

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра общей и технической физики

ФИЗИКА
МЕХАНИКА

*Методические указания и контрольные задания
для самостоятельной работы студентов
всех направлений подготовки*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

УДК 531/534 (075.83), 371.167.1:53(073)

ФИЗИКА. Механика: Методические указания и контрольные задания для самостоятельной работы / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *А.Ю. Егорова*. СПб, 2021. 34 с.

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями Федеральных Государственных образовательных стандартов (ФГОС 3++) для подготовки бакалавров по дисциплине «Физика».

Предназначены для студентов всех направлений обучения в Горном университете. Выполняются индивидуально в соответствии с вариантом.

Научный редактор проф. *А.С. Мустафаев*

Рецензент проф. *А.В. Марченко* (РГПУ им. А.И. Герцена)

РЕКОМЕНДАЦИИ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

Настоящие методические рекомендации содержат варианты для самостоятельной работы студентам по основным разделам общей физики: классической механике, колебаниям, молекулярной физике и термодинамике, постоянному электрическому току и электромагнетизму.

В работе студента по изучению физики можно выделить пять основных этапов: самостоятельное изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям, опираясь на конспект лекций, решение задач, выполнение контрольных и расчётно-графических работ, выполнение лабораторных работ, сдача зачетов и экзаменов.

Процесс решения задач помогает студентам более глубоко и сознательно овладеть изучаемым материалом, а с другой, – знание теоретического материала есть непременное условие умения решать задачи. Поскольку задачи по физике разнообразны как по содержанию, так и по степени трудности, умение их решать приобретает студентом в процессе систематических упражнений, причем, в некоторых случаях необходимо знание специальных методов, приемов, идентичных для определенной группы задач.

При решении задач необходимо руководствоваться следующей схемой:

1. Записать полностью условие задачи. Выписать все величины, входящие в условие и выразить их в одних единицах (преимущественно в Международной системе единиц (СИ)). Решение записать в стандартном виде:

Дано:	Решение:
Найти:	

Ответ:	

2. Осмыслить физическую сущность задачи, представив ее наглядно по возможности в виде четкого рисунка, на котором, условно, указать все параметры, характеризующие те явления, которому соответствует условие задачи.

3. Указать основные законы и формулы, на которых базируется решение задачи, дать словесную формулировку этих законов, разъяснить буквенные обозначения, употребляемые при написании формул. Если при решении задачи применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-нибудь физической закон или не являющаяся определением какой-нибудь физической величины, то ее следует вывести. Пояснения должны быть краткими, но исчерпывающими.

4. Решить задачу сначала в общем виде, т.е. в буквенных обозначениях, заданных в условии задачи.

5. Перед построением графиков необходимо получить аналитическое выражение функциональной зависимости. Выбрать удобный масштаб и указать его на осях координат, а также физические величины и единицы измерения.

6. Убедиться в правильности размерности искомой величины, подставив в рабочую формулу размерности или сокращенные обозначения единиц измерения величин.

7. Дать ответ в численном виде. При вычислении соблюдать правила приближенных вычислений и округлений.

8. Проанализировать полученный результат.

Задачи могут иметь несколько вариантов решения. Контрольные задания необходимо оформить на компьютере. На титульном листе указать: название университета, наименование дисциплины, название работы, фамилию и инициалы студента, фамилию и инициалы ведущего преподавателя, год выполнения работы.

Необходимо полностью переписать задачу своего варианта, а заданные физические величины выписать отдельно, при этом все числовые значения должны быть переведены в одну систему единиц. При получении расчётной формулы приведите её полный подробный вывод.

МЕХАНИКА. ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

Кинематическое уравнение движения:

$$\vec{r} = \vec{r}(t),$$

где \vec{r} – вектор перемещения. Средняя скорость:

$$\vec{v}_{\text{ср.}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}.$$

Средняя скорость вдоль траектории:

$$v_{\text{ср}} = \frac{S}{t},$$

где S – путь. Мгновенная скорость:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{r}' = x' \cdot \vec{i} + y' \cdot \vec{j} + z' \cdot \vec{k}.$$

Среднее ускорение:

$$\vec{a}_{\text{ср.}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}.$$

Мгновенное ускорение:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{v}' = \vec{r}'' = x'' \cdot \vec{i} + y'' \cdot \vec{j} + z'' \cdot \vec{k}$$

Равнопеременное движение ($\vec{a} = \text{const}$). Радиус-вектор материальной точки:

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}.$$

Длина пути:

$$\Delta S = v_0 t + \frac{a_\tau t^2}{2}; \Delta S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}; \Delta S = \frac{v + v_0}{2} t.$$

Скорость при равнопеременном движении:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t.$$

Величина тангенциального (касательного) ускорения:

$$a_\tau = \frac{dv}{dt}.$$

Величина нормального (центростремительного) ускорения:

$$a_n = \frac{v^2}{R},$$

где v – линейная скорость материальной точки, R – радиус кривизны траектории. Полное ускорение:

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n.$$

Модуль полного ускорения:

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}.$$

Угловая скорость:

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt},$$

где $\vec{\varphi}$ – вектор углового перемещения. Угловое ускорение:

$$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}.$$

Связь линейных и угловых величин:

$$\Delta S = R \cdot \Delta\varphi; \quad v = R \cdot \omega; \quad a_{\tau} = R \cdot \varepsilon .$$

где R – радиус кривизны траектории. Угловой путь:

$$\Delta\varphi = 2 \cdot \pi \cdot N ,$$

где N – число оборотов. Связь угловой скорости с частотой и периодом вращения:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \nu = \frac{2\pi}{T} ,$$

где ν – частота.

Равнопеременное вращательное движение ($\varepsilon = const$):

Угловая координата:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2} ,$$

где φ_0, ω_0 – начальные угловая координата и угловая скорость.

Угловой путь:

$$\Delta\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2 \cdot \varepsilon}; \quad \Delta\varphi = \frac{\omega + \omega_0}{2} \cdot t .$$

Угловая скорость:

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon \cdot t .$$

Импульс тела:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} .$$

Второй закон Ньютона:

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}_i}{m}; \quad \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (\Delta\vec{p} = \vec{F}\Delta t),$$

где \vec{F}_i – i -я сила, $\Delta\vec{p}$ – изменение импульса.

