

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 11-010

(заполняется секретарём)

## Вариант 10-04

1. Мальчик бьет ногой по мячу, который лежал на горизонтальной поверхности земли на некотором расстоянии от вертикальной стены дома. Мяч полетел под углом  $\alpha=60^\circ$  к горизонту и после упругого столкновения со стеной упал через время  $t_0=2$  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  $10 \text{ м/с}^2$ .

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 2 раза меньшей начальной.

- 1) Найти отношение масс  $\frac{m_2}{m_1}$ .
- 2) Найти отношение скорости шарика массой  $m_2$  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 4 раза больше его начальной скорости.

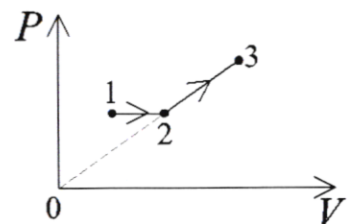
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

4. В двух теплоизолированных сосудах одинакового объема, соединенных короткой трубкой с закрытым краном, находятся  $\nu_1=1/2$  моль одноатомного идеального газа при температуре  $T_1=200 \text{ К}$  и  $\nu_2=1/3$  моль другого одноатомного газа при температуре  $T_2=300 \text{ К}$ . 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  $T_1$ .

5. Объем идеального газа увеличивается в  $n=2$  раза в изобарическом процессе, а затем еще раз увеличивается в  $n=2$  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  $V$ .





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1.



$$L = v_0 \cos \alpha t_0$$

$$0 = v_0 \sin \alpha - g \frac{t_0}{2};$$

$$v_0 = \frac{gt_0}{2 \sin \alpha}$$

$$L = \frac{gt_0}{2 \sin \alpha} \cos \alpha t_0 = \frac{gt_0^2 \cot \alpha}{2} = \frac{20}{\sqrt{3}} \text{ м}$$

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{g^2 t_0^2 \sin^2 \alpha}{2 \cdot 4 \sin^2 \alpha g} = \frac{gt_0^2}{8} = 5 \text{ м}$$

Ответ;  $L = \frac{20}{\sqrt{3}} \text{ м}$ ;  $H = 5 \text{ м}$

N2

$$\begin{cases} m_1 v = m_2 u - m_1 \frac{v}{2} \\ \frac{m_1 v^2}{2} = \frac{m_2 u^2}{2} + \frac{m_1 v^2}{8} \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{3}{2} m_1 v = m_2 u \\ \frac{3}{4} m_1 v^2 = m_2 u^2 \end{cases}$$

~~$$\begin{cases} m_1 v^2 = 4 m_2 u^2 \\ 3 m_1 v^2 = 4 m_2 u^2 \end{cases} \quad \begin{cases} 9 m_1^2 v^2 = 4 m_2^2 u^2 \\ 3 m_1 v^2 = 4 m_2 u^2 \end{cases}$$~~

~~$$\frac{m_1}{3} = m_2; \quad \frac{m_1}{m_2} = 3;$$~~

$$3 m_1 = m_2$$

$$\frac{m_2}{m_1} = 3;$$

$$u_0 = 0; \quad \frac{u_0}{v} = 0.$$

Ответ;  $\frac{m_2}{m_1} = 3;$   $\frac{u_0}{v} = 0.$



№3

Обозначим скорости бруска и шарика до столкновения как  $u$  и  $v$  соответственно.

Перейдем в систему отсчета, в которой брусок покоится, тогда шарик будет двигаться со скоростью  $v+u$ . Т.к.

масса шарика много меньше массы бруска, то скорость шарика после удара в этой системе отсчета будет  $v+u$ , но в противоположном направлении.

