

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр

(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 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.

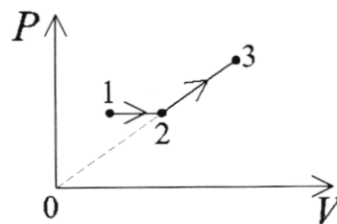
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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.

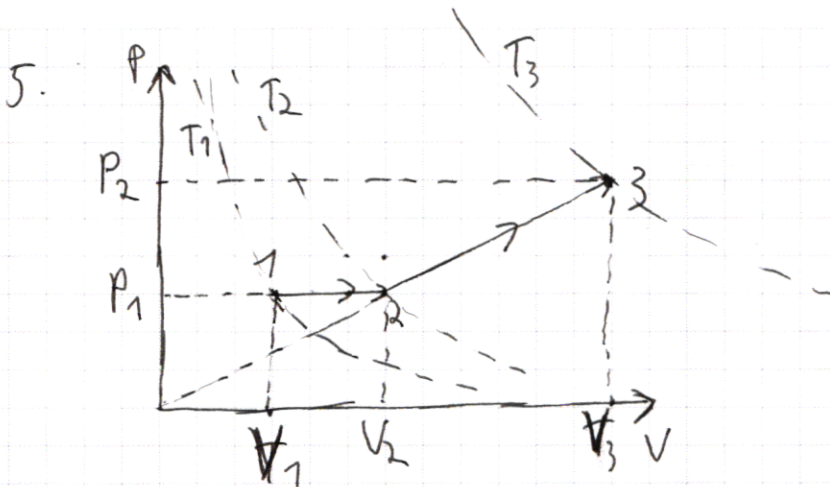
- 1) Найти температуру в сосудах после установления теплового равновесия.
- 2) Найти отношение конечного давления в смеси газов к начальному давлению в сосуде с температурой T_1 .

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



$$V_1 = V$$

$$V_2 = 2V$$

$$V_3 = 4V$$

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1 = U_1 \\ p_3 V_3 = \frac{3}{2} \nu R T_3 = U_3 \end{cases}$$

$$A_{1 \rightarrow 2} = p_1 (V_2 - V_1) = p_1 V$$

по условию задачи: $p_{23} = \alpha V$; где α коэффициент

если $p_2 = \alpha V_2$; $p_3 = \alpha V_3$

$$p_2 = 2\alpha V; \quad p_3 = 4\alpha V$$

$$U_2 = p_2 V_2 = 4 \cdot 2V^2; \quad U_3 = p_3 V_3 = 16 \cdot \alpha \cdot V^2$$

$$A_{23} = \Delta U = U_3 - U_2 = 12\alpha \cdot V^2$$

по графику: $p_1 = p_2 = 2\alpha V$ $\times A_{12} = 2\alpha V^2$; $A_{23} =$

$$\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{1}{6};$$

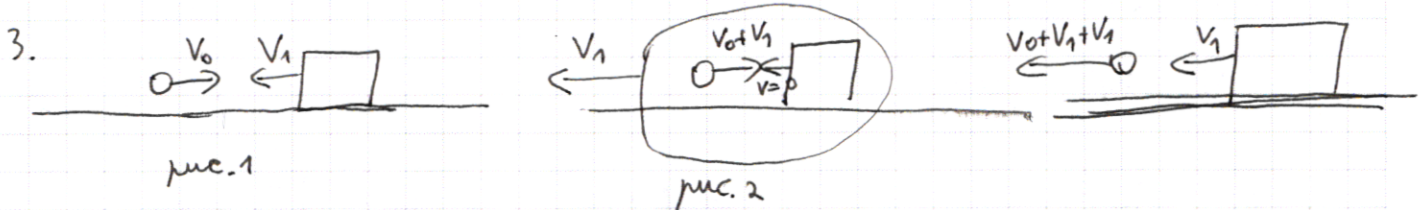
$$\begin{cases} P_1 V_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1; \\ P_3 V_3 = \frac{3}{2} \nu R T_3; \end{cases}$$

$$\text{Р } \frac{T_3}{T_1} = \frac{P_3 V_3}{P_1 V_1} = \frac{16 \cdot 2 \cdot V^2}{2 \cdot 2 \cdot V^2} = 8$$

