

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 3-042

(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 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 2 раза больше его начальной скорости.

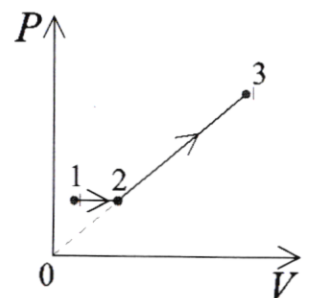
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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  $V$ .

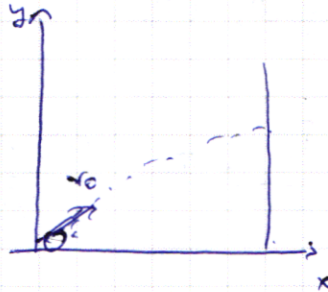




ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)  $\alpha = 30^\circ$   
 $T = 6.5 \text{ c}$

- 1) L-?  
2) H-?



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

$$\frac{2T}{2 \sin \alpha} = v_0 =$$

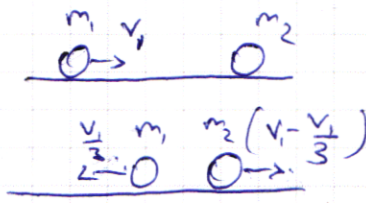
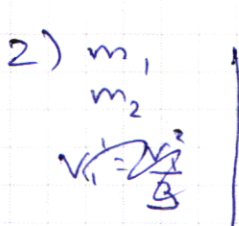
$$= 15 \text{ м/с}$$

1).  $L = v_0 \cdot \frac{T}{2} = 15 \cdot \frac{6.5}{2} = \frac{22.5}{2} \text{ м}$

2). шар приземляется в начальном месте потому что столкновения упругое и шар ударился в стену в ~~смысле~~ H\_max

$$\Rightarrow H_{\text{max}} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{22.5^2 \cdot \frac{1}{4}}{2 \cdot 10} = \frac{22.5}{80} = \frac{4.5}{16} \text{ м}$$

Ответ  $\frac{22.5}{2}$ ;  $\frac{4.5}{16}$  м.



$$P_1 = m_1 v_1$$

$$P_2 = m_2 \left( v_1 - \frac{v_1}{3} \right) = m_1 \cdot \frac{v_1}{3}$$

$$P_1 = P_2$$

$$m_1 v_1 = m_2 \left( \frac{2v_1}{3} - m_1 \frac{v_1}{3} \right)$$

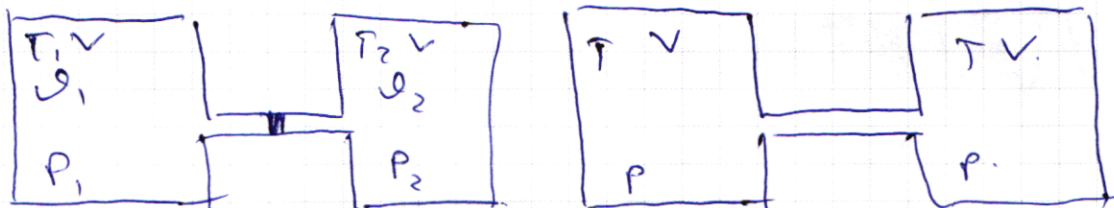
$$m_1 \left( \frac{4v_1}{3} \right) = m_2 \frac{2v_1}{3}$$

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

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

Ответы 2;  
 $\frac{2}{3}$

4.  $J_1 = \frac{1}{3}$   
 $J_2 = \frac{1}{5}$   
 $T_1 = 300^\circ\text{C}$   
 $T_2 = 500^\circ\text{C}$   
 1)  $T = ?$



$$1) \frac{2}{2} J_1 R T_1 + \frac{2}{2} J_2 R T_2 = \frac{2}{2} (J_1 + J_2) R T$$

2)  $\frac{P}{P_2} = ?$

$$\frac{J_1 T_1 + J_2 T_2}{J_1 + J_2} = T = \frac{100 + 100}{\frac{8}{15}} = 240^\circ\text{C}$$

$$2) \begin{cases} P_1 V = J_1 R T_1 \\ P_2 V = J_2 R T_2 \\ P_{\text{общ}} V = (J_1 + J_2) R T \end{cases}$$

$$\frac{2P}{P_2} = \frac{(J_1 + J_2) T}{J_2 T_2}$$

$$\frac{P}{P_2} = \frac{(J_1 + J_2) T}{2 J_2 T_2}$$

$$= \frac{(\frac{1}{3} + \frac{1}{5}) \cdot 240}{2 \cdot \frac{1}{5} \cdot 500} = \frac{126}{200} = 0.63$$

