

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр

7-011

(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.

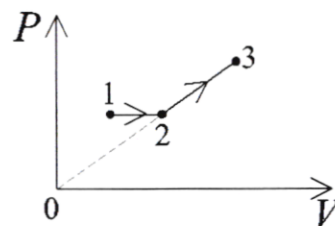
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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  $T_1$ .

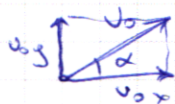
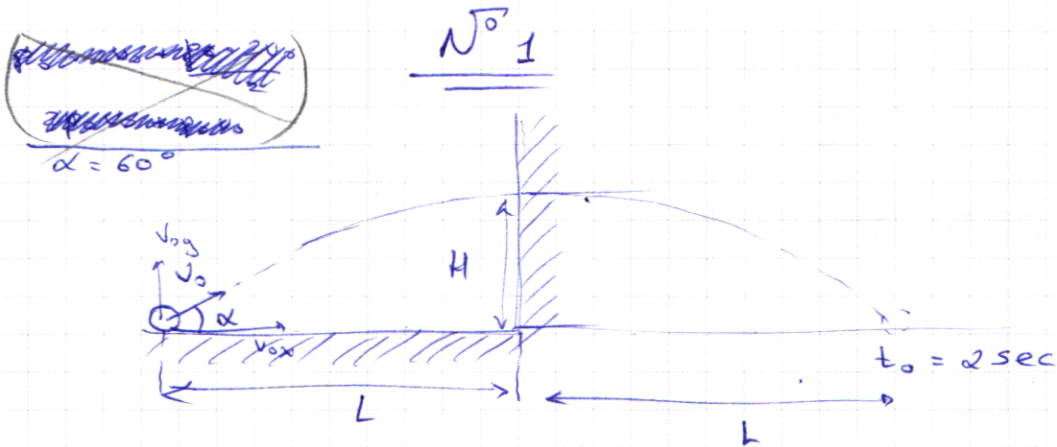
5. Объем идеального газа увеличивается в  $n=2$  раза в изобарическом процессе, а затем еще раз увеличивается в  $n=2$  раза в процессе прямо пропорциональной зависимости давления газа  $P$  от его объема  $V$ .

- 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



$$v_{0y} = gt = g \frac{t_0}{2}$$

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

$$v_0 = \frac{gt_0}{2 \sin \alpha} = \frac{20}{\sqrt{3}} \text{ m/s}$$

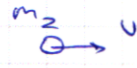
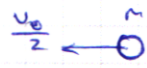
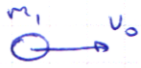
$$L = v_{0x} \cdot t = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{t_0}{2} = \frac{gt_0}{2 \sin \alpha} \cdot \cos \alpha \cdot \frac{t_0}{2}$$

$$L = \frac{gt_0^2}{4} \cot \alpha = \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ m} \rightarrow \underline{\text{ответ}}$$

$$H = \frac{v_{0y}^2}{2g} = \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g} = \left( \frac{\frac{gt_0}{2 \sin \alpha} \sin \alpha}{2g} \right)^2$$

$$H = \frac{g^2 t_0^2}{4} = \frac{gt_0^2}{8} = \underline{\underline{5 \text{ m}}} \rightarrow \underline{\text{ответ}}$$

$$\frac{v_0}{2}$$



З.С.У.:

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

$$v = \frac{3}{2} \frac{m_1}{m_2} v_0$$

$$\sum p_0 = \sum p_f$$

З.С.Э.:

$$\frac{m_1 v_0^2}{2} = \frac{m_1 \left(\frac{v_0}{2}\right)^2}{2} + \frac{m_2 v^2}{2}$$

$$m_1 v_0^2 = m_1 \frac{v_0^2}{4} + m_2 \frac{9}{4} \frac{m_1^2}{m_2^2} v_0^2$$

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

→ ответ

$$\frac{v}{v_0} = \frac{3}{2} \frac{m_1}{m_2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{3}$$

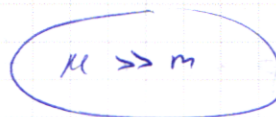
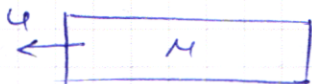
$$\frac{v}{v_0} = \frac{1}{2}$$

→ ответ



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3



Перейдем в систему  
отсчёта относительно  
бруска.



