

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 15-008

(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? $\approx 5,6\sqrt{3}$
 - 2) Найти высоту H от поверхности земли до места удара мяча о стену. $\approx 2,8$
- Ускорение свободного падения считать равным 10 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 $\frac{m_2}{m_1}$. $0,5$
- 2) Найти отношение скорости шарика массой m_2 , после столкновения к скорости шарика массой m_1 до столкновения. $\frac{4}{3}$

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.

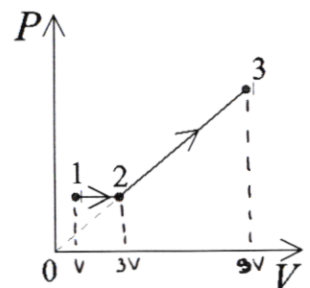
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения. 2

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. 750 К
- 2) Найти отношение конечного давления в смеси газов к начальному давлению в сосуде с температурой T_2 . 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? 27
- 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 . $\frac{1}{12}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

<p>Дано:</p> <p>$\alpha = 30^\circ$</p> <p>$t_0 = 1,5 \text{ c}$</p> <p>$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$</p> <hr/> <p>$L; H = ?$</p>	<p>Решение:</p> <p>1) $L = \frac{V_0 \cos \alpha t_0}{2} =$</p> <p>$= 0,5 g t_0^2 \cos \alpha$ (т.к. $V_0 \sin \alpha = \frac{g t_0}{2}$)</p> <p>2) $H = V_0 \sin \alpha (0,5 t_0) - \frac{g (0,5 t_0)^2}{2} =$</p> <p>$= 0,125 g t_0^2$ (т.к. $V_0 \sin \alpha = \frac{g t_0}{2}$)</p> <p>* $\sin \alpha = 0,5$ * $\cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$</p> <p>1) $L = 0,5 \cdot 10 \cdot 1,5^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \underline{5,625 \sqrt{3} \text{ (м)}}$</p> <p>2) $H = 0,125 \cdot 10 \cdot 1,5^2 = \underline{2,8125 \text{ (м)}}$</p>
<p>Ответ: $L = 5,625 \cdot \sqrt{3} \text{ (м)}$; $H = 2,8125 \text{ (м)}$</p>	

№2.

<p>Дано:</p> <p>$m_1; m_2;$</p> <p>$V_1' = \frac{V_1}{3}$</p> <hr/> <p>$\frac{m_2}{m_1}; \frac{V_2}{V_1} = ?$</p>	<p>Решение:</p> <p>$m_1 V_1 = m_1 V_1' + m_2 V_2$</p> <p>$m_1 V_1 = \frac{m_1 V_1}{3} + m_2 V_2$</p> <p>$m_2 V_2 = \frac{2 m_1 V_1}{3}$</p> <p>$\frac{m_2 V_2^2}{2} = \frac{m_1 V_1^2}{2 \cdot 3^2} + \frac{m_2 V_2^2}{2}$ (1)</p> <p>$m_1 V_1^2 = \frac{m_1 V_1^2}{9} + m_2 V_2^2$</p> <p>$m_2 V_2^2 = \frac{8 m_1 V_1^2}{9}$</p> <p>$\frac{m_2 V_2^2}{2 m_2 V_2} = \frac{8 m_1 V_1^2}{2 m_1 V_1} = \frac{4 V_1}{3} \Rightarrow V_2 = \frac{4}{3} V_1 \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \underline{\frac{4}{3}}$</p> <p>$\frac{2 m_1 V_1}{3} = \frac{4 V_1 m_2}{3} \Rightarrow m_1 = 2 m_2 \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = 2 \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \underline{0,5}$</p>
<p>Ответ: $\frac{m_2}{m_1} = 0,5$; $\frac{V_2}{V_1} = \frac{4}{3}$</p>	

53.

Дано:

$$M \gg m;$$

$$V_1 = 0,5 V_1'$$

$$\frac{V_1}{V_2} = ?$$

Решение:

M - масса бруска; m - масса шарика

Перейдем в с.о. Бруска:

$$m(V_1 + V_2) = m(2V_1 - V_2) \quad \text{м.к.} \quad m(V_1 + V_2) = m(V_1' - V_2)$$

$$V_1 + V_2 = 2V_1 - V_2$$

$$2V_2 = 2V_1 - V_1$$

$$2V_2 = V_1 \quad \Rightarrow \quad \frac{V_1}{V_2} = 2$$

Ответ: $\frac{V_1}{V_2} = 2$

54.

