

Решение варианта 10-01

Задача 1

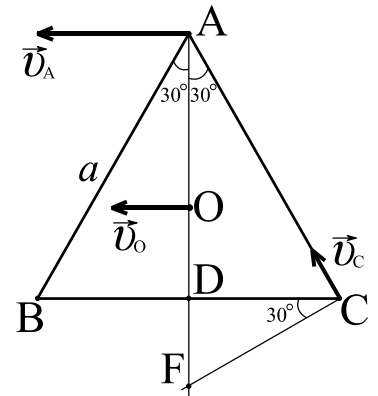
F – мгновенный центр вращения, α

$$\frac{v_C}{v_A} = \frac{FC}{FA} = \sin 30^\circ = 0,5,$$

$$1. v_C = 0,5v_A = 0,2 \text{ м/с.}$$

$$v_C = \omega \frac{a}{\sqrt{3}}, \quad \omega = \sqrt{3} \frac{v_C}{a}, \quad \omega\tau = \sqrt{3} \frac{v_C}{a} \tau = 3 \cdot 2\pi$$

$$2. \tau = \sqrt{3} \cdot 2\pi \frac{a}{v_C} \approx 10,9 \text{ с.}$$



Система центра масс пластины – ИСО, $\vec{R} = m\vec{a}$, $R = m\omega^2 BO = m \left(\sqrt{3} \frac{v_C}{a} \right)^2 \frac{a}{\sqrt{3}}$

$$3. R = \sqrt{3}m \frac{v_C^2}{a} \approx 3,46 \cdot 10^{-5} \text{ Н.}$$

Задача 2

$$1. H = \frac{1}{2g} \left(\frac{h}{\tau} + \frac{g\tau}{2} \right)^2 = 9,8 \text{ м.}$$

Вертикальные координаты осколков $y_{1,2}(t) = H \pm V_{0Y}t - 0,5gt^2$. В момент

$$\text{падения на площадку } 0 = H \pm V_{0Y}T - 0,5gT^2, \quad T^2 \mp 2 \frac{V_{0Y}}{g} T - \frac{2H}{g} = 0,$$

$$T_1 = \frac{V_{0Y}}{g} + \frac{1}{g} \sqrt{(V_{0Y})^2 + 2gH}, \quad T_2 = -\frac{V_{0Y}}{g} + \frac{1}{g} \sqrt{(V_{0Y})^2 + 2gH}, \quad T_1 + T_2 = \frac{2}{g} \sqrt{(V_{0Y})^2 + 2gH}.$$

Расстояние между точками падения осколков

$$L = |V_{0X}|(T_1 + T_2) = \frac{2}{g} \sqrt{(V_0^2 - V_{0Y}^2)(V_{0Y}^2 + 2gH)}.$$

Под радикалом – перевернутая парабола, максимум которой лежит посередине между корнями, в этом случае сомножители под радикалом равны, тогда наибольшее расстояние между точками падения осколков

$$2. L_{MAX} = \frac{V_0^2}{g} + 2H = 59,6 \text{ м. Здесь учтено, что по условию } V_0^2 > 2gH.$$

Задача 3

$$1. \sin \alpha = \frac{L}{2l} = 0,8.$$

В процессе движения нити остаются натянутыми, шарики будут двигаться по окружности с нулевой начальной скоростью (см. рис.). Ускорения шариков перпендикулярны нитям и одинаковы по модулю. Действительно, стержень – абсолютно твердое тело, проекции скоростей, а, следовательно, и ускорений шариков на горизонтальное направление равны. Масса стержня пренебрежимо мала, поэтому силы, с которыми стержень действует на шарики, направлены вдоль стержня и $\vec{T}_1 = -\vec{T}_2$. По второму закону Ньютона

$$m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{T}_1, \quad 3m\vec{a}_2 = 3m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{T}_2, \quad \text{далее } T_1 = T_2 = T, \quad a_1 = a_2 = a.$$

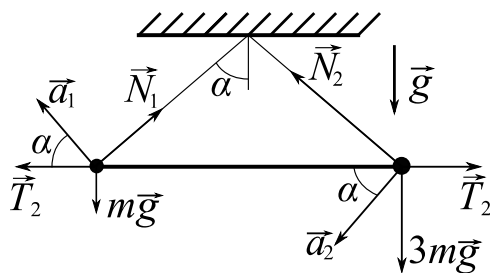
Перейдем к проекциям сил и ускорения на касательные направления:

$$ma = T \cos \alpha - mg \sin \alpha, \quad 3ma = 3mg \sin \alpha - T \cos \alpha,$$

