

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 05.09.2025 12:05:42

Уникальный программный ключ:

04c19ed8bb98f3b6cb77a486b9a8788b8322525



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Физический факультет

Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теоретическая механика»

по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 1	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

**Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации  
по дисциплине (модулю)  
Теоретическая механика**

Направление подготовки (специальность)  
03.03.02 Физика

Направленность (профиль)  
Физика

Присваиваемая квалификация (степень)  
Бакалавр

Форма обучения  
Очная

Челябинск, 2025 г.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теоретическая механика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 2

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень формируемых компетенций
3. Содержание оценочных средств по дисциплине
  - 3.1. Виды оценочных средств
  - 3.2. Содержание оценочных средств
4. Критерии оценивания промежуточной аттестации



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теоретическая механика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 3

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль): Физика

Дисциплина: Теоретическая механика

Семестр: 4

Форма промежуточной аттестации: экзамен

Система оценивания: оценивание результатов осуществляется в рамках 5-балльной системы с использованием балльно-рейтинговой системы.

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

### 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Теоретическая механика» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции (по ФГОС)	Содержание компетенций согласно ФГОС	Индикаторы достижения компетенций согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями, полученными в области физико-математических и (или) естественных наук; ОПК-1.2. Демонстрирует умение решать задачи, формулируемые в рамках физико-математических и (или) естественных наук; ОПК-1.3. Имеет навыки использования основных понятий, законов физико-математических и (или) естественных наук для решения задач профессиональной деятельности.	<u>Знать</u> : Для достижения ОПК-1.1: теоретические основы, основные понятия, законы и модели теоретической механики; <u>Уметь</u> : Для достижения ОПК-1.2: пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями теоретической механики; <u>Владеть</u> : Для достижения ОПК-1.3: физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области теоретической механики



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теоретическая механика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 4

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

### 3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

#### 3.1 Структура оценочных средств

№ п/п	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/ разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/№ задания
1	ОПК-1 <u>Знать:</u> Для достижения ОПК-1.1: теоретические основы, основные понятия, законы и модели теоретической механики;	Уравнения движения.	тест; задачи к практическим занятиям; контрольная работа	тест; задачи к практическим занятиям; вопросы к экзамену.
2	<u>Уметь:</u> Для достижения ОПК-1.2: пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями теоретической механики;	Законы сохранения	тест; задачи к практическим занятиям; контрольная работа	тест; задачи к практическим занятиям; вопросы к экзамену.
3	<u>Владеть:</u> Для достижения ОПК-1.3: физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области теоретической механики	Движение в центральной поле	тест; задачи к практическим занятиям	тест; задачи к практическим занятиям; вопросы к экзамену.
4		Колебания	задачи к практическим занятиям	задачи к практическим занятиям; вопросы к экзамену.

#### 3.2 Содержание оценочных средств

##### База тестовых вопросов

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
Раздел 1 Уравнения движения.		
1	Релятивистская механика изучает.	а) Движение частиц в ускорителях б) <b>Движение тел со скоростью близкой к скорости света</b> в) Движение тел относительно друг друга
2	Квантовая механика изучает	а) Движение и взаимодействие микрочастиц б) Излучение и поглощение света порциями в) <b>Системы, действие которых меньше либо</b>



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
 Федеральное государственное бюджетное образовательное  
 учреждение высшего образования  
 «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
 Физический факультет  
 Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теоретическая механика»  
 по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 5	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