ответ: 1) 8 раз;

$$2) \frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{1}{6}.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



В системе ~~отчета~~ отчета бруска (~~в~~ в этой системе брусков не движется) скорость шарика ~~отчета~~ равна сумме его скорости в начальной сис. отс. (от ~~бруска~~ пола)

и скорости бруска (~~в~~ ~~сис.~~ относительно пола), считая скорость бруска v_1 , $v_{ш1} = v_1 + v_0$; ударится

с бруска он отскакивает с такой же скоростью (относительно бруска), значит относительно пола его ^{полезная} скорость u будет равна $v_1 + v_1 + v_0 = v_0 + 2v_1$,

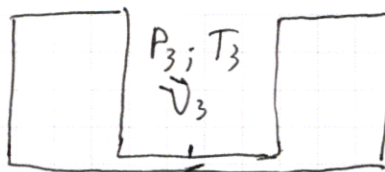
по условию задачи: ~~$v_0 + v_0 = 4v_0$~~ $v_0 + 2v_1 = 4v_0$

$$3v_0 = 2v_1$$

$$\frac{v_1}{v_0} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{v_0}{v_1} = \frac{2}{3}$$

ответ: $\frac{2}{3}$.



$$V_1 = V_2 = V$$

$$V_3 = 2V$$

$$\nu_3 = \nu_1 + \nu_2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} U_1 = \frac{3}{2} \nu_1 R T_1 \\ U_2 = \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} U_1 = \frac{3}{2} \nu_1 R T_1 \\ U_2 = \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 \end{array} \right.$$

$$U_3 = U_1 + U_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) T_3 R$$

$$\frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) T_3 R$$

$$\frac{3}{2} R (\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2) = \frac{3}{2} R T_3 (\nu_1 + \nu_2)$$

$$T_3 = \frac{T_1 \nu_1 + T_2 \nu_2}{\nu_1 + \nu_2} =$$

$$= \frac{0,5 \cdot 200 + \frac{1}{3} \cdot 300}{\frac{5}{6}} = \frac{200 \cdot 6}{5} = 240^\circ \text{K}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_1 V = \nu_1 R T_1 \\ P_3 \cdot 2V = (\nu_1 + \nu_2) R T_3 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_1 V = \nu_1 R T_1 \\ P_3 \cdot 2V = (\nu_1 + \nu_2) R T_3 \end{array} \right.$$

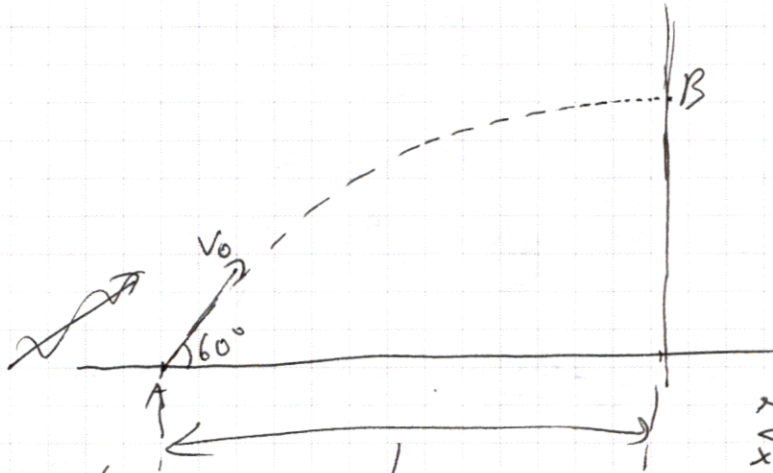
$$\frac{P_3}{P_1} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T_3}{2 \nu_1 R T_1} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) T_3}{2 \nu_1 T_1} = \frac{\frac{5}{6} \cdot 240}{2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 200} = 1$$

ответ: 1) $T_3 = 240^\circ \text{K}$;

2) $\frac{P_3}{P_1} = 1$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.



