

## 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  $10 \text{ м/с}^2$ .

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. *после столк.*

3. Навстречу шарика, 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.

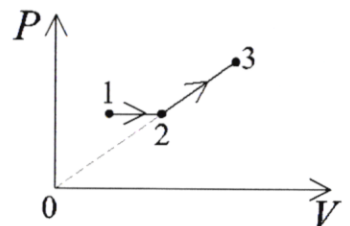
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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  $T_1$ .

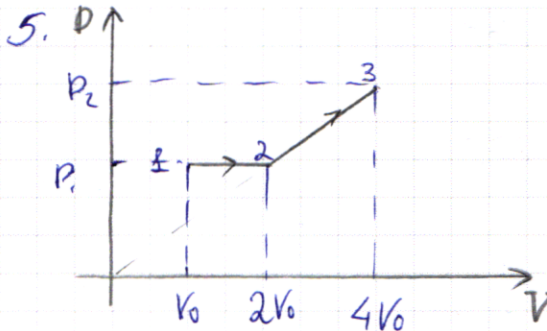
5. Объем идеального газа увеличивается в  $n=2$  раза в изобарическом процессе, а затем еще раз увеличивается в  $n=2$  раза в процессе прямо пропорциональной зависимости давления газа  $P$  от его объема  $V$ .

- 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



сначала надо написать уравнение для изобарического процесса

$$1-2 \quad \frac{V_0}{T_1} = \frac{2V_0}{T_2} \quad \frac{T_2}{T_1} = 2$$

а потом уравнение для процесса прямо пропорциональной зависимости давления газа от его объема.

$$2-3 \quad \begin{aligned} P_1 &= \alpha \cdot 2V_0 \\ P_2 &= \alpha \cdot 4V_0 \end{aligned} \quad \frac{P_2}{P_1} = 2.$$

$$\frac{P_1 \cdot 2V_0}{T_2} = \frac{P_2 \cdot 4V_0}{T_3}$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{P_2}{P_1} \cdot 2 = 2 \cdot 2 = 4.$$

получили  $T_2 = 2T_1$   
 $T_3 = 4T_2 \Rightarrow T_3 = 4 \cdot 2T_1 = 8$

теперь надо найти работу

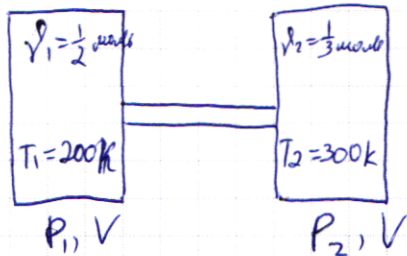
$$A_{1-2} = P_1 (2V_0 - V_0) = P_1 V_0$$

$$A_{2-3} = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot (4V_0 - 2V_0) = P_1 \cdot \frac{1 + \frac{P_2}{P_1}}{2} \cdot 2V_0 = P_1 V_0 \left(1 + \frac{P_2}{P_1}\right)$$

$$\frac{A_{1-2}}{A_{2-3}} = \frac{P_1 V_0}{P_1 V_0 \left(1 + \frac{P_2}{P_1}\right)} = \frac{1}{1 + 2} = \frac{1}{3}$$

ответ 1) 8 раз, 2)  $\frac{1}{3}$

4.



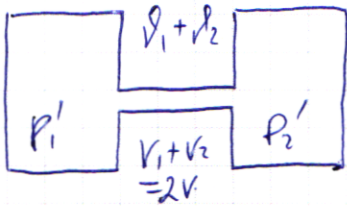
1) T

2)  $\frac{P}{P_1}$ 

$$P_1 V = \nu_1 R T_1 = \frac{1}{2} R \cdot 200 = 100R = 830$$

$$P_2 V = \nu_2 R T_2 = \frac{1}{3} R \cdot 300 = 100R = 830$$

$$V_1 = V_2 = V \Rightarrow P_1 = P_2$$



$$\frac{P_1' 2V}{T} = \frac{P_1 V}{T_1}$$

$$+ \frac{P_2' 2V}{T} = \frac{P_2 V}{T_2}$$

$$P = P_1' + P_2'$$

$$\frac{2V}{T} \cdot P = \frac{P_1 V}{T_1} + \frac{P_2 V}{T_2}$$

$$\frac{2V}{T} \cdot P = P_1 V \left( \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right) \quad \text{потому что получили } P_1 = P_2$$

$$\frac{2P}{T} = P_1 \left( \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\frac{P}{P_1} = \frac{1}{2} \left( \frac{T_2 + T_1}{T_1 T_2} \right) = \frac{1}{2} \cdot \frac{500}{60000} = \frac{5T}{1200}$$

$$\frac{P}{P_1} = \frac{T}{240}$$

$$\begin{aligned} u_1 &= \frac{3}{2} \nu_1 R T_1 \\ u_2 &= \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 \end{aligned} \quad \left| \quad u = u_1 + u_2 = \frac{3}{2} R (\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2) \right.$$

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

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

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 200 + \frac{1}{3} \cdot 300}{\frac{5}{6}} = 240 \text{ K}$$

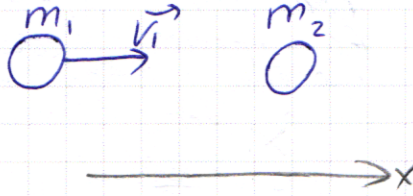
$$\frac{P}{P_1} = \frac{240}{240} = 1$$

отсюда 1) 240 K  
2) 1



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2.