		<b>сравнимо с постоянной Планка</b>	
3	Особенность аналитической механики	<b>a) Аксиоматический подход</b> b) Применение математического анализа c) Отказ от численных методов решения	
4	Материальная точка (частица) – это	<b>a) Тело, размерами которого можно пренебречь при описании его движения</b> b) Тело с пренебрежимо малой массой c) Микроскопическая часть материи	
5.	Пусть N – число частиц в системе, p – размерность пространства. Тогда число степеней свободы системы:	a) $pN^2$ <b>b) <math>pN</math></b> c) $p^3N$	
6	Уравнение движения частицы – это	<b>a) Связь координаты, скорости и ускорения</b> b) Зависимость координаты от времени c) Связь энергии и импульса	
7	Действие системы – это	a) Произведение силы на перемещение <b>b) Интеграл от функции Лагранжа по времени</b> c) Интеграл от энергии по координате	
8	Принцип наименьшего действия:	a) система меняется так, чтобы действие наблюдателя было минимальным b) всё стремится к минимизации действия c) для реальных траекторий частиц действие минимально	
9	Уравнения Лагранжа для системы с s степенями свободы имеют вид	a) $\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} = \frac{\partial L}{\partial q_i}, i = 1, 2, \dots, s$	
		b) $\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial L}{\partial \dot{p}_i} = 0, i = 1, 2, \dots, s$	
		c)* $\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} = \frac{\partial L}{\partial q_i}, i = 1, 2, \dots, s$	
10	Для решения уравнений Лагранжа надо задать	<b>a) Начальные координаты и скорости</b> b) Граничные условия c) Начальные и граничные условия	
11	Однородность времени означает, что	a) Время течёт равномерно b) Законы физики не изменятся	



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теоретическая механика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 6

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		c) Законы физики инвариантны относительно сдвига во времени
12	Однородность пространства означает, что больше?	a) В пространстве нет уплотнений b) <b>Законы физики инвариантны относительно сдвига координат</b> c) Все части пространства одинаковы
13	Изотропия пространства – это	a) Отсутствие троп, следов b) Симметрия направлений c) Инвариантность законов физики к поворотам координат
14	Система отсчёта инерциальна, если в ней	a) <b>Скорость свободно движущегося тела постоянна</b> b) Тело движется по инерции c) На тело не действуют силы
15	Согласно преобразованиям Галилея, в инерциальных системах отсчёта	a) <b>Время течёт одинаково</b> b) Энергия системы частиц одинакова c) Скорость тела одинакова
16	Преобразование Галилея для координаты частицы:	a) $\vec{r} = \vec{r}' + \vec{R}_0 \sqrt{1 - V^2/c^2}$ b) $\vec{r} = \vec{r}' + \vec{R}_0 + \vec{V}t / \sqrt{1 - V^2/c^2}$ c) * $\vec{r} = \vec{r}' + \vec{R}_0 + \vec{V}t$
17	Функция Лагранжа свободной частицы:	a)* $L = \frac{mv^2}{2}$ b) $L = \frac{mv^2}{2} + U$ c) $L = \frac{mv^2}{2} - U$
18	Функция Лагранжа замкнутой системы из $N$ частиц:	a) $L = \sum_{\alpha=1}^N \frac{m_{\alpha} v_{\alpha}^2}{2} - U(v_1, v_2, \dots, v_N)$



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
 Федеральное государственное бюджетное образовательное  
 учреждение высшего образования  
 «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
 Физический факультет  
 Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теоретическая механика»  
 по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 7	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

		b) * $L = \sum_{\alpha=1}^N \frac{m_{\alpha} v_{\alpha}^2}{2} - U(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_N)$	
		c) $L = \sum_{\alpha=1}^N \frac{m_{\alpha} v_{\alpha}^2}{2} + U(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_N)$	
19	В нерелятивистской механике скорость взаимодействия частиц	a) <b>Бесконечна</b> b) Равна скорости света c) Много меньше скорости света	
20	Уравнения движения $N$ частиц в замкнутой системе:	a) * $\frac{d}{dt} m_{\alpha} \vec{v}_{\alpha} = - \frac{\partial}{\partial \vec{r}_{\alpha}} U(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_N)$ b) $\frac{d}{dt} m_{\alpha} \vec{v}_{\alpha} = - \frac{\partial}{\partial \vec{v}_{\alpha}} U(\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_N)$ c) $m_{\alpha} \frac{d}{dt} \vec{r}_{\alpha} = - \frac{\partial}{\partial \vec{r}_{\alpha}} U(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_N)$	
21	Внешнее поле называется однородным, если	a) Оно не меняется со временем b) Его энергия не зависит от координаты c) Создаваемая им сила не зависит от координаты	
<b>Раздел 2 Законы сохранения</b>			
1	Закон сохранения энергии следует из	a) Однородности пространства <b>b) Однородности времени</b> c) Зеркальной симметрии сил	
2	В декартовой системе координат энергия системы в стационарном внешнем поле имеет вид:	a) $E = \sum_{\alpha=1}^N \frac{m_{\alpha} v_{\alpha}^2}{2} + U(v_1, v_2, \dots, v_N)$ b) * $E = \sum_{\alpha=1}^N \frac{m_{\alpha} v_{\alpha}^2}{2} + U(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_N)$ c) $E = \sum_{\alpha=1}^N \frac{m_{\alpha} v_{\alpha}^2}{2} - U(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_N)$	
3	Закон сохранения импульса следует из	a) <b>Однородности пространства</b>	