$$\Delta t = t_{AB} = t_{BA} = \frac{L}{V_x} = \frac{L}{V_0 \cos 60^\circ} = \frac{L}{V_0/2} = \frac{2L}{V_0}$$

$$V_y = V_0 \sin 60^\circ = g t_{AB}$$

$$V_0 \sin 60^\circ = 10$$

$$V_0 = 11,54 \text{ м/с}$$

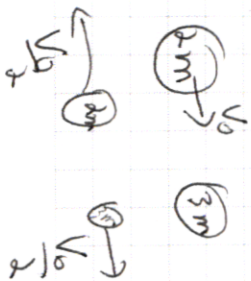
$$V_x = V_0 \cos 60^\circ = 5,77 \text{ м/с}$$

$$L = V_x \Delta t = 5,77 \cdot 2 = 11,54 \text{ м}$$

$$H = V_y \Delta t - \frac{g \Delta t^2}{2} = 10 \cdot 2 - \frac{10 \cdot 4}{2} = 0 \text{ м}$$

ответ: 1) $L = 11,54 \text{ м}$

2) $H = 0 \text{ м}$



$$\begin{cases} m_1 V_0 = m_2 V_x - \frac{m_1 V_0}{2} \\ \frac{m_1 V_0^2}{2} = \frac{m_2 V_x^2}{2} + \frac{m_1 V_0^2}{2} \\ \frac{3m_1 V_0}{2} = m_2 V_x \end{cases}$$

$$m_2 = \frac{3m_1 V_0}{2V_x}$$

$$\frac{3m_1 V_0^2}{8} = \frac{m_2 V_x^2}{2}$$

$$V_0 = 2V_x$$

$$m_1 V_0 = 2m_2 V_x \cdot \frac{V_0 m_2 + V_0 m_1}{2}$$

$$\frac{V_x}{V_0} = \frac{1}{2}$$

2. $m_1 v_0$ m_2 $v_0/2$ m_1 $m_2 v_x$ m_2 v_x $\frac{m_1 v_0}{2} = \frac{-m_1 v_0}{2} + m_2 v_x$

$m_1 v_0$ $m_1 v_0 = m_1 \frac{v_0}{2} + m_2 v_x$ $\frac{m_1 v_0}{2} = m_2 v_x$ $\frac{m_2 v_x^2}{2} = \frac{3m_1 v_0^2}{8}$

$m_1 v_0 = \frac{m_1 v_0}{2} + m_2 v_x$ $\frac{m_1 v_0}{2} = m_2 v_x$ $\frac{m_1 v_0}{2} = m_2 v_x$ $m_2 v_x^2 = \frac{3m_1 v_0^2}{4}$

$\frac{m_1 v_0}{2}$ $\frac{m_1}{m_2} = \frac{2v_x}{v_0}$ $m_1 v_0 = m_2 v_x$

~~$m_1 = m_2$~~

$\frac{m_1 v_0}{2} = -\frac{m_1 v_0}{2} + m_2 v_x$

$(m_1 + m_2) v_0$

$m_1 v_0 = \frac{m_1 v_0}{2} - m_2 v_x$

$m_1 v_0$ $m_1 v_0 = m_1 \frac{v_0}{2} + m_2 v_x$ $\frac{3m_1 v_0}{2} \vee m_1 v_0 = m_2 v_x$

$\frac{m_1 v_0^2}{2} = \frac{m_1 v_0^2}{8} + \frac{m_2 v_x^2}{2}$

~~$m_2 v_x = \frac{m_1 v_0}{2}$~~

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

$v_x = \frac{3v_0}{2}$

~~$m_2 = \frac{m_1 v_0}{2 v_x} = n$~~

$m_1 v_0 = \frac{m_1 v_0}{2} + \frac{m_1}{3} \cdot \frac{3v_0}{2}$

$m_2 = \frac{m_1 v_0}{2 v_x} = n$

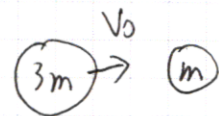
$m_2 = \frac{m_1 v_0}{3v_0} = \frac{m_1}{3}$