Закон всемирного тяготения:

$$F_{\text{тяг.}} = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

где $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ – гравитационная постоянная. Сила тяжести:

$$F_{\text{тяж.}} = m \cdot g,$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения. Вес тела:

$$P = m(g \pm a).$$

Сила упругости:

$$F_{\text{упр.}} = -k\Delta l,$$

где k – коэффициент жёсткости, Δl – удлинение. Сила трения:

$$F_{\text{тр.}} = \mu N,$$

где μ – коэффициент трения. Плотность тела:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

где m – масса тела, V – объем тела. Радиус-вектор центра масс:

$$\vec{r}_{\text{ц.масс}} = \frac{\sum m_i \vec{r}_i}{\sum m_i}.$$

Работа силы:

$$dA = \vec{F} d\vec{S} = F dS \cos \alpha; \quad A = \int \vec{F} d\vec{S}.$$

Мощность:

$$P = \frac{dA}{dt}; P = \vec{F} \cdot \vec{v}.$$

Коэффициент полезного действия:

$$\eta = \frac{A_{\text{полез.}}}{A_{\text{затр.}}}.$$

Кинетическая энергия поступательного движения:

$$E_{\text{кин.}} = \frac{mv^2}{2}$$

Потенциальная энергия тела, поднятого над Землёй на небольшую высоту ($h \ll R_{\text{Земли}}$)

$$E_{\text{пот.}} = mgh.$$

Потенциальная энергия упруго деформированного тела:

$$E_{\text{пот.}} = \frac{k(\Delta l)^2}{2}.$$

Связь потенциальной энергии и консервативной силы:

$$\vec{F} = -\text{grad}E_{\text{пот.}}; (F_x = -\frac{dE_{\text{пот.}}}{dx}).$$

Момент силы:

$$\vec{M} = [\vec{r} \times \vec{F}]; (M = Fl).$$

Момент инерции тела:

$$J = \int_m r^2 dm \quad (J = \sum_i m_i r_i^2).$$

Момент инерции материальной точки:

$$J_{\text{мат.точки}} = mr^2.$$

Моменты инерции тел относительно оси, проходящей через центр масс:

$$J_{\text{кольца}} = mR^2; J_{\text{цилиндра}} = \frac{mR^2}{2}; J_{\text{толст. кольца}} = \frac{m}{2}(R_1^2 + R_2^2);$$
$$J_{\text{шара}} = \frac{2mR^2}{5}; J_{\text{C стержня}} = \frac{ml^2}{12}.$$

Теорема Штейнера:

$$J = J_C + md^2.$$

Закон динамики вращательного движения:

$$\varepsilon_z = \frac{\sum M_z}{J_z}.$$

Момент импульса тела:

$$\vec{L} = [\vec{r} \times \vec{p}]; \vec{L} = J\vec{\omega}.$$

Закон динамики вращательного движения в импульсной форме (закон изменения момента импульса):

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}; (\Delta\vec{L} = \vec{M}\Delta t).$$

Закон сохранения момента импульса:

$$\sum_i \vec{M}_i = 0, \sum_i \vec{L}_{i\text{нач.}} = \sum_i \vec{L}_{i\text{кон.}}$$

Работа при вращательном движении:

$$dA = Md\varphi.$$

Кинетическая энергия вращательного движения:

$$E_{\text{кин.}} = \frac{J\omega^2}{2}.$$

Смещение из положения равновесия, скорость и ускорение колеблющейся точки:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0);$$
$$v = \frac{dx}{dt} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0); \quad a = \frac{dv}{dt} = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

Дифференциальное уравнение гармонических колебаний:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0 .$$

Возвращающая сила при гармонических колебаниях:

$$F = -\omega^2 mx = -kx .$$

Периоды пружинного, математического и физического маятников:

$$T_{\text{пруж.}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}; \quad T_{\text{матем.}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}; \quad T_{\text{физ.маятн.}} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgl}} ;$$

Закон сохранения энергии:

$$E_{\text{полн.}} = \frac{kA^2}{2} = \frac{m\omega^2 A^2}{2};$$
$$\frac{mv^2}{2} + \frac{m\omega^2 x^2}{2} = \frac{kA^2}{2} .$$

Амплитуда и начальная фаза результирующего колебания при сложении однонаправленных колебаний одинаковой частоты:

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_{02} - \varphi_{01})}; \quad \varphi_0 = \arctg \frac{A_1 \sin \varphi_{01} + A_2 \sin \varphi_{02}}{A_1 \cos \varphi_{01} + A_2 \cos \varphi_{02}}$$

Уравнение траектории точки, колеблющейся с одинаковыми частотами в перпендикулярных направлениях:

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - 2 \frac{xy}{A_1 A_2} \cos(\Delta\varphi) = \sin^2(\Delta\varphi)$$

Волновое число:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v}.$$

Длина волны:

$$\lambda = v \cdot T = \frac{v}{\nu}.$$

Релятивистское сокращение длины:

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

Релятивистское замедление времени:

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Релятивистский закон сложения скоростей:

$$v = \frac{v' + v_0}{1 + \frac{v'v_0}{c^2}}; \quad v' = \frac{v - v_0}{1 - \frac{vv_0}{c^2}}.$$

Энергия покоя:

$$E_0 = mc^2,$$

где $c = 2,99 \cdot 10^8$ м/с. Взаимосвязь энергии и импульса:

$$E^2 - p^2 c^2 = m^2 c^4.$$

Кинетическая энергия:

$$E_{\text{кин.}} = E - E_0 = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right).$$

Полная энергия:

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Релятивистский импульс:

$$p = \frac{E}{c^2} v; \quad p = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Уравнение движения тела имеет вид $x = 10t + 1,6t^3$.
Определить ускорение и скорость тела в начальный момент времени, а также среднее ускорение за первые 5 секунд движения.

Дано:

$$x = 10t + 1,6t^3$$

$$t_0 = 0$$

$$t = 5 \text{ с}$$

Решение:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = 10 + 1,6 \cdot 3t^2 \quad (1)$$

Из (1), при $t = 0$, следует: $v_{0x} = 10 \text{ м/с}$

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = 4,8 \cdot 2t = 9,6t. \quad (2)$$

Если $t = 0$, то: $a_{0x} = 0 \text{ м/с}^2$.