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теоретическая механика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 8

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		b) Однородности времени c) Зеркальной симметрии рассеяния
4	Сумма сил, действующих на частицы замкнутой системы	a) <b>Равна нулю</b> b) Колеблется около нулевого значения c) Направлена к центру инерции системы
5	Система покоится в некоторой системе отсчёта, если в ней	a) <b>Сумма импульсов частиц равна нулю</b> b) Сумма скоростей частиц равна нулю c) Частицы колеблются около положения равновесия
6	Центр инерции системы с массой $m$ имеет координату	a) * $\vec{R} \equiv \frac{1}{m} \sum_{\alpha=1}^N m_{\alpha} \vec{r}_{\alpha}$ b) $\vec{R} \equiv m \sum_{\alpha=1}^N \vec{r}_{\alpha}$ c) $\vec{R} \equiv m \sum_{\alpha=1}^N \frac{\vec{r}_{\alpha}}{m_{\alpha}}$
7	Центр инерции замкнутой системы	a) Покоится b) <b>Двигается равномерно и прямолинейно</b> c) Колеблется в пределах системы
8	Внутренняя энергия системы – это	a) <b>Кинетическая и потенциальная энергия частиц системы покоящейся как целое</b> b) Энергия хаотического движения частиц системы c) Потенциальная энергия частиц системы в той системе отсчёта, в которой система покоится
9	Закон сохранения момента импульса следует из	a) Вращательной симметрии рассеяния b) <b>Изотропии пространства</b> c) Однородности пространства
10	Момент импульса системы – это векторный интеграл движения:	a) * $\vec{M} \equiv \sum_{\alpha=1}^N [\vec{r}_{\alpha}, \vec{p}_{\alpha}]$



Версия документа - 1	стр. 9	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

		b)	$\vec{M} \equiv \sum_{\alpha=1}^N [\vec{p}_{\alpha}, \vec{r}_{\alpha}]$	
		c)	$\vec{M} \equiv \sum_{\alpha=1}^N \vec{r}_{\alpha} \vec{p}_{\alpha}$	
11	Уравнения Гамильтона:	a)	$\dot{p}_i = \frac{\partial H}{\partial p_i}, \dot{q}_i = \frac{\partial H}{\partial q_i}, \quad i = 1, 2, \dots, s$	
		b)*	$\dot{q}_i = \frac{\partial H}{\partial p_i}, \dot{p}_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i}, \quad i = 1, 2, \dots, s$	
		c)	$\dot{q}_i = \frac{-\partial H}{\partial p_i}, \dot{p}_i = \frac{\partial H}{\partial q_i}, \quad i = 1, 2, \dots, s$	

Раздел 3. Движение в центральном поле

1	Приведённая масса:	a) *	$m \equiv \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$	
		b)	$m \equiv \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2}$	
		c)	$m \equiv \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$	
2	Центробежная энергия не позволяет частице в центральном поле	a)	<b>Упасть на центр поля</b>	
		b)	Улететь на бесконечность	
		c)	Двигаться по замкнутой траектории	
3	В задаче Кеплера частица движется по гиперболе, если её энергия	a)	Отрицательна	
		b)	<b>Положительна</b>	
		c)	Равна нулю	
4	Эффективное сечение рассеяния – это	a)	<b>Отношение числа частиц, рассеянных в единицу времени на углы в интервале <math>(\chi, \chi + d\chi)</math>, к плотности потока частиц</b>	
		b)	Доля частиц, рассеянных в единицу времени на углы в интервале $(\chi, \chi + d\chi)$	
		c)	Площадь поперечного сечения частиц	
5	Формула Резерфорда выражает эффективное сечение рассеяния в кулоновском поле через	a)	Фундаментальные константы	
		b)	Энергию поля и диаграмму рассеяния	



