

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 2010

(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.

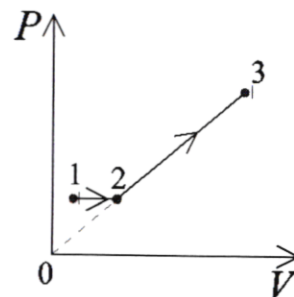
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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 .

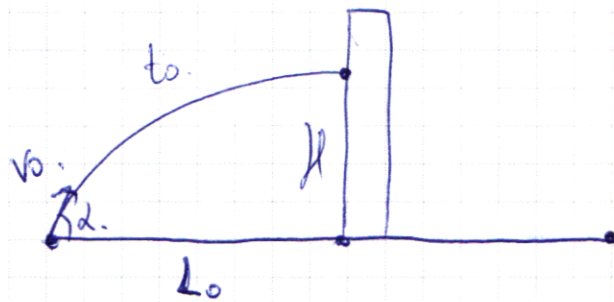
5. Объем идеального газа увеличивается в $n=3$ раза в изобарическом процессе, а затем еще раз увеличивается в $n=3$ раза в процессе прямо пропорциональной зависимости давления газа P от его объема V .

- 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

- ①. Если мячик вернется на том же месте откуда начал движение значит $t_1 = t_2 = t_0$



$$\alpha = 30^\circ$$

$$t_0 = 1,5$$

$$t_0 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$L_0 = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{2g} = \frac{30^2 \cdot \sin 60^\circ}{20} =$$

$$1,5 = \frac{v_0 \sin \alpha}{10}$$

$$= \frac{900 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{20} = \frac{45 \cdot \sqrt{3}}{2}$$

$$15 = v_0 \cdot \frac{1}{2}$$

$$v_0 = 30 \text{ м/с}$$

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{30^2 \cdot \frac{1}{4}}{20} = \frac{900 \cdot \frac{1}{4}}{20} =$$

$$= \frac{45}{4} \text{ м}$$

Ответ: 1) $\frac{45\sqrt{3}}{2}$ м.

2) $\frac{45}{4}$ м.



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P_1 V_1 = \nu_1 R_0 T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu_2 R_0 T_2$$

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{\nu_1 R T_1}{\nu_2 R T_2} \Rightarrow \textcircled{4}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = 1 \Rightarrow P_1 = P_2$$

$$Q = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{100 + 100}{\frac{8}{15}} = \textcircled{375}$$

~~$$P_2 = \frac{3}{2} \nu_1 R T_1$$~~

$$P_2 = P_1 = \frac{3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 8,31 \cdot 300}{2} = 150 \cdot 8,31$$

$$V_1 = V_2 = \frac{\nu_1 R_0 T_1}{P_1} = \frac{8,31 \cdot \frac{1}{3} \cdot 300}{150 \cdot 8,31} = \frac{100}{150} = \frac{2}{3} \text{ м}^3$$

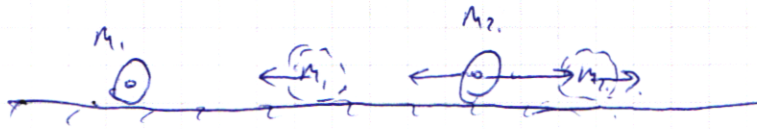
$$\frac{P}{P_1} = \frac{150 \cdot 8,31}{150 \cdot 8,31} = \textcircled{1}$$

Ответ 1) 375 К, 2) 1.

$$P \cdot 2V = \frac{8}{15} \cdot 8,31 \cdot 375$$

$$P = \frac{\frac{8}{15} \cdot 8,31 \cdot 375}{\frac{4}{3}} = \frac{2 \cdot 8,31 \cdot 375}{5} \cdot \frac{3}{4} = \frac{2 \cdot 8,31 \cdot 375}{5} = 150 \cdot 8,31$$

