

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 5-030

(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 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.

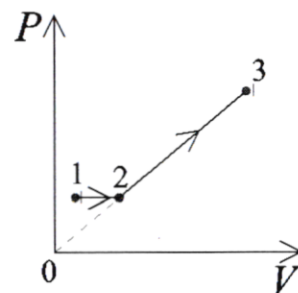
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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 .

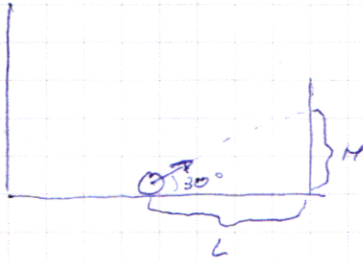
5. Объем идеального газа увеличивается в $n=3$ раза в изобарическом процессе, а затем еще раз увеличивается в $n=3$ раза в процессе прямо пропорциональной зависимости давления газа P от его объема V .

- 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

1.



Дано
 $t_0 = 1,5 \text{ с}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $\alpha = 30^\circ$
 $L = ?$
 $H = ?$

Решение

$$L = v_0 t \cos \alpha$$

$$L = 1,5 v_0 \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$L = \frac{g \sqrt{3}}{8}$$

$$H = v_0 t + \frac{g t^2}{2}$$

$$H = 2,25 L \cdot 12,5$$

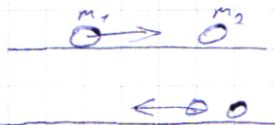
$$H = \frac{g}{4} L + 12,5$$

$$H = \frac{g}{4} \cdot \frac{g \sqrt{3}}{8} + 12,5$$

$$H = \frac{8 \sqrt{3}}{32} + 12,5$$

Ответ: $L = \frac{g \sqrt{3}}{8}$; $H = \frac{8 \sqrt{3}}{32} + 12,5$

2.



Дано
 $m_2 = 3 m_1$
 ~~m_2~~
 $\frac{m_2}{m_1} = ?$
 $\frac{v_2}{v_0} = ?$

Решение

$$m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{3}{1}$$

$$\frac{v_2}{v_0} = \frac{m_1 v_0 - m_1 v_1}{m_2} = \frac{m_1}{m_2} \frac{v_0 - v_1}{v_0}$$

$$\frac{v_2}{v_0} = \frac{m_1 (v_0 - v_1) m_2}{m_2 m_1 v_0} = \frac{v_0 - v_1}{3 v_0}$$

$$\frac{v_2}{v_0} = \frac{1}{3}$$

Ответ: $\frac{m_2}{m_1} = \frac{3}{1}$; $\frac{v_2}{v_0} = \frac{1}{3}$

3. 

Дано

$$m_1 > m_2$$

$$2m_0 = m_1$$

$$\frac{v_2}{v_0}$$

Решение

$$v_1 = 2v_0$$

$$m_1 v_0 + m_2 v_2 = m_1 v_1 + m_2 v_3$$

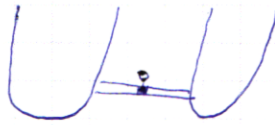
$$\frac{v_2}{v_0} = \frac{(m_1 v_1 + m_2 v_3 - m_1 v_0) m_1}{m_2 (m_1 v_1 + m_2 v_3 - m_1 v_0)} = \frac{m_1 (2v_0 (m_1 + m_2) + m_2 v_3)}{m_2 v_2 (m_1 + m_2)}$$

$$v_3 - v_2 = 2v_1$$

$$\frac{v_2}{v_0} = \frac{m_1 (2v_0 + m_2 v_3 - 2m_1 v_0)}{m_2 v_1} = \frac{m_1 (2v_3 - 1)}{2}$$

Ответ: $\frac{v_2}{v_0} = \frac{m_1 (2v_3 - 1)}{2}$

4.



$$V_1 = V_2$$

$$\nu_1 = \frac{1}{3} \text{ моль} \quad \nu_2 = \frac{1}{5} \text{ моль}$$

$$T_1 = 300 \text{ K} \quad T_2 = 500 \text{ K}$$

$$p_1 \quad p_2$$

Дано:

$$R = 8,31$$

$$V_1 = V_2$$

$$\nu_1 = \frac{1}{3} \text{ моль}$$

$$\nu_2 = \frac{1}{5} \text{ моль}$$

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

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

$$T_{\text{см}} = ?$$

$$\frac{p_{\text{концы}}}{p_2} = ?$$

Решение

$$U = \frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2$$

$$U = 2493 \text{ Дж}$$

$$U = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T_{\text{см}}$$

$$T_{\text{см}} = \frac{2493}{2,8} \text{ K}$$

Ответ: $T_{\text{см}} = \frac{2493}{2,8} \text{ K}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5. Дано
 $3V_1 = V_2 - p = \text{const}$

