

Ф И З И К А

Часть 1. МЕХАНИКА

◆ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ ◆

Министерство образования и науки Российской Федерации
ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

ФИЗИКА

Часть 1. МЕХАНИКА

*Методические указания и контрольные задания
для студентов заочного отделения
инженерно-технических специальностей вузов*



Тамбов
Издательство ТГТУ
2007

УДК 535.338.(076.5)
ББК В2я73-1
В991

Утверждено Редакционно-издательским советом университета

Рецензент

Доктор химических наук, профессор
В.М. Поликарпов

Составители:

В.Б. Вязовов, Ю.П. Ляшенко

В991 Физика. Ч. 1: Механика : методические указания и контрольные задания / сост. : В.Б. Вязовов, Ю.П. Ляшенко. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 32 с. – 250 экз.

Предложены методические указания и контрольные задания для студентов заочного отделения инженерно-технических специальностей вузов, охватывающие основные разделы механики курса общей физики. Могут быть использованы в практической работе со студентами других форм обучения, в том числе дневной.

ББК В2я 73-1

УДК 535.338.(076.5)

© ГОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет» (ТГТУ), 2007

Учебное издание

ФИЗИКА

Часть 1. Механика

Методические указания и контрольные задания

Составители:

ВЯЗОВОВ Виктор Борисович,
ЛЯШЕНКО Юрий Петрович

Редактор Т.М. Г л и н к и н а
Инженер по компьютерному макетированию Т.Ю. З о т о в а

Подписано в печать 03.12.2007
Формат 60 × 84 / 16. 1,86 усл. печ. л. Тираж 250 экз. Заказ № 771

Издательско-полиграфический центр ТГТУ
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ПРЕДИСЛОВИЕ

Решение задач является неотъемлемой частью изучения курса физики. Методические указания содержат контрольные задания для студентов заочного отделения инженерно-технических специальностей вузов, но также могут быть использованы в практической работе студентами других форм обучения, в том числе дневного.

Учебный материал первой части курса общей физики (механики) разбит на восемь разделов. В каждом разделе приведено по 30 задач (исходя из возможного числа студентов в учебной группе), соответствующих теме раздела. Таким образом, каждое контрольное задание содержит по восемь задач, охватывающих практически весь материал, изучаемый в соответствии с программой курса. Такое распределение задач рекомендательно. Большое количество предложенных задач, пронумерованных отдельно внутри раздела, позволяет обеспечить индивидуальным вариантом задания каждого студента учебной группы. Номера задач, входящих в контрольное задание, и их число определяются кафедрами физики вузов.

Уровень сложности задач соответствует общепринятым стандартам, причем задачи «в одно действие» (для решения которых достаточно найти соответствующую формулу, подставить в нее исходные данные и посчитать ответ) практически отсутствуют.

Кроме того, приведена сводка основных формул, даны общие методические указания и примеры оформления решения задач, посылаемых для рецензирования. Справочные значения некоторых физических величин, необходимых при решении, приведены непосредственно в условии задачи.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Решение задач производится в порядке возрастания их нумерации. Условие задачи переписывается полностью. Если необходимо, решение задачи сопровождается аккуратно выполненным рисунком, на котором указываются буквенные обозначения величин. Новые величины, которых нет в условии, должны поясняться. Например: «Пусть v_{12} – скорость первого автомобиля относительно второго» или «Обозначим: H_1 – высота, с которой упало тело, а p_1 – его импульс непосредственно перед ударом о пол». Если в задаче требуется найти какую-либо векторную величину, например силу, скорость и т.п., то как правило, имеется в виду модуль этой величины (найденные значения должны быть положительными). При нахождении скалярной величины возможны и отрицательные значения.

Решать задачу нужно в общем виде, т.е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях. При таком способе решения не производится вычисление промежуточных значений. Подставив в окончательную формулу числовые значения (в системе СИ и без единиц измерения), следует произвести расчет и записать ответ с тремя значащими цифрами с обязательным указанием единицы измерения найденной величины. Ускорение свободного падения вблизи поверхности Земли в расчетах брать равным $g = 10 \text{ м/с}^2$. В задачах раздела 7 (релятивистская механика):

1) скорость частиц, как правило, указывается в долях скорости света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$, поэтому в ответах рассчитанную скорость частиц можно приводить так же в долях скорости света (там, где не требуется в системе СИ);

2) используются внесистемные единицы энергии (электрон-вольты): $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$;

3) при расчетах принять массу покоя электрона равной $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, энергию покоя $E_0 = 0,511 \text{ МэВ}$; для протона $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ и $E_0 = 938 \text{ МэВ}$.

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. Тело массой $m = 2 \text{ кг}$ бросили вертикально вверх со скоростью $v_1 = 20 \text{ м/с}$. Поднявшись на высоту $h = 15 \text{ м}$, тело упало на землю со скоростью $v_2 = 16 \text{ м/с}$. Чему равна работа силы сопротивления воздуха при подъеме тела вверх и при падении на землю? Объясните полученные результаты.

Решение. Приращение полной механической энергии тела равно работе силы сопротивления воздуха. Примем потенциальную энергию тела на уровне земли за нуль. Тогда приращение полной механической энергии при подъеме равно $E_2 - E_1 = A_{12}$, а при падении $E_3 - E_2 = A_{23}$.

$E_1 = m(v_1)^2/2$ – полная энергия в момент броска;

$E_2 = mgh$ – полная энергия на высоте h ;

$E_3 = m(v_2)^2/2$ – полная энергия при падении на землю.

Таким образом, работа силы сопротивления воздуха при подъеме равна:

$$A_{12} = mgh - m(v_1)^2/2 = 2 \cdot 10 \cdot 15 - 2 \cdot 20^2/2 = -100 \text{ Дж},$$

а при падении:

$$A_{23} = m(v_2)^2/2 - mgh = 2 \cdot 16^2/2 - 2 \cdot 10 \cdot 15 = -44 \text{ Дж}.$$

Полученные отрицательные значения объясняются тем, что направление силы сопротивления воздуха противоположно направлению скорости тела. В то же время при движении тела вверх его скорость в каждой точке траектории больше, чем в той же точке при падении вниз, а сила сопротивления пропорциональна скорости. Так как перемещения тела и зависимость силы сопротивления от скорости в обоих случаях одинаковы, то $|A_{12}| > |A_{23}|$.

Ответ: $A_{12} = -100 \text{ Дж}$; $A_{23} = -44 \text{ Дж}$.

2. Два стержня одинаковой собственной длины L_0 движутся навстречу друг другу параллельно общей горизонтальной оси. В системе отсчета, связанной с одним из стержней, промежуток времени между моментами совпадения левых и правых концов оказался равным Δt . Какова скорость одного стержня относительно другого?

Решение. Рассмотрим движение стержней в прямоугольной системе отсчета K , связанной с одним из стержней, например стержнем 1. Пусть v скорость второго стержня в K системе (искомая скорость). Обозначим длину второго стержня в K системе L (стержень будет испытывать релятивистское сокращение в направлении движения). Тогда:

$$\Delta L = L_0 - L = L_0 - L_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} = L_0 (1 - \sqrt{1 - v^2/c^2}), \quad (1)$$

где L_0 – длина покоящегося стержня 2 (собственная длина).

С другой стороны (см. рис. 1)

$$\Delta L = v\Delta t. \quad (2)$$

Выразим скорость в долях скорости света:

$$\beta = v/c. \quad (3)$$

Тогда выражения (1) и (2) можно переписать в виде:

$$\Delta L = L_0 - L_0\sqrt{1-\beta^2}, \quad (4)$$

$$\Delta L = \beta c\Delta t. \quad (5)$$

Приравнивая правые части выражений (4) и (5), после соответствующих математических преобразований получаем:

$$\beta = \frac{2L_0c\Delta t}{c^2\Delta t^2 + L_0^2}. \quad (6)$$

Или с учетом (3) окончательно находим:

$$v = \frac{2L_0/\Delta t}{1+(L_0/c\Delta t)^2}.$$

Ответ: $v = \frac{2L_0/\Delta t}{1+(L_0/c\Delta t)^2}.$

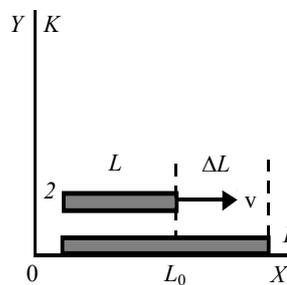


Рис. 1.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

Мгновенная скорость: $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{ds}{dt} \vec{\tau},$

где \vec{r} – радиус-вектор материальной точки; t – время; s – расстояние вдоль траектории движения; $\vec{\tau}$ – единичный вектор, касательный к траектории.

Ускорение:

- мгновенное $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt};$

- тангенциальное $\vec{a}_\tau = \frac{d\vec{v}}{dt} \vec{\tau};$

- нормальное $\vec{a}_n = \frac{v^2}{R} \vec{n};$

- полное $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n, \quad a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2},$

где R – радиус кривизны траектории; \vec{n} – единичный вектор главной нормали.

Модуль угловой скорости: $\omega = \frac{d\varphi}{dt}.$

Модуль углового ускорения: $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}.$

Связь между линейными и угловыми величинами:

$$s = \varphi R; \quad v = \omega R; \quad a_\tau = \varepsilon R; \quad a_n = \omega^2 R.$$

Импульс материальной точки:

$$\vec{p} = m\vec{v},$$

где m – масса материальной точки; \vec{v} – вектор ее скорости.

Основное уравнение динамики материальной точки (второй закон Ньютона):

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m\vec{a}.$$

Импульс силы: $\vec{F}dt = d\vec{p}.$

Закон сохранения импульса для замкнутой системы: $\sum m_i \vec{v}_i = \text{const}$.

