

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 16-011

(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.

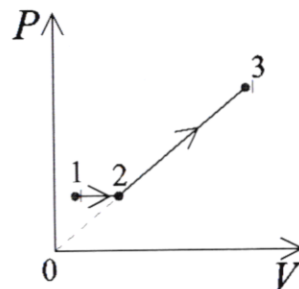
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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

Дано:

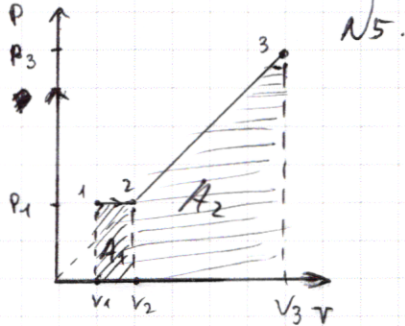
$n = 3$  раз

$n = 3$  раз

$\frac{P}{V}$  - постоянство

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

$\frac{A_1}{A_2}$



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

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_1 \cdot 3V_1}{T_2} = \frac{3P_1 \cdot 3V_1}{T_3}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_1 \cdot 3V_1}{T_2}$$

$$T_2 = 3T_1$$

$$\frac{P_1 \cdot 3V_1}{3T_1} = \frac{3P_1 \cdot 9V_1}{T_3}$$

$$\frac{1}{T_1} = \frac{27}{T_3}$$

$$T_3 = 27T_1$$

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

Число работы, совершаемая газом, равно площади фигур

$$A_1 = P_1 \cdot (V_2 - V_1)$$

$$A_2 = \frac{1}{2}(P_1 + P_3) \cdot (V_3 - V_2)$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{P_1 (V_2 - V_1)}{\frac{1}{2}(P_1 + P_3)(V_3 - V_2)} = \frac{P_1 \cdot 2V_1}{\frac{1}{2}(P_1 + P_3) \cdot 6V_1} = \frac{P_1 \cdot 2V_1}{2(P_1 + P_3) \cdot 3V_1} = \frac{1}{6}$$

Ответ: 1)  $\frac{T_3}{T_1} = 27$  раз

2)  $\frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{6}$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:

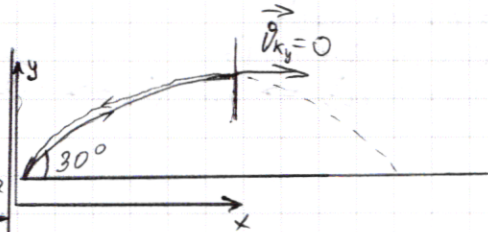
$$t_0 = 1,5 \text{ с.}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$L - ?$$

$$H - ?$$



$$L = v_{0x} \cdot t_0$$

$$L = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t_0$$

$$H = \frac{gt^2}{2} = 5t_0^2 = 11,25 \text{ м}$$

$$H = v_{ky} t_0 + \frac{gt^2}{2}$$

$$H = \frac{gt^2}{2} = 5t_0^2 = 11,25 \text{ м}$$

$$v_{0y} = v_{ky} + gt$$

$$v_{0y} = gt = 1,5 \cdot 10 = 15 \text{ м/с}$$

$$v_0 = \frac{v_{0y}}{\sin \alpha}$$

$$v_{0x} = \frac{v_{0y} \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} = v_{0y} \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 15 \cdot \sqrt{3}$$

$$L = v_{0x} \cdot t_0 = 15\sqrt{3} \cdot 1,5 = 22,5\sqrt{3} \text{ м.}$$

Ответ: 2)  $H = 11,25 \text{ м.}$

$$1) L = 22,5\sqrt{3} \text{ м.}$$

№2.

Дано:

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

$$v_2 = -v_1$$

$$\frac{m_2}{m_1} - ?$$

$$\frac{v_3}{v_1} - ?$$

$$P = m \vec{v}$$

$$m_1 = \frac{P_1}{v_1}$$

$$m_1 = \frac{P_2}{v_2}$$

$$m_3 = \frac{P_3}{v_3}$$

$$P_1 = P_2 + P_3$$

$$P_2 = \frac{1}{3} P_1 \Rightarrow P_3 = \frac{2}{3} P_1$$

$$v_3 = \frac{P_3}{m_2}$$

$$v_1 = \frac{P_1}{m_1}$$

$$\frac{v_3}{v_1} = \frac{\frac{P_3}{m_2}}{\frac{P_1}{m_1}} = \frac{P_3 \cdot m_1}{P_1 \cdot m_2}$$

$$= \frac{2}{3} = 1,5$$

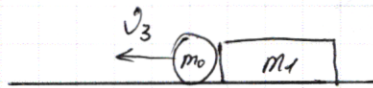
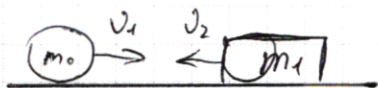
$$= \frac{4}{9}$$

Ответ: 1)  $\frac{m_2}{m_1} = \frac{3}{2} = 1,5$

$$2) \frac{v_3}{v_1} = \frac{4}{9}$$

№3.