		<b>е) Угол рассеяния и начальную энергию частицы</b>	
<b>Раздел 4. Колебания</b>			
1	Уравнение малых колебаний:	a) * $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$	
		b) $\ddot{x} - \omega^2 x = 0$	
		c) $\ddot{x} - \omega x^2 = 0$	
2	Малые колебания с частотой $\omega$ , начальной фазой $\varphi_0$ и амплитудой $a$ описываются формулой:	a) $x = \varphi_0 e^{at} \cos \omega t$	
		b) * $x = a \cos(\omega t + \varphi_0)$	
		c) $x = a \cos \omega t + \varphi_0$	
3	Уравнение $\ddot{x} + \omega^2 x = F(t)/m$ описывает	a) Нелинейные колебания b) Затухающие колебания c) <b>Вынужденные линейные колебания</b>	
4	Биения колебаний – это	a) Периодические изменения их частоты b) Случайные всплески их амплитуды c) <b>Периодическое изменение их амплитуды</b>	
5	Уравнение $\ddot{x} + 2\lambda\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$ описывает	a) Нелинейные колебания b) <b>Затухающие колебания</b> c) Вынужденные колебания	
6	Отношение периодов больших и малых колебаний	a) Меньше единицы b) <b>Больше единицы</b> c) Монотонно убывает с ростом амплитуды	

## Задачи к практическим занятиям

### Раздел 1. Уравнения движения

Практическое занятие 1, 2.

1. Найти изменение со временем вертикальной координаты и скорости тела, выпавшего из кабины лифта, которая едет вниз с постоянной скоростью  $v_0$ . Считать падение тела свободным, поле тяжести – однородным. Рассмотреть решение относительно: а) кабины лифта, б) Земли.
2. Вычислить действие частицы, свободно падающей в однородном поле тяжести с высоты  $h$  и начальной скоростью  $v_0$ .
3. Материальная точка  $M$  движется под действием силы тяжести по прямолинейному стержню, вращающемуся с постоянной скоростью  $\omega$  вокруг неподвижной вертикальной оси. Стержень образует угол  $\alpha$  с горизонталью. Найти закон движения точки



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теоретическая механика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 11

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

4. Призма  $A$  массы  $m$  скользит по гладкой боковой грани призмы  $B$  массы  $m_1$ , образующей угол  $\alpha$  с горизонтом. Определить ускорение призмы  $B$ . Трением между призмой  $B$  и горизонтальной плоскостью пренебречь.
5. На гладкой горизонтальной плоскости помещена треугольная призма  $ABC$  массы  $m$ , которая может скользить без трения по этой плоскости, по грани призмы  $AB$  катится без скольжения однородный круглый цилиндр массы  $m_1$ . Определить ускорение призмы.
6. Однородный диск радиуса  $R$ , имеющий массу  $M$ , может вращаться вокруг своей горизонтальной оси. К диску на нити  $AB$  длины  $l$  подвешена материальная точка массы  $m$ . Составить уравнения движения системы.
7. Составить уравнения движения математического маятника массы  $m$ , подвешенного на упругой нити. Длина нити в положении равновесия  $l$ , ее жесткость равна  $k$ . В качестве обобщенных координат взять угол  $\varphi$  отклонений маятника от вертикали и удлинение нити  $z$ .

## Раздел 2. Законы сохранения.

Практическое занятие 3, 4.