Отсюда $4ma = 2mg \sin \alpha$,

$$2. a = \frac{1}{2} g \sin \alpha = 4 \text{ м/с}^2.$$

$$3. T = \frac{3}{2} mgtg\alpha = 2 \text{ Н.}$$



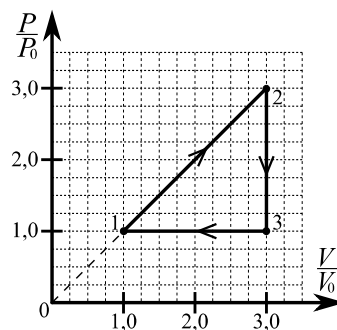
Задача 4

1. График процесса в P, V координатах представлен на рисунке к решению.

$$2. Q_1 = 16\nu RT_0 \approx 79800 \text{ Дж.}$$

Работа газа за один цикл $A_1 = 2P_0V_0 = 2\nu RT_0$. По закону сохранения энергии $0,5NA_1 = N\nu RT_0 = Mgh$, отсюда

$$3. H = \frac{N\nu RT_0}{Mg} \approx 33 \text{ м.}$$



Задача 5

По закону сохранения энергии

$$k \frac{qQ}{R} + \frac{m}{2} V_0^2 = \frac{m}{2} V^2$$

$$1. V = \sqrt{V_0^2 + 2k \frac{Qq}{Rm}}.$$

Нулевое поле в любой точке, находящейся в однородно заряженной сфере можно представлять, как суперпозицию полей двух полусфер (сферу рассекаем плоскостью большого круга, перпендикулярной диаметру, на котором лежит эта точка).

Полученные две полусферы создают равные по модулю векторы напряженности, сумма которых равна нулю во всех точках произвольного диаметра сферы.

Это означает, что напряженность E поля полусферы одинакова в любых двух, лежащих на оси симметрии точках, каждая из которых находится от центра полусферы на любом расстоянии $d < R$. Отсюда $\varphi_A - \varphi_O = \varphi_O - \varphi_C$. Далее по теореме об изменении кинетической энергии материальной точки: равным значениям убыли потенциала соответствуют равные приращения кинетической энергии. В точке С кинетическая энергия в два раза больше, чем в точке О, тогда

$$2. V_C = \sqrt{2}V_O.$$

Решение варианта 10-02

Задача 1

1. $v_B = 0,5v_A = 0,4 \text{ м/с}$.

$$v_B = \omega \frac{a}{\sqrt{3}}, \quad \omega = \sqrt{3} \frac{v_B}{a}, \quad \omega\tau = \sqrt{3} \frac{v_B}{a} \tau = 4 \cdot 2\pi.$$

2. $\tau = \frac{8\pi}{\sqrt{3}} \frac{a}{v_B} \approx 14,5 \text{ с}$. Система центра масс пластины – ИСО,

$$\vec{R} = m\vec{a}, \quad R = m\omega^2 CO = m \left(\sqrt{3} \frac{v_B}{a} \right)^2 \frac{a}{\sqrt{3}}$$

3. $R = \sqrt{3}m \frac{v_B^2}{a} \approx 4,2 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$.

Задача 2

1. $H = \frac{V^2}{2g} + h = 12 \text{ м}$.

2. $L_{\text{MAX}} = \frac{V_0^2}{g} + 2H = 49,6 \text{ м}$. Здесь учтено, что по условию $V_0^2 > 2gH$.

Задача 3

1. $\sin \alpha = \frac{L}{2l} = 0,6$.

В процессе движения нити остаются натянутыми, шарики будут двигаться по окружности с нулевой начальной скоростью (см. рис.). Ускорения шариков перпендикулярны нитям и одинаковы по модулю. Действительно, стержень – абсолютно твердое тело, проекции скоростей, а, следовательно, и ускорений шариков на горизонтальное направление равны. Масса стержня пренебрежимо мала, поэтому силы, с которыми стержень действует на шарики, направлены вдоль стержня и $\vec{T}_1 = -\vec{T}_2$. По второму закону Ньютона

$$m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{T}_1, \quad 3m\vec{a}_2 = 3m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{T}_2, \quad \text{далее } T_1 = T_2 = T, \quad a_1 = a_2 = a.$$

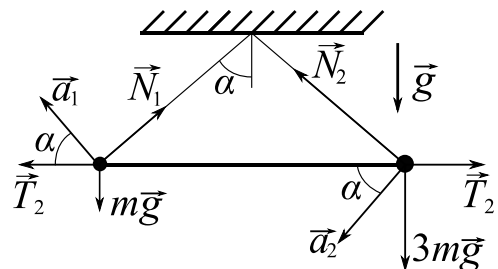
Перейдем к проекциям сил и ускорения на касательные направления:

$$ma = T \cos \alpha - mg \sin \alpha, \quad 3ma = 3mg \sin \alpha - T \cos \alpha,$$

Отсюда $4ma = 2mg \sin \alpha$,

2. $a = \frac{1}{2} g \sin \alpha = 3 \text{ м/с}^2$.