Дано:

$$\nu_1 = \frac{1}{3} \text{ моль}$$

$$\nu_2 = \frac{1}{5} \text{ моль}$$

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

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

$$T; \frac{p}{p_2} = ?$$

Решение:

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

$$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = 0,5 T (\nu_1 + \nu_2) \Rightarrow T = 750 \text{ (K)}$$

$$p_2 V = \nu_2 R T_2 \Rightarrow p \cdot 2V = \nu R T$$

$$\frac{p \cdot 2V}{p_2 V} = \frac{\nu R T}{\nu_2 R T_2} ; \quad \frac{2p}{p_2} = \frac{\nu T}{\nu_2 T_2} \Rightarrow \frac{2p}{p_2} = 4 \Rightarrow \frac{p}{p_2} = 2$$

Ответ: $T = 750 \text{ K}; \frac{p}{p_2} = 2$

55.

$$1.) pV = \nu RT \Rightarrow p \cdot 3V = \nu RT \cdot 3$$

$$2.) 3pV = 3\nu RT \Rightarrow 3 \cdot 3p \cdot 3V = 27\nu RT$$

$$\left. \begin{array}{l} T \Rightarrow 3T \\ 3T \Rightarrow 27T \end{array} \right\} T \Rightarrow 27T$$

$$2. \quad A_1 = 3pV - 1pV = 2pV$$

$$A_2 = 27pV - 3pV = 24pV$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{2pV}{24pV} = \frac{1}{12}$$

Ответ: 1. В 27 2. $\frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{12}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ш1.

$$1) L = \frac{V_0 \cos \alpha t_0}{2} = \frac{0,5 g t_0 \cos \alpha t_0}{2 \sin \alpha} = \frac{g t_0^2 \cos \alpha}{2 \sin \alpha} = \frac{0,5 g t_0^2 \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$V_0 = \frac{g t_0 \cos \alpha}{\sin \alpha}$

$$2) H = \frac{V_0 \sin \alpha t_0}{2} - \frac{g (0,5 t_0)^2}{2} = \frac{V_0 \sin \alpha t_0}{2} - \frac{0,25 g t_0^2}{2} = \frac{0,5 g t_0^2 - 0,25 g t_0^2}{2}$$

$$= \frac{0,25 g t_0^2}{2} = \frac{g t_0^2}{8} = 0,125 g t_0^2$$

$$1) L = 0,5 \cdot 10 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{5 \cdot 2,25 \cdot \sqrt{3}}{2} = 5,625 \sqrt{3}$$

$$2) H = 0,125 \cdot 10 \cdot 2,25 = 2,8125$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 4,5 \\ \hline 17,5 \\ + 1,5 \\ \hline 19,0 \\ \hline 2,25 \\ \hline 11,25 \\ \hline 4,50 \\ \hline 5,625 \end{array}$$

ш2.

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

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

$$\frac{m_1 V_1^2}{3} = \frac{m_1 V_1^2}{2 \cdot 9} + \frac{m_2 V_2^2}{2}$$

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

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

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

$$V_2 = \frac{4 V_1 \cdot 3}{3} = \frac{4}{3} V_1$$

~~ш1~~

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

$$m_1 = 2 m_2$$

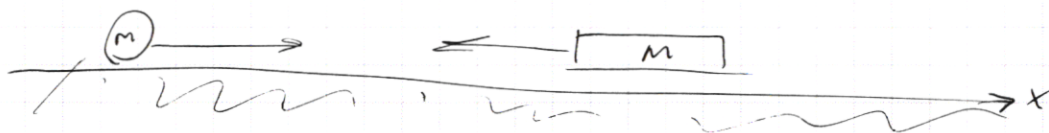
$$\begin{array}{r} 1,25 \\ \times 2,25 \\ \hline 1,25 \\ 2,50 \\ \hline 2,8125 \end{array}$$

$\frac{2 \cdot 3}{4} = \frac{6}{4} = \frac{3}{2}$

$\frac{3}{2} \cdot \frac{5}{4} = \frac{15}{8}$

2,8125

у3.



$$M \gg m$$

~~$$m v_1 - M v_2 = 2m v_1 + M v_2$$

$$M(v_2 + v_2') = -m v_1$$~~

~~$$m v_1 + M v_2 = M v_2' - m v_1'$$~~

~~$$2m v_1 = M(v_2 + v_2')$$~~

В. с.о. бруска:

~~$$m v_1 + M v_2 = 2m v_1 + M v_2$$~~

$$m(v_1 + v_2) = m(2v_1 - v_2)$$

$$v_1 + v_2 = 2v_1 - v_2$$

$$v_2 + v_2 = 2v_1 - v_1$$

$$\boxed{2v_2 = v_1}$$

у4.

