

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр

(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.

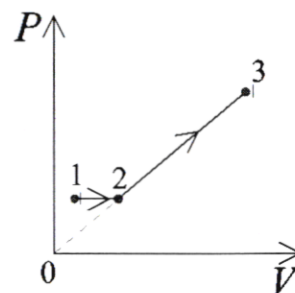
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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.

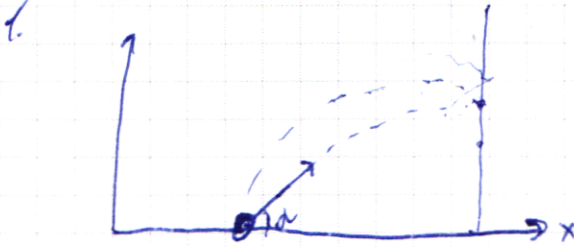
- 1) Найти температуру в сосудах после установления теплового равновесия.
- 2) Найти отношение конечного давления в смеси газов к начальному давлению в сосуде с температурой T_2 .

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 .



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_x = v_0 \cos \alpha \quad |v_{ox}| = \text{const} \quad t_0 = 1,50$$

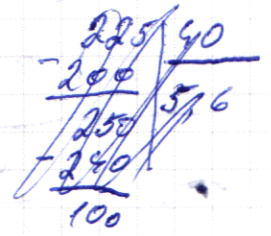
$$L = v_x \frac{t_0}{2} = v_0 \cos \alpha \cdot 0,75 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,75 \cdot v_0$$

$$H = v_0 \sin \alpha \cdot t_0$$

$$H = v_0 \sin \alpha - 9 \frac{t_0^2}{2}$$

$$H = v_0 \sin \alpha \frac{t_0}{2} - 9 \frac{t_0^2}{4}$$

$$y = v_0 \sin \alpha - 9 \frac{t_0^2}{2}$$



$$v = \frac{L}{2 \cos \alpha} = \frac{10 \cdot 2,25}{2} = 11,25$$

$$\frac{22,5}{2} = \frac{1}{2} v_0 t_0$$

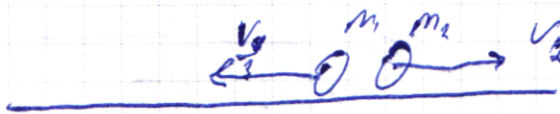
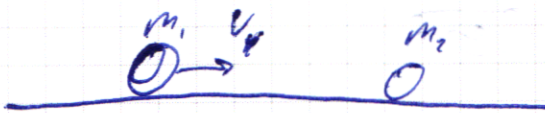
$$t_0 v_0 = 22,5$$

$$|v_{ox}| = \text{const}$$

$$L = v_{ox} \frac{t_0}{2} = 11,25 \cdot \frac{1,5}{2} = 8,4375 \text{ м}$$

$$H = v_0 \sin \alpha - \frac{9}{2} \frac{t_0^2}{4} = 11,25 - 2,8125 = 8,4375 \text{ м}$$

2.



$$\begin{cases} \frac{3m_2}{4m_1} = \frac{v_1}{v_2} \\ \frac{m_2}{m_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 \cdot \frac{8}{18} \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1 v_1 = m_2 v_2 - m_1 \frac{v_1}{3} \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_2 v_2^2}{2} + \frac{m_1 v_1^2}{18} \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1 \frac{4}{3} v_1 = m_2 v_2 \\ m_1 \frac{8}{18} v_1^2 = m_2 v_2^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -m v_1 + M v_2 = +2m v_1 + M (v_2)' \\ \frac{m v_1^2}{2} + \frac{M v_2^2}{2} = \frac{m 4v_1^2}{2} + \frac{M (v_2')^2}{2} \end{cases} \begin{cases} m(v_2 - v_2') = 3m v_1 \\ \frac{3m v_1^2}{2} = \frac{M}{2} (v_2^2 - (v_2')^2) \end{cases} ?$$

4. $v_1 = v_2 = v$
 $\nu_1 = \frac{1}{3} \text{ моль}$
 $\nu_2 = \frac{1}{5} \text{ моль}$
 $T_1 = 300 \text{ К}$
 $T_2 = 500 \text{ К}$

$T; \quad \frac{P}{P_2}$

$E_1 = E_2$

$\frac{\nu}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{\nu}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{\nu}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T$