1. На однородную призму  $A$ , лежащую на горизонтальной поверхности, положена однородная призма  $B$ ; поперечные сечения призм – прямоугольные треугольники, масс призмы  $A$  втрое больше массы призмы  $B$ . Предполагая, что призмы и горизонтальная плоскость идеально гладкие, определить длину  $l$ , на которую переместится призма  $A$ , когда призма  $B$ , спускаясь по  $A$ , дойдет до горизонтальной плоскости.
2. Определить главный вектор количества движения маятника, состоящего из однородного стержня массы  $m_1$ , длины  $4r$  и однородного диска массы  $m_2$ , радиуса  $r$ , если угловая скорость маятника в данный момент равна  $\omega$ .
3. По горизонтальной платформе, движущейся по инерции со скоростью  $v_0$ , перемещается тележка с постоянной скоростью  $u_0$ . В некоторый момент времени тележка была заторможена. Определить общую скорость платформы с тележкой после её остановки, если  $M$  – масса платформы, а  $m$  – масса тележки.
4. Однородный круглый диск массы  $M$  и радиуса  $R$  катится без скольжения по горизонтальной плоскости, вращаясь с угловой скоростью  $\omega$ . Вычислить главный момент количества движения диска относительно оси, проходящей через центр диска, перпендикулярно плоскости движения, и относительно мгновенной оси.
5. Определить, с какой угловой скоростью  $\omega$  упадет на землю спиленное дерево массы  $M$ , если его центр масс расположен на расстоянии  $h$  от основания, а силы сопротивления воздуха создают момент сопротивления  $m_c$ , причём  $m_c = -\alpha\omega^2$ , где  $\alpha = \text{const}$ . Момент инерции дерева относительно оси  $z$  совпадает с осью, вокруг которой поворачивается дерево при падении, равен  $J$ .
6. Упругую проволоку, на которой подвешен однородный шар с радиусом  $r$  и массой  $m$ , закручивают на угол  $\varphi_0$ , а затем предоставляют ей свободно раскручиваться. Момент, необходимый для закручивания проволоки на один радиан, равен  $c$ . Определить движение, пренебрегая сопротивлением воздуха и считая момент силы упругости закрученной проволоки пропорциональным углу кручения  $\varphi$ .



7. Маятник состоит из стержня с двумя закреплёнными на нём грузами, расстояние между которыми равно  $l$ ; верхний груз имеет массу  $m_1$ , нижний –  $m_2$ . Определить, на каком расстоянии от нижнего груза нужно поместить ось подвеса для того, чтобы период малых качаний маятника был наименьшим; массой стержня пренебречь и грузы считать материальными точками.

### Раздел 3. Движение в центральном поле.

Практическое занятие 5, 6.

1. Частица движется в поле центральной силы, потенциал которой равен  $V = -\frac{k}{r}e^{-ar}$ , где  $k$  и  $a$  – положительные постоянные. Провести качественное исследование этого движения, пользуясь методом одномерного потенциала.
2. Показать, что если частица движется по дуге круга под действием центральной силы притяжения, направленной к точке той же окружности, то эта сила изменяется обратно пропорционально пятой степени расстояния.
3. Вычислить приближенное отношение масс Солнца и Земли, пользуясь только продолжительностью года и лунного месяца, а также средними радиусами орбит Земли и Луны.
4. Определить закон движения частицы в поле  $U(x)$ :  $U(x) = A(e^{-2\alpha x} - 2e^{-\alpha x})$ ;  
 $U(x) = -\frac{U_0}{ch^2\alpha x}A$ ;  $U(x) = U_0tg^2\alpha x$ .
5. Определить траекторию частицы в поле  $U(x) = -\frac{\alpha}{r} - \frac{\beta}{r^2}$ .
6. При каких значениях момента импульса возможно финитное движение частицы в поле  $U(r)$ :  $U(x) = -\frac{\alpha e^{-\beta r}}{r}$ ,  $U(x) = -Ve^{-\alpha^2 r^2}$ .
7. Определить время падения частицы с расстояния  $R$  в центр поля  $U(r) = -\frac{\alpha}{r}$ , рассматривая траекторию как вырожденный эллипс. Начальная скорость частицы равна нулю.

### Раздел 4. Колебания.

Практическое занятие 7,8

- 1 Найти функцию Лагранжа плоского подвешного маятника.
- 2 Вывести уравнение больших колебаний подвешного маятника с помощью формализма Ньютона.
- 3 Вывести уравнение больших колебаний подвешного маятника с помощью формализма Лагранжа.
- 4 Вывести уравнение больших колебаний подвешного маятника с помощью формализма Гамильтона.
- 5 Найти функцию Лагранжа одномерного пружинного маятника.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теоретическая механика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 13	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

- 6 Определить малые колебания двойного плоского маятника.
- 7 Найти частоту колебаний маятника, точка подвеса которого способна совершать движение в горизонтальном направлении.
- 8 Определить колебания системы с двумя степенями свободы, если известна функция Лагранжа.
- 9 Однородный сплошной цилиндр массы  $m$  радиуса  $r$  может катиться без проскальзывания по внутренней поверхности полого цилиндра радиуса  $R$  и массы  $M$ , который может вращаться вокруг своей горизонтально расположенной неподвижной оси. Составить уравнения движения системы. Найти малые колебания системы.

