

# 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  $10 \text{ м/с}^2$ .

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 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.

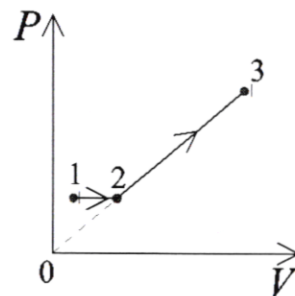
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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  $V$ .

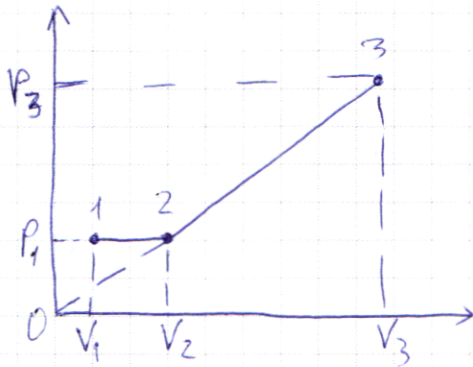
- 1) Во сколько раз увеличивается конечная температура газа по сравнению с начальной?
- 2) Найти отношение работы, которую совершает газ в изобарическом процессе, к работе, которую он совершает в процессе прямо пропорциональной зависимости давления газа  $P$  от его объема  $V$ .





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5)



$$1-2 \text{ изобар} \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = 3$$

$$2-3 \quad p_1 = \alpha V_2$$

$$p_3 = \alpha V_3$$

$$\frac{p_3}{p_1} = \frac{V_3}{V_2} = 3$$

$$5.1) \quad \frac{p_3 V_3}{T_3} = \frac{p_1 V_2}{T_2}$$

$$\frac{3p_1 \cdot 3V_2}{T_3} = \frac{p_1 V_2}{T_2}$$

$$T_3 = 9T_2 \quad T_2 = 3T_1$$

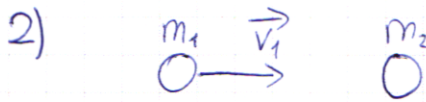
$$T_3 = 27T_1 \quad \frac{T_3}{T_1} = 27$$

$$5.2) \quad A_{1-2} = p_1 (V_2 - V_1) = 2p_1 V_1$$

$$A_{2-3} = \frac{p_1 + p_3}{2} (V_3 - V_2) = 2p_1 \cdot 6V_1$$

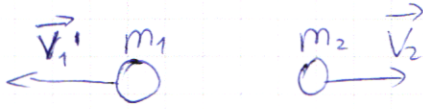
$$\frac{A_{1-2}}{A_{2-3}} = \frac{2p_1 V_1}{12p_1 V_1} = \frac{1}{6}$$

Ответ: 5.1) 27 , 5.2)  $\frac{1}{6}$



$$P_1 = m_1 V_1$$

$$E_{k1} = \frac{m_1 V_1^2}{2}$$



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

$$P_2 = m_2 V_2 - m_1 V_1'$$

$$E_{k2} = \frac{m_2 V_2^2}{2} + \frac{m_1 (V_1')^2}{2}$$

$$P_1 = P_2 \neq$$

$$m_1 V_1 = m_2 V_2 - m_1 V_1'$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{4V_1}{3V_2}$$

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{m_1 V_1^2}{2} = \frac{m_2 V_2^2}{2} + \frac{m_1 (V_1')^2}{2}$$

$$V_2^2 = \frac{m_1 (V_1^2 - (V_1')^2)}{m_2} = \frac{8m_1 V_1^2}{9m_2}$$

$$\frac{m_2^2}{m_1^2} = \frac{16V_1^2}{9V_2^2}$$

$$\frac{m_2^2}{m_1^2} = \frac{16V_1^2}{9 \cdot \frac{8m_1 V_1^2}{9m_2}} \neq$$

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

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

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{4V_1}{3V_2}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{4m_1}{3m_2} = \frac{2}{3}$$

Ответ: 2.1) 2

2.2)  $\frac{2}{3}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3)

$$P_1 = m_2 v_2 - m_1 v_1 \quad E_{k1} = \frac{m_1 v_1^2}{2} \neq \frac{m_2 v_2^2}{2}$$

$$P_2 = m_2 v_2' + \cancel{m_1} m_1 2v_1 \quad E_{k2} = \frac{m_2 (v_2')^2}{2} + \frac{m_1 4v_1^2}{2}$$

$$P_1 = P_2$$

$$m_2 v_2 - m_1 v_1 = m_2 v_2' + 2m_1 v_1$$

$$3m_1 v_1 = m_2 (v_2 - v_2')$$

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_2 (v_2')^2}{2} + \frac{m_1 4v_1^2}{2}$$

$$m_2 v_2^2 - 3m_1 v_1^2 = m_2 (v_2')^2$$

$$m_2 (v_2 - v_2')(v_2 + v_2') = 3m_1 v_1 \cdot v_1 \quad m_2 (v_2 - v_2') = 3m_1 v_1 \Rightarrow$$