Дано:



$$v_3 = 2v_1$$

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

$$P = m v$$

$$P_1 = m_0 v_1$$

$$P_2 = m_1 v_2$$

$$P_3 = m_0 v_3$$

$$v_1 = \frac{P_1}{m_0}$$

$$v_2 = \frac{P_2}{m_1}$$

$$P_3 = P_1 + P_2$$

$$P_3 = m_0 v_1 + m_1 v_2$$

$$2m_0 v_1 = m_0 v_1 + m_1 v_2$$

$$m_0 v_1 = m_1 v_2 \Rightarrow v_1 = v_2 \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = 1$$

Ответ:  $\frac{v_1}{v_2} = 1$

№4.

Дано:

$$v_1 = \frac{1}{3} \text{ моль}$$

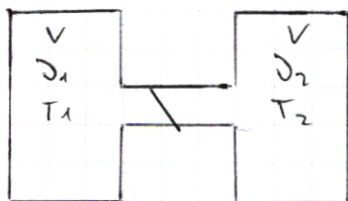
$$v_2 = \frac{1}{5} \text{ моль}$$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = 500 \text{ K}$$

$$T_3 = ?$$

$$\frac{P_K}{P_H} = ?$$



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

$$PV = \nu RT$$

$$P_1 = \frac{\nu_1 R T_1}{V} = \frac{\frac{1}{3} \cdot 8,31 \cdot 300}{V} = \frac{831}{V}$$

$$P_2 = \frac{\nu_2 R T_2}{V} = \frac{\frac{1}{5} \cdot 8,31 \cdot 500}{V} = \frac{831}{V}$$

$$P_K = P_1 + P_2 = \frac{831}{V} + \frac{831}{V} = \frac{1662}{V}$$

$$\frac{P_K}{P_H} = \frac{\frac{1662}{V}}{\frac{831}{V}} = \frac{1662}{831} = 2$$

~~$$\frac{\nu_1 P T_1}{V (T_1 + T_2)} =$$~~

~~$$(T_2 + T_1)$$~~

~~$$T_2 + T_1 = \frac{\nu_2 R T_2 + \nu_1 R T_1}{\frac{831}{V} + \frac{831}{V}}$$~~

~~$$(500 + 300) = \frac{831 + 831}{\frac{831}{V}}$$~~

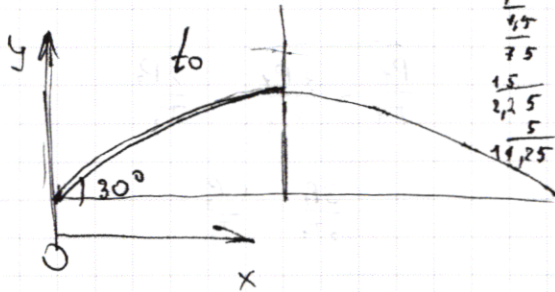
~~$$T_3 = \frac{800}{2} = 400 \text{ K}$$~~

Ответ: 1)  $T_3 = 400 \text{ K}$ .

2)  $\frac{P_K}{P_H} = 2$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$S_x = v_0 t_0$$

$$S_x = v_0 \cos \alpha \cdot t_0$$

$$S_y = v_{0y} t_0 + \frac{g t_0^2}{2}$$

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

$$S_y = 5 t_0^2 = \boxed{11,25 \text{ м}}$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

$$v_{0y} = g t$$

$$v_{0y} = 15 \text{ м/с}$$

$$v_{0x} = 15 \cdot \cos 30^\circ = 15 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{15\sqrt{3}}{2}$$

$$S_x = \frac{v_{0x} t_0}{2} = \frac{15\sqrt{3} \cdot 1,5}{2} = \boxed{15,9375}$$

$$S_x = v_{0x} \cdot t = 15\sqrt{3} \cdot 1,5 = 22,5\sqrt{3}$$

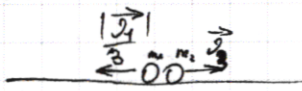
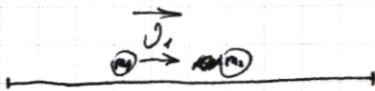
$\frac{2\pi}{\cos}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{15\sqrt{3}}{2}$	$\frac{60}{\sqrt{3}}$
$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

$$v_{0y} = \frac{\sqrt{3}}{3} \quad v_{0x} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$\frac{1 \cdot \sqrt{3}}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2}{1} = \sqrt{3}$$