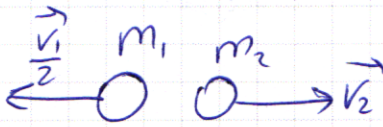
$$P_1 = m_1 v_1$$

$$P_2 = m_2 v_2$$

$$E_{ч1} = \frac{m_1 v_1^2}{2}$$

1)  $\frac{m_2}{m_1} = ?$

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



$$P_2 = m_2 v_2 + m_1 \left(\frac{v_1}{2}\right)$$

$$P_2 = m_2 v_2 - \frac{m_1 v_1}{2}$$

$$E_{ч2} = \frac{m_2 v_2^2}{2} + \frac{m_1 \left(\frac{v_1}{2}\right)^2}{2}$$

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

$$\begin{cases} P_1 = P_2 \\ E_{ч1} = E_{ч2} \end{cases} \begin{cases} m_1 v_1 = m_2 v_2 - \frac{m_1 v_1}{2} \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_2 v_2^2}{2} + \frac{m_1 v_1^2}{8} \end{cases} \begin{cases} \frac{3}{2} m_1 v_1 = m_2 v_2 \\ \frac{3}{8} \frac{m_1 v_1^2}{m_2} = \frac{m_2 v_2^2}{2} \end{cases}$$

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

$$\begin{cases} \frac{m_2}{m_1} = 3 \\ \frac{v_2}{v_1} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{2} \end{cases}$$

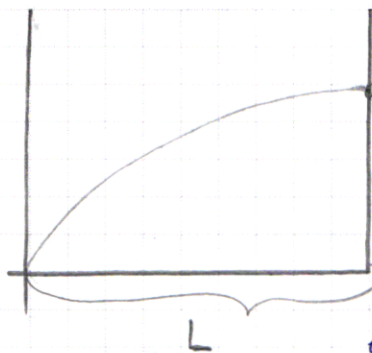
$$\frac{3}{4} \frac{m_1}{m_2} = \frac{9}{4} \frac{m_1^2}{m_2^2}$$

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

ответ 1) 3  
2)  $\frac{1}{2}$

$$\begin{aligned} \alpha &= 60^\circ \\ t_0 &= 2 \text{ с} \\ g &= 10 \text{ м/с}^2 \end{aligned}$$

1)  $L$   
2)  $H_{\max}$



так как после столкновения мяч упал на первоначальное место  $\Rightarrow$  стена должна стоять на половине <sup>той</sup> длины, который мяч пройдет во время всего движения, то есть тогда когда не было бы стены.

$$L = \frac{L_{\max}}{2}$$

после столкновения у мяча горизонтальное движение

$$\begin{cases} L = v_{0x} t_2 \\ t_2 = \sqrt{\frac{2 H_{\max}}{g}} \end{cases}$$

$$L = \frac{L_{\max}}{2} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{2g}$$

$$H_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$\begin{cases} L = v_0 \cos \alpha t_2 \\ t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot v_0^2 \sin^2 \alpha}{g \cdot 2g}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \end{cases} \quad (\text{время в которое он упал после столкновения})$$

Т это то время которое нужно было чтобы мячик упал без стены, а  $t_2$  это то время до столкновения

$$t_1 = \frac{T}{2}$$

$$t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$t_0 = t_1 + t_2 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} + \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$v_0 = \frac{g t}{2 \sin \alpha} = \frac{10 \cdot 2}{2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} \approx 11,8 = \frac{20}{\sqrt{3}}$$

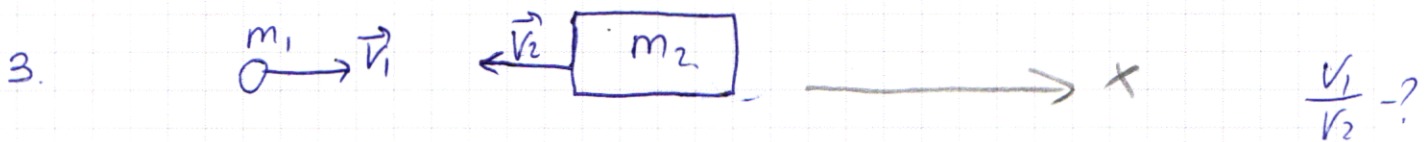


### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$L = \frac{L_{\max}}{2} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{\frac{400}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{20} = 5,6 \text{ м}$$

$$H_{\max} = h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{\frac{400}{3} \cdot \frac{3}{4}}{20} = 5 \text{ м}$$

