

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр

8-002

(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.

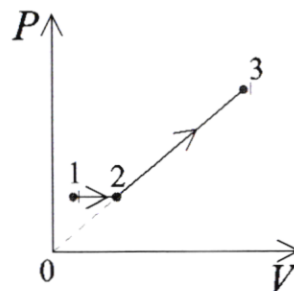
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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

Дано:

$M \gg m$

Перейдем в СД, связанную с брусом:
Положим скорость бруска:

ЗСД: $m(v_0 + v_2) = m(v_1 - v_2)$

$$v_0 + v_2 = v_1 - v_2$$

$$2v_2 = v_1 - v_0 \Rightarrow 2v_2 = v_0 \Rightarrow \boxed{\frac{v_0}{v_2} = 2}$$

Ответ: $\frac{v_0}{v_2} = 2$

Дано:

Применить ЗСД и ЗСЭ:

ЗСД: $m_1 v_0 = m_2 v_2 - m_1 v_1$

$$3m_1 v_1 + m_1 v_1 = m_2 v_2$$

$$4m_1 v_1 = m_2 v_2 (*)$$

ЗСЭ: $\frac{m_1 v_0^2}{2} = \frac{m_2 v_2^2}{2} + \frac{m_1 v_1^2}{2}$

$$3m_1 v_1^2 = m_2 v_2^2 + m_1 v_1^2$$

$$\begin{cases} 8m_1 v_1^2 = m_2 v_2^2 \\ 4m_1 v_1 = m_2 v_2 \end{cases} \Rightarrow 2v_1 = v_2 \rightarrow \text{это выражение им. в ЗСД}$$

$$2 \cdot \frac{2v_0}{3} = v_2 \Rightarrow \boxed{\frac{v_1}{v_0} = \frac{2}{3}}$$

$$4m_1 v_1 = 2m_2 v_2 \Rightarrow 2m_1 = m_2$$

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

Ответ: 1) $\frac{m_2}{m_1} = 2$; 2) $\frac{v_2}{v_0} = \frac{2}{3}$

Дано:

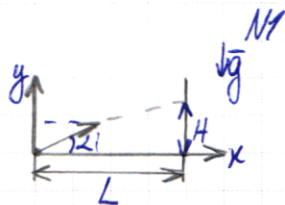
$$\alpha = 30^\circ$$

$$t_0 = 1,5 \text{ c}$$

$$1) L = ?$$

$$2) H = ?$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$



П.к. мяч упал на то же место, то точка, в которой он ударился об землю, была вертикально над местом траектории падения мяча. При таком движении скорость в верхней точке состоит только из горизонтальной составляющей (v_x)

$t_0 = 2t_1$, t_1 - время полета \uparrow удара, либо от удара до приземления

$$\begin{cases} L = v_0 \cos \alpha \cdot t_0 \\ 0 = v_0 \sin \alpha - g t_1 \Rightarrow v_0 \sin \alpha = g t_1 \\ H = \frac{0 - (v_0 \sin \alpha)^2}{-2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} L = \frac{g t_1}{\sin \alpha} \cdot \cos \alpha \cdot 2t_1 \Rightarrow L = g \cdot \frac{t_0^2}{4} \cdot \cos \alpha \\ H = \frac{g^2 t_1^2}{2g} = \frac{g t_1^2}{2} \Rightarrow H = \frac{g t_0^2}{8} \end{cases}$$

$$L \approx \frac{10 \text{ м/с}^2}{4} \cdot 2,25 \text{ c}^2 \cdot \sqrt{3} \approx (2,25)^2 \cdot \sqrt{3} \approx 5,6 \sqrt{3} \text{ м}$$

$$H \approx \frac{10 \text{ м/с}^2}{2} \cdot \frac{2,25 \text{ c}^2}{4} \approx 2,8 \text{ м}$$

Ответ: 1) $L \approx 5,6 \sqrt{3} \text{ м}$; 2) $H \approx 2,8 \text{ м}$.

N4

Дано: $V_1 = V_2$

$$\begin{aligned} i = 3 \\ V_1 = \frac{1}{3} \text{ моль} \\ T_1 = 300 \text{ K} \\ V_2 = \frac{1}{5} \text{ моль} \\ T_2 = 500 \text{ K} \end{aligned}$$

$$1) T = ?$$

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

$$1) \frac{3}{2} V_1 R T_1 + \frac{3}{2} V_2 R T_2 = \frac{3}{2} (V_1 + V_2) R T \Rightarrow T = \frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V_1 + V_2}$$

$$T = \frac{\frac{500}{3} + 100}{\frac{1}{3} + \frac{1}{5}} \text{ K} = \frac{800 \cdot 15}{3 \cdot 8} \text{ K} = 500 \text{ K}$$

$$2) \begin{cases} P' = \frac{(V_1 + V_2) R T}{2V} \\ P_2 = \frac{V_2 R T_2}{V} \end{cases} \Rightarrow \frac{P'}{P_2} = \frac{(V_1 + V_2) R T \cdot V}{2V \cdot V_2 R T_2} \Rightarrow \frac{P'}{P_2} = \frac{V_1 + V_2}{2V_2}$$

$$\frac{P'}{P_2} = \frac{8 \cdot 10}{15 \cdot 4} = \frac{4}{3} \quad \text{Ответ: 1) } T = 500 \text{ K}; 2) \frac{P'}{P_2} = \frac{4}{3}$$