$100 + 100 = (\frac{1}{3} + \frac{1}{5}) T$

$200 = \frac{8}{15} T$

$T = 375 \text{ К}$

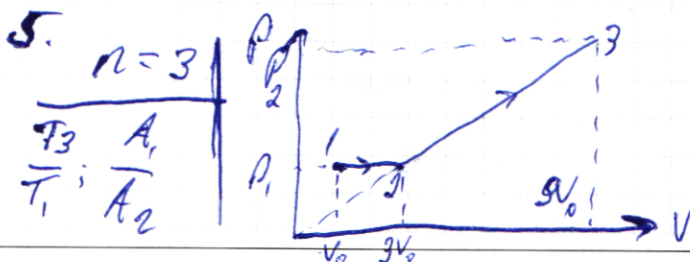
$P_2 V = \nu_2 R T_2$

$2 P V = (\nu_1 + \nu_2) R T$

$2 \frac{P}{P_2} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) T}{\nu_2 T_2}$

$2 \frac{P}{P_2} = \frac{200}{100}$

$\frac{P}{P_2} = 1$



$P_1 V_0 = \nu R T_1 \quad P_1 = 2 \nu V_0$
 $3 P_2 V_0 = \nu R T_3 \quad P_2 = 2 \nu V_0$
 $\frac{P_2}{P_1} = 3 \quad 3 P_1 = 3 P_2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3. $Mv_2 - mv_1 = M(v_2)' + 2mv_1$ $v_2' \approx v_2$
 $M(v_2 - v_2') = 3mv_1$ $M \gg m$

$$Mv_2^2 + m_1v_1^2 = M(v_2')^2 + 4mv_1^2 \quad \frac{v_1}{v_2}$$

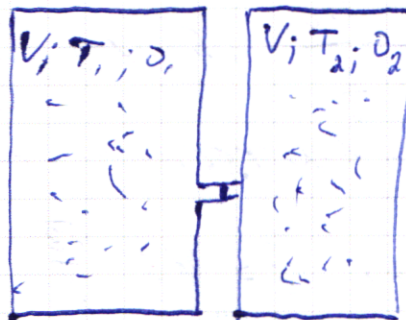
$$\begin{cases} 3mv_1^2 = M(v_2^2 - (v_2')^2) \\ 3mv_1 = M(v_2 - v_2') \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 3mv_1^2 = M(v_2 - v_2')(v_2 + v_2') \\ 3mv_1 = M(v_2 - v_2') \end{cases}$$

$$v_1 = v_2 + v_2' \quad v_2 \approx v_2' \Rightarrow$$

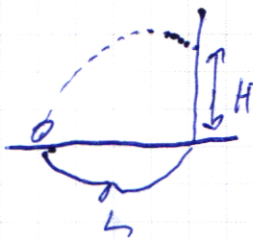
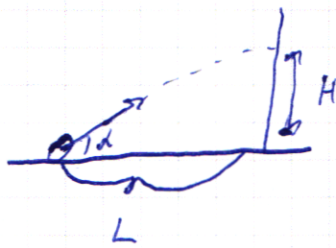
$$v_1 = 2v_2$$

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

4. $\rho_1 = \frac{1}{3} \cdot 1016$
 $T_1 = 300 \text{ K}$
 $\rho_2 = \frac{1}{5} \cdot 1016$
 $T_2 = 500 \text{ K}$
 $v_1 = v_2 \rightarrow v$



$$T_1 \quad \frac{P}{P_2}$$



$$\alpha = 30^\circ$$

$$t_0 = 1,5 \text{ c}$$

$$L ; H$$

$$V_x = V_0 \cos \alpha$$

так как удар упругий $|V_x| = \text{const} \Rightarrow$

время до столкновения и после столкновения одинакова и равна $\frac{t_0}{2} = 0,75 \text{ c}$

Во время удара вертикальная скорость остаётся постоянной \Rightarrow

$$0 = v_{y0} t_0 - \frac{g t_0^2}{2} \quad v_{y0} = V_0 \sin \alpha$$

$$0 = V_0 \sin \alpha \cdot t_0 - \frac{g t_0^2}{2}$$

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

$$V_0 = \frac{g t_0}{2 \sin \alpha} = \frac{10 \cdot 1,5}{2 \cdot \frac{1}{2}} = 15 \text{ (м/с)}$$