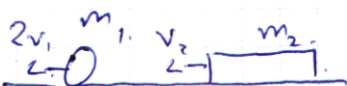
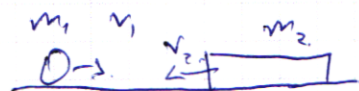
Ответ

$$= \frac{(\frac{1}{3} + \frac{1}{5}) \cdot 375}{2 \cdot \frac{1}{5} \cdot 500 \cdot 100} = \frac{8}{15} \cdot 375 = 200$$

Ответ  $\frac{375}{1}$

3)  $m_2 \gg m_1$

$v_1$   
 $2v_1$



$m_2 \gg m_1 \Rightarrow$  удар неупруг.  
 Отбраски не изменяются.

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

$$\Delta P_2 = 3m_1 v_1$$

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

Ответ 3

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

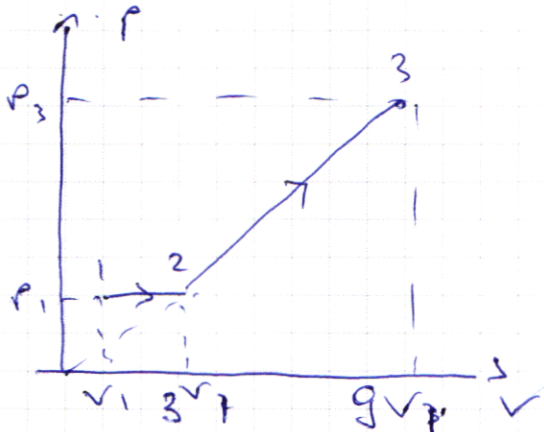
$$3m_1 v_1 = 2m_2 v_2$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5)  $n = 3$   
 $n = 3$

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

2)  $\frac{A_{1-2}}{A_{2-3}}$



$$P_1 \cdot 3V_1 = \nu R T_2$$

$$P_3 \cdot 9V_1 = \nu R T_3$$

$$\begin{cases} 9V_1^2 \nu = \nu R T_2 \\ 81V_1^2 \nu = \nu R T_3 \end{cases} \Rightarrow \frac{T_3}{T_2} = 9$$

$$T_2 = 3T_1$$

$$\frac{T_3}{2T_1} = 9$$

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

2)  $A_{1-2} = P_1 \cdot 2V_1 = 2\nu R T_1$

$$A_{2-3} = \left( \frac{P_1 + P_3}{2} \right) (6V_1) = \frac{1}{2} P_1 V_1 \left( 1 + \frac{P_3}{P_1} \right) (6) = \frac{1}{2} \nu R T_1 (1 + 3) (6) = 6\nu R T_1$$

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

$$A_{2-3} = \frac{1}{2} \nu R T_1 (1 + 3) (6) = 6\nu R T_1$$

$$\frac{A_{1-2}}{A_{2-3}} = \frac{2\nu R T_1}{6\nu R T_1} = \frac{1}{3}$$

Ответы 27;  
 $\frac{1}{6}$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

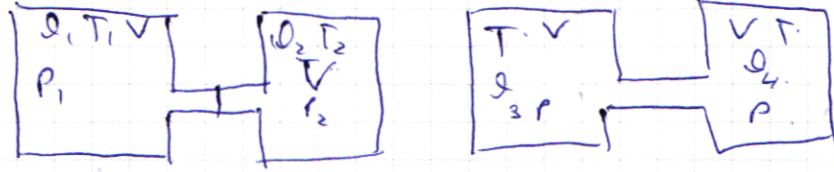
Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4.)  $\rho_1 = \frac{1}{3}$   
 $T_1 = 300 \text{ K}$   
 $\rho_2 = \frac{1}{5}$   
 $T_2 = 500 \text{ K}$   