$$3V_2 = V_3$$

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

$$\frac{A_{12}}{A_{23}} = ?$$

Решение

$$p_1 = p_2 \quad 3p_2 = p_3$$

$$A_{12} = p_1 V_1 + p_1 V_2 = p_1 (V_1 + V_2)$$

$$A_{23} = p_2 V_2 + p_3 V_3$$

$$\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{p_1 (V_1 + V_2)}{2p_2 V_2 + p_3 V_3} = \frac{4p_1 V_1}{V_2 (p_2 + 3p_3)} = \frac{4p_1 V_1}{3V_1 (p_2 + 3p_3)}$$

$$= \frac{4p_1}{3p_2 + 9p_3} = \frac{4p_2}{3p_2 + 2 \cdot 3p_2} = \frac{4}{30} = \frac{2}{15}$$

$$\frac{T_3}{T_1} = \frac{15}{2} = 7,5$$

$$\text{Ответ: } \frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{2}{15}; \quad \frac{T_3}{T_1} = 7,5$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

5-030

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Grid area for writing the answer.

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

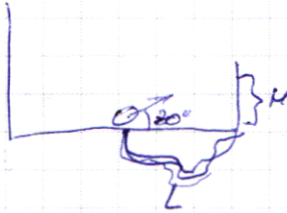


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.



$$t_0 = 2,5 \text{ с.}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$H = v_0 t + \frac{gt^2}{2} = 12,5$$

$$L = 20 t \cos \alpha$$

$$H = 20 t + 12,5$$

$$H = 1,520 + 12,5$$

$$L = 1,520 \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$H = 1,5 L + 12,5$$

$$H = 2,25 L + 12,5$$

~~$$L = \frac{H - 12,5}{1,5}$$~~

~~$$L = \frac{2,25 L + 12,5 - 12,5}{1,5}$$~~

$$L = \frac{g}{4} L \frac{\sqrt{3}}{2} = 12,5$$

$$L = \frac{4\sqrt{3}}{8}$$

Handwritten calculations for the first problem:

$$\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 8,66$$

$$8,66 \cdot 1,5 = 12,99$$

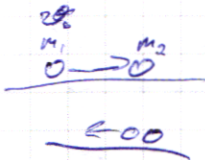
$$12,99 + 12,5 = 25,49$$

$$\frac{25,49}{2} = 12,745$$

$$12,745 \cdot 1,5 = 19,1175$$

$$\frac{19,1175}{1,5} = 12,745$$

2.



$$m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2'$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{v_0 - v_1}{v_2'}$$

$$\frac{20}{20} = \frac{20 - 0}{v_2'} = \frac{3}{1}$$

$$\frac{m_1 v_0 - m_1 v_1}{m_2} = \frac{m_1 v_0 + m_2 v_2'}{m_1}$$

$$\frac{v_0 - v_1}{v_2'} = 2$$

~~$$m_1 v_0 - m_1 v_1 = m_2 v_2' + m_1 v_1$$~~

$$v_2' = \frac{m_1 v_0 - m_1 v_1}{m_2}$$

$$\frac{m_1 v_0 - m_1 v_1}{m_2} = \frac{m_1}{m_1 v_1 + m_2 v_2}$$

$$\frac{m_1 (v_0 - v_1) m_1}{m_2 (m_1 v_1 + m_2 v_2)}$$

$$\frac{m_1 (v_0 - v_1) m_1}{m_2 \cdot m_1 v_0}$$

$$\frac{m_1 (v_0 - v_1)}{m_2 v_0}$$

$$\frac{+ (v_0 - v_1)}{3 v_0}$$

$$\frac{v_0 - v_1}{3 v_0} = \frac{v_2}{v_0}$$

$$\frac{v_2}{v_0} = \frac{1}{3}$$

3.

$\Rightarrow \Leftarrow$

$$v_1 = 2v_0$$

$$m_1 v_0 + m_2 v_2 = m_1 v_1 + m_2 v_3$$

$$\frac{v_2}{v_0}$$

$$v_0 = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_3 - m_2 v_2}{m_1}$$

$$v_0 = \frac{m_1 v_1}{m_1}$$

$$\frac{v_2}{v_0} = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_3 - m_1 v_0}{m_2 (m_1 v_1 + m_2 v_3 - m_2 v_2)}$$

$$= \frac{m_1 (m_1 (v_1 - v_0) + m_2 v_3)}{m_2 (m_1 v_1 + m_2 (v_3 - v_2))}$$

$$= \frac{m_1 (m_1 v_0 + m_2 v_3)}{m_2 (m_1 v_1 + m_2 v_2)} = \frac{m_1 (m_1 v_0 + m_2 v_3)}{m_2 v_1 (m_1 + m_2)}$$