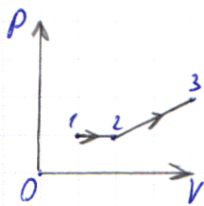
N5

Дано:

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

$$\frac{V_3}{V_2} = 3$$

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



$$\begin{aligned} P_2 &= 2V_2 \\ P_3 &= 2V_3 \end{aligned}$$

$$\begin{cases} \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_2 \cdot 3V_1}{T_2} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 3 \Rightarrow T_2 = 3T_1 \\ \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} \Rightarrow \frac{T_3}{T_2} = \frac{P_3 \cdot 3V_2}{P_2 V_2} = \frac{2 \cdot 3V_2 \cdot 3V_2}{2V_2 \cdot V_2} = 9 \Rightarrow T_3 = 9T_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{T_3}{T_1} = 27$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2) \frac{A_{12}}{A_{23}} = ?$$

$$A_{12} = P_1 \Delta V = P_1 (3V_1 - V_1) = 2P_1 V_1$$

$$\Delta U = Q + A \Rightarrow \Delta U = A$$

$$A_{12} = \Delta U_{12}; A_{23} = \Delta U_{23}$$

$$\begin{cases} \Delta U_{12} = \frac{\nu}{2} \nu R (T_2 - T_1) = 2 \cdot \frac{\nu}{2} \nu R T_2 \\ \Delta U_{23} = \frac{\nu}{2} \nu R (T_3 - T_2) = 8 \cdot \frac{\nu}{2} \nu R T_2 = 24 \frac{\nu}{2} \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{1}{12}$$

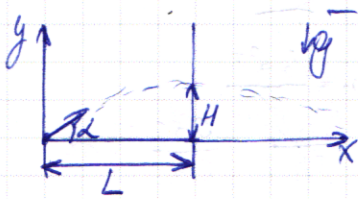
Ответы: 1) $\frac{T_3}{T_2} = 27$; 2) $\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{1}{12}$.



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№1
П.к. для угла в то же место, то высота точки абсолютно
любого удара была вершиной параболы траектории
палки шарика. \Rightarrow В момент удара абсцисса $v_y = 0$

$$L = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{t_0}{2} = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = L$$

$$v_y = 0 = v_0 \sin \alpha - g \frac{t_0}{2} \Rightarrow v_0 \sin \alpha = g \frac{t_0}{2} \Rightarrow v_0^2 \sin^2 \alpha = \frac{g^2 t_0^2}{4}$$

$$H = \frac{0 - (v_0 \sin \alpha)^2}{-2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = H$$

$$H = \frac{g^2 t_0^2}{8g} = \frac{g t_0^2}{8} = \frac{10 \cdot 2,25}{8} = \frac{22,5}{8} \text{ м} \approx 2,8 \text{ м}$$

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

$$H = g t_0 \frac{g t_0^2}{2} = g t_0 (1 - \frac{g t_0}{2})$$

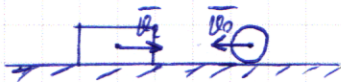
$$g t_0 = 0,675$$

$$g = 9,8$$

$$t_0 = 0,0675$$

$$\begin{array}{r} 3445 \\ + 725 \\ \hline 4170 \\ + 25 \\ \hline 4195 \\ \hline 5,0695 \end{array}$$

Дано:
 $m \ll M$
 $\frac{v_1}{v_0} = 2$
 $\frac{v_0}{v_2} = ?$



Прежде чем в СО, связанную с бруском

$$2m(v_0 + v_2) = m(v_1 - v_2)$$

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

$$2v_2 = v_0 \Rightarrow \frac{v_0}{v_2} = 2$$

Дано:
 $\frac{v_0}{v_1} = 3$
 $\frac{m_2}{m_1} = 1$
 $\frac{v_2}{v_1} = ?$



$$3m_1 v_0 = m_1 v_2 - m_2 v_1$$

$$3m_1 v_0 + m_1 v_1 = m_2 v_2$$

$$4m_1 v_0 = m_2 v_2 \quad (*)$$

$$3m_1 \frac{v_0^2}{2} = \frac{m_2 v_2^2}{2} + \frac{m_1 v_1^2}{2}$$

$$m_1 v_0^2 = m_2 v_2^2 + m_1 v_1^2$$

$$m_1 v_0^2 - m_1 v_1^2 = m_2 v_2^2$$

$$9m_1 v_0^2 - m_1 v_1^2 = m_2 v_2^2$$

$$8m_1 v_0^2 = m_2 v_2^2 \Rightarrow (*) \quad 4m_1 v_0 = m_2 v_2$$

$$\frac{g t_0^2}{2g} = \frac{g t_0^2}{2} \Rightarrow 5 t_0^2 = 5 \frac{2,25}{4} = \frac{11,25}{4}$$