Радиус-вектор центра масс системы материальных точек:

$$\vec{r}_c = \frac{\sum m_i \vec{r}_i}{\sum m_i},$$

где m_i – масса i -й точки системы, а \vec{r}_i – ее радиус-вектор, задающий положение точки относительно выбранного начала отсчета; $\sum m_i$ – суммарная масса всех частиц системы.

Сила трения скольжения:

$$F_{\text{тр}} = \mu N,$$

где μ – коэффициент трения; N – сила нормального давления.

Сила упругости:

$$F_{\text{уп}} = k\Delta l,$$

где k – коэффициент упругости (жесткость); Δl – деформация.

Сила гравитационного взаимодействия (закон всемирного тяготения):

$$F_{\text{гп}} = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

где m_1 и m_2 – массы двух материальных точек; G – гравитационная постоянная; r – расстояние между точками.

Работа силы: $A = \int (\vec{F} d\vec{s})$.

Работа постоянной силы F на всем перемещении S точки приложения силы:

$$A = FS \cos \alpha,$$

где α – угол между вектором силы F и перемещением S .

Мощность: $N = \frac{dA}{dt} = Fv$.

Потенциальная энергия:

- упругодеформированного тела $E_{\text{п}} = \frac{k(\Delta l)^2}{2}$;
- гравитационного взаимодействия
 - двух материальных точек $E_{\text{п}} = -G \frac{m_1 m_2}{r}$;
 - частицы в однородном гравитационном поле

$$E_{\text{п}} = mgh,$$

где g – напряженность гравитационного поля (ускорение свободного падения); h – расстояние от нулевого уровня.

Кинетическая энергия материальной точки: $E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$.

Приращение кинетической энергии материальной точки:

$$\Delta E_{\text{к}} = E_{\text{к}2} - E_{\text{к}1} = \sum A_i,$$

где $E_{\text{к}2}$ – конечная и $E_{\text{к}1}$ – начальная кинетическая энергия точки; $\sum A_i$ – суммарная работа всех сил, действующих на точку.

Закон сохранения механической энергии: $E = E_{\text{к}} + E_{\text{п}} = \text{const}$.

Момент инерции материальной точки: $I_0 = mr^2$.

Моменты инерции тел массы m относительно оси, проходящей через центр масс:

- тонкостенного цилиндра (кольца) радиуса R , если ось вращения совпадает с осью цилиндра $I_0 = mR^2$;
- сплошного цилиндра (диска) радиуса R , если ось вращения совпадает с осью цилиндра $I_0 = \frac{1}{2} mR^2$;
- шара радиуса R $I_0 = \frac{2}{5} mR^2$;
- тонкого стержня длиной l , если ось вращения перпендикулярна стержню $I_0 = \frac{1}{12} ml^2$.

Моменты инерции тел относительно произвольной оси (теорема Штейнера):

$$I = I_0 + md^2,$$

где I_0 – момент инерции относительно оси, проходящей через центр масс; d – расстояние между осями.

Момент силы:

$$\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}],$$

где r – радиус-вектор точки приложения силы.

Момент импульса твердого тела: $\vec{L} = J\vec{\omega}$.

Основное уравнение динамики вращательного движения:

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} = J\vec{\varepsilon}.$$

Закон сохранения момента импульса для замкнутой системы:

$$\sum \vec{L}_i = \text{const.}$$

Работа при вращательном движении: $A = \int M d\varphi$.

Кинетическая энергия вращающегося тела: $E_k = \frac{I\omega^2}{2}$.

Релятивистское сокращение длины в направлении движения:

$$l = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2},$$

где l_0 – длина покоящегося тела (собственная длина); c – скорость света в вакууме.

Релятивистское замедление времени:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}},$$

где Δt_0 – интервал времени между двумя событиями, измеренный в системе отсчета неподвижными относительно нее часами (собственное время); Δt – интервал времени между теми же событиями, измеренный в системе отсчета движущимися относительно ее часами со скоростью v .

Релятивистский импульс: $\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$.

Релятивистское уравнение динамики: $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$.

Энергия покоя частицы: $E_0 = mc^2$.

Полная энергия релятивистской частицы: $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$.

Кинетическая энергия релятивистской частицы:

$$E_k = E - E_0, \quad E_k = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1 \right).$$

Релятивистское соотношение между полной энергией и импульсом частицы:

$$E^2 = p^2 c^2 + E_0^2.$$

Закон сложения скоростей в релятивистской механике:

$$u' = \frac{u \mp v}{1 \mp vu/c^2},$$

где u' и u – скорости частицы в двух инерциальных системах отсчета, движущихся относительно друг друга со скоростью v , совпадающей по направлению с u (знак $-$) или противоположно ей направленной (знак $+$).

Давление:

$$p = F/S,$$

где F – нормальная составляющая силы, действующая на плоскую поверхность площадью S .

Гидростатическое давление:

$$p = \rho gh,$$

где p – давление внутри жидкости (газа) в точке на глубине h ; ρ – плотность жидкости (газа).

Закон Архимеда:

$$F_a = \rho g V,$$

где F_a – выталкивающая сила, направленная вверх, действующая на тело, погруженное в жидкость (газ); ρ – плотность жидкости (газа); V – объем части тела, погруженного в жидкость (газ).

Объемный расход жидкости в потоке:

$$Q = S v,$$

где v – скорость потока через сечение трубки тока жидкости в сечении площадью S .

Уравнение Бернулли:

$$p + \rho g h + \rho v^2/2 = \text{const},$$

где p – статическое давление в сечении S ; ρ – плотность жидкости; h – высота сечения S трубки тока жидкости над определенным уровнем; v – скорость жидкости.

Уравнение гармонических колебаний материальной точки:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0),$$

где x – смещение точки от положения равновесия в момент времени t ; A – амплитуда колебаний; $\omega = 2\pi\nu = 2\pi/T$ – циклическая частота колебаний (ν и T – частота и период колебаний); φ_0 – начальная фаза колебаний.

Скорость и ускорение точки при гармоническом колебании:

$$v = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0), \quad a = -A\omega^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0).$$

Энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания:

- кинетическая $E_k = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0)$;
- потенциальная $E_n = \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0)$;
- полная $E = E_k + E_n = \frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$,

где m – масса точки; k – коэффициент квазиупругой силы ($k = m\omega^2$).

Период колебаний маятника:

- пружинного $T = 2\pi \sqrt{m/k}$,

где m – масса груза, колеблющегося под действием пружины, k – коэффициент жесткости пружины;

- математического $T = 2\pi \sqrt{L/g}$,

где L – длина маятника; g – ускорение свободного падения;

- физического $T = 2\pi \sqrt{I/mgb}$,

где I – момент инерции колеблющегося тела относительно оси колебаний; b – расстояние от центра масс маятника до оси колебаний; m – масса маятника; g – ускорение свободного падения.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. КИНЕМАТИКА

1.1. Материальная точка движется в плоскости xOy согласно уравнениям

$$x = A_1 + B_1 t + C_1 t^2 \quad \text{и} \quad y = A_2 + B_2 t + C_2 t^2,$$

где $B_1 = 7$ м/с; $C_1 = -2$ м/с²; $B_2 = -1$ м/с; $C_2 = 0,2$ м/с². Найти модули скорости и ускорения точки в момент времени $t = 5$ с.

1.2. Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за 1 с, а второй – 2 с. Длина вагона 12 м. Найти ускорение поезда и его скорость в тот момент, когда первый вагон поравнялся с наблюдателем.

1.3. Свободно падающее тело спустя некоторый промежуток времени после начала падения находится на высоте 1100 м, а еще через 10 с – на высоте 120 м над поверхностью земли. С какой высоты падало тело?

1.4. Тело падает с высоты 500 м без начальной скорости. Найти среднюю скорость на последних 95 м пути.

1.5. Точка движется вдоль прямой по закону $x = At^4 - Bt^3 - Ct^2$, где $A = 1$ м/с⁴; $B = 4$ м/с³; $C = 8$ м/с². Найти путь, пройденный точкой за время 5 с.

1.6. Камень бросили с земли вертикально вверх со скоростью 8 м/с. Когда он поднялся на максимальную высоту, с земли был брошен второй камень с такой же скоростью. На какой высоте они встретятся?

1.7. Из точек A и B , расположенных по вертикали (точка A выше) на расстоянии 100 м друг от друга, бросают одновременно два тела с одинаковой скоростью 10 м/с: из A – вертикально вниз, а из B – вертикально вверх. Через сколько времени и в каком месте они встретятся?

1.8. Два тела брошены вертикально вверх из одной и той же точки с одинаковой начальной скоростью 20 м/с с промежутком времени 0,5 с. Через какое время после бросания второго тела и на какой высоте они встретятся?

1.9. Материальная точка движется по окружности радиуса 1 м согласно уравнению $s = 8t - 0,2t^3$. Найти скорость, тангенциальное и полное ускорение в момент времени 3 с.

1.10. Под углом 60° к горизонту брошено тело с начальной скоростью 20 м/с. Через сколько времени оно будет двигаться по углом 45° к горизонту?