$\frac{3m_1 v_0^2}{8} = \frac{m_1 v_0 \cdot v_x^2}{2}$

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

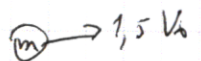
~~$\frac{3m_1 v_0}{2} = m_2 v_x$~~

$v_x = \frac{3v_0}{2}$



~~$\frac{m_1 v_0}{2} = \frac{m_1 v_0}{2}$~~

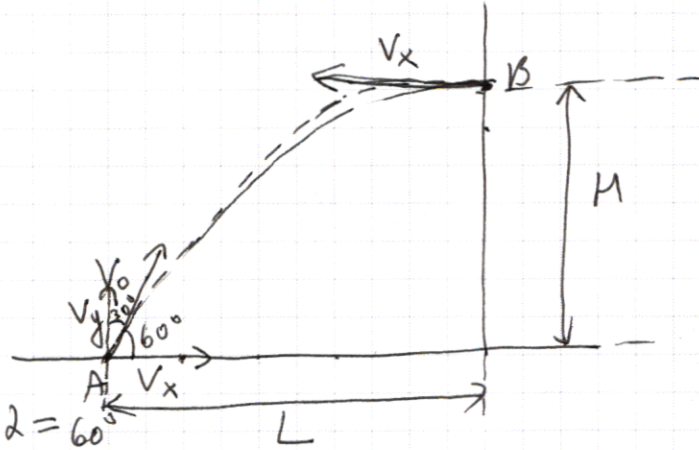
~~$\frac{v_x}{v_0} = \frac{3}{2}$~~



$v_x = 1.5 v_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.



$t_0 = 2c$; $\mu_2 \mu_3$ упасть на то же место в том

случае, ~~если~~ ^{если} направление ~~за~~ скорости в момент столкновения со стеной было перпендикулярно ~~к~~ вертикальной стене, то есть $V_{\text{столкн.}} = V_x = V_0 \cos \alpha$:

направление ~~в~~ ^в ~~за~~ ^{за} ~~которое~~ ^{которое} ~~он~~ ^{он} ~~летит~~ ^{летит} до стены

и ~~он~~ ^{он} ~~упадет~~ ^{упадет} после столкновения со стеной

~~ровно~~ ^{ровно} ~~ровно~~, $t_{A \rightarrow B} = t_{B \rightarrow A} = \frac{t_0}{2} = \Delta t$

$$V_x \text{ (горизонт.-ая сост.-я)} = V_0 \cos \alpha$$

$$V_y \text{ (верт.-я сост.-я)} = V_0 \sin \alpha$$

$$V_y - g \Delta t = 0$$

$$V_y = g \Delta t$$

$$V_0 \sin \alpha = g \Delta t$$

$$V_0 = \frac{g \Delta t}{\sin \alpha} = \frac{10 \cdot 1}{\sin 60} \approx 11,54 \text{ м/с}$$

$$V_x = V_0 \cos \alpha = 11,54 \cdot \cos 60 = 5,77 \text{ м/с}$$

$$L = V_x \Delta t = 5,77 \cdot 1 = 5,77 \text{ м}$$

$$H = V_y \Delta t - \frac{g \Delta t^2}{2} = 10 - \frac{10 \cdot 1^2}{2} = 5 \text{ м}$$

ответ: 1) $L = 5,77 \text{ м}$;

2) $H = 5 \text{ м}$;

$$2. \quad \begin{cases} m_1 V_1 = m_2 V_x - m_1 V_2 \\ \frac{m_1 V_1^2}{2} = \frac{m_2 V_x^2}{2} + \frac{m_1 V_2^2}{2} \end{cases}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{2}$$

$$\begin{cases} m_1 V_1 = m_2 V_x - \frac{m_1 V_1}{2} \\ \frac{m_1 V_1^2}{2} = \frac{m_2 V_x^2}{2} + \frac{m_1 V_1^2}{8} \end{cases}$$

$$m_1 V_1 = m_2 V_x - \frac{m_1 V_1}{2}$$

$$3 \frac{m_1 V_1}{2} = m_2 V_x$$

$$m_2 = \frac{3 m_1 V_1}{2 V_x}$$

$$\frac{m_1 V_1^2}{2} = \frac{3 m_1 V_1 \cdot V_x}{2 \cdot 2} + \frac{m_1 V_1^2}{8}$$

$$\frac{3 m_1 V_1^2}{8} = \frac{3 m_1 V_x \cdot V_x}{2}$$

$$\frac{3 V_1}{2} = 3 V_x$$

$$\frac{V_x}{V_1} = \frac{1}{2}$$

$$m_2 = \frac{3 m_1 V_1}{2 V_x} = \frac{3 m_1 V_1}{2 \cdot \left(\frac{V_1}{2}\right)} = \frac{3 m_1}{2}$$