Из первого утверждения следует что

$$L = V_x \frac{t_0}{2} = V_0 \cos \alpha \frac{t_0}{2} = 15 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,75 = 9,5625 \text{ (м)}$$

$$\sqrt{3} \approx 1,7$$

$$H = V_0 \sin \alpha \frac{t_0}{2} - \frac{g \frac{t_0^2}{4}}{2} = 15 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,75 - \frac{10 \cdot 0,5625}{2} = 5,625 - 2,8125 = 2,8125 \text{ (м)}$$

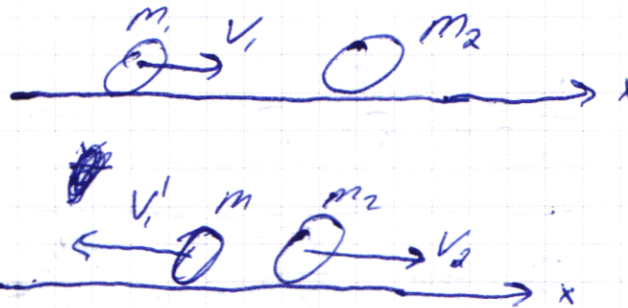
Ответ $L = 9,5625 \text{ (м)}$; $H = 2,8125 \text{ (м)}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2.

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

удар упругий



$$\vec{P}_1 = \vec{P}_2$$

$$\vec{P}_1 = m_1 \vec{v}_1$$

$$\vec{P}_2 = m_2 \vec{v}_2 + m_1 (\vec{v}_1')$$

$$m_1 \vec{v}_1 = m_2 \vec{v}_2 + m_1 (\vec{v}_1')$$

$$x) m_1 v_1 = m_2 v_2 - m_1 v_1'$$

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

$$\frac{4}{3} m_1 v_1 = m_2 v_2$$

Потенциальная энергия отсутствует в удар упругий \Rightarrow кинетическая энергия постоянна в системе

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_2 v_2^2}{2} + \frac{m_1 \left(\frac{v_1}{3}\right)^2}{2}$$

$$m_1 v_1^2 = m_2 v_2^2 + m_1 \frac{v_1^2}{9} \Rightarrow \frac{8}{9} m_1 v_1^2 = m_2 v_2^2$$

$$\begin{cases} \frac{4}{3} m_1 v_1 = m_2 v_2 \\ \frac{8}{9} m_1 v_1^2 = m_2 v_2^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{3}{4} \\ \frac{m_2}{m_1} = \frac{9}{4} \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^2 \end{cases}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{9}{4} \cdot \frac{1}{4} = \frac{m_2}{m_1}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = 2, \quad \frac{v_1}{v_2} = 2 \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{2} = 1,5 \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{2}{3}$$

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

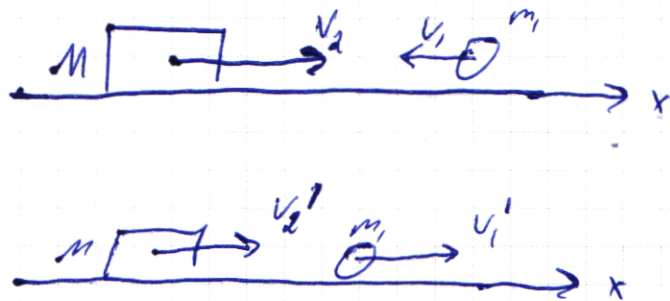
3.

$$M \gg m$$

удар упругий

$$|v_1'| = 2 |v_1|$$

$$\frac{v_1}{v_2}$$



$$M \gg m \quad v_2' \approx v_2$$

$$\vec{P}_1 = \vec{P}_2$$

$$x) M v_2 - m v_1 = M (v_2') + 2 m v_1$$

$$M (v_2 - v_2') = 3 m v_1$$

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{M v_2^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2} = \frac{M (v_2')^2}{2} + \frac{m (4 v_1^2)}{2} \Rightarrow M v_2^2 + m v_1^2 = M (v_2')^2 + 2 m v_1^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{cases} 3mv_1^2 = m(v_2^2 - (v_2')^2) \\ 3mv_1 = m(v_2 - v_2') \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 3mv_1^2 = m(v_2 - v_2')(v_2 + v_2') \\ 3mv_1 = m(v_2 - v_2') \end{cases}$$