Найти:

$$v_{0x}; a_{0x}; a_{\text{ср}}$$

Находим проекцию среднего ускорения на ось x :

$a_{\text{ср}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_t - v_0}{t}$, где проекцию скорости в момент времени $t = 5 \text{ с}$ находим из (1): $v_x = v_5 = 10 + 4,8 \cdot 5^2 = 130 \text{ м/с}$.

$$\text{Окончательно: } a_{\text{ср}} = \frac{130 - 5}{5} = 25 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: $a_{0x} = 0 \text{ м/с}^2$; $v_{0x} = 10 \text{ м/с}$; $a_{\text{ср}} = 25 \text{ м/с}^2$.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО МЕХАНИКЕ

Вариант 1

1. Движение двух автомобилей описывается уравнениями $x_1 = t + 0,1t^2$ и $x_2 = 40 - 2t$. Величины измерены в единицах СИ. Опишите характер движения каждого автомобиля. Когда и где произойдет встреча автомобилей? По какому закону изменяется расстояние между ними с течением времени? Найдите расстояние между ними через 10 с после начала движения. Какое перемещение совершит каждый автомобиль за это время?

2. Колесо, вращаясь равнозамедленно, при торможении уменьшило свою частоту за 1 минуту от 300 об/мин до 180 об/мин. Найдите угловое ускорение колеса и число оборотов, сделанных им за это время. Через какое время колесо остановится?

3. Невесомый блок укреплен на вершине двух наклонных плоскостей, составляющих с горизонтом углы 30 градусов и 45 градусов. Бруски одинаковой массы 1 кг соединены нитью, перекинутой через блок. Найдите ускорение брусков и натяжение нити, если коэффициент трения брусков о плоскости 0,1.

4. Шар, радиус которого равен r , скатывается по наклонному желобу и описывает окружность в вертикальной плоскости («мёртвую петлю») радиусом R . Пренебрегая трением качения и сопротивлением воздуха, найдите наименьшую начальную высоту h центра масс шара над центром петли, при которой это возможно.

5. Диск массой 1 кг и радиусом 0,2 м вращается с частотой 5 об/с. Какую работу нужно совершить, чтобы увеличить частоту его вращения до 10 об/с?

6. На скамье Жуковского, вращающейся около вертикальной оси с частотой $\nu_1 = 0,3$ об/с, стоит человек и держит на вытянутых руках две гири. Расстояние между гирями 1,5 м. Когда человек опускает руки, расстояние между гирями становится равным 0,4 м, а частота вращения – 0,5 об/с. Момент инерции человека и скамьи 10 кг·м². Определите массу одной гири.

7. Обруч и сплошной цилиндр, имеющие одинаковую массу $m = 2$ кг, катятся без скольжения с одинаковой скоростью 5 м/с. Определите кинетические энергии этих тел.

8. Физический маятник представляет собой тонкий однородный стержень длиной $l = 35$ см. Определить, на каком расстоянии от центра масс должна быть точка подвеса, чтобы частота колебаний была максимальной.

9. Граната, летящая со скоростью 15 м/с, разорвалась на два осколка массами $0,6$ и $1,4$ кг. Скорость большего осколка, полетевшего в том же направлении, что и граната, увеличилась до 24 м/с. Определите скорость и направление движения меньшего осколка.

10. Две частицы движутся навстречу друг другу со скоростями $0,5C$ и $0,75C$ по отношению к лабораторной системе отсчёта (где C – скорость света). Найдите: 1) скорость, с которой уменьшается расстояние между частицами в лабораторной системе отсчёта; 2) относительную скорость частиц.

Вариант 2

1. Уравнения движения двух тел имеют вид $x_1 = 5t + 0,2t^2$ и $x_2 = -3t + t^2$. Опишите характер движения каждого тела. Найдите место и время их встречи. В какой момент времени тела будут иметь одинаковые по модулю и направлению скорости? Будут ли тела находиться в какой-нибудь из этих моментов времени в одной точке пространства? Каким будет расстояние между ними через 5 с после начала движения?

2. Точка движется по окружности радиусом 20 см с постоянным тангенциальным ускорением 5 см/с². Через сколько времени после начала движения нормальное ускорение точки будет равно тангенциальному?

3. Стальной шарик массой 20 г, падая с высоты 1 м на стальную плиту, отскакивает от неё на высоту 81 см. Найти импульс силы, полученный плитой за время удара, и количество теплоты, выделившейся при ударе.

4. Через блок, имеющий форму полого диска с внутренним и внешним радиусами 2 см и 4 см соответственно, перекинут шнур. К концам шнура привязаны грузики массой 1 кг и 1,2 кг. Найти угловое ускорение блока. Какова сила натяжения шнура по обе стороны блока? Масса блока 2 кг.

5. Груз массой m подвешен к системе двух параллельно соединенных пружин жесткостями K_1 и K_2 . Система выведена из состояния равновесия и предоставлена сама себе. Энергия, сообщенная системе, равна W . Написать уравнение колебаний, определить амплитуду и частоту колебаний. Спротивлением среды пренебречь.

6. К ободу однородного диска радиусом 0,8 м и массой 10 кг приложена постоянная касательная сила F . При вращении на диск действует момент сил трения $M_{тр} = 8$ Н·м. Угловое ускорение, с которым вращается диск, $\varepsilon = 5$ рад/с². Определите силу F .

7. Определите момент инерции стержня массой m и длиной l относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей на расстоянии $l/4$ от конца.

8. Горизонтальная платформа – однородный диск радиусом R и массой 100 кг – вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы, делая 0,5 об/с. Человек массой 60 кг стоит на расстоянии R от центра платформы.

9. Сплошной цилиндр массой 4 кг катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Линейная скорость оси цилиндра равна 1 м/с. Определите полную кинетическую энергию цилиндра.

10. На космическом корабле-спутнике находятся часы, синхронизированные до полета с земными. Скорость спутника составляет 7,9 км/с. На сколько отстанут часы на спутнике за полгода по измерениям земного наблюдателя?

Вариант 3

1. Уравнения движения двух тел имеют вид $x_1 = -15t - 0,6t^2$ и $x_2 = 9t - 3t^2$. Опишите характер движения каждого тела. Найдите место и время их встречи. В какой момент времени тела будут иметь одинаковые по модулю скорости и совпадать по направлению?

Будут ли тела находиться в какой-нибудь из этих моментов времени в одной точке пространства? Каким будет расстояние между ними через 5 с после начала движения?

2. Колесо радиусом 0,1 м вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени даётся уравнением $\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$, где $B = 2 \text{ рад/с}^2$, $C = 1 \text{ рад/с}^3$. Для точек, лежащих на ободе колеса, найдите через 2 с после начала движения: угловую скорость; линейную скорость; угловое, тангенциальное, нормальное и полное ускорение.