- 1.11. Тело брошено под углом 30° к горизонту со скоростью 20 м/с. Через сколько времени и на каком расстоянии по горизонтали тело будет находиться на высоте 5 м? Найти тангенциальное и нормальное ускорения камня в этот момент времени.
- 1.12. Мотоциклист и велосипедист стартовали с одного места одновременно по кольцевому треку радиусом R . Спустя время t_1 мотоциклист догнал велосипедиста, повернул обратно и вновь повстречал его через время t_2 . Найти скорость каждого из них.
- 1.13. Автомобиль первую треть пути ехал со скоростью $v_1 = 30$ км/ч, оставшуюся часть пути он ехал со скоростью, в два раза большей средней скорости на всем пути. Найти скорость автомобиля на второй части пути.
- 1.14. Поезд начинает движение из состояния покоя и равномерно увеличивает свою скорость. На первом километре она выросла на $\Delta v_1 = 1$ м/с. На сколько возрастет скорость на втором километре?
- 1.15. Камень, брошенный с земли под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонтальной плоскости, через $t = 0,8$ с после начала движения имел вертикальную составляющую скорости $v_v = 12$ м/с. Чему равно расстояние между точкой бросания и местом падения камня? Ускорение силы тяжести $g = 10$ м/с².
- 1.16. С какой высоты падает без начальной скорости тело, если путь, пройденный им за последнюю секунду движения, в $n = 7$ раз больше пути, пройденного за первую секунду? Ускорение силы тяжести $g = 10$ м/с².
- 1.17. В последнюю секунду свободного падения тело прошло путь вдвое больший, чем в предыдущую секунду. С какой высоты падало тело?
- 1.18. Ракета стартует и движется вертикально вверх с ускорением $a = 2g$. Через $t_0 = 2$ с полета двигатель отключается. Через какое время после старта ракета упадет на землю?
- 1.19. С какой скоростью надо бросить вертикально вниз мяч с высоты $H = 20$ м, чтобы после абсолютно упругого удара о поверхность Земли его подъем на высоту H занял $t = 3$ с?
- 1.20. Маленький шарик падает с высоты $h = 50$ см на наклонную плоскость, составляющую угол 45° с горизонтом. Найдите расстояние между точками первого и второго соударений шарика с плоскостью. Соударения считать абсолютно упругими, сопротивлением воздуха пренебречь.
- 1.21. Два тела одновременно брошены из одной точки. Начальная скорость первого тела равна $v_1 = 10$ м/с и направлена вертикально вверх, второго – $v_2 = 20$ м/с и направлена под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Определите расстояние между телами через одну секунду после броска.
- 1.22. Конькобежец проходит путь $s = 450$ м с постоянной скоростью v , а затем тормозит до остановки с ускорением, модуль которого $a = 0,5$ м/с². При некотором значении v общее время движения конькобежца будет минимальным. Чему оно равно?
- 1.23. Скорость свободно падающего тела увеличилась за время $t_1 = 2$ с в $n_1 = 5$ раз. Во сколько раз увеличится его скорость по сравнению с начальной через $t_2 = 6$ с после начала падения?
- 1.24. При свободном падении тела средняя скорость его движения за последнюю секунду оказалась в $1,25$ раза больше, чем за предыдущую. Определить высоту, с которой падало тело.
- 1.25. С какой высоты падает тело без начальной скорости, если путь, пройденный им за последнюю секунду движения в 3 раза больше пути, пройденного за первую секунду?
- 1.26. Снаряд запущен вертикально вверх с начальной скоростью 105 м/с. Найти путь снаряда за одиннадцатую секунду после выстрела.
- 1.27. Камень, брошенный с земли под углом к горизонту, упал на землю со скоростью 10 м/с. Чему равна максимальная высота подъема камня во время полета, если известно, что во время движения его максимальная скорость была в 2 раза больше минимальной?
- 1.28. Камень брошен горизонтально с горы, угол наклона которой к горизонту равен 30° . Определить начальную скорость камня, если он упал на склон на расстоянии $43,2$ м от точки бросания.
- 1.29. Первый шарик бросают вертикально вверх с начальной скоростью 5 м/с. Когда он достигает наивысшей точки подъема, из той же начальной точки бросают вверх второй шарик с начальной скоростью 10 м/с. Определить отношение модуля скорости второго шарика к модулю скорости первого шарика в момент их встречи.
- 1.30. При прямолинейном равноускоренном движении тела с некоторой начальной скоростью величина перемещения тела за пятую секунду движения оказалась больше величины перемещения за вторую секунду на 12 м. Определить ускорение тела.

2. ДИНАМИКА. СИЛЫ. ЗАКОНЫ НЬЮТОНА

- 2.1. Брусом массы 2 кг прижат к вертикальной стене силой 100 Н. Определить наименьшую вертикальную силу, которую необходимо приложить к бруску, чтобы: а) удержать его в покое; б) равномерно двигать вверх. Коэффициент трения бруска о стену $0,1$.
- 2.2. Груз массы 50 кг поднят при помощи каната вертикально вверх в течение 2 с на высоту 10 м. Определить силу натяжения каната, если движение груза было равноускоренным.
- 2.3. Канат лежит на столе так, что часть его свешивается со стола, и начинает скользить тогда, когда длина свешивающейся части составит 25% всей его длины. Чему равен коэффициент трения каната о стол?
- 2.4. Какого веса балласт надо сбросить с равномерно опускающегося аэростата, чтобы он начал равномерно подниматься с той же скоростью? Вес аэростата с балластом $16\,000$ Н, подъемная сила аэростата $12\,000$ Н. Силу сопротивления считать одинаковой при подъеме и при спуске.
- 2.5. К нити подвешена гиря. Если поднимать эту гирию с ускорением 2 м/с², то натяжение нити будет вдвое меньше того натяжения, при котором нить разрывается. С каким ускорением надо поднимать эту гирию, чтобы нить разорвалась?
- 2.6. Сколько времени лыжник будет скатываться с горы длиной 30 м и уклоном 30° , если коэффициент трения $0,1$, а начальная скорость лыжника равна нулю?
- 2.7. Камень толкнули со скоростью 10 м/с от подножья вверх по наклонной плоскости. С какой скоростью он вернется к подножью, если коэффициент трения $0,2$, а угол наклона плоскости 30° ?

- 2.8. Тело массой 4 кг равномерно соскальзывает по наклонной плоскости и при этом на него действует сила трения 20 Н. Чему равен коэффициент трения между телом и плоскостью?
- 2.9. Вертикально расположенная пружина соединяет два груза. Масса верхнего груза $m_1 = 2$ кг, а нижнего $m_2 = 3$ кг. Когда система подвешена за верхний груз, длина пружины равна $L_1 = 10$ см. Если систему поставить на подставку, длина пружины оказывается равной $L_2 = 4$ см. Определите длину ненапряженной пружины.
- 2.10. Гимнаст висит на канате, перекинутом через блок. К другому концу каната привязан противовес массой m . В начальный момент система покоилась. Затем гимнаст стал скользить по канату вниз. В момент времени t скорость противовеса была больше скорости человека относительно земли на величину Δv . Пренебрегая массой каната и блока, найдите силу трения, возникающую при спуске гимнаста. Масса гимнаста M .
- 2.11. Минимальная горизонтальная сила, которую необходимо приложить к телу, находящемуся на наклонной плоскости, чтобы удержать его от соскальзывания, равна $F = 70$ Н. С каким ускорением тело будет соскальзывать с плоскости, если его не удерживать? Масса тела $m = 20$ кг, угол наклона плоскости $\alpha = 30^\circ$.
- 2.12. Небольшой брусок пускают вверх по наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 60^\circ$ с горизонтом. Коэффициент трения $\mu = 0,8$. Определить отношение времени подъема бруска вверх t_1 ко времени его соскальзывания t_2 до первоначальной точки.
- 2.13. Брусок массой $m = 1$ кг равномерно втаскивают за нить по наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. Коэффициент трения $\mu = 0,8$. Найти угол β , который должна составлять нить с наклонной плоскостью, чтобы натяжение нити было наименьшим. Чему оно равно?
- 2.14. Через блок, движущийся вертикально вверх с ускорением a , переброшена невесомая и нерастяжимая нить, на концах которой прикреплены грузы массой m_1 и m_2 ($m_2 > m_1$). Определить ускорения, с которыми движутся грузы относительно Земли,
- 2.15. Два мальчика, массы которых $m_1 = 45$ кг и $m_2 = 55$ кг, стоят на коньках на льду. Первый мальчик отталкивается от второго, действуя на него с силой $F = 10$ Н в течение $\Delta t = 1$ с. Через сколько времени после прекращения отталкивания расстояние между мальчиками составит $L = 10$ м? Трением можно пренебречь.
- 2.16. На горизонтальной поверхности лежат два тела с массами $m_1 = 2,5$ кг и $m_2 = 3,5$ кг, прикрепленные к концам пружины с коэффициентом жесткости $k = 50$ Н/м. Длина пружины в недеформированном состоянии $L_0 = 0,2$ м. На какое максимальное расстояние x друг от друга могут быть удалены тела, чтобы они оставались в покое, если коэффициент трения между телами и поверхностью $\mu = 0,2$?
- 2.17. Человек, масса которого $M = 72$ кг, бежит по длинной доске с ускорением $a_0 = 0,5$ м/с² относительно доски. Доска лежит на гладком полу. Ее масса $m = 18$ кг. С каким ускорением доска движется относительно пола?
- 2.18. Брусок массой $m = 0,51$ кг, лежащий на горизонтальной плоскости, совершает прямолинейное равноускоренное движение под действием горизонтально направленной силы, равной $F = 5$ Н. Если увеличить массу бруска в $\alpha = 2$ раза, то его ускорение под действием той же силы уменьшится в $\beta = 3$ раза. Пользуясь этими данными, вычислите коэффициент трения бруска о плоскость.
- 2.19. Желоб состоит из двух досок, образующих двугранный угол, у которого ребро горизонтально, а плоскости составляют равные углы $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. В желобе лежит цилиндр массы $m = 4$ кг, образующая которого параллельна ребру желоба. Какую силу нужно приложить в горизонтальном направлении к основанию цилиндра, чтобы он двигался вдоль желоба равномерно? Коэффициент трения между поверхностями желоба и цилиндра $\mu = 0,1$.
- 2.20. На доске длиной $L = 0,5$ м и массой $M = 0,9$ кг у ее левого торца лежит небольшой брусок массой $m = 0,1$ кг. Какую минимальную скорость v_0 нужно сообщить бруску, чтобы он соскользнул с доски у ее правого торца? Коэффициент трения бруска о доску $\mu = 0,5$. Доска находится на гладкой горизонтальной поверхности.
- 2.21. На наклонную плоскость длиной 5 м и высотой 3 м кладут груз массой 40 кг. Какую минимальную силу, направленную вдоль наклонной плоскости, надо приложить к грузу, чтобы он не скользил вниз по наклонной плоскости? Коэффициент трения груза о плоскость $\mu = 0,25$.
- 2.22. Через какое время тело, свободно падающее с высоты 9 м, достигнет поверхности Земли, если сила сопротивления постоянна и составляет 20 % от силы тяжести?
- 2.23. С аэростата сбросили два маленьких шарика массами $2 \cdot 10^{-2}$ кг и $7 \cdot 10^{-2}$ кг, связанных тонкой невесомой нитью. Найти силу натяжения нити в полете после того, как установится вертикальное движение системы с постоянной скоростью. Выталкивающей силой воздуха пренебречь. Силы сопротивления воздуха, действующие на каждый шарик, одинаковы.
- 2.24. На однородный горизонтально расположенный стержень длиной 1 м действуют две горизонтальные силы: 10 Н на правый конец и 5 Н на левый. Силы направлены вдоль стержня в противоположные стороны (от стержня). С какой по величине силой растянут стержень в сечении, находящемся на расстоянии 0,2 м от его левого конца?
- 2.25. Удлинение неподвижной пружины под действием подвешенного к ней груза составляет ΔL . Во сколько раз уменьшится удлинение той же пружины под действием того же груза, если пружина с грузом движется равноускоренно вниз с ускорением 2 м/с²?
- 2.26. Однородная цепочка длиной 50 см свешивается со стола и удерживается в равновесии силой трения. Найти коэффициент трения, если наибольшая длина свисающего конца, при которой цепочка еще не начинает скользить, равна 10 см.
- 2.27. На длинную горизонтальную ленту транспортера, движущегося с постоянной скоростью 3 м/с, положили брусок и сообщили ему скорость относительно земли 4 м/с, направленную против движения ленты. Спустя время 2 с скорость бруска сравнялась со скоростью ленты. Определите коэффициент трения между бруском и лентой.
- 2.28. По шероховатой наклонной плоскости с углом наклона 30° к горизонту снизу вверх пускают шайбу, которая в течение 2 с проходит до верхней точки 16 м, после чего соскальзывает вниз. Сколько времени длится соскальзывание?
- 2.29. Гирька массой 100 г, привязанная к резиновому шнуру, вращается с угловой скоростью 10 рад/с по окружности в горизонтальной плоскости так, что шнур составляет угол 60° с вертикалью. Найдите длину нерастянутого шнура, если его жесткость равна 40 Н/м.
- 2.30. Два груза массами 2 кг и 1 кг прикреплены к концам невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через легкий блок, причем первоначально тяжелый груз находится на 1 м выше легкого. С каким ускорением перемещают ось блока, если грузы оказались на одинаковом уровне через 0,5 с?