### Пример варианта контрольной работы (Разделы 1,2)

1. Однородная нить длины  $L$ , часть которой лежит на гладком горизонтальном столе, движется под действием силы тяжести другой части, которая свешивается со стола. Определить промежуток времени  $T$ , по истечению которого нить покинет стол, если известно, что в начальный момент длина свешивающейся части равна  $l$ , а начальная скорость равна нулю.
2. Три груза массы  $M$  каждый соединены нерастяжимой нитью, переброшенной через неподвижный блок. Два груза лежат на гладкой горизонтальной плоскости, а третий – подвешен вертикально. Определить ускорение системы и натяжение нити между первым и вторым грузами. Массой нити и блока пренебречь.
3. Решить предыдущую задачу с учётом массы блока, считая, что при движении грузов блок вращается вокруг неподвижной оси. Масса блока – сплошного однородного диска – равна  $2M$ .

### Вопросы к экзамену

1. \* Предмет и особенности теоретической механики. Разделы: квантовая и классическая теории, нерелятивистская и релятивистская теории.
2. \* Материальная точка. Степени свободы. Обобщённые координаты, скорости, ускорения. Функции координат и скоростей.
3. \* Функция Лагранжа и действие системы. Уравнения Лагранжа. Свойства функции Лагранжа. Экстремальные принципы физики.
4. \* Инерциальные системы отсчёта и свойства пространства-времени. Преобразования Галилея и Лоренца. Принципы относительности Галилея и Эйнштейна.
5. Функция Лагранжа свободной частицы. Её вид в декартовой, цилиндрической и сферической системах координат.
6. \* Функция Лагранжа системы частиц. Обратимость движения. Уравнения Ньютона. Нормировка потенциальной энергии. Система во внешнем поле.
7. \* Интегралы движения. Закон сохранения энергии как следствие однородности времени.
8. \* Закон сохранения импульса как следствие однородности пространства. Влияние внешнего поля. Обобщённые импульсы и силы. Релятивистский импульс.
9. \* Условие покоя системы частиц. Центр инерции. Внутренняя энергия.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теоретическая механика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 14	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

Преобразование энергии.

10. \* Закон сохранения момента импульса как следствие изотропии пространства. Семь аддитивных интегралов движения. Преобразование момента импульса.

11. \* Функция Гамильтона системы. Канонические уравнения и условие сохранения энергии. Релятивистская кинетическая энергия.

12. Вывод и неявное решение уравнения одномерного движения. Финитное и инфинитное движения. Точки остановки. Период произвольных колебаний.

13. Задача двух тел. Их функция Лагранжа относительно центра инерции. Приведённая масса.

14. Центральное поле. Сохранение момента импульса. Секториальная скорость. Неявное решение уравнения движения. Центробежная энергия. Точки разворота.

15. Задача Кеплера. Форма траектории тела. Параметр и эксцентриситет орбиты. Период движения.

16. Рассеяние частиц. Прицельное расстояние. Эффективное сечение рассеяния.

17. \* Свободные колебания. Вывод и решение уравнения малых колебаний. Амплитуда, фаза, частота, комплексная амплитуда.

18. Вынужденные колебания. Вывод и решение уравнения малых колебаний. Случай гармонической силы. Резонанс. Биения.

19. Колебания молекул. Подсчёт степеней свободы. Исключение поступательного и вращательного движений. Типы колебаний плоских и линейных молекул.

20. \* Затухающие колебания. Сила трения. Постулирование и решение уравнения малых колебаний. Аперриодическое затухание.

21. Ангармонические колебания. Примеры модельных систем и уравнений.

Примечание: \*отмечены вопросы, входящие в список вопросов «теоретического минимума».