3. Пуля массой 9 г, летящая со скоростью 500 м/с, попадает в доску, установленную перпендикулярно направлению полёта пули, и углубляется в неё на 6 см. Определить среднюю силу сопротивления доски движению пули.

4. Блок массой 1 кг укреплен на конце стола. Гири одинаковой массы 1 кг соединены нитью, перекинутой через блок. Одна гиря находится на поверхности стола, вторая свешивается со стола. Коэффициент трения гири о стол равен 0,1. Найдите ускорение, с которым движутся гири, и силы натяжения нити по обе стороны блока. Блок считать однородным диском.

5. Определить отношение кинетической энергии гармонически колеблющейся точки к ее потенциальной энергии, если известна фаза колебания.

6. Определите момент инерции тонкого однородного стержня длиной $l = 60 \text{ см}$ и массой $m = 100 \text{ г}$ относительно оси, перпендикулярной ему и проходящей через точку стержня, удаленную на $a = 20 \text{ см}$ от одного из его концов.

7. К ободу однородного диска радиусом 0,6 м и массой 2 кг приложена постоянная касательная сила $F = 15 \text{ Н}$. При вращении на диск действует момент сил трения $M_{тр}$. Угловое ускорение, с которым вращается диск, $\varepsilon = 50 \text{ рад/с}^2$. Определите $M_{тр}$.

8. Обруч и сплошной цилиндр, имеющие одинаковую массу $m = 2 \text{ кг}$, катятся без скольжения с одинаковой скоростью 5 м/с. Определите кинетические энергии этих тел.

9. Диск массой 1 кг и радиусом 0,2 м вращается с частотой 5 об/с. Какую работу нужно совершить, чтобы увеличить частоту его вращения до 10 об/с?

10. Две релятивистские частицы движутся в лабораторной системе отсчёта со скоростями $0,6C$ (где C – скорость света) и $0,9C$ вдоль одной прямой. Определите их относительную скорость в двух случаях: а) частицы движутся в одном направлении; б) частицы движутся в противоположных направлениях.

Вариант 4

1. Тело падает с начальной скоростью 16 м/с, с высоты 200 м. Определите, через сколько времени тело достигнет земли, если начальная скорость направлена: а) вверх; б) вниз. Докажите, что скорость приземления в обоих случаях одинакова.

2. Колесо радиусом 5 см вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени даётся уравнением $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$, где $D = 1$ рад/с³. Найдите для точек, лежащих на ободе колеса, тангенциальное ускорение через 5 с после начала движения.

3. Какую работу надо совершить, чтобы заставить движущееся тело массой 2 кг увеличить свою скорость от 2 м/с до 5 м/с? Остановиться при начальной скорости 8 м/с?

4. Тонкостенный цилиндр диаметром 30 см и массой 12 кг вращается так, что зависимость угла поворота от времени имеет вид: $\varphi = 4 - 2t + 0,2t^3$. Определить действующий на цилиндр момент сил в момент времени 3 с.

5. Точка одновременно участвует в двух гармонических колебаниях одинаковой частоты, направленных вдоль одной прямой: $A_1\sin(\omega t + \varphi_1)$ и $A_2\sin(\omega t + \varphi_2)$. Определите амплитуду и фазу результирующего колебания.

6. Маховик в виде диска массой $m = 50$ кг и радиусом $r = 20$ см был раскручен до частоты вращения $\nu = 480$ об/мин. Вследствие трения маховик остановился, сделав 200 оборотов. Найдите момент сил трения.

7. К ободу сплошного однородного диска массой 10 кг приложена постоянная касательная сила $F = 30$ Н. Определите кинетическую энергию диска через 4 с после начала действия силы.

8. Стержень длиной l и массой m подвешен на горизонтальной оси, проходящей через конец стержня. Стержень отклонили на угол 90° и отпустили. Какова линейная скорость конца стержня в момент, когда он проходит положение равновесия?

9. Горизонтальная платформа массой $M = 100$ кг вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы с угловой скоростью 22 рад/мин. Человек массой $m = 60$ кг стоит при этом в центре платформы. С какой угловой скоростью будет вращаться платформа, если человек перейдет из центра платформы к ее краю? Считать платформу круглым однородным диском, а человека – точечной массой.

10. Стержень движется в продольном направлении с постоянной скоростью относительно инерциальной системы отсчета. При каком значении скорости длина стержня в этой системе отсчета будет на 50% меньше его собственной длины?

Вариант 5

1. Тело брошено под углом 30° к горизонту. С какой скоростью было брошено тело и какова горизонтальная дальность его полёта, если оно находилось в полете 2 с? Какова максимальная высота подъема тела?

2. Автомобиль движется по закруглению шоссе, имеющему радиус кривизны 50 м. Длина пути автомобиля выражается уравнением $S = 10 + 10t + 0,5t^2$. Найдите скорость автомобиля, его тангенциальное, нормальное и полное ускорения через 5 с после начала движения.

3. Человек массой 60 кг, бегущий со скоростью 8 км/ч, догоняет тележку массой 80 кг, движущуюся со скоростью $2,9$ км/ч, и вскакивает на нее. С какой скоростью будет двигаться тележка? С какой скоростью будет двигаться тележка, если человек бежал ей навстречу?

4. Однородный стержень длиной 85 см подвешен на горизонтальной оси, проходящей через верхний конец стержня. Какую наименьшую скорость надо сообщить нижнему концу стержня, чтобы он сделал полный оборот вокруг оси?

5. Материальная точка одновременно участвует в двух взаимно перпендикулярных колебаниях: $x = 2\cos(\pi t/2)$ и $y = -\cos(\pi t)$. Определите уравнение траектории точки.

6. Определите момент инерции тонкого стержня длиной l и массой m относительно оси, перпендикулярной стержню и отстоящей от конца стержня на одну треть длины.

7. Шар и сплошной цилиндр, изготовленные из одного и того же материала, одинаковой массы катятся без скольжения с одинаковой скоростью. Определите, во сколько раз кинетическая энергия цилиндра больше кинетической энергии шара.

8. Горизонтальная платформа массой 100 кг вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы, делая 0,5 об/с. Человек массой 60 кг стоит на расстоянии 1 м от центра платформы. Когда человек переместился на расстояние 3 м от центра платформы, частота вращения стала равной 0,26 об/с. Платформа – однородный диск, человек – точечная масса. Найдите работу, совершаемую человеком.