2) m_1



$$3m_1 v_1 = m_1 v_{01} + m_2 v_{02}$$

$$2m_1 v_1 = m_2 v_{02}$$

$$\frac{9m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_{01}^2}{2} + \frac{m_2 v_{02}^2}{2}$$

$$\frac{8m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_2 v_{02}^2}{2}$$

$$\begin{cases} 8m_1 v_1^2 = m_2 v_{02}^2 \\ 2m_1 v_1 = m_2 v_{02} \end{cases}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{v_{02}^2}{8v_1^2}$$

$$\frac{v_{02}}{v_1} = \frac{v_{02}}{8v_1}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{v_{02}}{v_1}$$

$$v_{02} = 8v_1$$

$$\begin{cases} 2m_1 v_1 = 8m_2 \\ 8m_1 v_1^2 = 64m_2 \end{cases}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{8}{2v_1}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{8}{2 \cdot 2} = 2$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{64}{8v_1^2} = \frac{8}{2v_1} \Rightarrow v_1 = 2$$

$$3v_1 = 6 \text{ м/с}$$

$$v_{02} = 8 \text{ м/с}$$

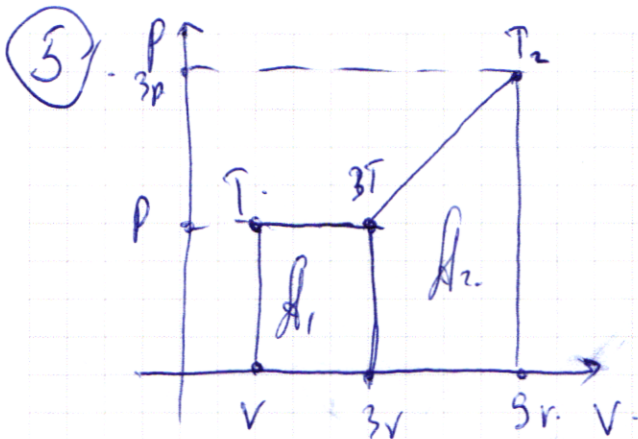
$$8v_1 = \frac{64 \cdot 2}{8}$$

$$\frac{v_{02}^2}{v_1^2} = \frac{8}{6} = \left(\frac{4}{3}\right)^2$$

$$v_1 = 2$$

Ответ 1) 2
2) $\frac{4}{3}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{12PV}{2PV} = 6$$

$$p = \text{const} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \\ V_2 = 3V_1 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{P_1 V}{T} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Ответ 1) 27
2) 6

$$\left. \begin{array}{l} \frac{T_2}{T} = \frac{P_2 V_2}{P V} \\ P_2 = 3P \\ V_2 = 9V \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{T_2}{T} = \frac{3P \cdot 9V}{P \cdot V} = 27$$

$$A_1 = (3V - V) \cdot P = 2PV$$

$$A_2 = (9V - 3V) \left(\frac{3P + P}{2} \right) = 6V \cdot 2P = 12PV$$

3.

$$\begin{cases} mV_1 + \mu V_2 = 2mV_1 \\ \frac{mV_1^2}{2} + \frac{\mu V_2^2}{2} = \frac{4mV_1^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \mu V_2 = mV_1 \\ \frac{\mu V_2^2}{2} = \frac{3mV_1^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{V_2}{V_1} = \frac{\mu}{m} \\ \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{3m}{\mu}} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{\mu}{m} = \sqrt{\frac{3m}{\mu}} \\ \frac{\mu^3}{m^2} = \frac{3m}{\mu} \\ \mu^3 = 3m^3 \\ \frac{\mu^3}{m^3} = \frac{1}{3} \\ \frac{\mu}{m} = \sqrt{\frac{1}{3}} \end{cases}$$