3. $T = \frac{3}{2} mgtg \alpha = 0,9 \text{ Н}$.



Задача 4

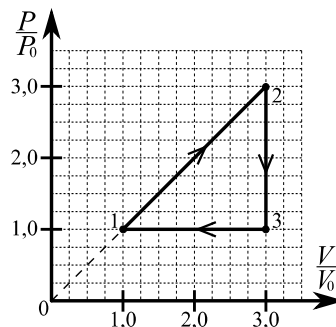
1. График процесса в P, V координатах представлен на рисунке к решению.

Работа газа за один цикл $A_1 = 2P_0V_0 = 2\nu RT_0$.

2. $A_1 = 2\nu RT_0 \approx 13460$ Дж.

По закону сохранения энергии $0,5NA_1 = N\nu RT_0 = Mgh$,
отсюда

3. $H = \frac{N\nu RT_0}{Mg} \approx 40$ м.



Задача 5

По закону сохранения энергии

$$k \frac{qQ}{R} + \frac{m}{2} V_o^2 = \frac{m}{2} V^2$$

$$1. V_o = \sqrt{V^2 - 2k \frac{Qq}{Rm}}$$

Нулевое поле в любой точке, находящейся в однородно заряженной сфере можно представлять, как суперпозицию полей двух полусфер (сферу рассекаем плоскостью большого круга, перпендикулярной диаметру, на котором лежит эта точка).

Полученные две полусферы создают равные по модулю векторы напряженности, сумма которых равна нулю во всех точках произвольного диаметра сферы.

Это означает, что напряженность E поля полусферы одинакова в любых двух, лежащих на оси симметрии точках, каждая из которых находится от центра полусферы на любом расстоянии $d < R$. Отсюда $\varphi_A - \varphi_O = \varphi_O - \varphi_C$. Далее по теореме об изменении кинетической энергии материальной точки: равным значениям убыли потенциала соответствуют равные приращения кинетической энергии. В точке С кинетическая энергия в два раза больше, чем в точке О, тогда

$$2. V_C = \sqrt{2}V_o$$

Решение варианта 10-03

Задача 1

1. $v_c = 0,5v_A = 0,3 \text{ м/с}$.

$$v_c = \omega \frac{a}{\sqrt{3}}, \quad \omega = \sqrt{3} \frac{v_c}{a}, \quad \omega\tau = \sqrt{3} \frac{v_c}{a} \tau = 8 \cdot 2\pi.$$

2. $\tau = \frac{16\pi}{\sqrt{3}} \frac{a}{v_c} \approx 29 \text{ с}$. Система центра масс пластины – ИСО,

$$\vec{R} = m\vec{a}, \quad R = m\omega^2 OB = m \left(\sqrt{3} \frac{v_c}{a} \right)^2 \frac{a}{\sqrt{3}}$$

3. $R = \sqrt{3}m \frac{v_c^2}{a} \approx 3,1 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$.

Задача 2

1. $H = \frac{1}{2g} \left(\frac{h}{\tau} + \frac{g\tau}{2} \right)^2 = 20 \text{ м}$.

2. $L_{\text{MAX}} = \frac{V_0^2}{g} + 2H = 130 \text{ м}$. Здесь учтено, что по условию $V_0^2 > 2gH$.

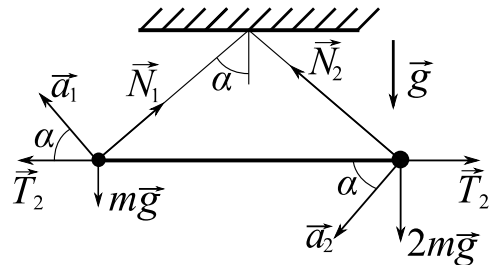
Задача 3

1. $\sin \alpha = \frac{L}{2l} = 0,6$.

По второму закону Ньютона

$$m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{T}_1, \quad 2m\vec{a}_2 = 2m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{T}_2,$$

далее $T_1 = T_2 = T$, $a_1 = a_2 = a$.



Перейдем к проекциям сил и ускорения на касательные направления:

$$ma = T \cos \alpha - mg \sin \alpha, \quad 2ma = 2mg \sin \alpha - T \cos \alpha,$$

Отсюда $3ma = mg \sin \alpha$,

2. $a = \frac{1}{3} g \sin \alpha = 2 \text{ м/с}^2$.

3. $T = \frac{4}{3} mgtg\alpha = 2 \text{ Н}$.