3. ИМПУЛЬС ТЕЛА. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

- 3.1. Тележка массой 20 кг в виде длинной доски на колесах стоит на полу. На одном конце доски находится человек массой 60 кг. С какой скоростью будет двигаться тележка, если человек пойдет вдоль нее со скоростью (относительно доски) 1 м/с?
- 3.2. Снаряд разорвался на два осколка одинаковой массы. Скорости осколков равны 300 м/с и 400 м/с и направлены перпендикулярно друг другу. Найти скорость снаряда до разрыва.
- 3.3. Снаряд, вылетевший из орудия под некоторым углом к горизонту, в верхней точке траектории разбивается на два равных осколка. Один осколок возвращается к исходной точке по прежней траектории. Где упадет второй осколок?
- 3.4. Автомат выпускает 600 пуль в минуту. Масса каждой пули 4 г, ее начальная скорость 500 м/с. Найти среднюю силу отдачи при стрельбе.
- 3.5. Чему равен секундный расход топлива в момент старта ракеты массой 10^6 кг, если она стартует вертикально с ускорением 3 м/с^2 ? Скорость истечения газов относительно ракеты равна 4000 м/с.
- 3.6. Стальной шарик массой 50 г упал с высоты 1 м на большую плиту, передав ей импульс силы, равный $0,27 \text{ Н} \cdot \text{с}$. Определить количество теплоты, выделившейся при ударе, и высоту, на которую поднимается шарик.
- 3.7. Движущийся снаряд разорвался на два осколка, которые разлетелись под углом $\alpha = 60^\circ$. Один осколок имеет массу $m_1 = 20$ кг и скорость $v_1 = 100$ м/с, другой – массу $m_2 = 80$ кг и скорость $v_2 = 25$ м/с. Чему равна энергия, выделившаяся при взрыве снаряда?
- 3.8. Горизонтальная струя воды ударяется о вертикальную стену. После удара вода стекает по стене вниз. Найдите силу, с которой струя действует на стену, если площадь сечения струи $S = 5 \text{ см}^2$, а ее скорость $v = 8$ м/с.
- 3.9. Снаряд, летящий горизонтально со скоростью v , разбивается на два осколка. Сразу после разрыва скорость одного осколка направлена вертикально и равна v , а скорость другого осколка равна $5v$. Найдите отношение масс осколков.
- 3.10. На гладкой горизонтальной плоскости лежит частица массой m_2 . На нее налетает частица массой m_1 . После абсолютно упругого центрального столкновения частицы разлетаются с одинаковыми по величине скоростями. Найдите отношение масс частиц.
- 3.11. Пуля массой $m = 10$ г, летящая горизонтально, пробивает насквозь шар массой $M = 1$ кг, подвешенный на нити длиной $L = 3$ м, проходя через его центр, и вылетает из шара со скоростью $v_1 = 150$ м/с. В результате шар начинает раскачиваться. При этих колебаниях наибольшее натяжение нити $T = 12,8$ Н. Найдите скорость пули v_0 перед ее попаданием в шар.
- 3.12. Материальная точка массой 0,4 кг равномерно движется по окружности радиусом 0,2 м с угловой скоростью 0,5 рад/с. Найти модуль приращения импульса точки на участке траектории с длиной дуги $0,2\pi$ (м).
- 3.13. Две лодки с одинаковой массой 180 кг движутся одна за другой с одинаковой скоростью 2 м/с. Из первой лодки во вторую бросают горизонтально со скоростью 3 м/с относительно первоначальной скорости лодки груз массой 20 кг. Определить скорость второй лодки после переброски груза.
- 3.14. Мяч, летящий со скоростью 12 м/с, отбрасывается ударом ракетки в противоположном направлении со скоростью 15 м/с. Найти модуль приращения импульса мяча при ударе, если приращение его кинетической энергии равно 9 Дж.
- 3.15. Шарик массой 0,025 кг свободно падает с высоты h на горизонтальную плоскость. После удара он поднялся на максимальную высоту $0,81 h$. Время удара 0,001 с. Средняя сила удара 95 Н. С какой скоростью шарик подлетел к плоскости? Импульсом силы тяжести за время удара пренебречь.
- 3.16. На пути тела массой 0,21 кг, скользящего по идеально гладкой горизонтальной плоскости, находится незакрепленная идеальная гладкая горка высотой 0,8 м и массой 1 кг. При какой минимальной скорости тело может преодолеть горку, не отрываясь от нее?
- 3.17. Две одинаковые лодки с массой $m = 200$ кг каждая (вместе с человеком и грузом, находящимся в лодке) движутся параллельными курсами навстречу друг другу с одинаковыми скоростями $v = 1$ м/с. Когда лодки поравнялись, то с первой лодки на вторую и со второй на первую одновременно перебрасывают грузы массами $m_1 = 20$ кг. Определить скорости лодок после перебрасывания грузов.
- 3.18. Молекула водорода, двигающаяся со скоростью 400 м/с, подлетает к стенке сосуда под углом 60° и упруго ударяется об нее. Определить импульс, полученный стенкой. Принять массу молекулы равной $3 \cdot 10^{-27}$ г.
- 3.19. Шар массой $m_1 = 2$ кг сталкивается с покоящимся шаром большей массы и при этом теряет 40 % кинетической энергии. Определить массу m_2 большего шара. Удар считать абсолютно упругим, прямым, центральным.
- 3.20. Пуля массой 10 г, летевшая горизонтально со скоростью 150 м/с, простреливает лежащий на столе брусок массой 2,5 кг и теряет при этом половину своей кинетической энергии. Какую скорость приобретает брусок?
- 3.21. Две тележки, каждая массой M , движутся друг за другом по инерции (без трения) с одинаковой скоростью v_0 . На задней тележке находится человек массы m . В некоторый момент человек прыгнул в переднюю тележку с горизонтальной скоростью u относительно своей тележки. Какой стала скорость передней тележки?
- 3.22. На краю покоящейся тележки массой M стоят два человека, каждый массы m . Пренебрегая трением, найти скорость тележки после того, как оба человека спрыгнут с одной и той же горизонтальной скоростью u относительно тележки: 1) одновременно; 2) друг за другом. В каком случае скорость тележки будет больше и во сколько раз?
- 3.23. Первоначально неподвижное тело, находящееся на горизонтальной плоскости, начали тянуть с постоянной горизонтальной силой F . Через время Δt действие этой силы прекратилось. Какая сила трения действовала на тело во время его движения, если оно остановилось спустя время $3\Delta t$ после начала движения.
- 3.24. Тело массой m бросили под углом к горизонту с начальной скоростью v_0 . Спустя время Δt тело упало на Землю. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти: 1) приращение импульса тела $\Delta \vec{p}$ за время полета; 2) среднее значение импульса $\langle \Delta \vec{p} \rangle$ за время Δt .
- 3.25. Конькобежец массой $M = 70$ кг, стоя на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой $m = 3$ кг со скоростью $v = 8$ м/с. На какое расстояние откатится при этом конькобежец, если коэффициент трения коньков о лед равен $\mu = 0,02$?
- 3.26. По горизонтальной поверхности навстречу друг другу движутся два тела с массой $m_1 = 2$ кг и $m_2 = 1,5$ кг и неупруго соударяются. Скорости тел непосредственно перед ударом были $v_1 = 1$ м/с и $v_2 = 2$ м/с. Какое время будут двигаться эти тела после удара, если коэффициент трения равен $\mu = 0,05$?