$$\frac{m}{\mu} = \sqrt{\frac{3m}{\mu}}$$

$$\frac{m^2}{\mu^2} = \frac{3m}{\mu} \Rightarrow \frac{m}{\mu} = 3$$

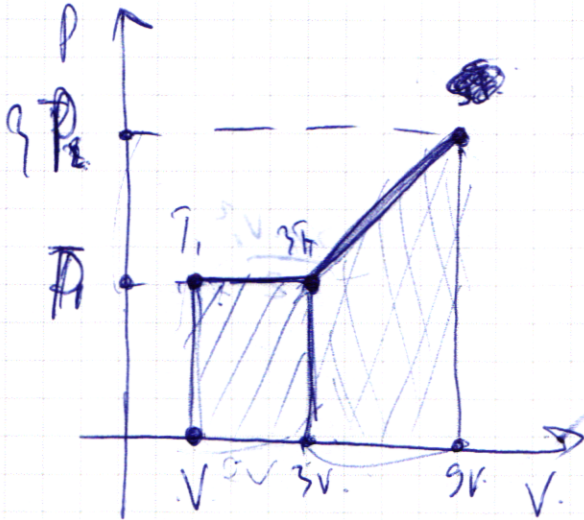
~~...~~

$$\frac{V_2}{V_1} = 3$$

$$\left(\frac{V_2}{V_1} = \frac{\mu}{m} = \sqrt{\frac{1}{3}} \right)$$

Ответ 3.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$2VP.$$

$$A_2 = \frac{27P + 9P}{2} \cdot 6V = 14 \cdot 6 \cdot P \cdot V = 84PV.$$

~~$P_1 V_1 = P_2 V_2$~~ $\frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2}$ $A_1 = 2V \cdot P = 2PV.$

$\frac{V}{I_1} = \frac{3V}{I_2}$ $\frac{A_2}{A_1} = \frac{84PV}{2PV} = 42$

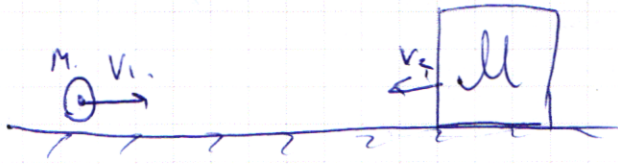
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{P_1 V_1}{I_1} = \frac{P_2 \cdot 3V}{I_2}$$

$$P_2 = 3P_1$$

~~$I_2 = \frac{P_2 \cdot 3V}{P_1 V_1}$~~

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{P_2 \cdot 3V}{P_1 V} = \frac{P_2 \cdot 3}{P_1} = \frac{3 \cdot 3 \cdot P_1}{P_1} = 27$$



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

$$m \cdot v_1$$

$$M v_2$$

$$M \gg m$$

$$\begin{cases} m v_1 + M v_2 = 2m v_1 + M v_3 \\ \frac{m v_1^2}{2} + \frac{M v_2^2}{2} = \frac{4m v_1^2}{2} + \frac{M v_3^2}{2} \end{cases} \begin{cases} M v_2 = m v_1 \\ \frac{M v_2^2}{2} = \frac{3m v_1^2}{2} \end{cases}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{M}{m}$$

~~$$\frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{3m}{M}$$~~

$$\frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{3m}{M}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{3m}{M}}$$

$$m v_1 + M v_2 = 2m v_1 + M v_3$$

$$\frac{m v_1^2}{2} + M v_2^2 = 4m v_1^2 + M v_3^2$$

$$\frac{3m}{M} = \frac{M}{m}$$

$$\frac{M}{m} = 3$$

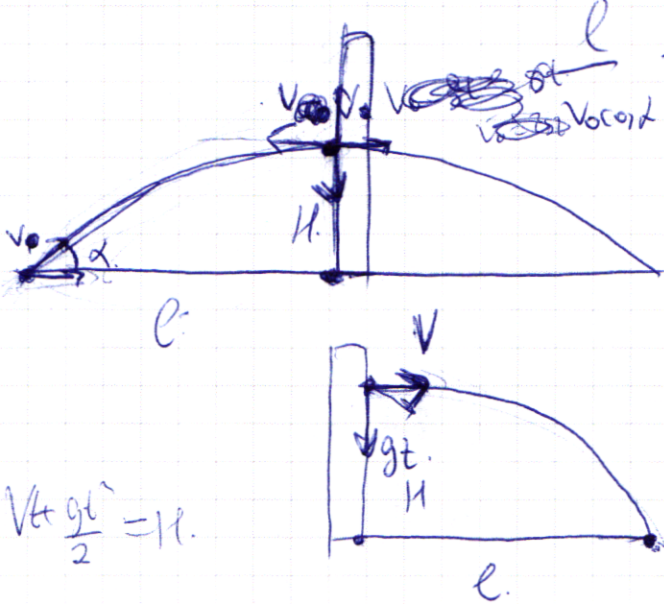
$$m v_1 + M v_2 = 2m v_1$$

$$3m v_2 = m v_1$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)