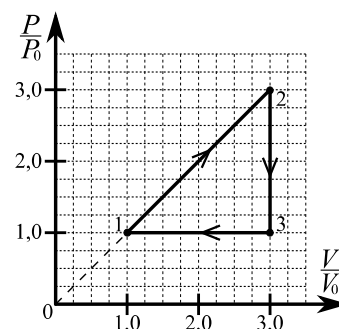
Задача 4

1. График процесса в P, V координатах представлен на рисунке к решению.

2. $Q_1 = 16\nu RT_0 = 26592 \text{ Дж}$.

Работа газа за один цикл $A_1 = 2P_0V_0 = 2\nu RT_0$. По закону сохранения энергии $0,5NA_1 = N\nu RT_0 = Mgh$, отсюда

$$3. H = \frac{N\nu RT_0}{Mg} \approx 10 \text{ м.}$$



Задача 5

По закону сохранения энергии

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{R} + \frac{m}{2} V_o^2 = \frac{m}{2} V^2$$

$$1. V = \sqrt{V_o^2 + \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{Rm}}$$

Нулевое поле в любой точке, находящейся в однородно заряженной сфере можно представлять, как суперпозицию полей двух полусфер (сферу рассекаем плоскостью большого круга, перпендикулярной диаметру, на котором лежит эта точка).

Полученные две полусферы создают равные по модулю векторы напряженности, сумма которых равна нулю во всех точках произвольного диаметра сферы.

Это означает, что напряженность E поля полусферы одинакова в любых двух, лежащих на оси симметрии точках, каждая из которых находится от центра полусферы на любом расстоянии $d < R$. Отсюда $\varphi_A - \varphi_O = \varphi_O - \varphi_C$. Далее по теореме об изменении кинетической энергии материальной точки: равным значениям убыли потенциала соответствуют равные приращения кинетической энергии. В точке С кинетическая энергия в два раза больше, чем в точке О, тогда

$$2. V_C = \sqrt{2}V_o$$

Решение варианта 10-04

Задача 1

1. $v_A = 2v_B = 0,8 \text{ м/с.}$

$$v_B = \omega \frac{a}{\sqrt{3}}, \quad \omega = \sqrt{3} \frac{v_B}{a}, \quad \omega \tau = \sqrt{3} \frac{v_B}{a} \tau = 2\pi.$$

2. $\tau = \frac{2\pi}{\sqrt{3}} \frac{a}{v_B} \approx 3,6 \text{ с.}$ Система центра масс пластины – ИСО,

$$\vec{R} = m\vec{a}, \quad R = m\omega^2 CO = m \left(\sqrt{3} \frac{v_B}{a} \right)^2 \frac{a}{\sqrt{3}}$$

3. $R = \sqrt{3} m \frac{v_B^2}{a} \approx 8,3 \cdot 10^{-5} \text{ Н.}$

Задача 2

1. $H = \frac{V^2}{2g} + h = 16 \text{ м.}$

2. $L_{\text{MAX}} = \frac{V_0^2}{g} + 2H = 72 \text{ м.}$ Здесь учтено, что по условию $V_0^2 > 2gH$.

Задача 3

1. $\sin \alpha = \frac{L}{2l} = 0,8.$

2. $a = \frac{1}{3} g \sin \alpha \approx 2,7 \text{ м/с}^2.$

3. $T = \frac{4}{3} mgtg\alpha = 1,6 \text{ Н.}$

Задача 4

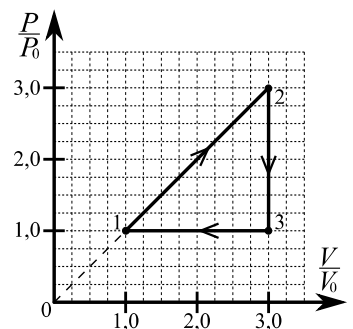
1. График процесса в P, V координатах представлен на рисунке к решению.

Работа газа за один цикл $A_1 = 2P_0V_0 = 2\nu RT_0$.

2. $A_1 = 2\nu RT_0 = 24930 \text{ Дж.}$

По закону сохранения энергии $0,5NA_1 = N\nu RT_0 = MgH$,
отсюда

3. $H = \frac{N\nu RT_0}{Mg} \approx 62 \text{ м.}$



Задача 5

По закону сохранения энергии

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{R} + \frac{m}{2} V_o^2 = \frac{m}{2} V^2$$

$$1. V_o = \sqrt{V^2 - \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{Rm}}$$

Нулевое поле в любой точке, находящейся в однородно заряженной сфере можно представлять, как суперпозицию полей двух полусфер (сферу рассекаем плоскостью большого круга, перпендикулярной диаметру, на котором лежит эта точка).

Полученные две полусферы создают равные по модулю векторы напряженности, сумма которых равна нулю во всех точках произвольного диаметра сферы.

