.	–
2.4	Центральное поле	Движение в центральном поле. Теория рассеяния. Падение на центр.	–
2.5	Колебания	Малые одномерные колебания. Вынужденные колебания. Резонанс. Затухающие колебания. Вынужденные колебания с учётом трения. Колебания систем со многими степенями свободы. Нормальные координаты. Нелинейные колебания. Колебания в быстроосциллирующем поле. Метод Капицы.	–
2.6	Гамильтонов формализм	Уравнение Гамильтона. Функция Гамильтона. Скобки Пуассона. Действие как функция координат. Уравнение Гамильтона-Якоби. Канонические преобразования. Определение. Производящая функция канонического преобразования. Виды производящих функций.	–
2.7	Гидродинамика	Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Несжимаемая жидкость. Стационарное течение жидкости. Уравнение движения вязкой жидкости.	–

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Элементарные принципы и уравнения классической механики.	6	8		8	22
2	Лагранжев формализм.	7	6		6	19
3	Движение в центральном поле	10	12		12	34
4	Колебания	12	10		10	32
5	Динамика твердого тела	6	6		8	20
6	Гамильтонов формализм	12	12		18	42
7	Гидродинамика	14	14		18	46
8	Заключение	1				1
	Итого:	68	68		80	216

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Необходимо после каждой лекции по ее теме разбирать и осваивать лекционный материал, для его лучшего понимания читать рекомендованную основную и дополнительную литературу, готовиться к практическому 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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т. I: Механика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — М.: Физматлит, 2007. — 222 с.
2	Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т. 6: Гидродинамика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — М.: Физматлит, 2006. — 731 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Павленко Ю.Г. Лекции по теоретической механике. — М.: Изд. Моск. Ун-та, 1991. — 336 С.
4	Арнольд В.И. Математические методы классической механики. — М.: Наука, 1989. — 472 С.
5	Голдстейн Г. Классическая механика. / Пер.с англ. А.Н.Рубашова. — М.: Наука, 1975. — 416 С.
6	Сборник задач по теоретической физике: Учебное пособие для вузов (Изд.2-е) / Л.Г.Гречко, В.И.Сугаков, О.Ф.Томасевич, А.М.Федорченко. - М.: Высшая школа, 1974.- 321 с.
7	Ольховский И.И., Павленко Ю.Г., Кузьменков Л.С. Задачи по теоретической механике для физиков. — М.: Изд-во Моск.ун-та, 1977. — 395 С.

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

№ п/п	Ресурс

#### 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	Задачи с решениями по теоретической механике: ньютон и лагранж формализм : учебное пособие для вузов. Ч. 1 / А.А. Каменский, С.И. Мармо, М.В. Фролов.— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2023.— 103 с.
2	Задачи с решениями по теоретической механике: теория рассеяния, линейные и нелинейные колебания одномерных и многомерных систем: учебное пособие для вузов. Ч. 2 / А.А. Каменский, С.И. Мармо, М.В. Фролов.— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2023.— 101 с.
3	Задачи с решениями по теоретической механике: динамика твердого тела, аналитическая механика, гидродинамика: учебное пособие для вузов. Ч. 3 / А.А. Каменский, С.И. Мармо, М.В. Фролов.— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2023.— 103 с.

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

<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4193>

## 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 1.1-1.8, 2.1-2.7	ОПК-1	ОПК-1.4 ОПК-1.5 ОПК-1.6	Контрольные работы 1-4
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Список вопросов, выносимых на зачет
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				Список вопросов, выносимых на экзамен