3.27. Вслед проезжавшего мимо грузового автомобиля бросили мячик. С какой скоростью v отскочит мячик от заднего борта грузовика, если скорость автомобиля $u = 7$ м/с, скорость мячика непосредственно перед ударом $v_0 = 15$ м/с и направлена по нормали к поверхности борта. Удар считать абсолютно упругим.

3.28. Материальная точка массой $m = 1$ кг, двигаясь равномерно, описывает четверть окружности радиуса $R = 1,2$ м за 2 секунды. Найти модуль приращения импульса точки за это время.

3.29. Два одинаковых шарика подвешены на нитях одинаковой длины $L = 0,98$ м и касаются друг друга. Один из шариков отклоняют на угол $\alpha = 10^\circ$ и отпускают. Найти максимальную скорость второго шарика после соударения. Удар считать центральным, абсолютно упругим.

3.30. Шар массой m , двигаясь со скоростью v , упруго ударяется о стенку под углом α . Определить время соударения, если средняя сила удара равна F .

4. РАБОТА. ЭНЕРГИЯ. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

4.1. Из орудия массой 5 т вылетает снаряд массой 100 кг. Кинетическая энергия снаряда при вылете 7,5 МДж. Какую кинетическую энергию получает орудие вследствие отдачи?

4.2. Канат переброшен через штырь. В начальный момент концы каната находились на одном уровне. После слабого толчка канат длиной 2 м пришел в движение. Определить скорость каната к моменту, когда он соскользнет со штыря. Трением пренебречь.

4.3. Тело массой 1,5 кг, брошенное вверх с высоты 5 м со скоростью 6 м/с, упало на землю со скоростью 5 м/с. Определить работу силы сопротивления воздуха.

4.4. Определить работу, совершенную силой тяги автомобиля массой 4 т, если за 5 с от начала движения он приобрел скорость 36 км/ч, а коэффициент трения равен 0,05.

4.5. Какой путь пройдут санки по горизонтальной поверхности после спуска с горы высотой 1,5 м, имеющей уклон 30° ? Коэффициент трения везде одинаков и равен 0,02.

4.6. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 16 м/с. На какой высоте кинетическая энергия тела равна его потенциальной энергии? Принять потенциальную энергию в точке бросания равной нулю.

4.7. Гимнаст падает с высоты 3,5 м на натянутую упругую сетку. Каково максимальное провисание сетки, если в случае спокойно лежащего в сетке гимнаста провисание равно 0,02 м?

4.8. Пуля массой 10 г, летевшая горизонтально со скоростью 150 м/с, простреливает лежащий на столе брусок массой 2,5 кг и теряет при этом половину своей кинетической энергии. Какую скорость приобретает брусок?

4.9. Винтовка весом 30 Н подвешена на нитях и при выстреле откочнулась, поднявшись на высоту 20 см. Масса пули 10 г. Определить скорость, с которой вылетела пуля.

4.10. Во сколько раз работа, совершенная при поднятии с земли материала для постройки верхней половины цилиндрической дымоходной трубы, больше соответствующей работы для нижней половины?

4.11. Шар массой 4 кг, движущийся горизонтально, столкнулся абсолютно неупруго с неподвижным шаром массой 6 кг. Какую долю своей кинетической энергии первый шар передал второму?

4.12. Санки, движущиеся по льду со скоростью $v_0 = 6$ м/с, въезжают на асфальт. Длина полозьев санок $L = 2$ м. Коэффициент трения санок об асфальт $\mu = 1$. Какой путь пройдут санки до полной остановки?

4.13. Легкая пружина жесткостью k и длиной L стоит вертикально на столе. С высоты H над столом на нее падает небольшой шарик массой m . Какую максимальную скорость будет иметь шарик при своем движении вниз?

4.14. Груз начинают поднимать вертикально вверх с постоянным ускорением. Во сколько раз работа, совершенная за первую секунду движения, меньше работы за вторую секунду?

4.15. По наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 30^\circ$ тело соскальзывает с постоянной скоростью. Какую кинетическую энергию E_k приобретает это тело, соскользнув без начальной скорости по такой же поверхности с высоты $H = 2$ м при угле наклона $\beta = 45^\circ$? Масса тела 1 кг.

4.16. Два тела, которые первоначально покоились на гладкой горизонтальной плоскости, расталкиваются зажатой между ними пружиной и начинают двигаться поступательно со скоростями $v_1 = 3$ м/с и $v_2 = 1$ м/с. Вычислите, какая энергия была запасена в пружине, если известно, что суммарная масса обоих тел $m = 8$ кг, пружина невесома, трение отсутствует.

4.17. Шарик подвешен на нити и совершает колебания в вертикальной плоскости. При прохождении положения равновесия его ускорение равно $a_0 = 10$ м/с². Чему равно ускорение шарика при максимальном отклонении от положения равновесия?

4.18. Небольшой шарик массой $m = 2$ кг, подвешенный на нити, отвели в сторону так, что нить образовала прямой угол с вертикалью и затем отпустили. Найти угол между нитью и вертикалью, при котором нить оборвется, если нить выдерживает натяжение $T_{\text{макс}} = 30$ Н.

4.19. Тело массой $m = 2,5$ кг, лежащему на полу и соединенному со стеной недеформированной пружиной жесткостью $k = 60$ Н/м, сообщают скорость $v_0 = 3$ м/с перпендикулярно стене. Коэффициент трения между телом и полом $\mu = 0,6$. Найти скорость тела к моменту, когда оно пройдет расстояние $h = 0,25$ м.

4.20. Плоская шайба массой $m = 0,2$ кг начинает скользить с начальной скоростью $v_0 = 12$ м/с вверх по наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. Коэффициент трения между шайбой и плоскостью $\mu = 0,3$. Какую работу совершат над шайбой силы трения в течение времени $t = 3,5$ с после начала движения?

4.21. Груз массой $m = 30$ г, подвешенный на пружине, отпускают из положения, в котором пружина недеформирована. Чему равна работа силы тяжести и работа упругой силы, приложенной к грузу со стороны пружины, за время его движения до точки, в которой его скорость максимальна? Жесткость пружины $k = 3$ Н/м.

4.22. Тело массой $m = 5$ кг падает с некоторой высоты, имея начальную скорость, равную $v_0 = 2$ м/с и направленную вертикально вниз. Вычислите работу силы сопротивления, совершенную в течение $t = 10$ с, если известно, что в конце этого промежутка времени тело имело скорость $v = 50$ м/с. Силу сопротивления считайте постоянной.

4.23. Шайба массой 0,1 кг из состояния покоя соскальзывает по наклонной плоскости высотой 0,5 м. У основания наклонной плоскости шайба имеет скорость 2 м/с. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы вернуть шайбу от основания к вершине наклонной плоскости, передвигая шайбу по тому же пути с помощью силы, направленной вдоль наклонной плоскости?

4.24. Нерастянутую пружину растягивают на некоторое расстояние Δx . Во сколько раз работа на первой четверти расстояния меньше, чем на последней четверти?

4.25. Невесомый стержень может вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через стержень перпендикулярно ему. На концах стержня закреплены грузы массами $m_1 = 0,625$ кг и $m_2 = 2,5$ кг, находящиеся, соответственно, на расстоянии 0,4 м и 0,2 м от оси вращения. Предоставленный самому себе первоначально покоящийся стержень переходит из горизонтального положения в вертикальное. Определить линейную скорость первого груза в этот момент.

4.26. Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 200 м/с, попадает в брус массой 20 кг, движущийся ей навстречу со скоростью 0,1 м/с, и застревает в нем. Чему равен модуль изменения кинетической энергии пули при ударе?

4.27. В деревянный шар массой $m_1 = 8$ кг, подвешенный на нити длиной $l = 1,8$ м, попадает горизонтально летящая пуля массой $m_2 = 4$ г. С какой скоростью летела пуля, если нить с шаром и застрявшей в нем пулей отклонилась от вертикали на угол $\alpha = 3^\circ$? Размером шара пренебречь. Удар пули считать прямым, центральным.

4.28. Пружина жесткостью $k = 500$ Н/м сжата силой $F = 100$ Н. Определить работу внешней силы, дополнительно сжимающей пружину еще на $\Delta l = 4$ см.

4.29. Цепь длиной $l = 2$ м лежит на столе, одним концом свисая со стола. Если длина свешивающейся части превышает $1/3 l$, то цепь соскальзывает со стола. Определить скорость v цепи в момент ее отрыва от стола.

4.30. На какое расстояние от поверхности Земли удалилось бы тело, брошенное вертикально вверх со скоростью 5 км/с, если бы атмосфера у Земли отсутствовала? Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ м³/(кг · с²). Масса Земли $5,98 \cdot 10^{24}$ кг, а радиус $R = 6400$ км.

5. ВРАЩАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ. МОМЕНТ СИЛЫ И ИМПУЛЬСА. ЦЕНТР МАСС. МОМЕНТ ИНЕРЦИИ

5.1. Гладкий легкий горизонтальный стержень AB может вращаться без трения вокруг вертикальной оси, проходящей через его конец A . На стержне находится небольшая муфточка массой m , соединенная невесомой пружиной длиной L_0 с концом A . Жесткость пружины k . Какую работу надо совершить, чтобы эту систему раскрутить до угловой скорости ω ?