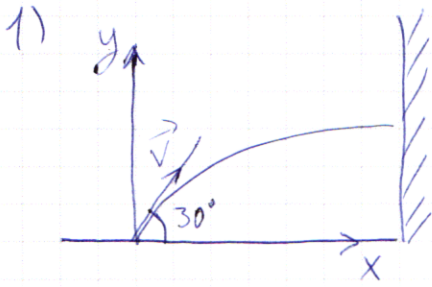
$$\Rightarrow v_2 + v_2' = v_1$$

так как  $m_2 \gg m_1 \Rightarrow v_2 = v_2'$

$$2v_2 = v_1$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{2}$$

Ответ:  $\frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{2}$



$$V \sin 30^\circ = g \frac{t_0}{2}$$

$$\frac{V}{2} = 5 \cdot 1,5$$

$$V = 15 \text{ м/с}$$

~~$$H = g \left(\frac{t_0}{2}\right)^2$$~~

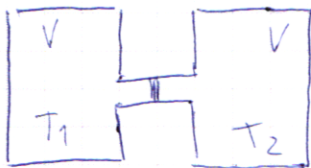
$$L = V \cos 30^\circ \cdot \frac{t_0}{2} = \frac{22,5\sqrt{3}}{4} \text{ м}$$

$$H = \frac{g \left(\frac{t_0}{2}\right)^2}{2} = 2,8125 \text{ м}$$

Ответ: 1.1)  $\frac{22,5\sqrt{3}}{4} \text{ м}$

1.2)  $2,8125 \text{ м}$

4)



$$P_1 V = \nu_1 R T_1$$

$$\nu_1 R T_1 = 100$$

$$P_2 V = \nu_2 R T_2$$

$$\nu_2 R T_2 = 100$$



$$P_1 V = P_2 V$$

$$P_1 = P_2$$

$$P = P_1' + P_2'$$

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

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = 250 \text{ K}$$

$$2 \frac{P}{P_1} = \left( \frac{\nu_1 + \nu_2}{\nu_1} \right) \cdot \frac{T}{T_1}$$

$$\frac{P}{P_1} = \frac{T}{T_1} \cdot \frac{\nu_1 + \nu_2}{2 \nu_1}$$

$$\frac{P}{P_1} = \frac{250}{300} \cdot \frac{\frac{1}{3} + \frac{1}{5}}{2 \cdot \frac{1}{3}} = \frac{2}{3}$$

Ответ: 4.1)  $250 \text{ K}$       4.2)  $\frac{2}{3}$

3-026

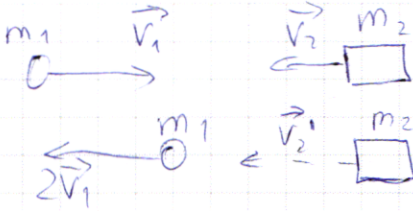


3-026

ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$$m_2 v_2 - m_2 v_2' = m_2 v_2' + 2m_1 v_1$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_2 (v_2')^2}{2} + \frac{4m_1 v_1^2}{2}$$

$$3m_1 v_1 = m_2 (v_2 - v_2')$$

$$m_2 v_2^2 - 3m_1 v_1^2 = m_2 (v_2')^2$$

$$(v_2')^2 = \frac{m_2 v_2^2 - 3m_1 v_1^2}{m_2}$$

$$3m_2 (v_2^2 - (v_2')^2) = 3m_1 v_1^2 \cdot v_1$$

$$3 \frac{(v_2 + v_2')}{v_1} = \frac{1}{v_1} \cdot 1$$

$$3v_2 + 3v_2' = v_1$$

$$3v_2 = v_1$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{3}$$

$$m_2 (v_2^2 - (v_2')^2) = 3m_1 v_1^2$$

$$v_2 + v_2' = v_1$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{2}$$

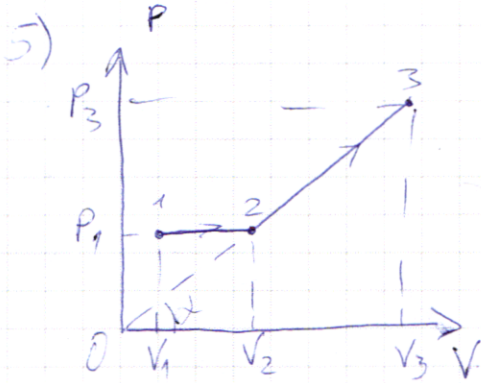


черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1-2. изобар  $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = 3$