Перейдем обратно  
в систему отсчёта  
относительно  
Земли

$$v_0 + 2u = 4u_0$$

$$2u = 3v_0$$

$$\frac{v_0}{4} = \frac{2}{3}$$

→ ответ

№4

$$P_1 V = \frac{1}{2} R T_1$$

$$P_2 V = \frac{1}{3} R T_2$$

$$\left. \begin{aligned} P_1' \cdot 2V &= \frac{1}{2} R T_1 \\ P_2' \cdot 2V &= \frac{1}{3} R T_2 \end{aligned} \right\}$$

$$P_2' = \frac{P_2}{2}$$

$$P_1' = \frac{P_1}{2}$$

$$P \cdot 2V = \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right) R T_3$$

$$P \cdot 2V = \frac{5}{6} R T_3$$

$$\frac{P_1 + P_2}{2} \cdot 2V = \frac{5}{6} R T_3$$

$$\left( \frac{R T_1}{2V} + \frac{R T_2}{3V} \right) \cdot 2V = \frac{5}{6} R T_3$$

$$\left[ T_3 = \frac{3T_1 + 2T_2}{5} = \frac{3 \cdot 200 + 2 \cdot 300}{5} = 240^\circ \text{K} \right] \rightarrow \underline{\text{ответ}}$$

$$\left. \begin{aligned} P \cdot 2V &= \frac{5}{6} R T_3 \\ P_1 \cdot V &= \frac{1}{2} R T_1 \end{aligned} \right\} \frac{2P}{P_1} = \frac{5}{\frac{1}{2}} \frac{T_3}{T_1}$$

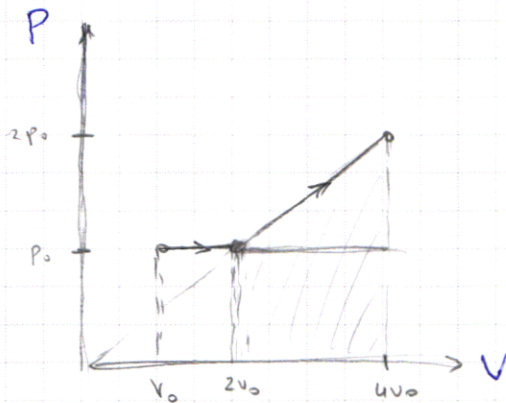
$$2 \frac{P}{P_1} = \frac{10}{6} \frac{T_3}{T_1} \Rightarrow \frac{P}{P_1} = \frac{5}{6} \frac{T_3}{T_1} = \frac{5}{6} \cdot \frac{240}{200} = \boxed{1}$$

$$\boxed{P = P_1}$$

ответ

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5



$$\left\{ \begin{array}{l} p_0 V_0 = \nu R T_0 \\ p_0 \cdot 2V_0 = \nu R T_1 \end{array} \right.$$

$$\left\{ p = \text{const} \right.$$

$$\boxed{T_1 = 2T_0}$$

$$\frac{p}{V} = \text{const} \Rightarrow \frac{p_0}{V} = \frac{2V_0}{4V_0} \Rightarrow p = 2p_0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} p_0 \cdot 2V_0 = \nu R T_1 \\ 2p_0 \cdot 4V_0 = \nu R T_2 \end{array} \right. \Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{1}{4} \quad T_2 = 4T_1 = 4 \cdot 2T_0 = 8T_0$$

$$\boxed{\frac{T_2}{T_0} = 8} \rightarrow \text{ответ } 8 \text{ раз}$$

$$A_1 = p_0 \Delta V = p_0 (2V_0 - V_0) = p_0 V_0$$

~~$$A_2 = 2p_0 \cdot 4V_0 - p_0 \cdot 2V_0 = 6p_0 V_0$$~~

~~$$\boxed{\frac{A_2}{A_1} = 6} \rightarrow \text{ответ}$$~~

$$A = p \Delta V$$

$$\int \delta A = \int_V p dV$$

№5 (Продолжение)