5.2. Стержень длиной L и массой m находится на гладкой горизонтальной поверхности и вращается вокруг одного из своих концов с угловой скоростью ω . Чему равно натяжение стержня на расстоянии x от свободного конца?

5.3. Стержень массой m и длиной L может вращаться вокруг горизонтальной оси. В начальный момент стержень занимает вертикальное положение (над осью). Найти реакцию оси при прохождении стержнем горизонтального положения.

5.4. Кольцо радиусом R , вращающееся с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через центр кольца перпендикулярно его плоскости, плавно опускается на горизонтальную плоскость. Сколько оборотов сделает кольцо до остановки? Коэффициент трения кольца о плоскость равен μ .

5.5. Вращающийся диск радиусом R прижимается к шероховатой поверхности силой F . Найти момент сил трения, действующих на диск, если коэффициент трения между поверхностью и диском равен μ .

5.6. Блок, имеющий форму диска и массу $m = 0,4$ кг, вращается под действием силы натяжения нити, к концам которой подвешены грузы массами $m_1 = 0,3$ кг и $m_2 = 0,7$ кг. Определить силы натяжения T_1 и T_2 нити по обе стороны блока.

5.7. К краю стола прикреплен блок в форме диска. Через блок перекинута невесомая и нерастяжимая нить, к концам которой прикреплены грузы. Один груз движется по поверхности стола, а другой – вдоль вертикали вниз. Определить коэффициент трения μ между грузом и горизонтальной поверхностью стола, если массы каждого груза и масса блока одинаковы, а грузы движутся с ускорением $a = 2$ м/с². Нить движется по блоку без проскальзывания, трение в оси блока не учитывать.

5.8. К концам легкой и нерастяжимой нити, перекинутой через блок в форме диска, подвешены грузы массой $m_1 = 0,2$ кг и $m_2 = 0,3$ кг. Ось блока движется вертикально вверх с ускорением $a = 2$ м/с². Во сколько раз отличаются силы натяжения нитей по обе стороны блока, если его масса $m = 0,4$ кг? Нить движется по блоку без проскальзывания, трение в оси блока не учитывать.

5.9. Платформа в виде диска диаметром $D = 3$ м и массой $m_1 = 180$ кг может вращаться без трения вокруг вертикальной оси. С какой угловой скоростью ω_1 будет вращаться эта платформа, если по ее краю пойдет человек массой $m_2 = 70$ кг со скоростью $v = 1,8$ м/с относительно платформы?

5.10. Однородный стержень длиной $L = 1$ м может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через один из его концов. В другой конец абсолютно неупруго ударяет пуля массой $m = 7$ г, летящая перпендикулярно стержню и его оси. Определить массу стержня, если в результате попадания пули он отклонился от начального вертикального положения на угол 30° . Принять скорость пули $v = 360$ м/с.

5.11. Шарик массой $m = 50$ г, привязанный к концу нити длиной $L_1 = 1$ м, вращается с частотой $n_1 = 1$ об/с, опираясь на гладкую горизонтальную плоскость. Нить укорачивается, приближая шарик к оси вращения до расстояния $L_2 = 0,5$ м. С какой частотой n_2 будет при этом вращаться шарик? Какую работу A совершает внешняя сила, укорачивая нить?

5.12. Две материальные точки с массами $m_1 = 40$ г и $m_2 = 120$ г соединены стержнем длиной $L = 20$ см и массой $m = 100$ г. Система вращается вокруг оси, перпендикулярной к стержню и проходящей через середину стержня. Определить импульс и момент импульса стержня, если угловая скорость вращения $\omega = 10$ рад/с.

5.13. Двигатель равномерно вращает маховик. После отключения двигателя маховик останавливается через $t = 30$ с, сделав $N = 120$ оборотов. Момент инерции маховика $I = 0,3$ кг · м². Принимая, что угловое ускорение маховика после отключения двигателя постоянно, определить мощность двигателя при равномерном вращении маховика.

5.14. Материальная точка с массой m движется по окружности радиуса R с постоянным тангенциальным ускорением. К концу n -го оборота кинетическая энергия точки становится равной W . Найти значение тангенциального ускорения.

5.15. Тело массой m , подвешенное на нити длиной L , вращается в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через точку подвеса. Угловая скорость вращения равна ω . Определить угол α , который образует нить с осью вращения и силу натяжения нити F .

5.16. Шарик, подвешенный на нити, движется по инерции в горизонтальной плоскости, отстоящей от точки подвеса на расстояние $h = 10$ см, по окружности радиусом $R = 2$ см. Найдите линейную скорость шарика.

5.17. Длинный однородный стержень может выдвигаться из горизонтально расположенной цилиндрической трубки. Если масса выдвинутой части m_1 , то стержень обламывается под собственным весом. Какова может быть максимальная масса груза, находящегося на конце стержня, чтобы стержень не обломился при массе выдвинутой части m_2 ($m_2 < m_1$)?

5.18. Тело массой 2 кг брошено под углом 60° к горизонту со скоростью 100 м/с. Найти момент импульса тела относительно оси, проходящей через точку бросания перпендикулярно плоскости движения, спустя 5 с после броска.

- 5.19. Найти момент инерции конуса массой m , высотой h с радиусом основания R относительно его оси.
- 5.20. Диск скатывается с наклонной плоскости, составляющей угол 30° с горизонтом. Чему равно ускорение диска?
- 5.21. Сплошной цилиндр скатился с наклонной плоскости высотой $h = 15$ см. Определить скорость v поступательного движения цилиндра в конце наклонной плоскости.
- 5.22. По наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, скатывается без скольжения цилиндр, масса которого равна 300 г. Найти величину силы трения цилиндра о плоскость.
- 5.23. Однородный тонкий стержень длиной L висит на горизонтальной оси, проходящей через один из его концов. Какую минимальную начальную угловую скорость ω надо сообщить стержню, чтобы он совершил полный оборот вокруг своей оси?
- 5.24. Найти кинетическую энергию вращения Земли, если радиус ее 6400 км и средняя плотность $5,5$ г/см³.
- 5.25. Плот с массой m_0 и длиной L неподвижен на стоячей воде. С противоположных концов плота одновременно начинают двигаться навстречу друг другу два человека с массами m_1 и m_2 . Найти смещение плота в момент, когда человек с массой m_1 пройдет весь плот, а человек с массой m_2 будет на середине плота.
- 5.26. Спутник обращается вокруг Земли по круговой орбите на высоте $h = 520$ км. Определить период обращения спутника, а также его угловую и линейную скорости. Ускорение свободного падения g у поверхности Земли и ее радиус R считать известными.
- 5.27. Определите среднюю плотность планеты, продолжительность суток на которой шесть часов. На экваторе этой планеты пружинные весы показывают на 10 % меньший вес, чем на полюсе. Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ м³.
- 5.28. Спутник, движущийся по круговой орбите вблизи поверхности некоторой планеты, совершает один оборот за время T_1 . Если же круговая орбита проходит на высоте h от поверхности планеты, то период обращения спутника равен T_2 . Каково ускорение свободного падения тел вблизи поверхности планеты?
- 5.29. Две стороны проволочной рамки, имеющей форму равностороннего треугольника со стороной $L = 1$ м, сделаны из алюминиевой проволоки, а третья – из медной такого же диаметра. На каком расстоянии от середины медной проволоки в направлении перпендикуляра к ней находится центр масс системы? Плотность медной проволоки в 3 раза больше плотности алюминиевой.
- 5.30. Найти момент инерции тонкой прямоугольной пластинки относительно оси, перпендикулярной поверхности пластинки и проходящей через одну из ее вершин. Масса пластинки m , длина сторон a и b .

6. МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ

- 6.1. Сосуд с водой уравновешен на одной из чашек рычажных весов. В сосуд опускают подвешенный на нити металлический брусок массой m так, что он оказывается полностью погруженным в воду, но не касается стенок и дна сосуда. Какой груз и на какую чашку надо положить, чтобы восстановилось равновесие? Плотность металла ρ_m , воды ρ_v .
- 6.2. Деревянный кубик плавает в воде так, что в воду погружено 90 % его объема. Какая часть объема будет погружена в воду, если поверх воды налить слой масла с плотностью $\rho = 0,8$ г/см³, полностью закрывающий кубик? Плотность воды ρ_v .
- 6.3. В сообщающихся сосудах, диаметры которых относятся как 1 : 2, находится вода. В широкий сосуд наливают дополнительно столб масла высотой H_0 . На сколько поднимется уровень воды в узком сосуде? Плотность воды ρ_1 , масла $\rho_2 < \rho_1$.
- 6.4. Два тела, имеющие одинаковый объем V и плотности ρ и 2ρ , неподвижно висят в жидкости, связанные нитью. Определить натяжение нити.
- 6.5. На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей с плотностями ρ_1 и ρ_2 плавает шар так, что отношение объемов погруженных в жидкости частей шара равно $V_1/V_2 = n$. Найти плотность вещества шара.
- 6.6. Сплошное однородное тело, погруженное в жидкость с плотностью ρ_1 , весит P_1 , а в жидкость с плотностью ρ_2 – весит P_2 . Найти плотность вещества тела.
- 6.7. В жидкостях с плотностями ρ_1 и ρ_2 вес тела равен P_1 и P_2 соответственно. Найти вес тела в жидкости с плотностью ρ_3 .
- 6.8. В сосуд с вертикальными стенками и сечением S налита жидкость с плотностью ρ . Чему равно изменение уровня жидкости, если в сосуд опустить тело массой m , которое не тонет?
- 6.9. Слиток сплава двух металлов с плотностями ρ_1 и ρ_2 весит в воздухе P_1 , а в воде – P_2 . Найти вес каждого из металлов в слитке.
- 6.10. Из трубы сечением S_1 бьет вертикально вверх струя воды. Найти сечение струи на высоте h над отверстием трубы. Расход воды из трубы равен Q .
- 6.11. При переходе из моря в реку с корабля сняли груз, при этом осадка судна не изменилась. Масса корабля с оставшимся грузом составляет 4000 т, плотность морской воды равна 1030 кг/м³, речной – 1000 кг/м³. Чему равна масса снятого груза?
- 6.12. Гидравлический пресс, заполненный водой, имеет поршни сечением 1000 см² и 10 см². На большой поршень становится человек массой 80 кг. На какую высоту поднимется при этом малый поршень? Плотность воды $\rho_v = 1000$ кг/м³.
- 6.13. Лыдина площадью поперечного сечения $S = 1$ м² и высотой $H = 0,4$ м плавает в воде. Какую работу A надо совершить, чтобы полностью погрузить лыдину в воду? Плотность воды $\rho_v = 1000$ кг/м³, льда $\rho_l = 900$ кг/м³.
- 6.14. Резиновый мячик с массой m и радиусом R погружают в воду на глубину h и отпускают. Найти высоту, на которую подпрыгнет мячик в воздухе. Плотность воды равна ρ . Сопротивлением воздуха пренебречь.
- 6.15. Шарик массой $m = 60$ г лежит на дне пустого сосуда. В сосуд наливают жидкость так, что объем погруженной в жидкость части шарика в $k = 6$ раз меньше его собственного объема. Найти силу давления шарика на дно сосуда, если плотность материала шарика в $n = 3$ раза меньше плотности жидкости.
- 6.16. Насос должен подавать каждую секунду объем воды V на высоту h по трубе постоянного сечения S . Какова должна быть мощность насоса? Плотность воды ρ , начальная скорость воды равна нулю.