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

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

#### Пример задач, выносимых на контрольные работы

1. Найти закон движения и траекторию частицы в однородном поле тяжести, если в начальный момент скорость частицы равна  $V_0$  и составляет угол  $\alpha$  с горизонтом. Начальная высота равна нулю.
2. В однородном поле тяжести испускают частицы в произвольных направлениях, но с одинаковой по модулю начальной скоростью,  $V_0$ . Определить область недостижимую для частиц.
3. На некоторой высоте взрывают заряд, который изотропно разлетается в пространстве на мелкие кусочки с одинаковой по модулю начальной скоростью,  $V_0$ . Определить распределение фронта частиц в пространстве с течением времени. Какой фронт будет образовываться в пространстве, если частицы заряда будут разлетаться в пространстве с одинаковой по модулю начальной скоростью,  $V_0$ , но параллельной поверхности земли?
4. Заряд  $e$  движется в электрическом поле с вектором напряжённости  $\mathbf{E} = \mathbf{n}_x E_0 \sin(z/a)$ . В начальный момент времени  $\mathbf{r}(t=0) = 0$ ,  $\mathbf{V}(t=0) = \mathbf{n}_z V_0$ . Найти закон движения заряда.
5. Электрон движется в магнитном поле с напряжённостью  $\mathbf{H} = \mathbf{n}_z H_0 \cos(ay)$ . Найти закон движения и траекторию электрона, если  $\mathbf{r}(t=0) = 0$ ,  $\mathbf{V}(t=0) = V_0 \mathbf{n}_y$ .
6. Заряд  $e$  движется в скрещенных постоянных однородных электрическом и магнитном полях со взаимно перпендикулярными напряжённостями. Найти скорость заряда, если  $\mathbf{r}(t=0) = \mathbf{R}_0$  и  $\mathbf{V}(t=0) = \mathbf{V}_0$ .
7. Частица массы  $m$ , движущейся со скоростью  $\mathbf{V}_1$ , переходит из левого полупространства,  $x < 0$ , в правое  $x > 0$ . Определить изменение направления движения частицы, если в левом полупространстве потенциал равен  $U_1$ , а в правом полупространстве  $U_2$ .
8. Шарик с массой  $m$  свободно падает с высоты  $h$  в центр закреплённого на пружине массивного однородного горизонтального диска с массой  $M$ . Найти законы движения диска и шарика для случаев упругого и полностью неупругого ударов (после первого соударения). При каком условии упругие соударения будут происходить в одной и той же точке пространства с максимальной