2)

$$A_1^* = p_0 \Delta V = p_0 (2V_0 - V_0) = p_0 V_0$$

$$A_2 = p_0 \cdot 2V_0 + \frac{(2p_0 - p_0) \cdot 2V_0}{2} = 3p_0 V_0$$

Площадь под графиком

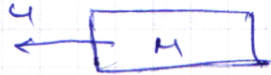
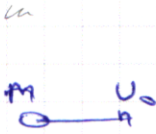
$$\boxed{\frac{A_2}{A_1} = 3}$$

→ ответ



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3



$M \gg m$



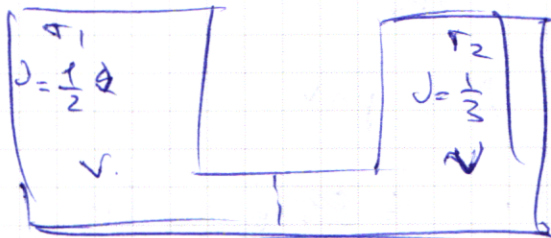
$$v_0 + 2u = 4u_0$$

$$2u = 3v_0$$

~~или  $\frac{v_0}{u} = \frac{2}{3}$~~

~~или~~  $\frac{v_0}{u} = \frac{2}{3}$

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



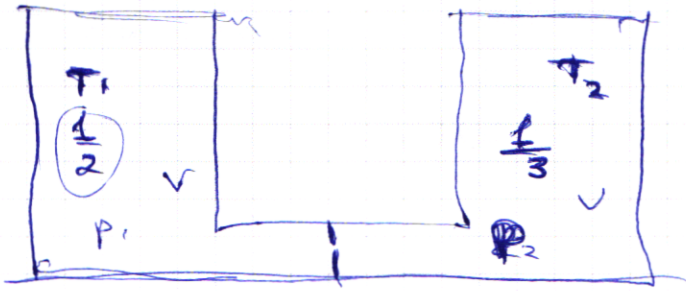
~~$P_1 V = \frac{1}{2} R T_1$~~

~~$P_2 V = \frac{1}{3} R T_2$~~

~~$P_2 2V = \frac{5}{6} R T_3$~~

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{3}{2} \frac{T_1}{T_2}$$

~~$\frac{P_2}{2P} = \frac{6V}{5/6} \frac{T_2}{T_3}$~~



$$P_1 V = \frac{1}{2} R T_1$$

$$P_2 V = \frac{1}{3} R T_2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{3}{2} \frac{T_1}{T_2}$$