Это означает, что напряженность E поля полусферы одинакова в любых двух, лежащих на оси симметрии точках, каждая из которых находится от центра полусферы на любом расстоянии $d < R$. Отсюда $\varphi_A - \varphi_o = \varphi_o - \varphi_C$. Далее по теореме об изменении кинетической энергии материальной точки: равным значениям убыли потенциала соответствуют равные приращения кинетической энергии. В точке С кинетическая энергия в два раза больше, чем в точке О, тогда

$$2. V_C = \sqrt{2} V_o$$

Решение варианта 10-05

Задача 1

1 В системе отсчета, связанной с первой материальной точкой, вторая движется с начальной скоростью $\vec{U}_{OTH} = \vec{V}_2 - \vec{V}_1$ и ускорением $\vec{a}_{OTH} = \vec{a}_2 - \vec{a}_1$, при этом $\vec{U}_{OTH} \uparrow \downarrow \vec{a}_{OTH}$. При равнопеременном движении длина тормозного пути

$$L = \frac{U_{OTH}^2}{2a_{OTH}} = \frac{(V_1 + V_2)^2}{2(a_1 + a_2)} = 100 \text{ м.}$$

$$2 \quad T = \frac{U_{OTH}}{a_{OTH}} = \frac{(V_1 + V_2)}{(a_1 + a_2)} = \frac{12 + 8}{1,5 + 0,5} = 10 \text{ с.}$$

Первая материальная точка остановится в момент времени $t_1 = \frac{V_1}{a_1} = \frac{12}{1,5} = 8 \text{ с}$, к

этому моменту перемещение точки $\frac{V_1 t_1}{2} = \frac{12 \cdot 8}{2} = 48 \text{ м}$, модуль перемещения

точки за следующие две секунды $a_1 \frac{(T - t_1)^2}{2} = 3 \text{ м}$. Путь – сумма длин этих двух перемещений

$$3 \quad S_1 = \frac{V_1 t_1}{2} + a_1 \frac{(T - t_1)^2}{2} = 48 + 3 = 51 \text{ м.}$$

Задача 2

$$V_{0x} = \frac{S}{\tau} = 20 \text{ м/с}, \quad V_{0y} = \frac{g\tau}{2} = 15 \text{ м/с}$$

$$1. \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{V_{0y}}{V_{0x}} = \frac{g\tau}{2S} = 0,75, \quad \sin \alpha = 0,6.$$

$$2. \quad V_0 = \sqrt{\left(\frac{S}{\tau}\right)^2 + \left(\frac{g\tau}{2}\right)^2} = 25 \text{ м/с.}$$

Обозначения: $\vec{V}(t)$ – скорость мяча в ЛСО, $\vec{U}$ – скорость в ЛСО воздушного потока, тогда $\vec{F}_{сопр} = -k\vec{V}_{OTH} = -k(\vec{V} - \vec{U})$. По второму закону Ньютона

$$m \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} = m\vec{g} - k(\vec{V} - \vec{U}), \quad \text{это уравнение перепишем в виде}$$

$$m \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} = m\vec{g} + k\vec{U} - k\vec{V} = \vec{F} - k\vec{V}, \quad \text{здесь } \vec{F} = m\vec{g} + k\vec{U} \text{ – однородное силовое поле.}$$

При движении в таком поле возвращение мяча в точку старта возможно в

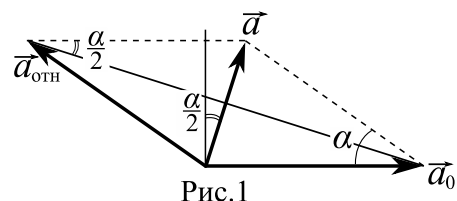
единственном случае – начальная скорость $\vec{V}_0$ и сила $\vec{F} = m\vec{g} + k\vec{U}$ – антипараллельные векторы. Тогда $F = \frac{mg}{\sin \alpha}$.

Для определения продолжительности полета перепишем уравнение динамики в виде $m \cdot \Delta \vec{V} = \vec{F} \cdot \Delta t - k \cdot \vec{V} \cdot \Delta t$. Просуммируем все такие соотношения по всему времени движения, получим $m \cdot (\sum \Delta \vec{V}) = \vec{F} \cdot (\sum \Delta t) - k \cdot (\sum \vec{V} \cdot \Delta t)$. Учтем, что за время $T = \sum \Delta t$ полета перемещение мяча нулевое, т.е. $\sum \vec{V} \cdot \Delta t = \vec{0}$, получим $m \cdot \vec{V}_1 - m \cdot \vec{V}_0 = (m\vec{g} + k\vec{U}) \cdot T$. Переход в этом соотношении к проекциям на направление, задаваемое вектором начальной скорости, приводит к соотношению $-mV_1 - mV_0 = -\frac{mg}{\sin \alpha} T$, из которого находим продолжительность полета $T = \frac{(V_1 + V_0) \sin \alpha}{g} = 1,6 \frac{V_0}{g} \sin \alpha$.