6.17. В широкой части горизонтально расположенной трубы нефть течет со скоростью $v_1 = 2$ м/с. Определить скорость нефти в узкой части трубы, если разность давлений в широкой и узкой ее частях равна $\Delta p = 6,55$ кПа. Плотность нефти 800 кг/м³.

6.18. Два шарика радиусами R_1 и R_2 , изготовленные из материалов с плотностями ρ_1 и ρ_2 , соединены невесомым стержнем длиной L . Затем вся система помещена в жидкость с плотностью ρ , причем $\rho < \rho_1$ и $\rho < \rho_2$. В какой точке стержня нужно его подвесить, чтобы система находилась в равновесии при горизонтальном положении стержня?

6.19. Шарик с плотностью материала ρ падает с высоты h в жидкость с плотностью ρ_1 ($\rho < \rho_1$). Найти глубину погружения и время подъема шарика на поверхность жидкости.

6.20. Аквариум имеет форму куба со стороной $a = 60$ см. До какой высоты h надо налить в него воду, чтобы сила давления на боковую стенку была в 6 раз меньше, чем на дно? Атмосферное давление не учитывайте.

6.21. Направленная горизонтально струя воды бьет в вертикальную стенку. С какой силой F струя давит на стенку, если скорость истечения воды $v = 10$ м/с и вода поступает через трубку с сечением $S = 4$ см²? Считать, что после удара вода стекает вдоль стенки.

6.22. Площадь поршня в шприце равна S_1 , а площадь отверстия на выходе равна S_2 . Ход поршня равен L . На поршень действует сила F . Найти скорость и время вытекания воды из шприца, если он расположен горизонтально, а скорость движения поршня постоянна. Плотность воды ρ .

6.23. Определить силу натяжения нити, связывающей два шарика объемом $V = 10$ см³, если верхний шарик плавает, наполовину погружившись в воду. Нижний шарик в три раза тяжелее верхнего. Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³.

6.24. В дне цилиндрического сосуда имеется круглое отверстие диаметром $d = 1$ см. Диаметр сосуда $D = 0,5$ м. Найти зависимость скорости v понижения уровня воды в сосуде от высоты h этого уровня. Найти численное значение этой скорости для высоты $h = 0,2$ м. Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³.

6.25. В сосуд льется вода, причем за одну секунду наливается $V = 0,2$ л воды. Каков должен быть диаметр d отверстия в дне сосуда, чтобы вода в нем держалась на постоянном уровне, равном $h = 8,3$ см? Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³.

6.26. Шарик всплывает с постоянной скоростью в жидкости, плотность которой в 4 раза больше плотности материала шарика. Во сколько раз сила трения, действующая на шарик, больше веса этого шарика?

6.27. Найти скорость течения по трубе углекислого газа, если известно, что за полчаса через поперечное сечение трубы протекает $0,51$ кг газа. Плотность газа принять равной $7,5$ кг/м³. Диаметр трубы равен 2 см.

6.28. Полный шар с плотностью материала ρ_1 плавает на поверхности жидкости с плотностью ρ_2 . Найти плотность вещества, которым следует заполнить полость, чтобы шар находился в состоянии безразличного равновесия внутри жидкости. Радиус шара равен R_1 , радиус полости – R_2 .

6.29. На столе стоит цилиндрический сосуд высоты H , наполненный доверху водой. Пренебрегая вязкостью воды, определить высоту h , на которой нужно сделать в сосуде небольшое отверстие, чтобы вытекающая из него струя попадала на стол на наибольшем удалении от сосуда.

6.30. Стекланный шарик весит в воздухе $P_0 = 0,5$ Н, в воде $P_1 = 0,32$ Н и в спирте $P_2 = 0,35$ Н. Определите плотность стекла ρ_0 и спирта ρ_2 .

7. РЕЛЯТИВИСТСКАЯ МЕХАНИКА

7.1. С какой скоростью движется электрон, если его кинетическая энергия $1,02$ МэВ? Определить импульс электрона.

7.2. Найти скорость частицы, кинетическая энергия которой $E_k = 500$ МэВ и импульс $p = 865$ МэВ/с, где c – скорость света.

7.3. Ядро с массой m , движущееся со скоростью $v = 0,6c$, ударяет в такое же неподвижное ядро. Образуется новое составное ядро. Чему равна скорость составного ядра? Чему равна масса покоя составного ядра?

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

7.5. Два стержня одинаковой собственной длины L_0 движутся в продольном направлении навстречу друг другу параллельно общей оси с одной и той же скоростью v относительно лабораторной системы отсчета. Чему равна длина каждого стержня в системе отсчета, связанной с другим стержнем?

7.6. За промежуток времени $\Delta t = 1,00$ с, отсчитанный по часам некоторой системы отсчета К, частица, двигаясь прямолинейно и равномерно, переместилась из начала координат системы К в точку с координатами $x = y = z = 1,5 \cdot 10^8$ м. Найти промежуток собственного времени частицы Δt_0 , за который произошло это перемещение.

7.7. Скорость тела возросла на 20 %. На сколько процентов при этом уменьшилась его длина?

7.8. Ускоритель сообщил радиоактивному ядру скорость $v = 0,4c$. В момент вылета из ускорителя ядро выбросило в направлении своего движения β -частицу (электрон) со скоростью $u = 0,75c$ относительно ускорителя. Найти скорость v_0 частицы относительно движущегося ядра.

7.9. Найти собственное время жизни частицы, если ее скорость отличается от скорости света в вакууме ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с) на 20 %, а расстояние, пролетаемое до распада в лабораторной системе отсчета, равно 300 км.

7.10. Покоящаяся частица с массой m_1 распадается на две частицы, массы которых m_2 и m_3 . Найти энергию каждой образовавшейся частицы и модули их противоположно направленных импульсов.

7.11. Плотность вещества тела в форме куба равна ρ_0 . Какова плотность вещества с точки зрения наблюдателя, двигающегося вдоль одного из ребер куба со скоростью $0,8c$?

7.12. С какой скоростью двигались в К системе отсчета часы, если за время $t = 5$ с (в К системе) они отстали от часов этой системы на $0,1c$?

7.13. Две частицы, двигавшиеся в лабораторной системе отсчета по одной прямой с одинаковой скоростью $v = 3c/4c$, попали в неподвижную мишень с интервалом времени $\Delta t = 50$ нс. Найти собственное расстояние между частицами до попадания в мишень.

7.14. Два стержня одинаковой собственной длины L_0 движутся навстречу друг другу параллельно общей горизонтальной оси. В системе отсчета, связанной с одним из стержней, промежуток времени между моментами совпадения левых и правых концов оказался равным Δt . Какова скорость одного стержня относительно другого?

7.15. Какую работу необходимо совершить, чтобы увеличить скорость частицы с массой m от $0,6c$ до $0,8c$?

7.16. Найти скорость космической частицы, если ее полная энергия в пять раз больше энергии покоя.

7.17. Какую продольную скорость нужно сообщить стержню, чтобы его длина стала равной половине длины, которую он имеет в состоянии покоя?

7.18. Суммарная площадь поверхности неподвижного тела, имеющего форму куба, равна S_0 . Найти площадь поверхности того же тела, если оно движется в направлении одного из своих ребер со скоростью $v = 0,968c$.

7.19. При скорости частицы v_0 ее импульс равен p_0 . Во сколько раз нужно увеличить скорость частицы для того, чтобы ее импульс удвоился?

7.20. В некоторый момент времени неподвижная частица с массой m_1 распалась на две частицы с противоположно направленными импульсами. Полная энергия каждой из образовавшихся частиц составляет E_2 и E_3 , соответственно. Найти массы этих частиц.

7.21. Частица с массой m начала двигаться под действием постоянной силы F . Найти скорость частицы, которую она приобретет через время t после начала движения.

7.22. Кинетическая энергия релятивистской частицы равна E_k , а импульс равен p . Найти скорость и массу частицы.

7.23. Частица, имеющая кинетическую энергию E_k , равную ее энергии покоя, испытывает неупругое столкновение с другой неподвижной частицей с такой же массой. В результате образуется составная частица с кинетической энергией E_k . Найти массу составной частицы.