---

 $T = ?$



$P_2 = n_2 k T$

$P_1 = n_1 k T_1$

$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\rho_1 T_1}{\rho_2 T_2}$

$\mu = \frac{3}{2} k T$

$P V = \rho R T$

$\frac{P M}{V} = \rho$

$P \frac{M_1}{\rho_1} = \rho_1 R T_1$

$P_1 \frac{M_1}{\rho_1} = \rho_1 R T_1$

$n_1 = \frac{M_1}{V_1}$

$n_2 = \frac{M_2}{V_2}$

$P_2 \frac{M_2}{\rho_2} = \rho_2 R T_2$

~~$n_1 + n_2 = \frac{M_1 + M_2}{V}$~~

$R$

$\frac{\rho_1 T_1}{\rho_2 T_2} = \frac{n_1 T_1}{n_2 T_2}$

$\rho_1 + \rho_2 = \rho_1 + \rho_2$

~~$2V$~~

$n_1 + n_2 = \frac{M_1 + M_2}{2V}$

$\frac{3}{2} \rho_1 R T_1 + \frac{3}{2} \rho_2 R T_2 =$

$= \frac{3}{2} (\rho_1 + \rho_2) R T$

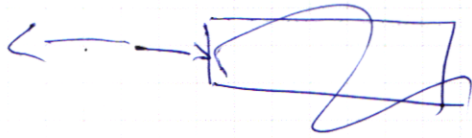
$\rho_1 T_1 + \rho_2 T_2 = (\rho_1 + \rho_2) T$

$\begin{array}{r} +15 \\ +200 \\ \hline 3000 \end{array} \Big| 8$

$\frac{1}{3} \cdot 300 + \frac{1}{5} \cdot 500$

$\frac{\frac{100}{3} + 100}{\frac{1}{3} + \frac{1}{5}} = T = \frac{1500}{8} = 187.5$

3/

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

$$P_2 = m_2 v_2' + m_1 2v_1$$

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

$$v_2' = 2v_1 - v_2$$

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

$$\Rightarrow v_1 (3m_1)$$

$$3m_1 v_1 = m_2 v_2$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{3m_1}{m_2} \left( \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{4v_1^2 m_1}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} \right)$$

$$0 = \frac{5m_1 v_1^2}{2}$$

$$-m_1 v_1 + m_2 v_2 = 4m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$m_1 v_1 = m_2 \left( v_1 + v_1 - \frac{v_1}{3} \right) - m_1 \frac{v_1}{3}$$

$$m_1 v_1 = m_2 \left( 2v_1 - \frac{v_1}{3} \right) - m_1 \frac{v_1}{3}$$

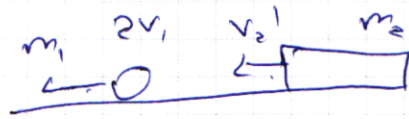
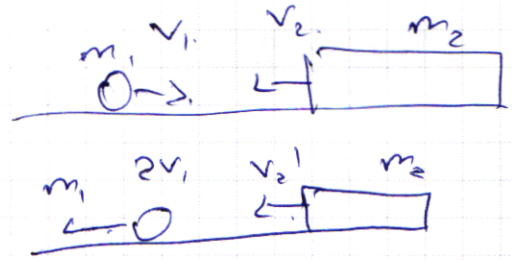
$$m_1 \left( v_1 + \frac{v_1}{3} \right) = m_2 \left( \frac{5v_1}{3} \right)$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{\frac{4v_1}{3}}{\frac{5v_1}{3}} = \frac{4}{5}$$