3. $T = 1,6 \frac{V_0}{g} \sin \alpha = 2,4 \text{ с.}$

Задача 3

Вследствие нерастяжимости нити $a_0 = a_{\text{отн}}$. Тогда ускорение бруска в ЛСО $\vec{a} = \vec{a}_0 + \vec{a}_{\text{отн}}$ – диагональ ромба (см. рис.1), проекция ускорения бруска на вертикаль $a_{\text{отн}} \sin \alpha$,



вертикальное перемещение $H = \frac{1}{2} (a_{\text{отн}} \sin \alpha) \tau^2$.

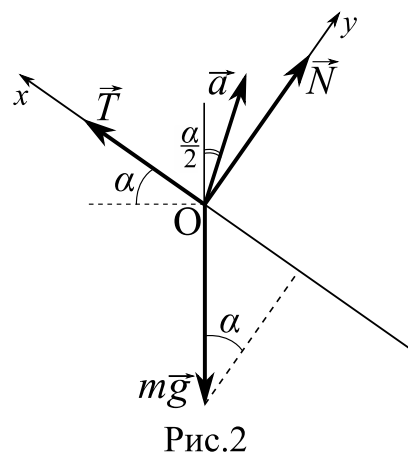
1. $\tau = \sqrt{\frac{2H}{a_{\text{отн}} \sin \alpha}} = 0,6 \text{ с.}$

2. $a = 2a_0 \sin \frac{\alpha}{2} \approx 1 \text{ м/с}^2$.

По второму закону Ньютона $m\vec{a} = \vec{T} + m\vec{g} + \vec{N}$ (см. рис.2), переходим к проекциям сил и ускорения на ось ОХ: $ma \sin \frac{\alpha}{2} = T - mg \sin \alpha$, отсюда

$$T = m \left(g \sin \alpha + 2a_0 \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right) = m (g \sin \alpha + a_0 (1 - \cos \alpha))$$

3. $T = m (g \sin \alpha + a_0 (1 - \cos \alpha)) \approx 2,1 \text{ Н.}$



Задача 4

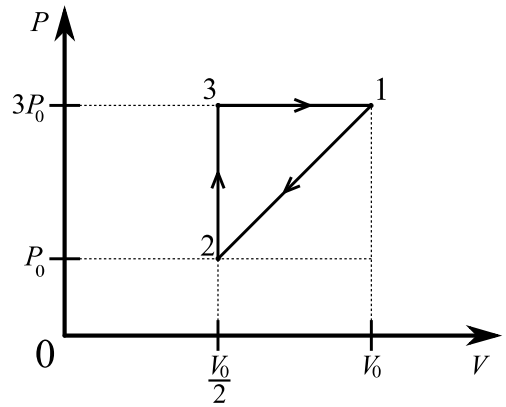
В состояниях 1 и 2 $3P_0 = a + \frac{b}{\rho_0}$, $P_0 = a + \frac{b}{2\rho_0}$

, отсюда $a = -P_0$, $b = 4P_0\rho_0$, тогда в процессе

$$1-2 \quad P = -P_0 + \frac{4P_0\rho_0}{\rho} = P_0 \left(4 \frac{V}{V_0} - 1 \right).$$
 Цикл в

P, V координатах представлен на рисунке к решению (см. рис). Работа газа за цикл

$$A = \frac{1}{2} 2P_0 \frac{1}{2} V_0 = \frac{1}{2} P_0 V_0.$$
 Максимальная



внутренняя энергия газа в процессе $U_{MAX} = \frac{3}{2} 3P_0 V_0 = \frac{9}{2} P_0 V_0$. Искомая работа

$$2. A = \frac{U_{MAX}}{9} = 554 \text{ Дж.}$$

Молярная теплоемкость газа в процессе $C = \frac{3}{2} R + P \left(\frac{\Delta V}{\Delta T} \right)$. С учетом уравнения

состояния $PV = RT$ и следствия из него $\frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T}$ формула для

теплоемкости принимает вид $C = \frac{3}{2} R + \frac{R}{1 + \frac{V}{P} \left(\frac{\Delta P}{\Delta V} \right)}$. В процессе сжатия

$$\left(\frac{\Delta P}{\Delta V} \right) = 4 \frac{P_0}{V_0}, \text{ в начале процесса сжатия } \frac{V}{P} = \frac{V_0}{3P_0}, \text{ тогда } C = \frac{3}{2} R + \frac{3R}{7} = \frac{27}{14} R.$$

$$3. |\Delta Q| = C |\Delta T| = \frac{27}{14} R |\Delta T| \approx 16 \text{ Дж.}$$

