

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 7-005

(заполняется секретарём)

Вариант 10-03

1. Мальчик бьет ногой по мячу, который лежал на горизонтальной поверхности земли, на некотором расстоянии от вертикальной стены дома. Мяч полетел под углом $\alpha=30^\circ$ к горизонту и после упругого столкновения со стеной упал через время $t_0=1,5$ секунды после начала полета на то же место, где лежал вначале.

- 1) На каком расстоянии L от стены лежал мяч вначале?
- 2) Найти высоту H от поверхности земли до места удара мяча о стену. Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с^2 .

2. Шарик массой m_1 , скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, сталкивается с шариком массой m_2 , который покоился на той же поверхности. После центрального упругого удара шарик массой m_1 начал двигаться в обратном направлении со скоростью в 3 раза меньшей начальной.

- 1) Найти отношение масс $\frac{m_2}{m_1}$.
- 2) Найти отношение скорости шарика массой m_2 , после столкновения к скорости шарика массой m_1 до столкновения.

3. Навстречу шарiku, скользящему по гладкой горизонтальной поверхности, движется по той же поверхности брусок. Шарик и брусок движутся вдоль одной прямой. Скорость шарика перпендикулярна грани бруска, о которую он ударяется. Масса бруска много больше массы шарика. После упругого удара шарик движется в обратном направлении со скоростью, которая в 2 раза больше его начальной скорости.

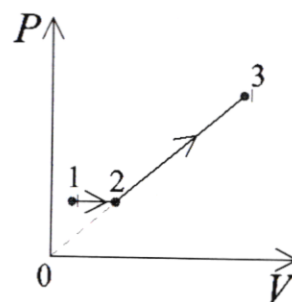
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

4. В двух теплоизолированных сосудах одинакового объема, соединенных короткой трубкой с закрытым краном, находятся $\nu_1=1/3$ моль одноатомного идеального газа при температуре $T_1=300 \text{ К}$ и $\nu_2=1/5$ моль другого одноатомного идеального газа при температуре $T_2=500 \text{ К}$. Кран открывается, газы в сосудах смешиваются.

- 1) Найти температуру в сосудах после установления теплового равновесия.
- 2) Найти отношение конечного давления в смеси газов к начальному давлению в сосуде с температурой T_2 .

5. Объем идеального газа увеличивается в $n=3$ раза в изобарическом процессе, а затем еще раз увеличивается в $n=3$ раза в процессе прямо пропорциональной зависимости давления газа P от его объема V .

- 1) Во сколько раз увеличивается конечная температура газа по сравнению с начальной?
- 2) Найти отношение работы, которую совершает газ в изобарическом процессе, к работе, которую он совершает в процессе прямо пропорциональной зависимости давления газа P от его объема V .

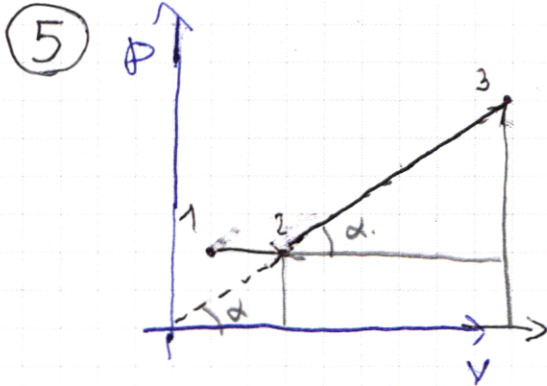




черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Так как $p \sim V$ (2 → 3)
и $\tan \alpha = \frac{p_1}{V_2} = \frac{p_3 - p_1}{V_3 - V_2}$

$$\frac{p_1}{3V_1} = \frac{p_3 - p_1}{9V_1 - 3V_1} = \frac{p_1}{3} = \frac{p_3 - p_1}{2} \Rightarrow 2p_1 = p_3 - p_1$$

$$\boxed{3p_1 = p_3}$$

$$A_1 = p_1(V_2 - V_1)$$

$$A_2 = \frac{p_1 + p_3}{2}(V_3 - V_2)$$

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{\frac{p_1 + p_3}{2}(V_3 - V_2)}{p_1(V_2 - V_1)} = \frac{\frac{3p_1 + p_1}{2}(9V_1 - 3V_1)}{p_1(3V_1 - V_1)} =$$