$$H = v_0 \sin \alpha \cdot t_0 - \frac{g t_0^2}{2} = g t_0^2 - \frac{g t_0^2}{2} = \frac{g t_0^2}{2} = 2,25$$

$$g t_0^2 (1 - 0,5) = 5 \cdot t_0^2 = \frac{5}{4} t_0^2$$

Дано: $T_1 = 500\text{К}$
 $v_1 = \frac{1}{2} \text{ м/с}$
 $T_2 = 300\text{К}$
 $v_2 = \frac{1}{2} \text{ м/с}$

$$\frac{1}{2} v_1 R T_1 + \frac{1}{2} v_2 R T_2 = \frac{1}{2} (v_1 + v_2) R T \Rightarrow v_1 T_1 + v_2 T_2 = (v_1 + v_2) T \Rightarrow T = \frac{v_1 T_1 + v_2 T_2}{v_1 + v_2}$$

$$p_1 = \frac{H R (v_1 + v_2) T}{V} \quad p_2 = \frac{v_2 R T_2}{V}$$

$$h_0 = \frac{g \cdot t_n}{\sin \alpha} \quad \frac{g \cdot t_n}{\sin \alpha} \cos \alpha \cdot t_n = g \cdot t_n^2 \cdot \cos \alpha = g \cdot \frac{t_0^2}{4} \cdot \cos \alpha \quad \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2 = \sqrt{3}$$

$$t_n^2 = \frac{t_0^2}{4}$$

$$\frac{2,25}{4} \approx \frac{224,6}{4} \approx 0,56$$

$$M4 \quad T = \frac{\frac{500}{3} + 100}{\frac{1}{3} + \frac{1}{5}} = \frac{\frac{800}{3}}{\frac{28}{15}} = \frac{800 \cdot 15}{3 \cdot 28} = 500K$$

$$\frac{500 \cdot 3,3 + 100}{0,53} \approx \frac{165}{0,53} \approx 310K$$

$$\frac{800 \cdot 15}{24} = \frac{400}{12} \cdot 15 = \frac{200}{6} = \frac{100}{3} = 33,33$$

$$\frac{500}{0,33}$$

$$\frac{p'}{p_2} =$$

$$p' = \frac{VRT}{2V}$$

$$p_2 = \frac{V_2 RT}{2V_2}$$

$$\frac{p'}{p_2} = \frac{(V_1 + V_2)RT}{2V} \cdot \frac{V}{V_2 RT_2} = \frac{V_1 + V_2}{2V_2} = \frac{0,53}{0,4} = 1,325$$

$$\frac{8 \cdot 10}{15 \cdot 4} = \frac{4}{3}$$

$$\frac{0,53 \cdot 500}{0,4 \cdot 500}$$

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

$$\frac{8}{4} = 2 \frac{10}{15}$$

8

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

$$P_2 = 2V_2$$

$$P_3 = 2V_3$$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} \Rightarrow \frac{T_2}{T_3} = 3$$

$$\frac{P_1 3V_1}{T_1} = \frac{9 P_3 V_1}{T_3} \Rightarrow \frac{T_3}{T_2} = 3 \frac{P_3}{P_2} = 3 \frac{V_3}{V_2} = 3 \cdot 3 = 9 \Rightarrow \frac{T_3}{T_2} = 9$$

$$\frac{A_{22}}{A_{23}} = 9 \quad A_{22} = P_2 \Delta V$$

$$A_{23} =$$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3}$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{V_3^2}{V_2^2} \Rightarrow \frac{T_3}{T_2} = 9 \quad \frac{T_3}{3P_2} = 9 \Rightarrow \frac{T_3}{T_2} = 27$$

$$2) A_{22} = P_2 (3V_2 - V_2) = 2P_2 V_2 \quad T \Delta U$$

$$\Delta Q = Q + A \quad \Delta U = A$$

$$\Delta U_{22} = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) = 2 \cdot \frac{1}{2} \nu R T_2$$

$$\Delta U_{23} = \frac{1}{2} \nu R (T_3 - T_2) = 8 \cdot \frac{1}{2} \nu R T_2$$

$$\frac{A_{22}}{A_{23}} = \frac{24 \cdot \frac{1}{2} \nu R T_2}{2 \cdot \frac{1}{2} \nu R T_2} = 12$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

8-002

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)