~~P1 V = 1/2 R T1~~ ~~2 P1 V = R T1~~

$$P' 2V = \frac{5}{6} R T_3$$

$$\frac{P_1}{2P'} = \frac{\frac{1}{2} R T_1}{\frac{5}{6} R T_3}$$

$$\frac{P_1}{2P'} = \frac{3}{5} \frac{T_1}{T_3}$$

$$P_1 = \frac{6}{5} \frac{T_1}{T_3} P'$$

$$P_1 = \frac{6}{5} \frac{T_1}{T_3} P'$$

$$\frac{P_2}{2P'} = \frac{\frac{1}{3} R T_2}{\frac{5}{6} R T_3}$$

$$\frac{P_2}{2P'} = \frac{2}{5} \frac{T_2}{T_3}$$

$$\frac{P_2}{P'} = \frac{4}{5} \frac{T_2}{T_3}$$

$$P_2 = \frac{4}{5} \frac{T_2}{T_3} P'$$

~~3 P1 V = 1/2 R T1~~ ~~2 P1 V = R T1~~ ~~2 P2 V = 1/3 R T2~~ ~~2 P2 V = 2/3 R T2~~

$$= \frac{3}{2} \frac{T_1}{T_3}$$

~~2 P2~~

$$A_2 = p \Delta V$$

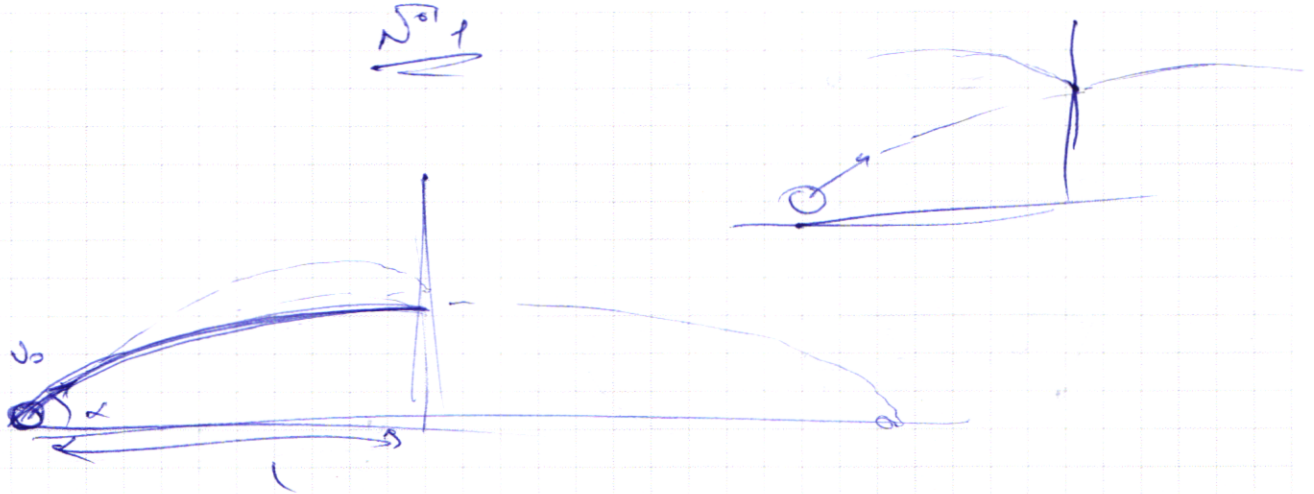
$$\int A = p dV = \int \dots$$

$$P_0 2V_0 = \nu R 4T_0$$

$$2P_0 4V_0 = \nu R 8T_0$$

$$\dots \nu R T$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$L = v_0 x \cdot t = v_0 \cdot \cos 60 \cdot t$$

$$v_0 \sin 60 = v_{0y} = gt$$

$$v_0 \sin 60 = 10 \cdot t$$

$$v_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 10 t$$

$$L = \frac{20}{\sqrt{3}} \cdot \frac{t}{2} \cdot t$$

$$L = \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ m}$$

$$v_0 = \frac{20}{\sqrt{3}} \text{ m/s}$$

$$v_0 = g \cdot t$$

$$v_{0y}^2 = 2gH$$

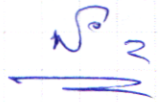
$$H = \left( \frac{20}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2$$

$$H = \frac{\left( \frac{20}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2}{2 \cdot g} = \frac{100}{20} = 5 \text{ m}$$

$$\frac{5}{\frac{10}{\sqrt{3}}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{10 \cdot 4}{8} =$$





$$m_1 u_0 = m_2 u - m_1 \frac{u_0}{2}$$

$$\frac{3}{2} m_1 u_0 = m_2 u$$

$$u = \frac{3}{2} \frac{m_1}{m_2} u_0$$

$$\frac{u}{u_0} = \frac{3}{2} \cdot \frac{m_1}{m_2}$$

$$\frac{m_1 u_0^2}{2} = \frac{m_1 \left(\frac{u_0}{2}\right)^2}{2} + \frac{m_2 u^2}{2}$$

