

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 12-008

(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 столкновения.*

3. Навстречу шарик, 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.

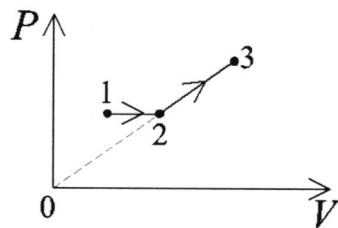
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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  $T_1$ .

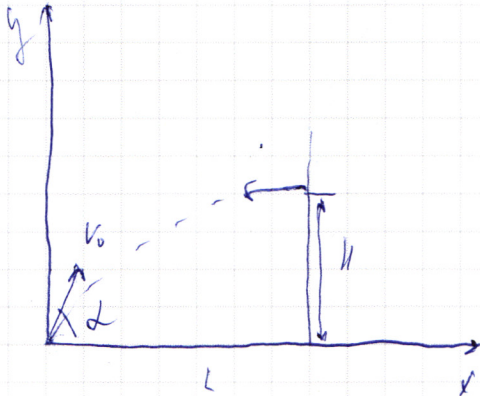
5. Объем идеального газа увеличивается в  $n=2$  раза в изобарическом процессе, а затем еще раз увеличивается в  $n=2$  раза в процессе прямо пропорциональной зависимости давления газа  $P$  от его объема  $V$ .

- 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

№1



Дано:  $\alpha = 60^\circ$

$t_0 = 2\text{c}$

- 1)  $L$  - ?  
2)  $H$  - ?

Решение:

- 1) Т.к. при упругом ударе о стенку  $v_y$  сохраняется, и  $v_x$  лишь меняет направление, то можно убрать стенку и рас-ть об-ны полет по-у углом к горизонту.



- 2) Если обратно ок прилетел на исходную точку, то пром-тель по гориз. (пола расстояние  $L$  (удар произойдет в наивысшей точке траектории).

$$\begin{aligned}
 3) \quad a_x &= 0 & a_y &= -g \\
 v_{x0} &= v_0 \cos \alpha & v_y &= v_0 \sin \alpha - gt \\
 x &= v_0 \cos \alpha \cdot t & y &= v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}
 \end{aligned}$$

4) В какой-либо точке траектории  $V_y = 0 \Rightarrow$

$$0 = v_0 \sin \alpha - g t_0$$

$$v_0 = \frac{g t_0}{\sin \alpha} \quad (1)$$

где  $t_0$  - время отрыва от стенки.

5) По горизонт. телу пролетело  $2L$

$$2L = v_0 \cos \alpha \cdot \tau$$

где  $\tau$  - время полета тела  $\tau = 2t_0$   
с учетом закона сохранения энергии (1)

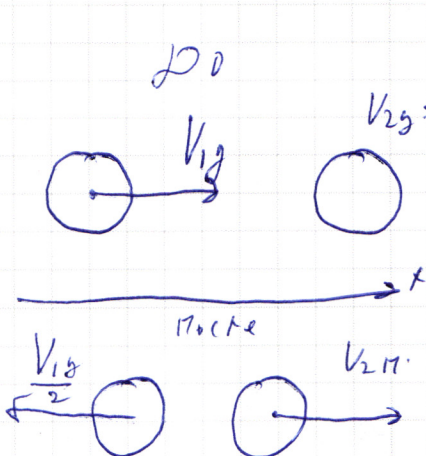
$$2L = \frac{g t_0}{\sin \alpha} \cdot \cos \alpha \cdot 2t_0$$

$$L = \frac{g t_0^2}{\tan \alpha} = g t_0^2 \cdot \tan \alpha = 10 \cdot 4 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{40}{\sqrt{3}} \approx 23 \text{ м}$$

6) время полета на высоту  $H$ .

$$H = v_0 \sin \alpha \cdot t_0 - \frac{g t_0^2}{2}$$

$$H = \frac{g t_0^2}{2} = \frac{10 \cdot 4}{2} = 20 \text{ м}$$



1)  $\begin{cases} v_{1п} = ? \\ v_{2п} = ? \end{cases}$

$$m_1 v_{1g} = -m_1 v_{1п} + m_2 v_{2п}$$

$$\frac{3}{2} m_1 v_{1g} = m_2 v_{2п} \quad (1)$$

2)  $\begin{cases} \rightarrow \end{cases}$

$$m_1 v_{1g}^2 = \frac{m_1 v_{1п}^2}{4} + m_2 v_{2п}^2$$

$$\frac{3}{4} m_1 v_{1g}^2 = v_{2п}^2 m_2 \quad (2)$$

3) Поделим (1) на (2)