#### **4. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Задания к практическим занятиям студенты выполняют в течение семестра на практических занятиях и дома. Задачи сгруппированы по темам практических занятий. В течение семестра студент должен сдать отчет по каждой теме. Отчет по теме считается сданным вовремя, если он сдан в течение месяца после изучения темы на практическом занятии. Отчет подразумевает решение задач из предложенного списка задач и умение объяснить ход решения 1-2 задач из темы. Максимальный балл за сдачу всех тем – 42 баллов. Максимальный балл за посещение лекционных занятий – 6 баллов, за посещение практических занятий – 3 балла.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теоретическая механика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 15	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

Критерии оценивания:

Характеристики ответа	Баллы
Решено > 80% задач, тема сдана вовремя.	6-7
Решено >80% задач, тема сдана не вовремя.	3-5
Решено <80% задач, тема сдана не вовремя.	1-3
Задачи не решены	0

Также в течение семестра проводится одна контрольная работа по разделам «Уравнения движения» и «Законы сохранения». На контрольной работе студенту предлагается решить 3 задачи. Максимальный балл за контрольную работу – 9 баллов.

Критерии оценивания:

Характеристики ответа	Баллы
Правильно и с пояснениями решены три задачи	9
Решены три задачи, но есть ошибки	8-7
Правильно и с пояснениями решены две задачи	6
Решены две задачи, но есть ошибки	5-4
Правильно решена одна задача	3
Частично решена одна задача	2-1

Таким образом, за работу в семестре студент может получить максимум 60 баллов. Экзамен проходит в письменно-устной форме по билетам. В билете два теоретических вопроса (один из базового уровня, второй – из продвинутого уровня) и одна задача. Максимальный балл за ответы по билету – 40 баллов.

Критерии оценивания:

Характеристики ответа	Баллы
Ответил на оба вопроса билета, воспроизведя соответствующие математические выкладки и логические рассуждения, задача полностью решена, студент правильно обосновывает принятые решения. Возможны несущественные ошибки.	35-40
Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, но при этом допускаются негрубые ошибки при выводе формул и решении задачи или отсутствие некоторых элементов вывода.	25-35
Знает «теоретический минимум», т.е. отвечает на вопрос базового уровня и знает основные понятия, соотношения (без вывода), название и физический смысл величин по другим вопросам билета.	10-20
Не может ответить на вопрос базового уровня	0

Если студент за время работы в семестре набрал 55-60 баллов, он освобождается от решения задачи на экзамене.

Если студент за время работы в семестре набрал менее 25 баллов, для него экзамен проходит в два этапа.

На первом этапе студент выполняет тест из 10 вопросов. Продолжительность – 20 минут.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Физический факультет  
Кафедра общей и теоретической физики

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теоретическая механика»  
по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» направленности (профилю) Физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 16	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

Критерии оценивания: каждый правильный ответ – 3 балла. Максимальное количество баллов – 30. Чтобы тест был зачтен, студент должен дать правильные ответы по крайней мере на 6 вопросов из 10.

Итоговый балл рассчитывается по формуле  $S=S_1+S_2$ , где  $S_1$ , – баллы, в течение семестра,  $S_2$  – баллы, полученные на экзамене,  $S$  – итоговый балл.

Критерии оценивания экзамена:

[0–50] баллов – неудовлетворительно; [51–70] – удовлетворительно; [71– 90] – хорошо; [91–100] – отлично.

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

Уровни сформированности компетенций определяется следующим образом:

1. Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке отлично: предполагает формирование компетенций на высоком уровне: студент свободно владеет основной терминологией и понятийным аппаратом раздела теоретической физики «Теоретическая механика», что позволяет формулировать выводы и участвовать в дискуссии по учебным вопросам данной дисциплины; полностью сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач и уверенно владеть навыком их решения;
2. Средний уровень соответствует оценке хорошо: предполагает формирование компетенций на среднем уровне: студент хорошо владеет основной терминологией и понятийным аппаратом раздела теоретической физики «Теоретическая механика»; сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач и владеть навыками решения базовых задач по теоретической механике;
3. Базовый уровень соответствует оценке удовлетворительно: предполагает формирование компетенций на начальном уровне: студент знает «теоретический минимум» и недостаточно владеет методами решения базовых задач по теоретической механике;
4. Низкий уровень соответствует оценке неудовлетворительно: студент не владеет основной терминологией и понятийным аппаратом раздела теоретической физики «Теоретическая механика»; не владеет навыками решения базовых задач по теоретической механике.