- частотой. В момент соударения шарика о диск пренебречь влиянием силы упругости и силы тяжести.
9. Однородный стержень длины  $l$  в начальный момент времени занимает вертикальное положение и опирается на гладкую горизонтальную плоскость. Затем под весьма малым случайным воздействием стержень начинает падать на плоскость. Найти траекторию верхнего конца стержня.
  10. Определить (приближено) закон движения частицы в окрестности точки поворота. Рассмотреть два случая:  $U(a)=0$  и  $U(a)=U'(a)=0$ , где  $a$  -- точка поворота.
  11. Найти явный вид симметричного по  $x$  потенциала, если период колебаний частицы прямо пропорционален энергии частицы.
  12. Может ли существовать симметричный по  $x$  потенциал, в котором период колебаний,  $T=a/E^{1/2}$ .
  13. Точка движется в однородном поле тяжести по гладкому круговому конусу, ось симметрии которого расположена вертикально. Найти траекторию точки и реакцию связи.
  14. Частица движется в однородном поле тяжести по гладкой сфере радиуса  $a$ . Найти силу реакции сферы  $R$  как функцию координат и скорости, а также определить координату  $z_c$  отрыва точки от сферы.
  15. Однородная цепочка длины  $l$  перекинута через верхнюю горизонтальную грань неподвижной призмы, сечение которой является трапеция с острыми углами  $\alpha$  и  $\beta$  при горизонтальном нижнем основании. Каково положение равновесия цепочки на призме с гладкими гранями, если  $a$ --длина ее грани?
  16. На одном конце лёгкой нерастяжимой нити, перекинутой через гладкий блок пренебрежимо малой массы, укреплен груз массы  $m_1$ . По другому концу нити перемещается обезьяна массы  $m_2$  по закону  $\xi(t)$  относительно нити. Найти функцию Лагранжа системы и закон движения груза и обезьяны.
  17. Точка массы  $m$  может двигаться по гладкой кривой  $y=a \sin kx$ . Ось  $x$  горизонтальна, а ось  $y$  образует угол  $\alpha$  с вертикалью. Найти функцию Лагранжа и энергию точки.
  18. Точка массы  $m$ , которая может передвигаться по гладкой горизонтальной прямой, соединена пружиной с неподвижной точкой, находящейся на расстоянии  $h$  от прямой. Найти функцию Лагранжа, предполагая, что пружина подчинена закону Гука, а жесткость пружины  $k$  и её длина  $l_0$  в ненапряжённом состоянии известны. Напишите уравнения Лагранжа.
  19. Определить закон и траекторию движения частицы в потенциале  $U(r)=m\omega^2 r^2/2$ .
  20. Определить наименьшее расстояние между частицами, если первая из них налетает из бесконечности со скоростью  $V$  и прицельным параметром  $\rho$  на вторую, первоначально покоившуюся. Масса частиц  $m_1, m_2$ , закон взаимодействия между частицами  $U(r)=a/r^n$ .
  21. Частица падает в центр поля  $U(r)=-\alpha r^{-n}$  с конечного расстояния. Будет ли число оборотов вокруг центра, сделанных при этом частицей, конечным? Будет ли конечным время падения?
  22. Упругая пренебрежимо малой массы нить, длина которой в нерастяжимом состоянии  $l_0=2a$ , перекинута через два гладких горизонтальных стержня, расположенных на одном уровне на расстоянии  $a$ . Оба конца нити соединены шариком массы  $m$ . Определить частоту вертикальных колебаний шарика, если в положении равновесия, нить образует равносторонний треугольник.
  23. Две пружины с жесткостями  $k$  соединены одними концами с материальной точкой с массой  $m$ , а другими к противоположным вертикальным стенам. В нерастяжимом состоянии пружины имеют длину  $l_0$ . Расстояние между стенами  $2l$ . Пренебрегая силой тяжести определить частоту линейных колебаний.
  24. Шарик массы  $m$  может двигаться по параболе  $y=px^2$ . К шарiku прикреплены одинаковые пружины с жесткостью  $k$ , которые навиты на параболу и закреплены на расстоянии  $a$  от вершины параболы. Длина каждой пружины в нерастяжимом состоянии  $a$ . Найти частоту линейных колебаний.
  25. На гладкой горизонтальной поверхности располагается груз с массой  $M$ . Правая сторона груза соединена с вертикальной стеной посредством пружины с жесткостью  $k$  и длиной  $L$  (в нерастяжимом состоянии). К грузу крепят математический маятник длины  $l$  с массой на конце  $m$ . Определить собственные колебания системы.
  26. На гладкий горизонтально расположенный стержень длины  $2l_0$  навиты пружины с жесткостью  $k$ . Одни концы пружины закреплены к концам стержня, а другие к бусинке массы  $m$ . К бусинке прикреплен математический маятник длиной  $l$  и массой  $m$ . Найти собственные частоты системы и нормальные координаты.
  27. Найти собственные частоты и нормальные координаты для двойного математического маятника. Длины и массы на концах каждого сегмента равны  $l$  и  $m$  соответственно.
  28. Определить эффективную потенциальную энергию математического маятника, если его точка подвеса совершает быстрые горизонтальные колебания по закону  $s(t)=s_0 \cos \omega t$ .
  29. Определить движение быстрой частицы, влетающей в поле  $U(x,y,z)=A(x^2-y^2) \sin kz$  под малым углом к оси  $z$ .
  30. Найти условия параметрического резонанса для малых колебаний математического маятника длины  $l$  и массы  $m$ , если точка подвеса колеблется в вертикальном направлении по закону  $s(t)=s_0 \cos(\gamma t)$ ,  $\gamma = 2\omega_0 + \epsilon$ .