$$v_1 = v_2 + v_2'$$

Поскольку как $v_2 \approx v_2'$ можно сказать это

$$v_2 + v_2' = 2v_2$$

$$v_1 = 2v_2$$

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

Ответ $\frac{v_1}{v_2} = 2$

4. $n_1 = \frac{1}{3} \text{ моль}$

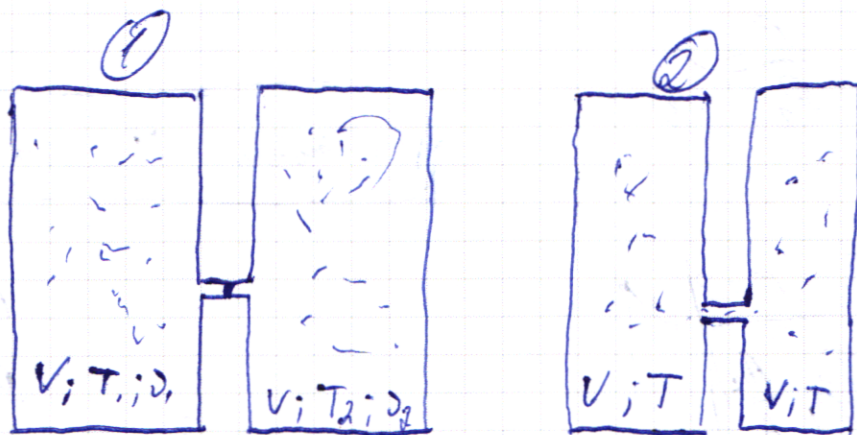
$T_1 = 300 \text{ К}$

$n_2 = \frac{1}{5} \text{ моль}$

$T_2 = 500 \text{ К}$

$V_1 = V_2 \Rightarrow V$

T_1	P_1
T_2	P_2



Внутренняя энергия газов ~~не~~ постоянна - так как система теплоизолирована \Rightarrow

$$E_1 = E_2$$

$$u_1 + u_2 = u$$

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

$$\frac{1}{3} \cdot 300 + \frac{1}{5} \cdot 500 = \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{5}\right) T$$

$$100 + 100 = \frac{8}{15} T$$

$$T = 375 \text{ (K)}$$

$$P_2 V = \nu_2 R T_2$$

$$2 P V = (\nu_1 + \nu_2) R T$$

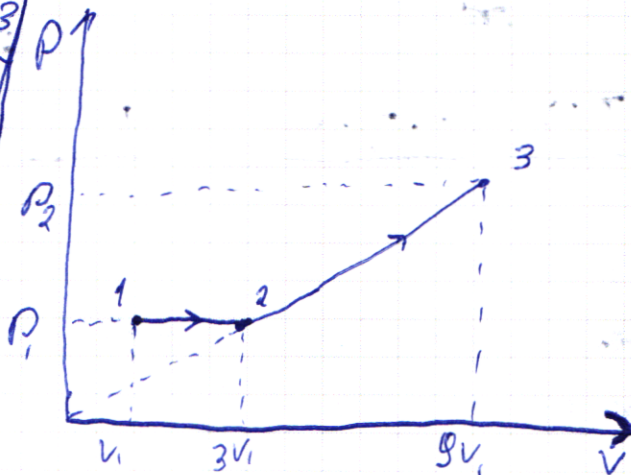
$$2 \cdot \frac{P}{P_2} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) T}{\nu_2 T_2}$$

$$2 \cdot \frac{P}{P_2} = \frac{100}{100}$$

$$\frac{P}{P_2} = 1$$

Объем $T = 375 \text{ (K)} ; \frac{P}{P_2} = 1$

5. $n=3$
 $\frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{A_{23}}{A_{21}}$



$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_3 = \nu R T_3$$

В 2-3 процессе

$$P = dV$$

$$P_1 = 23 V_1$$

$$P_2 = 29 V_1$$

$$P_1 = 2 P_2$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = \frac{T_3}{T_1}$$

$$27 = \frac{T_3}{T_1} //$$

$$A_{12} = P_1 (3V_1 - V_1) = 2P_1 V_1$$

$$A_{23} = \frac{P_2 + P_1}{2} (9V_1 - 3V_1) = \frac{2P_1}{2} 6V_1 = 12P_1 V_1$$

$$\frac{A_{23}}{A_{12}} = \frac{12P_1 V_1}{2P_1 V_1} = 6 // \quad \frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{1}{6}$$

Ответ $\frac{T_3}{T_1} = 27$; $\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{1}{6}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)