N2.



$$v_3 = \frac{2}{3} v_1$$

$$P = m v$$

$$P_2 = \frac{1}{3} P_1$$

$$v_2 = \frac{P_2}{m_2} = \frac{P_3 - m_1 v_1}{P_1 \cdot m_2}$$

$$p_1 = m_1 v_1$$

$$p_2 = m_1 v_2$$

$$p_3 = m_2 v_3$$

$$p_3 = \frac{P_3}{m_2}$$

$$p_1 \cdot m_2 = \frac{2}{3} \cdot \frac{m_1 v_1}{m_2} \cdot m_2 = \frac{2}{3} m_1 v_1$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{p_1}{p_2} = \frac{p_3}{p_2}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{p_1}{p_3} = \frac{p_2}{p_3} = \frac{p_2 \cdot \frac{1}{2} v_1}{p_3 \cdot \frac{2}{3} v_1} = \frac{3}{4} \cdot \frac{p_2}{p_3}$$



$$v_3 = 2v_1$$

$$P = m v$$

$$p_1 = 0 \quad p_2 = 0$$

$$p_3 = m_2 v_2$$

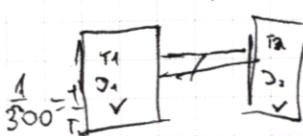
$$831 + 831 = J T$$

$$P V (T_1 + T_2) = \dots$$

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

$$v = \frac{2}{3} \sqrt{P V}$$

$$N_4. \quad \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{1}{3} \cdot 8,31 \cdot 300\right) + \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{1}{5} \cdot 8,31 \cdot 500\right) = \frac{2}{3} \sqrt{8,31} \cdot T$$



$$T_1 = 300 \text{ K}$$

$$v_1 = 1/3$$

$$v_2 = 1/5$$

$$T_2 = 500 \text{ K}$$

$$T_3 = ?$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{P_3}{P_4}$$

$$P V = J R T$$

$$P_1 = \frac{1}{3} \cdot 8,31 \cdot 300 = \frac{831}{V}$$

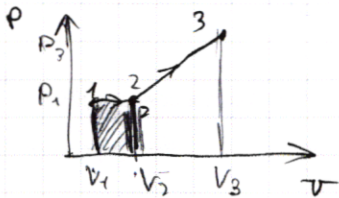
$$P_2 = \frac{1}{5} \cdot 8,31 \cdot 500 = \frac{831}{V}$$

$$\frac{831 \cdot V}{500} = \frac{831}{500} = \frac{P_1 V}{T}$$

$$P V_1 = P_2 V$$

$$\frac{T_2 + T_1}{\frac{P_1}{P_2}} = (T_2 - T_1) P_1 V = J_2 R T_1$$

$$P_1 (T_2 + T_1) = P_2 T_1$$



18

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

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 3V_1}{T_2} = \frac{p_3 9V_1}{T_3}$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{3p_2}{T_2} = \frac{9p_3}{T_3}$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{3p_1}{T_2}$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{3p_1}{3T_1} = \frac{9p_3}{T_3}$$

$$\frac{1}{T_1} = \frac{3}{T_2}$$

$$\frac{3p_1}{3T_1} = \frac{9p_3}{T_3}$$

$$T_2 = \frac{T_2}{3}; T_3 = 3T_1$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 3V_1}{T_2} = \frac{3p_1 9V_1}{T_3}$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{3p_1}{T_2} = \frac{27p_1}{T_3}$$

$$T_2 = 3T_1$$

$$\frac{3p_1}{3T_1} = \frac{27p_1}{T_3}$$

$$T_3 = \frac{27p_1}{3p_1} = 9T_1$$

$$T_3 = 27T_1$$

$$A_1 = p_1 \cdot (V_2 - V_1)$$

$$A_2 = \frac{1}{2} (p_1 + p_3) \cdot (V_3 - V_2)$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{p_1 (V_2 - V_1)}{(p_1 + p_3) (V_3 - V_2)} = \frac{p_1 \cdot 2V_1}{(p_1 + p_3) \cdot 6V_1} = \frac{p_1}{3(p_1 + p_3)}$$

$$= \frac{p_1}{12p_1} = \frac{1}{12}$$

$$\begin{array}{r} 1662 \\ \underline{15} \\ 13290 \\ \underline{120} \\ 129 \\ \underline{120} \\ 90 \\ \underline{90} \\ 0 \\ 1662 \end{array}$$
  

$$\begin{array}{r} 1662 \\ \underline{15} \\ 8310 \\ \underline{1662} \\ 24930 \\ \underline{24} \\ 093 \\ \underline{50} \\ 490 \end{array}$$





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

16-011

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)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

15-011

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)