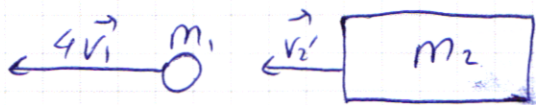
Ответ 1) 5,6 м 2) 5 м



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

$$P_1 = m_1 v_1 - m_2 v_2$$

$$E_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$$



$$\vec{P}_2 = m_1 4\vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2'$$

$$P_2 = -4 m_1 v_1 - m_2 v_2'$$

$$E_2 = 8 m_1^2 v_1^2 + \frac{m_2 (v_2')^2}{2}$$

$$\begin{cases} m_1 v_1 - m_2 v_2 = -4 m_1 v_1 - m_2 v_2' \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = 8 m_1^2 v_1^2 + \frac{m_2 (v_2')^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 5 m_1 v_1 = m_2 (v_2 - v_2') \\ \frac{15 m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_2}{2} (v_2^2 - (v_2')^2) \end{cases}$$

$$3 v_1 = v_2 + v_2'$$

так как  $m_1 \ll m_2 \Rightarrow v_2' = v_2 \Rightarrow 3 v_1 = 2 v_2 \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{2}{3}$  Ответ  $\frac{2}{3}$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР (заполняется секретарём)
----------------------------------

---

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

---

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

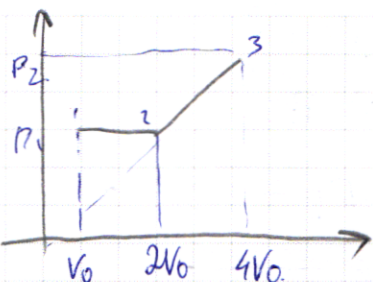
Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{T_3}{T_1}$$

$$1-2. \quad \frac{V_0}{T_1} = \frac{2V_0}{T_2}$$

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

$$2-3. \quad p_1 = 2 \cdot 2V_0$$

$$p_2 = 2 \cdot 4V_0$$

$$p = 2V$$

$$pV = \nu RT$$

$$V^2 = \frac{\nu RT}{2}$$

$$\frac{(4V_0)^2}{(2V_0)^2} = \frac{T_3}{T_2}$$

$$\frac{p_1 \cdot 2V_0}{T_2} = \frac{p_2 \cdot 4V_0}{T_3}$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{2p_2}{p_1} = 4$$

$$\frac{16}{4} = \frac{T_3}{T_2} = 4$$

$$T_3 = 4T_2$$

$$T_3 = 8T_1$$

$$T_2 = 2T_1$$

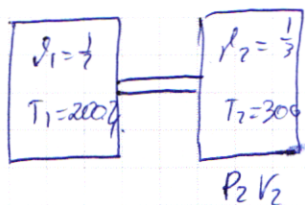
$$A_{1-2} = p_1 (2V_0 - V_0) = p_1 V_0$$

$$A_{2-3} = \frac{p_1 + p_2}{2} \cdot 2V_0 = p_2 \left( \frac{p_1}{p_2} + 1 \right) V_0$$

$$\frac{A_{1-2}}{A_{2-3}} = \frac{p_1 V_0}{p_2 \left( \frac{p_1}{p_2} + 1 \right) V_0} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\left( \frac{1}{2} + 1 \right)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} = \frac{1}{3}$$

$p_1$

4.



$$P_1 V = \nu R T$$

$$1) T$$

$$2) \frac{P}{P_1}$$

$$P_1 V = \nu_1 R T_1 = 100 \cdot 8,3 = 830$$

$$P_2 V_2 = \nu_2 R T_2 = 100 \cdot 8,3 = 830$$

$$P_1 V = \nu R T_1 = 830$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2 = 830$$

$$P_1 = P_2$$

$$P_1' (V_1 + V_2) = P_1 V_1$$

$$P_2' (V_1 + V_2) = P_2 V_2$$

$$P_1 V_1 = 830$$

~~$$P_1 V_1 = 830$$~~

~~$$P (V_1 + V_2) = P_1 V_1 + P_2 V_2$$~~

~~$$P_2 V_2 = 2 P_1 V_1$$~~

~~$$P_2 V_2 = 2 P_1 V_1$$~~

~~$$\frac{P_1' (V_1 + V_2)}{P_2' (V_1 + V_2)}$$~~

$$\frac{P_1' (V_1 + V_2)}{T} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$\frac{P_2' (V_1 + V_2)}{T} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{(V_1 + V_2)}{T} P = \frac{P_1 V_1}{T_1} + \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

~~$$\frac{2V_2}{T} P = 2 \cdot 830 \left( \frac{1}{200} + \frac{1}{300} \right)$$~~

$$\frac{P_2 V_2}{T} = 16,6 \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right)$$

$$P_2 V_2 = \nu R T$$

$$P_2 V_2 = \nu \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right) \quad 16,6 = R T$$

$$T = 2$$





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Grid area for writing the answer.

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)