

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 14-016

(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 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 $\frac{m_2}{m_1}$.

после столкновения

- 2) Найти отношение скорости шарика массой m_2 к скорости шарика массой m_1 до столкновения.

3. Навстречу шарика, 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.

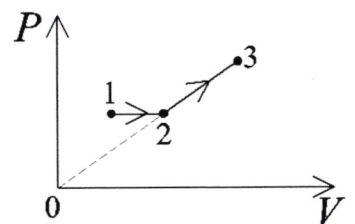
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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

$$\begin{cases} m_1 v_0 = -m_1 v_1 + m_2 v_2 \\ \frac{m_1 v_0^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} \end{cases}$$

~~$$v_1 = v_0 \frac{-m_1 - m_2}{-m_1 + m_2} \quad v_2 = v_0 \frac{-2m_1}{-m_1 + m_2}$$~~

~~$$v_1 = v_0 \frac{-m_1 - m_2}{m_2 - m_1} \quad v_2 = v_0 \frac{-2m_1}{m_2 - m_1}$$~~

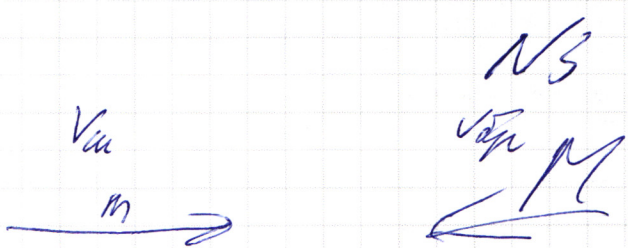
~~$$\frac{1}{2} v_0 = v_0 \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}$$~~

~~$$v_2 = v_0 \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{3}$$~~

~~$$m_1 v_0 = -m_1 \frac{1}{2} v_0 + m_2 \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_0 \quad | \cdot (m_1 + m_2)$$~~

~~$$\frac{m_1 m_2 v_0}{2} = +m_2 \frac{1}{2} v_0 m_2 + m_2 v_0 2m_1 \quad \Rightarrow$$~~

~~$$\frac{m_2 m_2}{m_2} = \frac{1}{2} \frac{v_0}{v_0} \frac{2m_1}{m_1 + m_2} = \frac{2}{4} = 2$$~~



$$V_{om} = V_m + V_{op}$$

$$\leftarrow V_m + V_{op}$$

$$V_m + 2V_{op} = \cancel{4V_m}$$

$$2V_{op} = \cancel{3V_m}$$

~~$$V_{op} = \frac{3}{2} V_m$$~~

~~$$\frac{V_m}{V_{op}} = \frac{2}{3} = 1,5$$~~

N4.

$D_1 = 1/2 \text{ моль}$
 $T_1 = 200 \text{ К}$
 $D_2 = 1/3 \text{ моль}$
 $T_2 = 300 \text{ К}$
 $T_3 = ?$

$$V_1 D_1 T + V_2 D_2 T_2 = (D_1 + D_2) R T$$

$$T = \frac{D_1 T_1 + D_2 T_2}{D_1 + D_2} = \frac{100 + 100}{\cancel{200}}$$

$$= \frac{\cancel{200}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3}} = \frac{200 \cdot \frac{5}{5}}{2}$$

$$P_k = \frac{1}{V_1 + V_2} (D_1 + D_2) R T \approx 16,4 \text{ КПа}$$

~~$$P_1 = \frac{D_1 R T_1}{V_1}$$~~

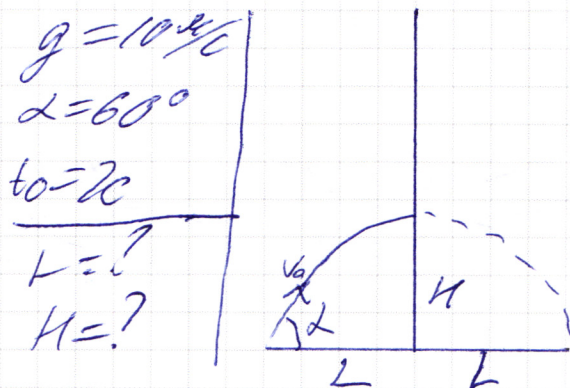
$$P_2 = \frac{D_2 R T_2}{V_2}$$

~~$$P_1 = P_2$$~~

$\frac{5 \cdot 164}{100} = 8,2$
 ~~$P_1 = P_2$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



Т.к. отскочил вертикально
и, следовательно горизонтально, эту задачу
можно решать как стандарт.
Вам это известно.