2-3  $P_1 = \alpha V_2$   $T_2 = 3T_1$

$P_3 = \alpha V_3$

$\frac{P_3}{P_1} = \frac{V_3}{V_2} = 3$

$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_1 V_2}{T_2}$

$\frac{3P_1 \cdot 3V_2}{T_3} = \frac{P_1 V_2}{T_2}$

$T_3 = 9T_2$

$T_3 = 27T_1$

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

$\frac{A_{1-2}}{A_{2-3}} = ?$

$A_{1-2} = P_1 (V_2 - V_1) = 2P_1 V_1$

$A_{2-3} = \frac{P_3 + P_1}{2} (V_3 - V_2) = 10P_1 V_1 \cdot \frac{1}{6}$

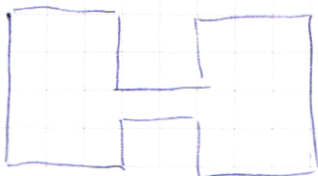
4)



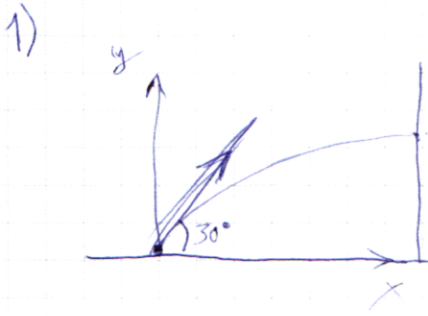
$P_1 V = \nu_1 R T_1$

$P_2 V = \nu_2 R T_2$

$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\nu_1 T_1}{\nu_2 T_2}$



$\frac{P}{3} \cdot 2V = (\nu_1 + \nu_2) R T$



$$H = \frac{g t_0^2}{2}$$

$$H = 5 \cdot 0,75^2$$

$$V \sin 30^\circ = g \frac{t_0}{2}$$

$$\frac{V}{2} = 5 \cdot 1,5$$

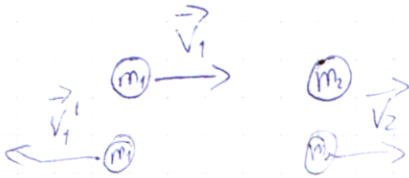
$$V = 15$$

$$H = \frac{g \left(\frac{t_0}{2}\right)^2}{2} = \frac{2,5 \cdot 2,25}{2}$$

$$2,8125$$

$$V_x = V_0 \cos \alpha t$$

2)



$$\frac{15}{2} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\frac{4,5}{2} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\frac{V_2}{V_1}$$

$$\frac{V_2}{V_1}$$

$$m_1 V_1 = m_2 V_2 - m_1 \frac{V_1}{3}$$

$$\frac{4 m_1 V_1}{3} = m_2 V_2$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{4 V_1}{3 V_2}$$

$$\frac{m_1 V_1^2}{2} = m_1$$

$$m_1 V_1 = m_1 V_1' + m_2 V_2$$

$$\frac{m_1 V_1^2}{2} = \frac{m_2 V_2^2}{2} + \frac{m_1 V_1'^2}{2}$$

$$V_2^2 = \frac{m_1 V_1^2 + m_1 V_1'^2}{m_2} = \frac{8 m_1 V_1^2}{9 m_2}$$

$$\frac{m_2}{m_1} \frac{V_1 + V_1'}{V_2} = \frac{4 V_1}{3 V_2}$$

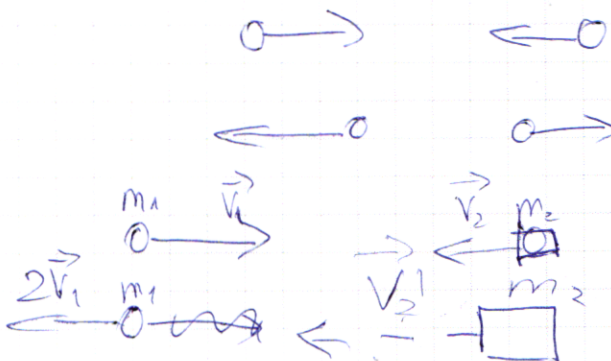
$$= \frac{4 V_1}{3 \sqrt{\frac{8 m_1 V_1^2}{9 m_2}}}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{9 \cdot 16 V_1^2 m_2}{9 \cdot 8 m_1 V_1^2}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{16}{8} = 2$$

$$P_1 V_1 + P_2 V_2 = P_2 V$$

$$2 P V$$





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)