$$\frac{\frac{3}{2} m_1 v_{1g}}{\frac{3}{4} m_1 v_{1g}^2} = \frac{v_{2п} m_2}{\frac{1}{4} m_2 v_{2п}^2}$$

$$\frac{1}{2} v_{1g} = v_{2п} \Rightarrow \frac{v_{2п}}{v_{1g}} = 0,5$$

4) возведем (1) в квадрат и поделим (2) на (1)

$$3 m_1 = m_2$$

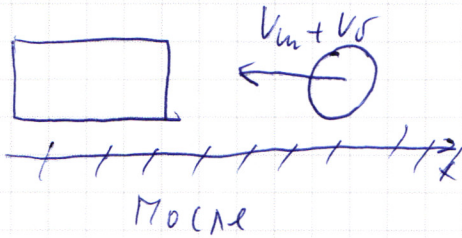
$$\frac{m_2}{m_1} = 3$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

До

Будем решать в (0) бруски т.к.  $M \gg m$



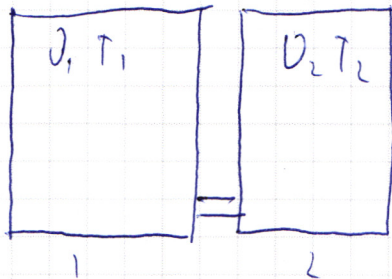
1) З(У:

$$m(V_{in} + v_0) = m(4V_{in} - v_0)$$

$$2v_0 = 3V_{in}$$

$$\frac{v_0}{V_{in}} = \frac{3}{2}$$

№4



1) ур-ние Менделеева - Клапейрона:

До

$$\textcircled{1} P_1 V = \nu_1 R T_1 \quad P_2 V = \nu_2 R T_2 \quad \textcircled{2}$$

После

$$\textcircled{3} 2\nu P_{1н} = \nu_2 R T \quad 2\nu P_{2н} = \nu_2 R T \quad \textcircled{4}$$

2) Важно заметить, что  $\nu_1 R T_1 = \nu_2 R T_2$

$$831 = 831 \Rightarrow P_1 V = P_2 V$$

$$P_1 = P_2 \quad \textcircled{5}$$

Добавим в условие было дано

3) т.к. нет внешних воздействий, то суммарное давление = const.

Сложим  $\textcircled{1}$  и  $\textcircled{2}$  вправо и влево  $\textcircled{3}$  и  $\textcircled{4}$

$$2P_1 V = \nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2$$

$$P_1 = (P_{1н} + P_{2н}) \Rightarrow \nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2 = \nu R T$$

$$2V (P_{1н} + P_{2н}) = \nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2 \Rightarrow \frac{\nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2}{\cancel{\nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2}} = (\nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2) \cdot \frac{1}{\cancel{\nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2}}$$

$$\frac{\kappa (V_1 R T_1 + V_2 R T_2)}{(V_1 + V_2) R} = T$$

$$\frac{\kappa (V_1 T_1 + V_2 T_2)}{V_1 + V_2} = T = \frac{\kappa \cdot 100}{\frac{5}{6}} = \frac{400}{8} \cdot 6 = 480 \text{ К. } 140 \text{ К}$$

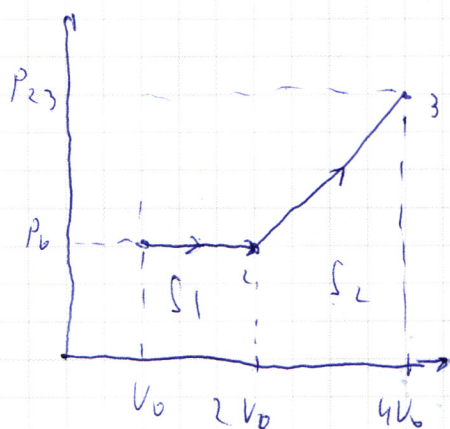
4) 1) закон Дальтона:  $P_{обш} = P_{1H} + P_{2H}$

Получим (3) и (4)

$$\frac{P_{1H}}{P_{2H}} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow P_{обш} = P_{2H} \left( \frac{V_2}{V_1} + 1 \right)$$

$$\begin{aligned} \frac{P_{обш}}{P_1} &= \frac{P_{1H}}{P_1} \left( \frac{V_2}{V_1} + 1 \right) = \frac{T}{2T_1} \left( \frac{V_2}{V_1} + 1 \right) = \frac{\kappa}{2} \frac{(V_1 T_1 + V_2 T_2)}{(V_1 + V_2) T_1} \cdot \left( \frac{V_2}{V_1} + 1 \right) = \\ &= \frac{240}{200} \cdot \frac{5}{3} = 2 \end{aligned}$$