7.24. При какой скорости кинетическая энергия частицы равна ее энергии покоя?

7.25. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти протон, чтобы его продольный размер стал в два раза меньше поперечного?

7.26. Две релятивистские частицы движутся в лабораторной системе отсчета со скоростями $v_1 = 0,6c$ и $v_2 = 0,9c$ вдоль одной прямой. Определить их относительную скорость в двух случаях: 1) частицы движутся в одном направлении; 2) частицы движутся в противоположных направлениях.

7.27. Длина стороны покоящегося квадрата равна a . Определить периметр квадрата, движущегося со скоростью $v = c/2$ вдоль одной из своих сторон.

7.28. При какой скорости v погрешность при вычислении импульса по ньютоновской формуле $p = mv$ не превышает 1 %?

7.29. Над частицей массой $0,911 \cdot 10^{-30}$ кг, двигавшейся первоначально со скоростью $v_1 = 0,1c$, была совершена работа $A = 8,24 \cdot 10^{-14}$ Дж. Как в результате этого изменились скорость, импульс и кинетическая энергия частицы? (Найти Δv , Δp и ΔE_k).

7.30. Какова должна быть кинетическая энергия частицы с массой m , чтобы ее собственное время стало в n раз меньше лабораторного?

8. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

8.1. Точка совершает гармонические колебания вдоль прямой линии. При движении между крайним положениями средняя скорость оказалась равной $v = 4$ м/с. Найдите максимальную скорость.

8.2. Горизонтальная подставка с лежащим на ней бруском совершает горизонтальные гармонические колебания с периодом $T = 0,5$ с. Коэффициент трения бруска о подставку $\mu = 0,1$. При какой амплитуде колебаний A брусок проскальзывает на подставке при колебаниях?

8.3. Груз массой $m = 1$ кг, подвешенный на пружине жесткостью $k = 200$ Н/м, находится на подставке. Подставку быстро убирают. Определить максимальную скорость груза.

8.4. Тело массой $m_1 = 1,4$ кг прикреплено к горизонтально расположенной пружине и покоится на гладком горизонтальном столе. Второй конец пружины закреплен. В тело попадает шарик массой $m_2 = 0,1$ кг, летящий горизонтально со скоростью 30 м/с, и застревает в нем. Определите циклическую частоту колебаний.

8.5. Шарик массой $m = 0,1$ кг, подвешенный на пружине с жесткостью $k = 40$ Н/м, лежит на подставке. Подставку быстро убирают. Какой путь пройдет шарик за $0,4\pi$ секунд после начала колебаний? Считайте, что в начальный момент пружина не деформирована.

8.6. На горизонтальной плите находится груз. Плита совершает вертикальные гармонические колебания с циклической частотой ω . Определите эту частоту, если груз начинает отрываться от плиты, когда плита за одно полное колебание проходит путь $S = 0,4$ м.

8.7. На массивную чашку пружинных весов падает с высоты 6,9 см над ней кусок пластилина с такой же массой. Найти амплитуду начавшихся колебаний, если круговая частота колебаний ненагруженных весов равна $\omega = 10$ рад/с.

8.8. Пружинный маятник расположен горизонтально и состоит из тела, лежащего на гладком столе, и прикрепленной к нему пружины, второй конец которой закреплен. Период колебаний маятника равен 0,3 с, амплитуда колебаний 10 см. На каком расстоянии от положения равновесия нужно поставить упругую стенку, чтобы период колебаний стал равен 0,2 с?

8.9. Вертикально расположенный пружинный маятник находился в покое. Внезапно верхний конец пружины подняли вверх на 5 см. Найти максимальное ускорение груза маятника, если статическое удлинение пружины под действием его веса составляет 10 см.

8.10. Груз на пружине совершает гармонические колебания, описываемые уравнением $x = 0,05\cos(\pi t/3)$ (м). Какой путь пройдет груз за 20 с от начала движения?

8.11. Найти минимальное неотрицательное значение фазы механического гармонического колебания, при которой кинетическая энергия системы равна потенциальной.

8.12. Два математических маятника с длинами нитей $L_1 = 0,72$ м и $L_2 = 0,5$ м совершают гармонические колебания. Во сколько раз отличаются амплитуды их колебаний, если энергия колебаний одинакова?

8.13. Материальная точка совершает гармонические колебания вдоль оси x с частотой 0,5 Гц и амплитудой 10 см. За какое время точка проходит путь 4,1 см, двигаясь из крайнего положения?

8.13. Тело совершает гармонические колебания относительно положения равновесия. Точка 1 расположена на расстоянии $A/3$, а точка 2 – на расстоянии $2A/3$ от этого положения. Чему равно отношение скоростей тела в этих точках (v_2/v_1)?

- 8.14. Найти уравнение траектории $y(x)$ точки, если она движется по закону $x = a \sin \omega t$, $y = a \sin 2\omega t$. Изобразить график траектории.
- 8.15. Физический маятник совершает малые колебания вокруг горизонтальной оси O с частотой $\omega_1 = 15 \text{ с}^{-1}$. Если в положении равновесия к нему прикрепить под осью O на расстоянии $L = 20 \text{ см}$ от нее небольшое тело массой $m = 50 \text{ г}$, то частота становится равной 10 с^{-1} . Найти момент инерции первоначального маятника относительно оси O .
- 8.16. Однородный стержень длиной L совершает малые колебания вокруг горизонтальной оси O , перпендикулярной стержню и проходящей через одну из его точек. Найти расстояние между центром стержня и осью O , при котором период будет наименьшим. Чему он равен?
- 8.17. Тело массой m_0 под действием пружины совершает колебания с амплитудой A_0 на гладком горизонтальном столе. В тот момент, когда тело проходит положение равновесия, на него сверху падает и прилипает к нему кусок пластилина массой m . Чему будет равна амплитуда A колебаний?
- 8.18. Тело массой $m = 100 \text{ г}$ совершает гармонические колебания. На расстояниях $x_1 = 40 \text{ см}$ и $x_2 = 0,4\sqrt{2} \text{ м}$ от положения равновесия скорости тела равны $v_1 = 3\sqrt{3} \text{ м/с}$ и $v_2 = 3\sqrt{2} \text{ м/с}$ соответственно. Найти полную энергию тела.
- 8.19. Обруч радиусом $R = 1 \text{ м}$ может совершать малые колебания относительно горизонтальной оси, проходящей через одну из точек обруча, перпендикулярно его плоскости. Во сколько раз изменится период колебаний обруча, если в диаметрально противоположную точку поместить груз такой же массы?
- 8.20. Материальная точка совершает гармонические колебания так, что в начальный момент времени смещение $x_0 = 4 \text{ см}$, а скорость $v_0 = 10 \text{ см}$. Определить амплитуду A и начальную фазу φ_0 колебаний, если их период $T = 2 \text{ с}$.
- 8.21. Точка совершает гармонические колебания, уравнение которых $x = A \sin(\omega t)$, где $A = 5 \text{ см}$, $\omega = 2 \text{ с}^{-1}$. В момент времени, когда точка обладала потенциальной энергией $E_{\text{п}} = 0,1 \text{ мДж}$, на нее действовала возвращающая сила $F = 5 \text{ мН}$. Найти минимальное значение этого момента времени.
- 8.22. Начальная фаза гармонического колебания равна нулю. Через какую долю периода скорость точки будет равна половине ее максимальной скорости?
- 8.23. Чему равно отношение кинетической энергии точки, совершающей гармоническое колебание, к ее потенциальной энергии для моментов времени: 1) $t = T/12$; 2) $t = T/8$, $t = T/6$? Начальная фаза колебаний равна нулю.
- 8.24. К пружине подвешена чашка весов с гириями. При этом период вертикальных колебаний равен $0,5 \text{ с}$. После того, как на чашку весов положили еще добавочные гири, период колебаний стал равен $0,6 \text{ с}$. На сколько удлинилась пружина от прибавления этого добавочного груза?
- 8.25. Диаметр Юпитера равен $142\,800 \text{ км}$, а его плотность $\rho = 1330 \text{ кг/м}^3$. Чему равен период колебаний математического маятника длиной $L = 1 \text{ м}$ у поверхности Юпитера?
- 8.26. Длина нити одного из математических маятников на $\Delta L = 15 \text{ см}$ больше длины другого. За одно и то же время один из маятников делает $N_1 = 7$ колебаний, а другой $N_2 = 8$ колебаний. Чему равны периоды колебаний маятников?
- 8.27. Тело совершает гармонические колебания, которые описываются уравнением $x = a \sin(\omega t - \pi/4)$, где $a = 4 \text{ см}$, $\omega = 4 \text{ рад/с}$. Определите амплитуду и период этих гармонических колебаний. Найдите скорость тела в момент $t_0 = \pi/8 \text{ с}$. Какова координата тела в положении равновесия?
- 8.28. Когда груз подвесили к невесомой пружине, ее длина в положении равновесия стала равной $L = 18 \text{ см}$. Найдите длину L_0 пружины в недеформированном состоянии, если период вертикальных колебаний груза на этой пружине в $n = 3$ раза меньше периода малых колебаний математического маятника с длиной нити, равной L .
- 8.29. Груз массой $m = 250 \text{ г}$, подвешенный на пружине, совершает колебания, описываемые уравнением $x = 0,4 \cos 8 t$ (м). Определить потенциальную и кинетическую энергию груза в момент времени, когда его смещение из положения равновесия $x_1 = 0,3 \text{ м}$.
- 8.30. Два математических маятника с длинами нитей $L_1 = 0,72 \text{ м}$ и $L_2 = 0,5 \text{ м}$ совершают гармонические колебания. Во сколько раз отличаются амплитуды их колебаний, если энергия колебаний одинакова?