9. Маховик, массу которого $m = 5$ кг можно считать равномерно распределенной по ободу радиусом 20 см, вращается с частотой $\nu = 720$ мин⁻¹. При торможении маховик останавливается через 20 с. Определите тормозящий момент.

10. Стержень пролетает с постоянной скоростью мимо метки, неподвижной в К-системе отсчета. Время пролёта 20 нс в К-системе. В системе же отсчёта, связанной со стержнем, метка движется вдоль него в течение 25 нс. Найти собственную длину стержня.

Вариант 6

1. Скорость тела выражается формулой $v = 9 - t^2$. Найти путь и перемещение тела через 10 секунд от начала движения.

2. Материальная точка движется по окружности радиуса 80 см по закону $S = 10t - 0,1t^3$. Найти скорость, тангенциальное, нормальное и полное ускорения через 2 с после начала движения.

3. На железнодорожной платформе установлено орудие. Масса платформы с орудием 15 тонн. Орудие стреляет под углом 60°

к горизонту в направлении движения. Какую скорость приобретет платформа вследствие отдачи, если масса снаряда 20 кг, а его скорость 600 м/с?

4. Медный шар радиусом 10 см вращается с частотой 2 об/с вокруг оси, проходящей через его центр. Какую работу надо совершить, чтобы увеличить угловую скорость вращения шара вдвое? Плотность меди 8900 кг/м^3 .

5. Амплитуда затухающих колебаний математического маятника за 1 минуту уменьшилась вдвое. Во сколько раз она уменьшится за 3 минуты?

6. Маховик, массу которого $m = 5 \text{ кг}$ можно считать равномерно распределенной по ободу радиусом 30 см, вращается с частотой $\nu = 900 \text{ мин}^{-1}$. При торможении маховик останавливается через 20 с. Определите тормозящий момент.

7. Определите момент импульса стержня массой m и длиной l , вращающегося с частотой ν вокруг перпендикулярной оси, проходящей через конец стержня.

8. Горизонтальная платформа массой 200 кг вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы, делая 10 об/мин. Человек массой 60 кг стоит на расстоянии $R/2$ от центра платформы. Сколько оборотов в секунду будет делать платформа, если расстояние человека от центра станет равным R , м? Платформа – однородный диск радиусом R , м, человек – точечная масса.

9. Полная кинетическая энергия диска, катящегося по горизонтальной поверхности без скольжения, равна 24 Дж. Определите кинетическую энергию поступательного и вращательного движения диска.

10. Собственное время жизни некоторой нестабильной частицы 10 нс. Какой путь пролетит эта частица до распада в лабораторной системе отсчета, где ее время жизни 20 нс?

Вариант 7

1. Зависимость координаты тела от времени даётся уравнением $x = 16 - 9t^2 + 2t^3$. Найти среднее значение модуля

скорости и величину среднего ускорения тела в интервале времени от 1 секунды до 4 секунд.

2. Тело брошено горизонтально со скоростью 15 м/с. Найдите нормальное и касательное ускорение через 1 с после начала движения.

3. Тело массой 0,5 кг движется прямолинейно, причём координата изменяется по закону $x = A - Bt + 5t - t^3$. Найти силу, действующую на тело в конце первой секунды движения.

4. С какой наименьшей высоты должен съехать велосипедист, чтобы по инерции (без трения) проехать дорожку, имеющую форму окружности («мёртвой петли») радиусом 3 м, и не оторваться от дорожки в верхней точке петли? Масса велосипедиста вместе с велосипедом 75 кг, причём на массу колёс приходится 3 кг. Колеса считать обручами

5. Частота колебаний стального шарика радиусом $R = 0,01$ м, прикрепленного к пружине, в воздухе $\omega_0 = 5,0 \text{ с}^{-1}$, а в жидкости $\omega = 4,06 \text{ с}^{-1}$. Определите вязкость жидкости.

6. Найдите момент инерции сплошного цилиндра относительно оси, совпадающей с одной из его образующих. Масса цилиндра m , радиус R .

7. К ободу колеса, имеющего форму диска радиусом 0,5 м и массой 60 кг, приложена касательная сила 98,1 Н. Найдите: 1) угловое ускорение колеса; 2) через какое время после начала действия силы колесо будет иметь скорость, соответствующую частоте 100 об/с.

8. На горизонтальный диск, вращающийся вокруг геометрической оси с угловой скоростью $\omega_1 = 1,5$ рад/с, падает другой диск, вращающийся вокруг той же оси с угловой скоростью $\omega_2 = 1$ рад/с. Оба диска при ударе сцепляются друг с другом. Определите, какова будет угловая скорость вращения дисков после удара. Моменты инерции дисков относительно оси вращения соответственно равны

$$I_1 = 0,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, I_2 = 0,3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

9. Диск массой 2 кг и радиусом 20 см катится без скольжения по горизонтальной поверхности, делая 4 об/с. Найдите полную кинетическую энергию диска.

10. В мюон, движущийся со скоростью $0,99C$ (где C – скорость света), пролетел от места своего рождения до точки распада расстояние 3 км. Определите: 1) собственное время жизни мюона; 2) расстояние, которое пролетел мюон с «его точки зрения».

Вариант 8

1. Материальная точка движется прямолинейно. Уравнение движения тела имеет вид: $x = 2 + 3t + 0.01t^3$. Каковы скорость и ускорение в моменты времени 0 с и 10 с от начала движения?

2. Движение точки на плоскости задано уравнением $x = 2(1 - t)$ м, $y = (1 - t)^2$ м. Определить скорость и тангенциальное ускорение точки при $t_1 = 2$ с

3. Брусок массой 200 г движется по горизонтальному столу под действием силы натяжения привязанной к ней нити. Нить перекинута через прикрепленный к столу блок и привязана к другому, падающему бруску массой 300 г. Определить силу натяжения нити, если коэффициент трения равен 0,25.

4. Через неподвижный блок массой 0,5 кг перекинут шнур, к концам которого подвешены разные по массе грузы. Определить разность сил натяжения шнура по обе стороны блока, если известно, что грузы движутся с ускорением 2 м/с^2 . Блок считать однородным диском.

5. Под действием силы $F = A\cos(\omega t)$ ($A = 2$ Н, $\omega = \pi/3$ рад/с) движется тело массой 100 г. Начальная скорость тела равна нулю. Найдите зависимость кинетической энергии тела от времени и определить ее максимум.