= 6

2) Ответ: 6

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = nR$$

$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = nR$$

$$\frac{p_3 V_3}{T_3} = nR$$

$$\boxed{\begin{aligned} p_1 &= p_2 \\ 3V_1 &= V_2 \\ 9V_1 &= V_3 \end{aligned}}$$

$$\frac{p_3 V_3}{T_3} = \frac{p_1 V_1}{T_1}$$

$$\frac{T_3}{T_1} = \frac{p_3 V_3}{p_1 V_1} = \frac{27 p_1 V_1}{p_1 V_1} = 27$$

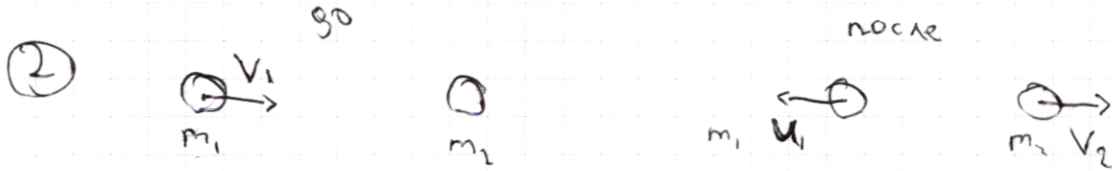
Ответ: 1) 27



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



①

$$\begin{cases} m_1 v_1 = m_2 v_2 - m_1 u_1 \\ m_1 \frac{v_1^2}{2} = \frac{m_2 v_2^2}{2} + \frac{m_1 u_1^2}{2} \end{cases}$$

из 2 ур:

$$m_1 v_1^2 - m_1 u_1^2 = m_2 v_2^2$$

из 1 урв.

$$m_1 v_1 + m_1 u_1 = m_2 v_2$$

$$m_1 (v_1 + u_1)(v_1 - u_1) = m_2 v_2^2 \quad \left[m_1 (v_1 + u_1) = m_2 v_2 \right]$$

$$\cancel{m_2 v_2} (v_1 - u_1) = \cancel{m_2 v_2}^2$$

$$\boxed{v_1 = v_2 + u_1}$$

Мы знаем что $\frac{v_1}{3} = u_1$

$$v_1 = v_2 + \frac{v_1}{3}$$

$$\boxed{v_1 \frac{2}{3} = v_2}$$

Ответ ② $\frac{v_2}{v_1} = \frac{2}{3}$

из ① ур:

$$m_1 v_1 + m_1 \frac{v_1}{3} = m_2 v_2 \frac{2}{3}$$

$$m_1 \frac{5}{3} = m_2 \frac{2}{3}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{5}{2} = 2.5$$

Ответ ① $\frac{m_2}{m_1} = \frac{5}{2} = 2.5$

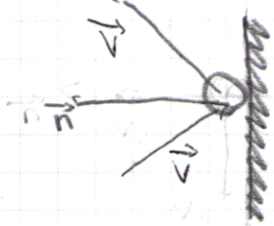


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

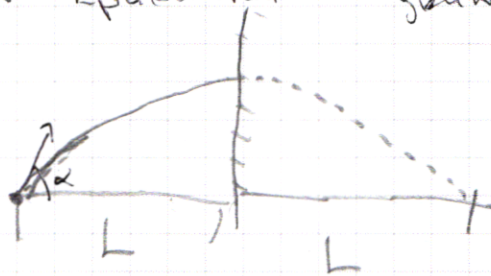
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

- ① Так как мяч не вращается вокруг своей оси и удар можно считать упругим модули скорости по Ox и Oy сохраняются и будет двигаться по той же скорости симметрично к плоскости



и мяч вернется на свое прежнее место. и это возможно тогда когда по Oy $V_y = 0$

по этому эту ситуацию можно считать как полную криволинейное движение.



$$\begin{cases} V_0 \cos \alpha t_0 = 2L & \alpha = 30^\circ \\ V_0 \sin \alpha = g \frac{t_0}{2} & t_0 = 1.5 \\ V_0 \sin \alpha - \frac{g t_0^2}{2 \cdot 2} = H & g = 10 \end{cases}$$

у нас тогда уравнение время не изв.

$$V_0 = \frac{g t_0}{2 \sin \alpha}$$

$$g \frac{g t_0}{2 \sin \alpha} \cdot \cos \alpha t_0 = 2L$$

$$L = \frac{1}{4} g t_0^2 \cot \alpha$$

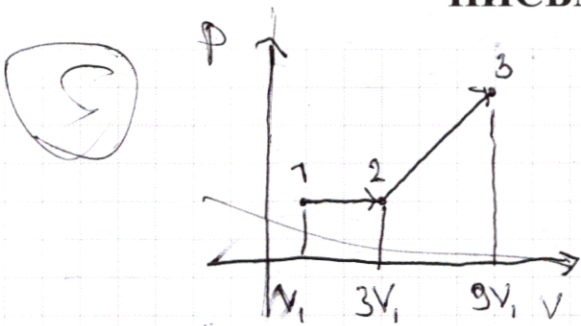
$$L = \frac{1}{4} \cdot 10 \cdot (1.5)^2 \cdot \sqrt{3} = \frac{10}{4} \cdot 2.25 \cdot \sqrt{3} = 2.5 \cdot 2.25 \cdot \sqrt{3} = 5\sqrt{3}$$