$$\begin{cases} v_0 \cos \alpha t_0 = 2L \\ v_0 \sin \alpha = \frac{g t_0}{2} \\ H = \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g} \end{cases}$$

$$H = \frac{g^2 t_0^2}{8g} = \frac{g t_0^2}{8}$$

$$\frac{g t_0^2 \tan^2 \alpha}{4} = 2L \text{ мм}$$

$$H = \frac{10 \cdot 4}{8} = 5 \text{ м}$$

$$\Rightarrow H = \frac{1}{2} L \tan^2 \alpha$$

$$L = \frac{2H \tan^2 \alpha}{\tan^2 \alpha}$$

$$L = 10 \cdot \frac{5}{\sqrt{3}} \approx 28.87 \text{ м}$$

$\sqrt{3} \approx 5,19$

Ответ: $H = 5 \text{ м}$; $L = 28,87 \text{ м}$

N2.

$$\begin{array}{l} m_1 \\ m_2 \\ V_1 = \frac{1}{2} V_0 \\ \frac{m_2}{m_1} = ? \\ V_2 = ? \\ V_0 \end{array}$$

$$\begin{cases} m_1 V_0 = -m_1 V_1 + m_2 V_2 \\ \frac{m_1 V_0^2}{2} = \frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_2^2}{2} \end{cases}$$

$$\frac{1}{2} V_0 = V_0 \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}$$

$$V_2 = V_0 \frac{2m_1}{m_1 + m_2}$$

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

~~3~~ $\frac{V_2}{V_0} = \frac{1}{2.5}$

Answer: $\frac{m_2}{m_1} = \cancel{3}; \frac{V_2}{V_0} = \frac{1}{2.5}$

N3

$$\begin{array}{l} M \ll m \\ V_{\text{max}} = 4V_{\text{min}} \\ \frac{V_{\text{max}}}{V_0} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} V_{\text{max}} \rightarrow \\ V_{\text{min}} \leftarrow \end{array}$$

$$V_{\text{om}} = \cancel{V_{\text{max}}} + V_{\text{min}}$$

$$\leftarrow V_{\text{max}} + V_{\text{min}}$$

$$V_{\text{max}} + 2V_{\text{min}} = 4V_{\text{min}}$$

$$\frac{V_{\text{max}}}{V_{\text{min}}} = \frac{2}{1} = 2$$

Answer: $\frac{V_{\text{max}}}{V_{\text{min}}} = 1.5$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N4

$$\left. \begin{array}{l} \nu_1 = \frac{1}{2} \text{ моль} \\ T_1 = 200 \text{ К} \\ \nu_2 = \frac{1}{3} \text{ моль} \\ T_2 = 300 \text{ К} \\ T_3 = ? \end{array} \right\} \begin{array}{l} \cancel{C_1 \nu_1 T_1 + C_2 \nu_2 T_2} = (\nu_1 + \nu_2) c_v T \\ F = \\ \nu_1 \nu_1 T + \nu_2 \nu_2 T_2 = (\nu_1 + \nu_2) c_v T \end{array}$$

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{200 \cdot 5}{5} \approx 164$$

$$P_K = \frac{L}{\nu_1 + \nu_2} (\nu_1 + \nu_2) T \cdot R$$

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

$$\frac{P_K}{P_1} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) T_K}{\nu_1 T_1} = \frac{\frac{5}{6} \cdot 164}{100} \approx 0,835$$

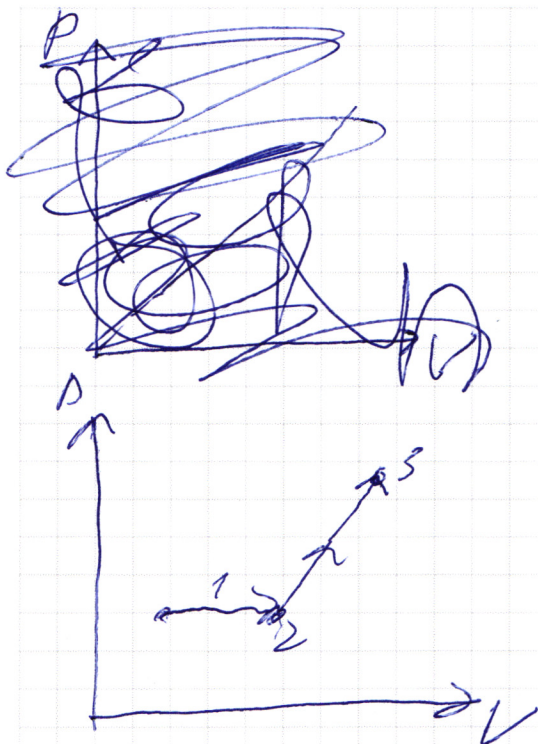
Ответ: $T_K \approx 164$; $\frac{P_K}{P_1} = 0,835$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$P_2 = P_1 V_2$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~№ 7~~

$$V_0 \cos \alpha = 2L$$

~~$$V_0 \sin \alpha = \frac{gt_0}{2}$$~~

$$V_0 \sin \alpha = \frac{gt_0}{2}$$

$$H = \frac{(V_0 \sin \alpha)^2}{2g}$$

$$H = ?$$

$$L = ?$$

$$V_0 \sin \alpha = \frac{gt_0}{2}$$

$$V_0 = \frac{gt_0}{2 \sin \alpha}$$

~~$$V_0 = ?$$~~

$$\frac{gt_0 \cos \alpha}{2 \sin \alpha} = 2L$$

$$\frac{gt_0^2 \cos \alpha}{4 \sin \alpha} = L$$

~~$$\frac{gt_0^2 \cos \alpha}{4} = L = \frac{10 \cdot 4}{4} = 10$$~~

$$H = \frac{\left(\frac{gt_0 \sin \alpha}{2}\right)^2}{2g}$$

$$H = \frac{gt_0^2 \sin^2 \alpha}{8g} = \frac{10 \cdot 4 \cdot 3}{320} = \frac{120}{320} = \frac{3}{8}$$