15



$$\begin{aligned} 1) \quad P_0 V_0 &= \nu R T_0 \\ P_0 2V_0 &= \nu R T_{12} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{12} &= 2T_0 \\ 4 P_{23} V_0 &= \nu R T_0 \\ 8 P_0 V_0 &= \nu R T_{23} \end{aligned}$$

$$T_{23} = 8T_0 \Rightarrow \frac{T_{23}}{T_0} = 8.$$

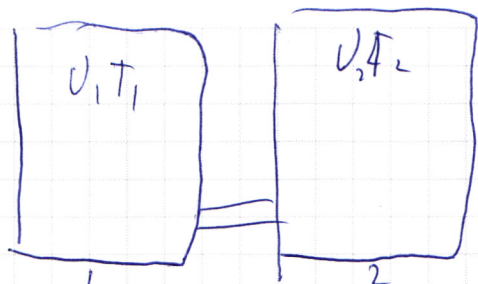
2) A - площади под графиком

$$S_1 = P_0 \cdot V_0$$

$$S_2 = \left( \frac{P_0 + P_{23}}{2} \right) \cdot 2V_0 = \frac{9P_0}{2} \cdot 2V_0 = 9P_0 V_0$$

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{P_0 V_0}{9P_0 V_0} = \frac{1}{9}$$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



уравнение Менделеева Клапейрона:

До

①  $P_1 V = \nu_1 R T_1$

②  $P_2 V = \nu_2 R T_2$

$P = P_{H1} \left( \frac{V_2}{V_1} + 1 \right)$

После

③  $2\nu P_{H1} = \nu_1 R T$

④  $2\nu P_{2H} = \nu_2 R T$

$\frac{P}{P_1} = \frac{T}{T_1} \cdot 2 \left( 1 + \frac{V_2}{V_1} \right)$

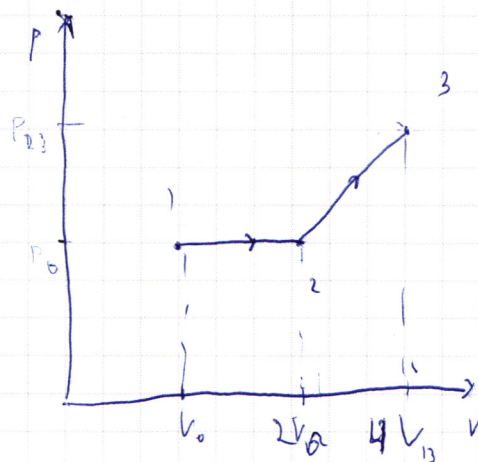
$\frac{P_{1H}}{P_{2H}} = \frac{\nu_1}{\nu_2}$

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

$\frac{P_2}{2P_{2H}} = \frac{T_2}{T}$

$\frac{P_1}{2P_{1H}} = \frac{T_1}{T}$

$\frac{P_1}{2P_{2H}} = \frac{\nu_1 T_1}{\nu_2 T}$



$\frac{P_0 \cdot V_0}{\left( \frac{P_0 + P_{23}}{2} \right) \cdot 2V_0}$

~~V P H~~

$\alpha = \frac{1}{2.33}$

$V_0 P_0 T_0$

$2V_0 = \alpha V_0 T$

$2V_0 P_0 = \nu R T_{12}$

$T_{12} = 2T_0$

$V_0 P_0 = \nu R T_0$

$2V_0 P_0 = \nu R T_0$

$8V_0 P_{23} = \nu R T_{23}$

$\frac{T_0}{T_{23}} = 8$

$8V_0 P_{23} = \nu R \frac{T_0}{8}$

~~$\frac{P_0}{8P_{23}} = \frac{P_0}{P_{23}} = \frac{P_0}{P_0/8} = 8$~~

$$P_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$\angle P_0 V_0 = \nu R T_{12} \quad T_{12} = 2T_0$$

$$\& P_0 V_0 = \nu R T_{23} \quad T_{23} = 8T_0$$

$$\& P_{23} \cdot V_0 = \nu R T_{23}$$

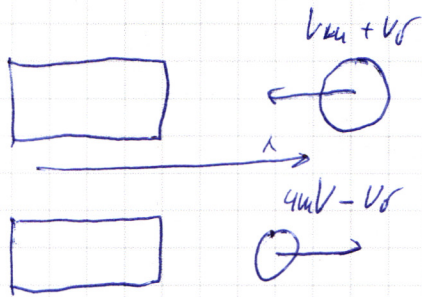
$$P_0 = P_{23}$$

$$\frac{P_{23}}{T_{23}} = \frac{P_0}{T_0}$$

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_{23} V_0}{T_{23}} = \frac{2P_0 V_0}{2T_0}$$