$$1) p_1 V = \nu_1 R T_1 \Rightarrow p_0 2V = \nu R T = \nu_1 R T + \nu_2 R T = (\nu_1 + \nu_2) R T$$

$$2) p_2 V = \nu_2 R T_2 \Rightarrow$$

~~$$p_1 V_1 + p_2 V_2 = \nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2$$~~

~~$$p_1 V_1 + p_2 V_2 = \nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2$$~~

$$p_1 V_1 + p_2 V_2 = \nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2 = R T_1 (\nu_1 + \nu_2)$$

~~$$p_1 R T_1 + p_2 R T_2 = R T_1 (\nu_1 + \nu_2)$$~~

~~$$\frac{2p_1 V}{p_2 V} = \frac{\nu R T}{\nu_2 R T_2}$$~~

$$\nu = \frac{8}{15}; T = 750; T_2 = 500$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5.

1. 1) $pV = \nu RT \Rightarrow p3V = \nu RT$

$T \Rightarrow 3T$

2) ~~3000~~

$3pV = 3\nu RT \Rightarrow 3p3 \cdot 3V = \boxed{27 \nu RT}$

$3T \Rightarrow 27T$

⇓

$T \Rightarrow \boxed{27T}$

2. $A_1 = 2pV$

$A_2 = 24pV$

$\frac{1 \cdot 2pV}{24pV} = \boxed{\frac{1}{12}}$

$\nu_1 RT_1 + \nu_2 RT_2 = \frac{(\nu_1 + \nu_2) RT}{2}$

$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = 0,5 T (\nu_1 + \nu_2)$

$\frac{1 \cdot 300}{3} + \frac{1 \cdot 500}{5} = 0,5 T \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{5} \right)$

$100 + 100 = 0,5 T \left(\frac{8}{15} \right)$

$200 = 0,5 T \frac{8}{15}$

$200 = \frac{4T}{15}$

$4T = 3000$

$\boxed{T = 750}$

~~3000~~

⊙

$p_2 V = \nu_2 RT_2 \Rightarrow p_2 V = \nu RT$

$\frac{p_2 V}{2pV} = \frac{\nu_2 RT_2}{\nu RT}$

⊙ $\frac{1}{15} \cdot 200 = \frac{1}{24} \cdot 27T$

$$\begin{array}{r} \frac{1}{15} \cdot 200 \\ \hline 3000 \cdot 15 \\ - 20 \cdot 15 \\ \hline 20 \cdot 15 \\ - 20 \cdot 15 \\ \hline 750 \end{array}$$

$$\frac{2p}{P_2} = \frac{\Delta T}{v_2 T_2}$$

$$\frac{2p}{P_2} = \frac{8 \cdot 750 \cdot 8}{15 \cdot 500 \cdot 1} = \frac{8 \cdot 750 \cdot 8}{15 \cdot 100 \cdot 2} = 4$$

$$4p_2 = 2p$$

$$\boxed{\frac{p}{P_2} = 2}$$



2) 27. у 1.

$$H = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \sin \alpha \cdot 0,75 - \frac{10 \cdot 0,75^2}{2} =$$

$$= 0,75 (v_0 \sin \alpha - 5 \cdot 0,75) = 0,75 (v_0 \sin \alpha - 3,75) =$$

$$= 0,75 (7,5 - 3,75) = 0,75 \cdot 3,75 = 2,8125 \quad \checkmark$$

$$\begin{array}{r} 3,75 \\ \times 0,75 \\ \hline 1875 \\ 2625 \\ \hline 28125 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} v_0 \sin \alpha = \\ = gt = \\ = 7,5 \\ - 3,75 \\ \hline 3,75 \\ \times 0,75 \\ \hline 1875 \\ 2625 \\ \hline 28125 \end{array}$$

$$L = v_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{7,5 \cdot \cos \alpha \cdot 1,5}{0,5 \cdot 2} =$$

$$= \frac{3 \cdot 7,5 \cdot \cos \alpha}{2} = 7,5 \cdot 1,5 \cdot \cos \alpha = \frac{7,5 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{2}}{2} =$$

$$= 3,75 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{2} = 5,625 \sqrt{2} \quad \checkmark$$

$$\checkmark \boxed{28125}$$

$$\begin{array}{r} 3,75 \\ \times 1,5 \\ \hline 1875 \\ 375 \\ \hline 5625 \end{array}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

15-008

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)»

15-008

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)