6. Вычислите момент инерции проволочного прямоугольника со сторонами $a = 12$ см и $b = 16$ см относительно оси, лежащей в плоскости прямоугольника и проходящей через середины малых сторон. Масса равномерно распределена по длине проволоки с линейной плотностью $\tau = 0,1$ кг/м.

7. Тонкий однородный стержень длиной 50 см и массой 400 г вращается с угловым ускорением $\varepsilon = 3 \text{ рад/с}^2$ около оси, проходящей перпендикулярно стержню через его середину. Определите вращающий момент M .

8. Обруч массой 2 кг и радиусом 1 м катится равномерно без скольжения по горизонтальной поверхности и за 5 с проходит 10 м. Какова его кинетическая энергия?

15. Мальчик катит обруч по горизонтальной дороге со скоростью 7,2 км/ч. На какое расстояние может вкатиться обруч на горку за счет своей кинетической энергии? Уклон горки 10 м на каждые 100 м пути.

10. При какой относительной скорости движения релятивистское сокращение длины движущегося тела составляет 25%?

Вариант 9

1. Уравнение движения тела имеет вид $x = 5t + 0.8t^3$. Определить ускорение и скорость тела в начальный момент времени, а также среднее ускорение за первые 5 секунд движения.

2. Движение точки по окружности радиусом $R = 4$ м задано уравнением $s = A + Bt + Ct^2$, где $A = 10$ м, $B = -2$ м/с, $C = 1$ м/с². Найти тангенциальное a_t нормальное a_n и полное a ускорения точки в момент времени $t = 2$ с.

3. Вычислить работу, совершаемую на пути $s = 6$ м равномерно возрастающей силой, если в начале пути сила $F_1 = 5$ Н, в конце пути $F_2 = 23$ Н.

4. Карандаш длиной $l = 15$ см, поставленный вертикально, падает на стол. Какую угловую и линейную скорости будет иметь в конце падения: 1) середина карандаша? 2) верхний его конец? Считать, что трение настолько велико, что нижний конец карандаша не проскальзывает.

5. Источник незатухающих гармонических колебаний движется по закону $S_0 = A \cdot \sin(\omega t)$. Определить смещение от положения равновесия, скорость и ускорение точки через $t = 1$ с, находящейся на расстоянии $l = 340$ м от источника, если скорость распространения плоских волн равна 340 м/с, $A = 5$ мкм, $\omega = 3140$ рад/с.

6. Определите момент инерции диска массой m и радиусом R относительно оси, параллельной оси диска и проходящей через середину радиуса.

7. На скамье Жуковского, вращающейся около вертикальной оси, с частотой $\nu_1 = 0,3$ об/с, стоит человек и держит на вытянутых руках две гири. Расстояние между гирями 1,5 м. Когда человек опускает руки, расстояние между гирями становится равным 0,4 м, а частота вращения – 0,5 об/с. Момент инерции человека и скамьи $10 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Определите массу одной гири.

8. Диск массой 5 кг и радиусом 0,5 м катится равномерно без скольжения по горизонтальной поверхности и за 15 с проходит 45 м. Какова его кинетическая энергия?

15. Вентилятор вращается со скоростью, соответствующей частоте 900 об/мин. После выключения вентилятор, вращаясь равнозамедленно, сделал до остановки 75 оборотов. Работа сил торможения равна 44,4 Дж. Найдите: 1) момент инерции вентилятора; 2) момент сил торможения.

10. Определить, на сколько должна увеличиться энергия покоя тела, чтобы его масса возросла на 1 г.

Вариант 10

1. Начальная посадочная скорость пассажирского самолёта имеет величину 135 км/ч. Длина пробега 500 м. Определите время t_1 пробега по посадочной полосе и величину ускорения самолёта, считая движение равнозамедленным.

2. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону, выражаемому формулой $\varphi = 10 + 20t - 2t^2$. Найдите величину полного ускорения точки, находящейся на расстоянии 0,1 м от оси вращения для момента времени $t = 4$ с.

3. Движение материальной точки описывается уравнением $x = 25 - 10t + 2t^2$. Приняв её массу равной 3 кг, найдите величину импульса в момент начала наблюдения и через $t_1 = 8$ с после этого. Найти величину средней силы, вызвавшей изменение импульса за указанный промежуток времени.

4. Два однородных тонких стержня: AB длиной $l_1 = 40$ см и массой $m_1 = 900$ г и CD длиной $l_2 = 40$ см и массой $m_2 = 400$ г скреплены под прямым углом. Определить момент инерции J системы стержней относительно оси OO' , проходящей через конец стержня AB параллельно стержню CD .

5. Смещение от положения равновесия точки, находящейся на расстоянии 4 см от источника колебаний, колеблющегося по закону: $x = \sin(\omega t)$, в момент времени $t = T/6$ равно половине амплитуды. Найти длину волны. Волна плоская.

6. Определите момент инерции тонкого однородного стержня длиной $l = 50$ см и массой $m = 300$ г относительно оси, проходящей через точку, отстоящую от конца стержня на $l/6$ его длины.

7. Маховик в форме сплошного однородного диска имеет массу 50 кг и радиус 0,2 м. Он раскручен до частоты $\nu = 8$ об/с и затем предоставлен самому себе. Под влиянием силы трения, приложенной по касательной к ободу, он остановился через 50 с. Определите силу трения, считая ее постоянной.

8. Кинетическая энергия вала, вращающегося с постоянной угловой скоростью 20 рад/с, равна 40 Дж. Найдите момент импульса вала относительно оси вращения.

9. Шар скатывается с наклонной плоскости высотой $h = 1$ м. Какую линейную скорость будет иметь центр шара в тот момент, когда шар скатится с плоскости?

10. В лабораторной системе отсчёта удаляются друг от друга две частицы с одинаковыми по модулю скоростями. Их относительная скорость u в той же системе отсчёта равна $0,5 C$ (где C – скорость света). Определите скорости частиц.

Вариант 11

1. Начальная скорость брошенного под некоторым углом к горизонту камня равна 10 м/с, а спустя 0,5 с скорость камня равна 7 м/с. На какую максимальную высоту над начальным уровнем поднимется камень?

2. Определить тангенциальное, нормальное и полное ускорение точки окружности диска для момента времени 10 с от начала движения, если радиус окружности 0,2 м, а угол между осью OX и радиус-вектором точки изменяется по закону: $\varphi = 3 - t + 0,2t^3$.

3. С поверхности Земли вертикально вверх пущена ракета со скоростью 5 км/с. На какую высоту она поднимется?