$$\frac{u}{u_0} = \frac{1}{2}$$

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

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

$$\frac{3}{4} = \frac{9}{4} \frac{m_1}{m_2}$$

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





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

$$P_1 V = \frac{1}{2} R T_1$$

$$P_1' 2V = \frac{1}{2} R T_1$$

$$P_2 V = \frac{1}{3} R T_2$$

$$P_2' 2V = \frac{1}{3} R T_2$$

$$\frac{P_2}{2P_2'} = 1$$

$$P_2' = \frac{P_2}{2}$$

$$\frac{P_1}{2} + \frac{P_2}{3} P_1' = \frac{P_1}{2}$$

$$\frac{3T_1 + 2T_2}{5}$$

$$P \cdot 2V = \frac{5}{6} R T_3$$

$$\frac{P_1}{2P} = \frac{P}{\frac{5}{6} \frac{T_1}{T_3}}$$

$$\left( \frac{P_1 + P_2}{P} \right) \cdot 2V = \frac{5}{6} R T_3$$

$$\frac{P_1}{P} = \frac{6}{5} \frac{T_1}{\frac{3T_1 + 2T_2}{5}}$$

$$\frac{5}{6} \left( \frac{P_1 T_1}{2V} + \frac{P_2 T_2}{3V} \right) \cdot 2V = \frac{5}{6} P T_3 \quad \frac{P_1}{P} = \frac{6}{5} \cdot \frac{5T_1}{3T_1 + 2T_2}$$

$$3T_1 + \frac{2}{3} T_2 = \frac{5}{6} T_3$$

$$\frac{P}{P_1} = \frac{3T_1 + 2T_2}{6T_1}$$

$$T_3 = \frac{6}{5} \frac{P}{P_1}$$

$$\frac{3T_1 + \frac{2}{3} T_2}{3} = \frac{5}{6} T_3$$

$$3T_1 + 2T_2 = 5T_3$$

$$P = \frac{1200}{6 \cdot 200} = 1$$

$$T_3 = \frac{3T_1 + 2T_2}{5}$$

$$T_3 = \frac{3 \cdot 200 + 2 \cdot 300}{5} = \frac{1200}{5} = 2400$$

№ 5

~~$p_1 V = \nu R T_1$~~

~~$p_0 V = \nu R T_0$~~   
 ~~$p_0 \cdot 2V = \nu R T_1$~~   
 ~~$\frac{1}{2} = \frac{T_0}{T_1}$~~   
 ~~$T_1 = 2T_0$~~

$\frac{V}{T} = \text{const}$

$\frac{V \uparrow}{T \uparrow} =$

$p_0 V_0 = \nu R T_0$

$p_0 \cdot 2V = \nu R T_1$

$\frac{1}{2} = \frac{T_0}{T_1}$

$T_1 = 2T_0$

$Q = \Delta U + A'$

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

$\frac{p_0}{P} = \frac{2V}{2 \cdot 2V}$

$p_0 \cdot 2V = \nu R T_1$

$P = 2p_0$

$2p_0 \cdot 4V = \nu R T_2$

~~$\frac{P}{V}$~~   $\frac{P}{4} = \frac{T_1}{T_2}$

$2p_0 \cdot 4V_0 - p_0 \cdot 2V_0 = 6p_0 V_0$

$p_0 \cdot 2V_0$

$p_0 (2V_0) = 2p_0 V_0$

$T_2 = 4T_1$

$\frac{\nu R T}{2V}$

$T_2 = 4 \cdot 2T_0 = 8T_0$

$A = p \Delta V = p \cdot (2V - V) = pV$

$A' = p \Delta V =$

~~$A = p \Delta V =$~~