$\alpha = 30^\circ$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + m g h$$

$$v_0^2 = v^2 + 2 g h$$

$$v_0^2 = v^2 + 20 h$$

$$v_0^2 \sin^2 \alpha = H$$

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{2g} = \frac{v_0^2 \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} = L = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g} = L = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$$

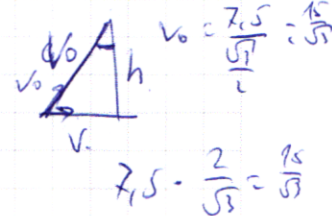
$$= \frac{\sqrt{3} v_0^2}{20}$$

$$v_1 = v_2$$

$$L = v_0^2 \sin \alpha$$

$$v^2 + 20h = v_0^2$$

$$P = n k T$$



$$P_1 = \frac{1}{3}$$

$$P_2 = \frac{1}{8}$$

$$T_1 = 300 K$$

$$T_2 = 500 K$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$\frac{m_1}{\rho_1} = \frac{m_2}{\rho_2}$$

$$\frac{m_1}{\rho_1} = \frac{1}{3}$$

$$v^2 + h^2 =$$

$$\frac{m_2}{\rho_2} = \frac{1}{8}$$

$$\sin 60 = \frac{h}{v_0}$$

$$\frac{h}{v_0} = \sin 60$$

$$v = v_0 \sin 60$$

$$P_1 V_1 = \rho_1 R T_1$$

$$\frac{800}{4} \cdot \frac{1}{3} = \frac{200}{10} \rho_2 = \rho_2$$

$$P_2 V_2 = \rho_2 R T_2$$

$$\frac{45}{8} \cdot \frac{P_1}{P_2} = \frac{\rho_1 T_1}{\rho_2 T_2} = \frac{100}{100} = 1$$

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = 1$$

$$\begin{array}{l}
 V_1 = V_2 \\
 n_1 = n_2 \\
 n_1 = \frac{1}{3} \\
 n_2 = \frac{1}{5} \\
 T_1 = 300 \\
 T_2 = 500
 \end{array}$$

$$P_1 V_1 = n_1 R T_1$$

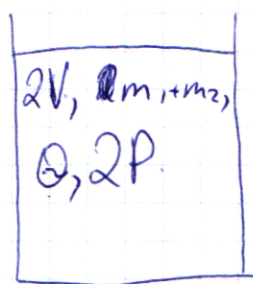
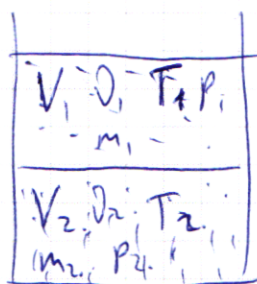
$$P_2 V_2 = n_2 R T_2$$

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{n_1 R T_1}{n_2 R T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\frac{1}{3} \cdot 300}{\frac{1}{5} \cdot 500} = \frac{100}{100} = 1$$

$$P_1 = P_2 \quad V_1 =$$

$$V_2$$



$$2P \cdot 2V = n \cdot R \cdot \theta$$

$$\theta = \frac{n_1 T_1 + n_2 T_2}{n_1 + n_2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{5} \theta = \frac{P \cdot 4V}{R \cdot 2} =$$

$$= \frac{\frac{1}{3} \cdot 300 + \frac{1}{5} \cdot 500}{\frac{8}{15}} = \frac{8}{15}$$

$$P \cdot 2V = (n_1 + n_2) \cdot R \cdot \theta$$

$$P = \frac{\frac{8}{15} \cdot 2,31 \cdot 375}{2V}$$

$$= \frac{200}{\frac{8}{15}} = 200 \cdot \frac{15}{8} = P_2 = \frac{3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 500 \cdot 8,31}{2} = 150 \cdot 8,31$$

$$= 25 \cdot 15 = P_1 = P_2$$

$$= 375 \text{ g}$$

$$15 \cdot 15 = 350 + 15$$