4. К ободу однородного диска радиусом 20 см приложена постоянная касательная сила 98,1 Н. При вращении на диск действует момент сил трения 5 Н·м. Найдите массу диска, если он вращается с постоянным угловым ускорением 100 рад/с².

5. Найдите частоту колебаний груза массой $m = 0,2$ кг, подвешенного на пружине и помещённого в масло, если коэффициент сопротивления в масле $r = 0,5$ кг/с, а коэффициент жёсткости пружины $k = 50$ Н/м.

6. Однородный диск массой m и радиусом R вращается относительно оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его край. Определите момент инерции диска.

7. С какой силой следует прижать тормозную колодку к колесу, делающему 30 об/с, для его остановки в течение 30 с, если масса колеса равномерно распределена по ободу и равна 10 кг? Диаметр колеса $d = 20$ см, коэффициент трения между колодкой и ободом колеса $k = 0,5$.

8. Обруч и диск одинаковой массы катятся без скольжения с одинаковой скоростью. Кинетическая энергия обруча равна 4 Дж. Найдите кинетическую энергию диска.

9. Шар массой 0,5 кг и радиусом $R = 0,1$ м вращается вокруг оси, проходящей через его центр. В некоторый момент времени на шар начинает действовать сила, в результате чего угол поворота шара (рад) изменяется по закону $\phi = 2 + 3t + t^2$. Определите работу, совершенную силой за время $t = 2$ с.

10. Собственное время жизни некоторой нестабильной частицы $\Delta t_0 = 10$ нс. Найти путь, который пролетит эта частица до распада в лабораторной системе отсчёта, где её время жизни $\Delta t = 20$ нс.

Вариант 12

1. Уравнение движения точки имеет вид: $x = 2t^3 + 2t^2 - t$, м. Определите: а) среднюю скорость в промежутке времени от 2 с до 4 с; б) значение скорости в момент времени $t = 3$ с

2. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону $\varphi = 5 + 10t - t^2$. Найти полное ускорение точки (величину и направление), находящейся на расстоянии 0,5 м от оси вращения, для момента времени $t = 2$ с.

3. Лифт опускается вниз и перед остановкой движется замедленно. Определить, с какой силой будет давить на пол лифта человек массой 80 кг, если ускорение лифта равно 4 м/с^2 .

4. Каток, представляющий собой однородный круглый цилиндр массы m_1 , лежит на горизонтальной плоскости. Каток обмотан тросом, перекинутым через блок, представляющий собой круглый однородный цилиндр массы m_2 , вращающийся вокруг неподвижной оси, совпадающей с его осью симметрии. К свободному концу троса прикреплен груз массы m_3 . При опускании груза с постоянной скоростью, величина которой равна v , трос, разматываясь, приводит в качение без проскальзывания каток. Определите кинетическую энергию системы каток – блок – груз. Трос считать невесомым и нерастяжимым. Верхние точки катка и блока находятся на одной высоте.

5. Материальная точка массой 0,01 кг совершает гармонические колебания по закону синуса с периодом $T = 2$ с и начальной фазой φ_0 , равной нулю. Полная энергия колеблющейся точки $W = 0,1$ мДж. Найдите амплитуду A колебаний; напишите закон данных колебаний $x = f(t)$; найдите наибольшее значение силы F_{max} , действующей на точку.

6. На концах однородного тонкого стержня длиной 1 м и массой $3m$

прикреплены маленькие шарики массами $m = 0,1$ кг и $2m$. Определите момент инерции такой системы относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через точку O , лежащую на оси стержня.

7. Вал массой 100 кг и радиусом 5 см вращался с частотой 8 об/с. К цилиндрической поверхности вала прижали тормозную колодку с силой $F = 40$ Н, под действием которой вал остановился через 10 с. Определите коэффициент трения.

8. Фигурист вращается с частотой $\nu_1 = 4$ об/с. Как и во сколько раз изменится момент инерции фигуриста, если он прижмет руки к груди и при этом частота вращения станет равной $\nu_2 = 6$ об/с?

9. Найдите кинетическую энергию велосипедиста, едущего со скоростью $v = 9$ км/ч. Масса велосипедиста вместе с велосипедом $M = 78$ кг, причем на колеса приходится масса $m = 3$ кг. Колеса велосипеда считать обручами.

10. Две частицы, двигавшиеся по одной прямой с одинаковой скоростью $v = 5/6 C$ (где C – скорость света), попали в неподвижную мишень с интервалом времени $\Delta t = 50$ нс. Найдите собственное расстояние между частицами до попадания в мишень.

Вариант 13

1. Из орудия вылетает снаряд со скоростью v_0 под углом α к горизонту. Определить: а) скорость (модуль и направление) и положение (координаты) снаряда в любой момент времени; б) время подъёма до наивысшей точки и время полёта; в) высоту подъёма и дальность полёта. Соппротивлением воздуха пренебречь.

2. Движение точки по кривой задано уравнениями $x = A_1 t^3$ и $y = A_2 t$, где $A_1 = 1$ м/с³, $A_2 = 2$ м/с. Найдите уравнение траектории точки, её скорость и полное ускорение a в момент времени $t = 1,6$ с.

3. Найдите радиус вращающегося колеса, если известно, что линейная скорость точки, лежащей на ободе колеса, в 2,5 раза больше линейной скорости точки, лежащей на 5 см ближе к оси колеса.

4. Два шара массами m и $2m$ ($m = 10$ г) закреплены на тонком невесомом стержне длиной $l = 40$ см так, что шар меньшей массы находится в центре стержня, а шар с большей массой – на одном из его концов. Определите моменты инерции J системы относительно

оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его конец. Размеры шаров пренебречь.

5. Амплитуда гармонических колебаний материальной точки $A = 0,02$ м, полная энергия колебаний $W = 0,3$ мкДж. Определить смещение точки от положения равновесия в момент, когда на неё действует сила $F = 45$ мкН.

6. Маховик в виде диска массой $m = 80$ кг и радиусом $R = 30$ см находится в состоянии покоя. Какую работу нужно совершить, чтобы сообщить маховику частоту $\nu = 10$ с⁻¹?

7. Найдите момент инерции сплошного однородного шара относительно оси, совпадающей с касательной к шару. Масса шара m , радиус шара R .

8. Маховое колесо начинает вращаться с угловым ускорением $\varepsilon = 0,5$ рад/с² и через время $t_1 = 15$ с после начала движения приобретает момент импульса $L = 73,5$ кг · м²/с. Найдите кинетическую энергию колеса через 20 с после начала движения.