Задача 5

По условию $R_1 = r = 6 \text{ Ом}$, $R_2 = 4r$, $R_3 = 3r$, $R_4 = 2r$. Сразу после замыкания

ключа заряд конденсатора и напряжение на конденсаторе нулевые, тогда сила

$$\text{тока, текущего через батарею, } I = \frac{E}{\frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4}} = \frac{E}{\frac{3}{4} r + \frac{4}{3} r} = \frac{12}{25} \frac{E}{r}.$$

$$1. I = \frac{12}{25} \frac{E}{r} = 4 \text{ А.}$$

Напряжения на параллельно соединенных резисторах:

$$R_1 = r \text{ и } R_3 = 3r \quad U_{13} = I \frac{3}{4} r = \frac{12}{25} \frac{E}{r} \frac{3}{4} r = \frac{9}{25} E = 18 \text{ В, на } R_2 \text{ и } R_4 \quad U_{24} = \frac{16}{25} E = 32 \text{ В.}$$

2. Сразу после замыкания ключа наименьшая мощность рассеивается на резисторе $R_3 = 3r$. $P_{MIN} = \frac{U_{13}^2}{R_3} = 18$ Вт.

Сила тока, текущего на конденсатор сразу после замыкания ключа, равна разности сил токов, текущих через резисторы R_1 и R_2 ,

$$I_c = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{R_3}{R_1 + R_3} I - \frac{R_4}{R_2 + R_4} I = \frac{E}{5r}.$$

3. $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{E}{5r} \approx 1,67$ А.

Решение варианта 10-06

Задача 1

$$1 \quad L = \frac{U_{OTH}^2}{2a_{OTH}} = \frac{(V_1 + V_2)^2}{2(a_1 + a_2)} = 270 \text{ м.}$$

$$2 \quad T = \frac{U_{OTH}}{a_{OTH}} = \frac{(V_1 + V_2)}{(a_1 + a_2)} = \frac{10 + 8}{0,4 + 0,2} = 30 \text{ с.}$$

Первая материальная точка остановится в момент времени $t_1 = \frac{V_1}{a_1} = \frac{10}{0,4} = 25 \text{ с}$, к

этому моменту перемещение точки $\frac{V_1 t_1}{2} = \frac{10 \cdot 25}{2} = 125 \text{ м}$, модуль перемещения

точки за следующие пять секунд $a_1 \frac{(T - t_1)^2}{2} = 5 \text{ м}$. Путь – сумма длин этих двух перемещений.

$$3 \quad S_1 = \frac{V_1 t_1}{2} + a_1 \frac{(T - t_1)^2}{2} = 125 + 5 = 130 \text{ м.}$$

Задача 2

$$V_{0x} = \frac{S}{\tau} = 15 \text{ м/с}, \quad V_{0y} = \frac{g\tau}{2} = 20 \text{ м/с.}$$

$$1. \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{V_{0y}}{V_{0x}} = \frac{g\tau^2}{2S} = \frac{4}{3}, \quad \sin \alpha = 0,8.$$

$$2. \quad V_0 = \sqrt{\left(\frac{S}{\tau}\right)^2 + \left(\frac{g\tau}{2}\right)^2} = 25 \text{ м/с.}$$

$$T = \frac{(V_1 + V_0) \sin \alpha}{g}$$

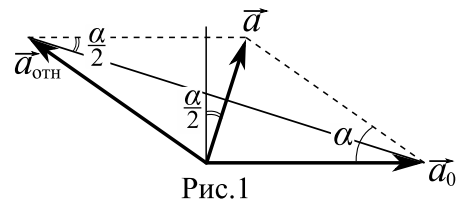
$$3. \quad V_1 = \frac{gT}{\sin \alpha} - V_0 = 15 \text{ м/с.}$$

Задача 3

Вследствие нерастяжимости нити $a_0 = a_{OTH}$.

Тогда ускорение бруска в ЛСО $\vec{a} = \vec{a}_0 + \vec{a}_{OTH}$ – диагональ ромба (см. рис.1), проекция ускорения бруска на вертикаль $a_{OTH} \sin \alpha$, вертикальное перемещение бруска

$$H = \frac{1}{2} (a_0 \sin \alpha) \tau^2,$$



$$\tau = \sqrt{\frac{2H}{a_0 \sin \alpha}} = 0,5 \text{ с.}$$

$$2. a = 2a_0 \sin \frac{\alpha}{2} \approx 1,6 \text{ м/с}^2.$$

По второму закону Ньютона $m\vec{a} = \vec{T} + m\vec{g} + \vec{N}$, (см. рис.2)

переходим к проекциям сил и ускорения на ось

$$OY \quad ma \cos \frac{\alpha}{2} = N - mg \cos \alpha, \text{ отсюда}$$

$$N = m \left(g \cos \alpha + 2a_0 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$3. N = m(g \cos \alpha + a_0 \sin \alpha) \approx 4,1 \text{ Н.}$$