Ответ ①: $5\sqrt{3} = L$

$$H = v_0 \sin \alpha \frac{t}{2} - \frac{g t_0^2}{8}$$

$$h = \frac{g t_0}{2 \sin \alpha} \cdot \sin \alpha \frac{t}{2} - \frac{g t_0^2}{2} = \frac{g t_0^2}{4} = \frac{10 \cdot 2 \cdot 25}{4} = 5$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$P_1 \sim V_1^{-1}$$

$$P_2 \sim V_2^{-1}$$

$$P \sim V$$

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = 3$$

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{P_2 V_2}{P_3 V_3}$$

$$\frac{P_1}{V_2} = \frac{P_2 - P_1}{V_3 - V_2}$$

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2 - P_1}{V_3 - V_2}$$

$$P_1 = \frac{P_2 - P_1}{2}$$

$$2P_1 = P_2 - P_1$$

$$3P_1 = P_2$$

$$\frac{P_1 (V_2 - V_1)}{\frac{P_1 + P_3}{2} (V_3 - V_2)}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{P_2}{P_3} \cdot 3$$

$$\frac{P_1}{P_3} = \frac{P_2}{P_3} = \frac{P_1}{P_3}$$

$$\frac{3P_1 + P_1}{2} (9V_1 - 3V_1)$$

$$9 \cdot P_1 \cdot 3 = 9P_2 = P_3$$

$$\frac{4P_1}{2} (6V_1)$$

$$12V_1 P_1$$

$$P_1 (2V_1)$$

$$2P_1 V_1$$

$$\frac{P_3}{P_1} = 27$$

$$\frac{3P_2 V_2}{P_3} = \frac{P_1 V_1}{P_1}$$

$$27 = \frac{P_3}{P_1}$$

$$m_1 v_2 - m_1 v_1 = 2m_1 u_1 + m_2 u_2$$

$$m_2 v_2 - m_1 u_2 = 3m_1 v_1$$

$$m_1 v_2^2 + m_1 u_1^2 = m_1 u_1^2 + m_2 u_2^2$$

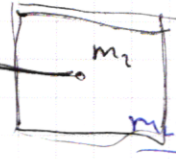
$$m_2 v_2^2 + m_1 v_1^2 = 4m_1 v_1^2 + m_2 u_2^2$$

$$m_2 v_2^2 - m_2 u_2^2 = 3m_1 v_1^2$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2$$

$$m_2 v_2 - m_1 v_1 = m_1 u_1 + m_2 u_2$$

$$\frac{m_2 v_2^2}{2} + \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}$$





$$m_1 v_1 = m_2 v_2 - m_1 \frac{v_1}{3}$$

$$m_1 v_1 + m_1 \frac{v_1}{3} = m_2 v_2$$

$$m_1 \left(v_1 \frac{5}{3} \right) = m_2 v_2$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_2 v_2^2}{2} + \frac{m_1 u_1^2}{2}$$

$$\begin{cases} m_1 v_1^2 = m_2 v_2^2 + m_1 u_1^2 \\ m_1 v_1 = m_2 v_2 - m_1 u_1 \end{cases}$$

$$m_1 v_1^2 - m_1 u_1^2 = m_2 v_2^2$$

$$m_1 (v_1^2 - u_1^2) = m_2 v_2^2$$

$$m (v_1 + u_1)(v_1 - u_1) = m_2 v_2^2$$

$$m_1 v_1 + m_1 u_1 = m_2 v_2$$

$$m_1 (v_1 + u_1) = m_2 v_2$$

~~$$m_2 v_2 (v_1 - u_1) = m_2 v_2^2$$~~

$$v_1 - u_1 = v_2$$

$$v_1 = v_2 + u_1$$

$$v_1 = v_2 + v_1 \frac{1}{3}$$

$$v_1 \frac{2}{3} = v_2$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{2}{3}$$

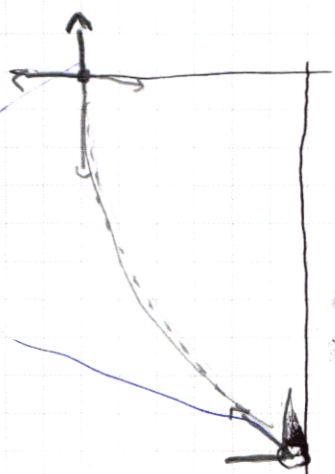
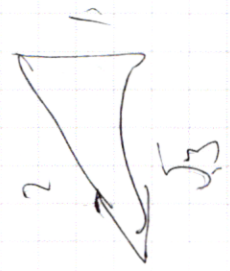


$m_1 v_1$
 ~~$m_1 v_1$~~
 $m v_2 = m_1 v_1 - 2(m_1 + m) v_1$
 $m v_2 = 2 m_1 m v_1$

$$\frac{m_1 v_1}{m_2} = \frac{v_2}{v_1} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{m_1}{m_2} \frac{5}{3} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{2}{5}$$



$$v \cos \alpha t_2 = L$$

$$t_1 + t_2 = t_0$$

$$v \sin \alpha = g t_1$$

$$v \sin \alpha \frac{g t_1}{2} = h$$

$$v \cos \alpha t_1 = L$$

$$t_0 = 2 t_1$$

$$t = \frac{t_0}{2}$$