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

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

ответ: $\frac{m_2}{m_1} = \frac{3}{2}$;

$$\frac{V_x}{V_1} = \frac{1}{2} .$$

Ergebnis

$$v_1 = \frac{2 \cdot 100}{\frac{6}{5} \cdot 200} = 21$$

$$p_1 \cdot v_1 = (v_1 + v_2) \cdot p_3 = \frac{2v_1 T_1}{(v_1 + v_2) T_3}$$

$$= 230 \text{ K}$$

$$= 0,5 \cdot 200 + \frac{1}{3} \cdot 300 = \frac{200 \cdot 6}{5} = 240$$

$$T_3 = \frac{v_1 T_1 + v_2 T_2}{v_1 + v_2}$$

$$v_3 = \frac{2}{3} (v_1 + v_2) \cdot T_3 = \frac{2}{3} \cdot 21 \cdot (21 + 21) = 294$$

$$p_3 = \frac{2v}{(v_1 + v_2) R T_3}$$

$$2p_3 v = (v_1 + v_2) R T_3$$

$$p_1 = \frac{v}{v_1 R T_1}$$

$$v_2 = \frac{2}{3} v_2 R T_2$$

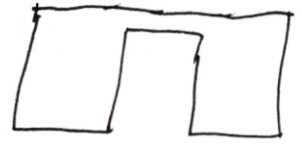
$$v_1 = \frac{2}{3} v_1 R T_1$$

$$p_2 v = v_2 R T_2$$

$$p_1 v = v_1 R T_1$$

$$p_2 = \frac{v}{v_2 R T_2}$$

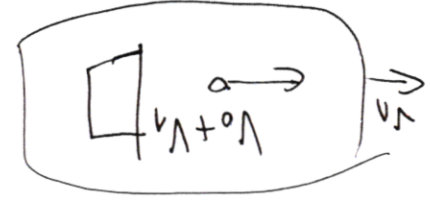
$$p_1 = \frac{v}{v_1 R T_1}$$



4.

$$v_0 = 2v_1 \Rightarrow v_0 = 2 \cdot \frac{2}{3} v_2 = \frac{4}{3} v_2$$

$$v_0 + v_1 + v_2 = 4v_0$$



3-027

3-027

Thermodynamik

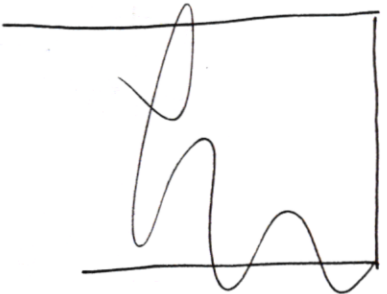
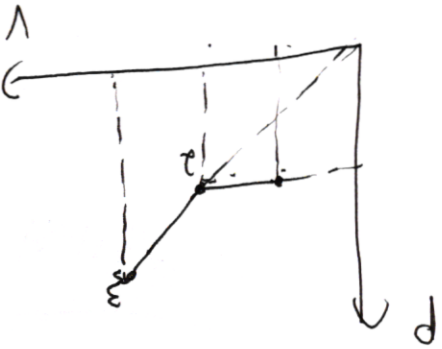
$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{3}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= aV^2 \\ A_2 &= 3aV^2 \\ \Delta V &= A \end{aligned}$$

$$V_2 = aV^2$$

$$V_3 = 9aV^2$$

~~$$V_3 = 9aV^2$$~~



$$T_3 = T_1$$

$$aV^2 = \frac{2}{3} \nu R T_1$$

$$9aV^2 = \frac{2}{3} \nu R T_3$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \Rightarrow p_2 = 2p_1$$

$$p_1 = aV$$

$$p = \frac{2}{3} \nu R T$$

$$pV = \frac{2}{3} \nu R T_1$$