31. Половина цилиндрической поверхности находится на абсолютно шероховатой поверхности и совершает малые колебания. Найти период колебаний.
32. Половина шара находится на абсолютно шероховатой поверхности и совершает малые колебания. Найти период колебаний.
33. Найти кинетическую энергию однородного цилиндра, катающегося по внутренней стороне цилиндрической поверхности радиуса  $R$ . Чему равен период малых колебаний для такой системы?
34. Найти функцию Гамильтона для части с массой  $m$  движущейся в центральном поле. Потенциал поля  $U(r)$ . Написать канонические уравнения.
35. Написать уравнения Гамильтона для физического маятника массы  $m$ , если одна из главных осей инерции параллельна оси вращения и проходит на расстоянии  $l$  от неё. Момент инерции маятника относительно этой оси равен  $J$ .
36. Найти функцию Гамильтона для свободной релятивистской частицы.
37. Составить и решить уравнение Гамильтона-Якоби для одномерного линейного гармонического осциллятора с частотой  $\omega$  и массой  $m$ . Найти закон движения.
38. Составить и решить уравнение Гамильтона-Якоби для частицы массы  $m$  и зарядом  $e$  в однородном электрическом поле напряжённостью  $E$ . Найти закон движения.
39. Составить и решить уравнение Гамильтона-Якоби для частицы массы  $m$  и зарядом  $e$  в переменном электрическом поле, задаваемым векторным потенциалом  $A(t) = A_0 \cos \omega t$ . Найти закон движения.
40. По конусной трубе стационарно протекает несжимаемая жидкость. Найдите скорость в поперечном сечении  $S_2$ , если скорость жидкости равна  $V_1$  в поперечном сечении  $S_1$ .
41. Из открытого бака через большое отверстие вытекает вода. Определите скорость истечения воды, если уровень воды в баке равен  $h$ . Как изменится ответ если верхнюю часть бака запаять крышкой, а в баке поддерживать давление  $p$ .
42. Цилиндрический сосуд с площадью основания  $S$  наполнен водой. На дне сосуда открыли отверстие площадью  $\sigma \ll S$ . Через какое время  $t$  вся вода вытечет из сосуда.
43. Несжимаемая вязкая жидкость в отсутствие сил тяжести движется стационарным потоком по цилиндрической трубе радиуса  $R$ . Перепад давления на единицу длины постоянен и равен  $\Delta p/L$ . Найти поля скорости и давления, а также объём жидкости протекающей в единицу времени через поперечное сечение трубы.
44. Несжимаемая вязкая жидкость в отсутствие сил тяжести движется стационарным потоком по цилиндрической трубе с внешним радиусом  $R$  и внутренним радиусом  $a$ . Перепад давления на единицу длины постоянен и равен  $\Delta p/L$ . Найти поля скорости и давления, а также объём жидкости протекающей в единицу времени через поперечное сечение трубы.
45. Длинный цилиндр радиуса  $R_1$  перемещают вдоль его оси с постоянной скоростью  $V_0$  внутри коаксиального с ним неподвижного цилиндра радиуса  $R_2$ . Пространство между цилиндрами заполнено жидкостью с коэффициентом вязкости  $\eta$ . Найти поле скоростей жидкости.

### Примеры вопросов, выносимых на зачет

1. Дайте определение материальной точки.
2. Дайте определение угловой скорости.
3. Сформулируйте третий закон Ньютона.
4. Дайте определение моменту импульса частицы с массой  $m$ .
5. Приведите явный вид для потенциальной энергии частицы в поле силы тяжести.
6. Дайте определение интегралам движения.
7. Напишите квадратуру, определяющую закон движения в одномерном случае (считать, что на частицу действуют потенциальные силы).
8. Дайте определение связи(ей).
9. Куда направлены силы реакции идеальной связи, если задано уравнение связи.
10. Сформулируйте принцип наименьшего действия.
11. Напишите функцию Лагранжа свободной частицы.
12. Если силы, действующие на систему, инвариантны относительно поворота, то какие физические величины сохраняются.
13. Частица падает вниз под действием силы тяжести. В процессе падения масса частицы непрерывно уменьшается. Как соотносится ускорение частицы с ускорением свободного падения (больше, меньше, равно)? Дайте краткое пояснение.
14. Напишите выражение для силы Кориолиса.
15. Какие величины сохраняются в центральном поле?
16. Частица совершает финитное движение в потенциале  $U(r) = -\alpha/r$ . Какова зависимость периода финитного движения от энергии частицы?
17. Дайте определение упругому столкновению.