$$= \frac{m_1 (m_1 v_0 + 2m_2 v_0 + m_2 v_2)}{m_2 v_1 (m_1 + m_2)}$$

$$= \frac{m_1 (m_1 v_0 (m_1 + m_2) + m_2 v_2)}{m_2 v_1 (m_1 + m_2)}$$

$$= \frac{m_1 (v_0 + m_2 v_2)}{m_2 v_1} = \frac{m_1 (v_0 + m_2 v_2)}{m_2 v_1}$$

$$\frac{m_1 (v_0 + m_2 v_3 - 2m_2 v_0)}{m_2 v_1} =$$

$$= \frac{m_1 (v_0 (1 - 2m_2) + m_2 v_3)}{2m_2 v_0} =$$

$$= \frac{m_1 (1 - 2m_2 + m_2 v_3)}{2m_2} =$$

$$= \frac{m_1 (1 - 2m_2 (2 + v_3))}{2m_2} =$$

$$= \frac{m_1 (1 - 2 - 2v_3)}{2} =$$

$$= \frac{m_1 (-1 - 2v_3)}{2} =$$

$$= \frac{-m_1 (1 + 2v_3 - 1)}{2} = \frac{m_1 (2v_3 - 1)}{2}$$

$$\frac{v_2}{v_0} = \frac{m_1 (2v_3 - 1)}{2}$$

$$v_3 - v_2 = v_1$$

$$v_3 = v_1 + v_2$$

$$v_3 = 2v_0 + v_2$$

$$v_3 - v_1 = v_2$$

$$v_2 = v_3 - 2v_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

У.



$$R = 8,31$$

$$U_1 \approx U_2$$

$$U_1 = \frac{4}{3} \text{ вольт} \quad U_2 = \frac{1}{5} \text{ вольт}$$

$$T_1 = 300 \text{ К} \quad T_2 = 900 \text{ К}$$

$$R_1 \quad R_2$$

$T_{\text{см}} = ?$

$$\frac{R_{\text{полн}}}{R_2} = ?$$

$$U = \frac{3}{2} U_1 R_1 + \frac{3}{2} U_2 R_2$$

$$U = \frac{3}{2} R (U_1 T_1 + U_2 T_2)$$

$$U = 12,465 \cdot 200 = 2493 \text{ Дн}$$

$$T_{\text{см}} = \frac{2493}{R_{\text{полн}}} = \frac{2493}{\frac{R_1 + R_2}{R_2}} = \frac{2493 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$2493 = 7,8 T_{\text{см}}$$

$$T_{\text{см}} = \frac{2493}{7,8}$$

$$\begin{array}{r} 318 \\ 7,8 \overline{) 2493} \\ \underline{234} \\ 153 \\ \underline{153} \\ 0 \\ 430 \end{array}$$

$$2493 = \frac{3}{4} \cdot \frac{2}{75} \cdot 4$$

$$\frac{4}{3} \cdot 8,31$$

$$\begin{array}{r} 2,31 \\ 7,4 \overline{) 21,24} \\ \underline{21} \\ 24 \\ \underline{24} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2689 \\ -132,5 \\ \hline 1308,5 \\ -1246,5 \\ \hline 620 \\ -442 \\ \hline 280 \\ -210 \\ \hline 3 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 249 \\ \times 732,5 \\ \hline 524 \\ \times 732,5 \\ \hline 26848,5 \\ -132,5 \\ \hline 26716,0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 122 \\ 7,38 \overline{) 842,0} \\ \underline{738} \\ 104 \\ \underline{104} \\ 0 \end{array}$$

5.

$$3V_1 = V_2 \quad - p = \text{const}$$

$$3V_2 = V_3$$

$$p_1 = p_2$$

$$3p_2 = p_3$$

$$\frac{T_3}{T_1} = 3,5$$

$$\frac{A_{12}}{A_{23}}$$

$$A_{12} = p_1 V_1 + p_1 V_2 = p_1 (V_1 + V_2)$$

$$A_{23} = p_2 V_2 + p_3 V_3$$

$$\frac{p_1 (V_1 + V_2)}{p_2 V_2 + p_3 V_3} = \frac{4p_1 V_1}{V_2 (3p_2 + 3p_3)}$$

$$= \frac{4p_1 V_1}{3V_1 (p_2 + 3p_3)} = \frac{4p_1}{3p_2 + 9p_3} = \frac{4p_1}{3p_2 + 27p_2} = \frac{4}{30} = \frac{2}{15}$$

$$\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{2}{15}$$

 ~~$3T_2 = T_3$~~