9. Медный шар радиусом $R = 10$ см вращается с частотой $n = 2$ об/с вокруг оси, проходящей через его центр. Какую работу надо совершить, чтобы увеличить угловую скорость вращения шара вдвое?

10. Стержень движется вдоль линейки с некоторой постоянной скоростью. Если зафиксировать положение обоих концов данного стержня одновременно в системе отсчета, связанной с линейкой, то разность отсчетов по линейке $\Delta x_1 = 4,0$ м. Если же положение обоих концов зафиксировать одновременно в системе отсчета, связанной со стержнем, то разность отсчетов по этой же линейке $\Delta x_2 = 9,0$ м. Найдите собственную длину стержня и его скорость относительно линейки.

Вариант 14

1. Уравнение движения материальной точки по прямой имеет вид: $S = 5 + 2t - t^2 + 3t^3$, где S измеряется в метрах, время – в секундах. Найдите скорость и ускорение в моменты времени 0 с и 5 с.

2. Тело брошено под углом $\alpha = 30^{\circ}$ к горизонту. Найдите тангенциальное a_{τ} и нормальное a_n ускорения в начальный момент времени.

3. Тело массой 10 кг ударяется о неподвижное тело массой 5 кг, которое после удара начинает двигаться с кинетической энергией 10 Дж. Считая удар центральным и упругим, найти кинетическую энергию первого тела до и после удара.

4. Шар массой 1 кг, катящийся без скольжения со скоростью 10 см/с, ударяется о стенку и откатывается от неё со скоростью 8 см/с. Найдите количество теплоты, выделившейся при ударе.

5. Две точки находятся на прямой, вдоль которой распространяются волны со скоростью 20 м/с. Частота колебаний 10 Гц, расстояние между точками 20 см. Найдите разность фаз колебаний этих точек.

6. Две гири разного веса соединены нитью и перекинуты через блок, момент инерции которого $0,05 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, радиус 20 см. Гири движутся с ускорением $0,02 \text{ м/с}^2$. Чему равна при этом разность натяжений нити по обе стороны блока? Трением блока пренебречь. Скольжения нити о блок нет.

7. Маховик, момент инерции которого равен $25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, начал вращаться равноускоренно из состояния покоя под действием момента силы $M = 10 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Вращение продолжалось в течение 5 с. Определите кинетическую энергию, приобретенную маховиком.

8. Колесо, вращаясь равнозамедленно, за 1 мин уменьшило частоту вращения от 300 до 180 об/мин. Момент инерции колеса $I = 2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Найдите работу сил торможения.

9. На скамье Жуковского, вращающейся около вертикальной оси с частотой $\nu_1 = 1 \text{ об/с}$, стоит человек и держит на вытянутых руках ($l_1 = 1,5 \text{ м}$) две гири. Когда человек опускает руки, расстояние между гирями становится равным 0,4 м, а частота вращения – 1,5 об/с. Момент инерции человека и скамьи $10 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Определите массу одной гири.

10. Фотонная ракета движется относительно Земли со скоростью $0,6 C$ (где C – скорость света). Во сколько раз замедлится ход времени в ракете с точки зрения земного наблюдателя?

Вариант 15

1. Движение двух материальных точек выражается уравнениями: $x_1 = 20 + 2t - 4t^3$ и $x_2 = 2 + 2t + 0,5t^3$. В какой момент времени скорости этих точек будут одинаковы? Чему равны скорости и ускорения точек в этот момент?

2. Материальная точка массой 1 кг равномерно движется по окружности со скоростью 10 м/с. Найдите модуль изменения импульса точки за 0,75 периода.

3. Какую работу совершил мальчик, стоящий на гладком льду, сообщив санкам скорость 5 м/с относительно льда, если масса санок 3 кг, а масса мальчика 25 кг?

4. Платформа в виде сплошного диска радиусом 1,5 м и массой 180 кг вращается по инерции вокруг вертикальной оси с частотой 10 об/мин. В центре платформы стоит человек массой 60 кг. Какую линейную скорость относительно пола помещения будет иметь человек, если он перейдёт на край платформы?

5. Определите амплитуду, период, циклическую частоту и начальную фазу колебаний, заданных уравнением $x(t) = 5\cos 2\pi(t + 1/8)$.

6. На концах однородного тонкого стержня длиной 1 м и массой $50m$ прикреплены маленькие шарики массами $m = 0,1$ кг и $2m$. Определите момент инерции такой системы относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через точку O, лежащую на оси стержня.

7. К ободу однородного сплошного диска радиусом 0,5 м приложена постоянная касательная сила 100 Н. При вращении диска на него действует момент сил трения $M_{\text{тр}} = 2$ Н·м. Определите массу диска, если угловое ускорение постоянно и равно $1,6$ рад/с².

8. Обруч и сплошной цилиндр, имеющие одинаковую массу $m = 1$ кг, катятся без скольжения с одинаковой скоростью 2 м/с. Определите отношение кинетических энергий этих тел.

9. Однородный стержень длиной 1 м подвешен на горизонтальной оси, проходящей через верхний конец стержня. Какую скорость надо сообщить нижнему концу стержня, чтобы он сделал полный оборот вокруг оси?

10. Две частицы, двигавшиеся по одной прямой с одинаковой скоростью $v = 0,9 C$ (где C – скорость света), попали в неподвижную мишень с интервалом времени $\Delta t = 60$ нс. Найдите собственное расстояние между частицами до попадания в мишень.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трофимова Т.И., Курс физики: учеб. пособие для вузов / Таисия Ивановна Трофимова. – 11-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. 560 с. ISBN 5-7695-2629-7.

2. Савельев И.В. Курс физики. - Т.1. - М.: Лань, 2018. 7-е изд., стер. 356 с. ISBN 978-5-8114-0685-2

3. Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике. - М.: Лань, 2019. 292 с. ISBN 978-5-8114-4714-5.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕКОМЕНДАЦИИ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ	3
МЕХАНИКА. ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ	5
ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ	14
КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО МЕХАНИКЕ	15
РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	34

ФИЗИКА
МЕХАНИКА

*Методические указания и контрольные задания
для самостоятельной работы студентов
всех направлений подготовки*

Сост. *А.Ю. Егорова*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
общей и технической физики

Ответственный за выпуск *А.Ю. Егорова*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 20.01.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 2,0. Усл.кр.-отт. 2,0. Уч.-изд.л. 1,8. Тираж 75 экз. Заказ 24.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2