Теперь перейдем в первоначальную систему отсчета, скорость шарика после удара в ней будет  $v+2u$ .

$$v+2u=4v$$

$$2u=3v; \quad \frac{v}{u}=\frac{2}{3}$$

ответ:  $\frac{2}{3}$

№4

$$\frac{3}{2}v_1R(T-T_1)=\frac{3}{2}v_2R(T_2-T)$$

$$\frac{3}{2}R(v_1+v_2)T=\frac{3}{2}R(T_1v_1+T_2v_2)$$

$$T=\frac{v_1T_1+v_2T_2}{v_1+v_2}=240\text{K}$$

$$\frac{P_1}{P_0}=\frac{T_1}{T}=\frac{200}{240}=\frac{5}{6} \approx 0,8$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{2V_1}{T_2}; \quad T_2 = 2T_1$$

$$\frac{PV}{T} = \text{const}; \quad P = \text{const}; \Rightarrow \frac{V^2}{T} = \text{const}; \text{ или } \frac{P^2}{T} = \text{const}.$$

$$\frac{4V_1^2}{T_2} = \frac{16V_1^2}{T_3}; \quad T_3 = 4T_2 = 8T_1$$

$$\frac{T_3}{T_1} = 8.$$

$$\frac{P_1^2}{T_2} = \frac{P_3^2}{T_3}; \quad P_3 = P_1 \sqrt{\frac{T_3}{T_2}} = 2P_1$$

Работа на каком-то участке графика, -  
это площадь под кривой.

$$A_1 = P_1(V_2 - V_1) = P_1 V_1$$

$$A_2 = \frac{P_1 + P_3}{2} (V_3 - V_2) = (P_1 + P_3) \frac{V_2}{2} = (P_1 + 2P_1) V_1 = 3P_1 V_1$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{3}$$

$$\text{Ответ: } \frac{T_3}{T_1} = 8; \quad \frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{3}.$$

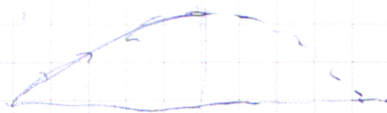


черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

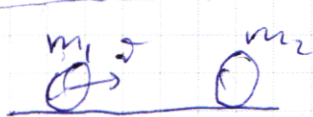


## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{10 \cdot 4}{\sqrt{3} \cdot 2} = \frac{20}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{1}{2} : \frac{\sqrt{3}}{2}$$



$$\begin{cases} m_1 v = m_2 u - m_1 \frac{v}{2} \\ m_1 v^2 = m_2 u^2 + m_1 \frac{v^2}{4} \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1 \frac{v}{2} = m_2 u \\ \frac{3}{4} m_1 v^2 = m_2 u^2 \end{cases}$$

$$m \gg m_1$$

$$A_1 = P_1 (v_2 - v_1) = P_1 v_1$$

$$v; v = 2v$$

$$A_2 = \frac{P_1 + P_3}{P_2} (v_3 - v_2) = 2v$$

$$\begin{cases} P_1 v = \nu_1 R T_1 \\ P_2 v = \nu_2 R T_2 \end{cases}$$

~~P~~

$$\frac{3}{2} \nu_1 R (T - T_1) = \frac{3}{2} \nu_2 R (T_2 - T)$$

$$\frac{100 + 100}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3}} = 200 \cdot \frac{6}{5} = 240$$

$$P_1 = \frac{\nu_1 R T_1}{V}$$

$$P_2 = \frac{\nu_2 R T_2}{V}$$

$$\frac{P_1}{P_2}$$

$$\frac{24}{30} = \frac{4}{5}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{2V_1}{T_2}$$

$$\frac{T_2}{2V_1} = \frac{T_3}{4V_1}; T_3 = 2T_2 = 2 \cdot 2T_1$$

$$\frac{P}{V} = \text{const.}$$

$$\frac{PV}{T} = \text{const.}$$

$$\frac{T}{V_2} = \text{const.}$$

$$\frac{P^2}{T} = \text{const.}$$

$$\frac{P_3^2}{T_3} = \frac{P_2^2}{T_2}$$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)