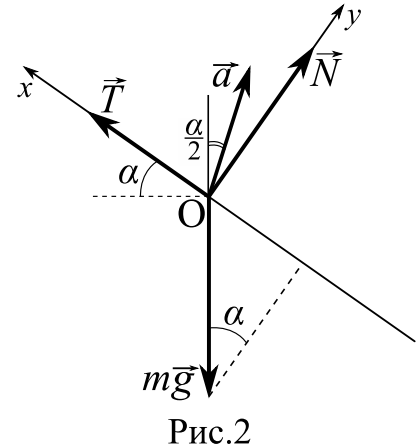


Рис.2

Задача 4

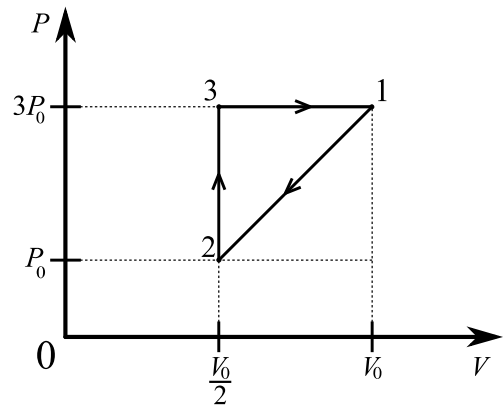
В состояниях 1 и 2: $3P_0 = a + \frac{b}{\rho_0}$, $P_0 = a + \frac{b}{2\rho_0}$

, отсюда $a = -P_0$, $b = 4P_0\rho_0$, тогда в процессе

$$1-2 \quad P = -P_0 + \frac{4P_0\rho_0}{\rho} = P_0 \left(4\frac{V}{V_0} - 1 \right). \text{ Цикл в}$$

P, V координатах представлен на рисунке к решению. Наименьшая внутренняя энергия

$$\text{газа в процессе } U_{MIN} = \frac{3}{2}P_0 \frac{V_0}{2} = \frac{3}{4}P_0V_0.$$



$$\text{Работа газа в процессе сжатия } A = -\frac{1}{2}(P_0 + 3P_0) \left(V_0 - \frac{V_0}{2} \right) = -P_0V_0$$

$$2. A = -\frac{4}{3}U_{MIN} = -2400 \text{ Дж.}$$

Молярная теплоемкость газа в процессе $C = \frac{3}{2}R + P \left(\frac{\Delta V}{\Delta T} \right)$. С учетом уравнения

состояния $PV = RT$ и следствия из него $\frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T}$ формула для

теплоемкости принимает вид $C = \frac{3}{2}R + \frac{R}{1 + \frac{V}{P} \left(\frac{\Delta P}{\Delta V} \right)}$. В процессе сжатия

$$\left(\frac{\Delta P}{\Delta V} \right) = 4 \frac{P_0}{V_0}, \text{ в конце процесса сжатия } \frac{V}{P} = \frac{V_0}{2P_0}, \text{ тогда } C = \frac{3}{2}R + \frac{1}{3}R = \frac{11}{6}R.$$

$$3. |\Delta Q| = C|\Delta T| = \frac{11}{6}R|\Delta T| \approx 15 \text{ Дж.}$$

Задача 5

По условию $R_1 = r = 2$ Ом, $R_2 = 4r$, $R_3 = 3r$, $R_4 = 2r$. Сразу после замыкания ключа заряд конденсатора и напряжение на конденсаторе нулевые, тогда сила

тока, текущего через батарею,
$$I = \frac{E}{\frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4}} = \frac{E}{\frac{3}{4}r + \frac{4}{3}r} = \frac{12}{25} \frac{E}{r}.$$

1. $I = \frac{12}{25} \frac{E}{r} = 18$ А.

Напряжения на параллельно соединенных резисторах:

$R_1 = r$ и $R_3 = 3r$ $U_{13} = I \frac{3}{4}r = \frac{12}{25} \frac{E}{r} \frac{3}{4}r = \frac{9}{25} E = 27$ В, на R_2 и R_4 $U_{24} = \frac{16}{25} E = 48$ В.

2. Сразу после замыкания ключа наибольшая мощность рассеивается на резисторе $R_4 = 2r$. $P_{MAX} = \frac{U_{24}^2}{R_4} = 576$ Вт.

Сила тока, текущего на конденсатор сразу после замыкания ключа, равна разности токов, текущих через резисторы R_1 и R_2 ,

$$I_C = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{R_3}{R_1 + R_3} I - \frac{R_4}{R_2 + R_4} I = \frac{E}{5r}.$$

3. $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{E}{5r} = 7,5$ А.