$$2v_1 - \frac{v_1}{3}$$

$$\frac{5v_1}{3}$$

$$\frac{5v_1}{3} = \frac{v_1}{3}$$



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

$$P_1 = m_2 v_2 - m_1 v_1$$

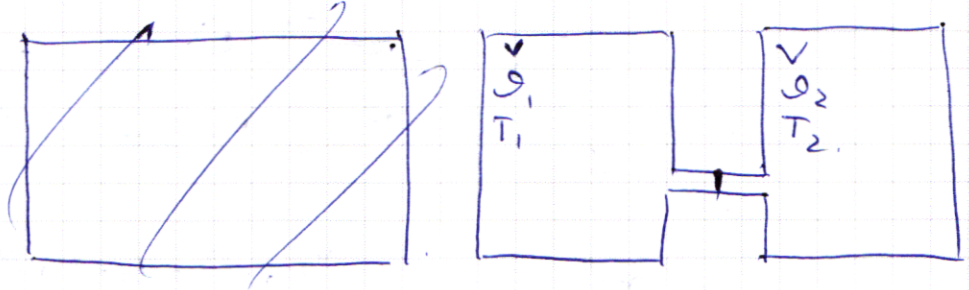
$$\frac{m_2 v_2^2}{2}$$

$$m_1$$

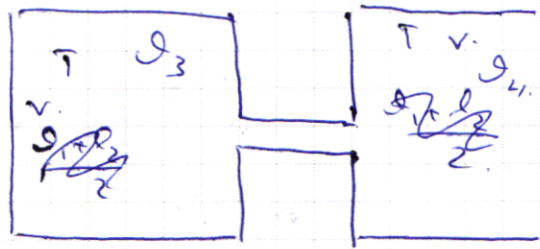


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4)  $g_1 = \frac{1}{3}$   
 $T_1 = 3000 \text{ ?}$   
 $g_2 = \frac{1}{5}$   
 $T_2 = 5000 \text{ ?}$



1) T-?

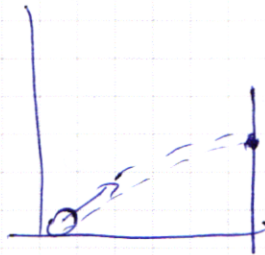


$\rho = \frac{1}{3} \rho \sqrt{2}$

1/  $\alpha = 30^\circ$   
 $t_0 = 1,5$

- 1) L-?
- 2) H-?
- 3)

$\frac{15}{25} \cdot 2$   
 $\frac{15}{22,5}$



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

$2 = v_0 \cdot \frac{t_0}{2}$   
 $= 15 \cdot \frac{1,5}{2} = 22,5$

$\frac{Tg}{2 \sin \alpha} = v_0$

$\frac{1,5 \cdot 10}{2 \cdot \sin \alpha} = v_0$

$15 = v_0$

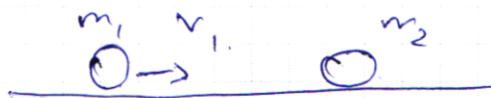
$v = v_0 \sin \alpha \cos \alpha$

$v = 15 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 15 \frac{\sqrt{3}}{2}$

$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{225 \cdot \frac{1}{4}}{20} = \frac{225}{80}$

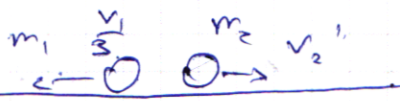
$\frac{225}{25} = 9$   
 $9 - \frac{20}{25} = 8,2$

2/  $m_1$   
 $m_2$   
 $v_2 = \frac{v_1}{3}$   
 $\frac{m_2}{m_1} = ?$



$$m_1 \left( v_1 - \frac{v_1}{3} \right) = m_2 v_2$$

$$P_1 = m_1 v_1$$



$$P_2 = m_2 v_2 - m_1 \frac{v_1}{3}$$

$$m_1 v_1 = m_2 v_2 - m_1 \frac{v_1}{3}$$

$m_1$

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

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{2v_1}{v_1} = 2$$

$$m_1 \left( \frac{2v_1}{3} \right) = m_2 v_2$$

$$\frac{m_1 \frac{2v_1}{3}}{m_2} = v_2$$

$$m_1 v_1 = m_2 v_2 - m_1 \frac{v_1}{3}$$

$$m_1 v_1 = m_2 \frac{m_1 \frac{2v_1}{3}}{m_2} - m_1 \frac{v_1}{3}$$

$$P_2 v_2 = \Delta R T_2$$

$$P v =$$

$$m_1 v_1 = m_2 \frac{2v_1}{3} - m_1 \frac{v_1}{3}$$

$$\frac{200}{8} = 25$$

$$P_1 v_1 = \Delta R T_1$$

$$P_2 v_2 = \Delta R T_2$$

$$m_1 \left( v_1 + \frac{v_1}{3} \right) = m_2 \frac{2v_1}{3}$$

$$P_2 v_2 = \Delta R T$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{4v_1}{2v_1}$$

$$\frac{25}{1.5} = 16.67$$

$$\frac{15}{7.5} = 2$$



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)