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

В CD прыска  $v_3$



$$\frac{v_m}{v_s} = ?$$

$$Mv_s + mv_m = Mv_s + 4mv_m$$

$$-m(v_m + v_s) = (4mv_m - v_s)m$$

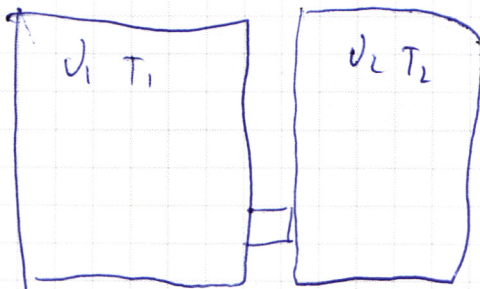
$$-v_m + v_s = 4v_m - v_s$$

$$v_m + v_s = 4v_m - v_s$$

$$2v_s = 3v_m$$

$$\frac{v_s}{v_m} = \frac{3}{2}$$

в/ч



$$v_1 = v_2$$

$t = ?$

$$\frac{P}{P_1} = ?$$

Земелье:  
17 осле

$$P_1 = \nu_1 R T_1$$

$$P_2 = \nu_2 R T_2$$

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

$$P_1 + P_2 = R(\nu_1 T_1 - \nu_2 T_2)$$

$$2\nu P_{H1} = \nu_1 R T_1$$

$$2\nu P_{H2} = \nu_2 R T_2$$

$$\frac{P_{H1}}{P_{H2}} = \frac{\nu_1 T_1}{\nu_2 T_2}$$

$$P_{total} = P_{H2} + P_{H1} = P_{H1} \left( \frac{\nu_1}{\nu_2} + 1 \right)$$

$$\frac{P_1}{2P_{H1}} = \frac{T_1}{T} \quad , \quad P_2 \cdot \frac{\nu_1 T_1}{\nu_2 T_2} \cdot \frac{1}{2P_{H1}} = \frac{T_1}{T}$$

$$\frac{P_2}{2P_{H2}} = \frac{T_2}{T}$$

$$\frac{P_2}{2P_{H2}} = \frac{T_2}{T}$$

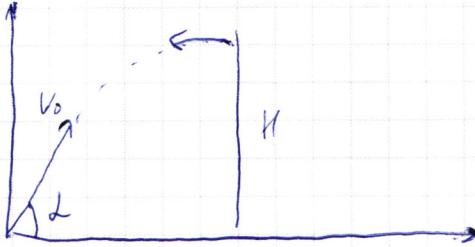
$$\frac{P_2}{2P_{H1}} = \frac{\nu_2 T_2}{\nu_1 T}$$

$$\frac{P_2}{2P_{H1}}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



$$\frac{dx}{dt}$$

$\sqrt{3}$

$$\sqrt{1^2 + 3} = \sqrt{4} = 2$$

Угол  $\alpha$

$$x = v_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{g}$$

$$x = \frac{g t_0}{\sin \alpha} \cdot \cos \alpha \cdot 2 t_0 = \frac{2 g t_0^2}{\tan \alpha}$$

$$H = v_0 \sin \alpha \cdot t_0 - \frac{g t_0^2}{2}$$

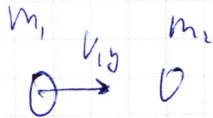
$$\frac{g t_0}{\sin \alpha} \cdot t_0 \cdot \sin \alpha - \frac{g t_0^2}{2}$$

$$\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

№2

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

$$\frac{v_{2n}}{v_{1g}} = ?$$



$$m_1 v_{1g} = -\frac{m_1 v_{1g}}{2} + m_2 v_{2n} ; \quad \frac{3}{2} m_1 v_{1g} = m_2 v_{2n}$$

$$\frac{m_1 v_{1g}^2}{2} = \frac{m_1 \frac{v_{1g}^2}{4}}{2} + m_2 v_{2n}^2 \quad \frac{3}{4} m_1 v_{1g}^2 = m_2 v_{2n}^2$$

$$\frac{3}{4} m_1 v_{1g}^2 \cdot \frac{4}{3 m_1 v_{1g}^2} = \frac{m_2 v_{2n}^2}{m_1 v_{1g}^2}$$

$$3 m_1 = m_2$$



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)