## 20.2. Промежуточная аттестация

### Перечень тем, выносимых на экзамен

1. Основные понятия механики.
2. Динамика механических систем: законы Ньютона.
3. Силы. Понятие потенциальной силы. Работа силы. Потенциальная энергия.
4. Связи. Классификация связей. Понятие о виртуальных перемещениях. Идеальные связи.
5. Постановка задачи со связями. Реакция сил. Уравнения Лагранжа первого рода.
6. Принцип виртуальных перемещений. Общее уравнение механики.
7. Лагранжев формализм. Обобщённые координаты. Принцип наименьшего действия. Уравнения Лагранжа второго рода. Обобщённый импульс и сила.
8. Свойства функции Лагранжа. Функция Лагранжа свободной частицы. Функция Лагранжа частицы в поле. Функция Лагранжа взаимодействующих материальных точек.
9. Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса как следствие инвариантности функции Лагранжа.
10. Одномерное движение. Закон движения в одномерном случае. Период финитного движения.
11. Центральное поле. Интегралы движения. Общее решение задачи в центральном поле.
12. Кеплерова задача. Законы Кеплера.
13. Упругие столкновения. Рассеяние частиц. Сечение рассеяния.
14. Рассеяние в потенциале  $\alpha/r$ . Формула Резерфорда.
15. Малые колебания. Линейный гармонический осциллятор. Математический маятник.
16. Вынужденные колебания. Резонанс.
17. Колебания со многими степенями свободы. Собственные частоты.
18. Малые колебания с учётом сил трения. Диссипативная функция. Вынужденные колебания при наличии трения.
19. Ангармонические колебания.
20. Параметрический резонанс.
21. Метод усреднений.
22. Движение твёрдого тела. Кинетическая энергия твёрдого тела.
23. Тензор инерции. Главные оси инерции. Свойства тензора инерции. Момент импульса твёрдого тела.
24. Уравнение движения твёрдого тела. Уравнения Эйлера.
25. Движение в неинерциальной системе отсчёта.
26. Сопряжённые переменные. Функция Гамильтона. Уравнения Гамильтона.
27. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля.
28. Скобки Пуассона. Интегралы движения. Тождество Якоби.
29. Канонические преобразования.
30. Уравнение Гамильтона-Якоби.
31. Теорема Якоби. Разделение переменных.
32. Общие понятия гидродинамики. Уравнение непрерывности.
33. Уравнение Эйлера.
34. Гидростатика. Закон Архимеда. Барометрическая формула. Закон Бернулли. Теорема Томсона.
35. Потенциальное течение. Обтекание жидкости. Парадокс Даламбера.
36. Звук. Звуковые волны.
37. Уравнения непрерывности импульса и энергии. Плотности потока импульса и энергии.
38. Уравнение Навье-Стокса.
39. Обтекание тел вязкой жидкостью. Формула Стокса.
40. Закон подобия.

### **Описание технологии проведения**

Зачет проводится в письменной форме. Обучающемуся дается тест, содержащего 21 вопрос на 45 минут. Зачет считается сданным, если обучающийся ответил верно более чем на 75 процентов теста.

Экзамен проводится в два этапа: написание теста и устный ответ на экзаменационный билет содержащий два вопроса и практическую задачу.

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

Оценка удовлетворительно выставляется обучающемуся, если он успешно сдал тест, написав более 75 процентов теста (тест состоит не более чем из 33 вопросов и проводится в течении 60 минут) и не ответил на экзаменационный билет.

Оценка хорошо выставляется обучающемуся, если он успешно сдал тест, написав более 75 процентов теста (тест состоит не более чем из 33 вопросов и проводится в течении 60 минут и ответил на один экзаменационный вопрос (при условии решенной практической задаче).

Оценка отлично выставляется обучающемуся, если он успешно сдал тест, написав более 75 процентов теста (тест состоит не более чем из 33 вопросов и проводится в течении 60 минут и ответил на два вопроса из экзаменационного билета (при условии решенной практической задаче).