~~$$t_0^2 = \frac{4L \tan \alpha}{g}$$~~

$$4L = \frac{t_0^2 g \cos \alpha}{4 \sin \alpha}$$

$$L = \frac{t_0^2 g \cos \alpha}{4g} = 4 \cdot \frac{10 \cdot 3}{4g} = \frac{30}{g}$$

~~$V_0 \cos \alpha =$~~

$H = ? \quad L = ?$

$$\begin{cases} V_0 \cos \alpha t_0 = 2L \\ V_0 \sin \alpha = \frac{gt_0}{2} \\ H = \frac{(V_0 \sin \alpha)^2}{2g} \end{cases}$$

~~$H = \frac{g t_0^2}{2}$~~ $H = \frac{g t_0^2}{8g} = \frac{10 \cdot 4}{8} = 5$

~~$L = H \operatorname{tg} \alpha$~~ ~~$L = \frac{g t_0^2 \operatorname{tg} \alpha}{2} = L$~~

~~$L = \frac{5 \sqrt{3}}{1}$~~ ~~$L = \frac{10 \cdot 4 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \sqrt{3}} = \frac{40}{\sqrt{3}} = \frac{40 \sqrt{3}}{3}$~~

~~$L = \frac{3}{\sqrt{3}}$~~

~~$L = \frac{40 \sqrt{3}}{3}$~~

~~$H = \frac{1}{2} L \operatorname{tg} \alpha$~~

~~$L = 2H \operatorname{tg} \alpha$~~

$L = 10 \cdot \sqrt{3} \approx 17.3$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{cases} m_1 v_0 = -m_2 v_0 + m_2 v_1 \\ \frac{m_1 v_0^2}{2} = \frac{m_1 (v_0)^2}{2} + \frac{m_2 v_1^2}{2} \end{cases}$$

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

~~$-m_2 v_0 = -m_1 v_0 + v_0$~~

~~$-m_2 v_1 = -m_1 v_0 - m_1 \frac{v_0}{2}$~~

~~$m_2 v_1 = m_1 1.5 v_0$~~

~~$v_1 = \frac{m_1 1.5 v_0}{m_2}$~~

~~$\frac{v_1}{1.5 v_0} = \frac{m_1}{m_2}$~~

~~$\frac{m_1 v_0^2}{2} = \frac{m_1 (v_0)^2}{2} + \frac{m_2 \left(\frac{m_1 1.5 v_0}{m_2} \right)^2}{2}$~~

~~$\frac{m_1 v_0^2}{2} = \frac{m_1 v_0^2}{8} + \frac{m_1^2 2.25 v_0^2}{2 m_2}$~~

~~$\frac{m_1}{2} = \frac{m_1}{8} + \frac{m_1^2 2.25}{2 m_2}$~~

~~$\frac{m_1}{2} = \frac{m_1}{8} + \frac{2.25 m_1^2}{2 m_2}$~~

N2.

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{2} V_0$$

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

$$\frac{v_{m2}}{v_{m1}} = ?$$

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

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

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

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

$$\frac{m_1 v_0^2}{2} = \frac{m_1 \frac{v_0^2}{4}}{2} + \frac{m_2 v_1^2}{2}$$

$$\frac{m_1 v_0^2}{2} = \frac{m_1 v_0^2}{8} + \frac{m_2 v_1^2}{2}$$

~~$$\frac{m_1 v_0^2}{2} - \frac{m_2 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_0^2}{8}$$~~

$$\frac{m_1 v_0^2}{2} - \frac{m_1 v_0^2}{8} = \frac{m_1 v_0^2}{8}$$

~~$$\frac{3 m_1 v_0^2}{4} = \frac{m_1 v_1^2}{2}$$~~

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

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

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

$$\frac{3 m_2 v_0^2}{4} = \frac{m_1 v_1^2}{2}$$

~~$$\frac{3 m_1 \left(\frac{m_2 v_1 - v_2}{m_1} \right)^2}{4} = m_1 \cdot 1$$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$h = 2L$
 $a = \frac{v^2}{2}$
 $\frac{mv^2}{2} = mgh$
 $\frac{v^2}{2} = gh$
 $\alpha: a - \frac{v^2}{2} - g = 0$

$v = \frac{gt_0}{2}$
 $t = 2$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

$L = ?$ $H = ?$ $H = \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g}$

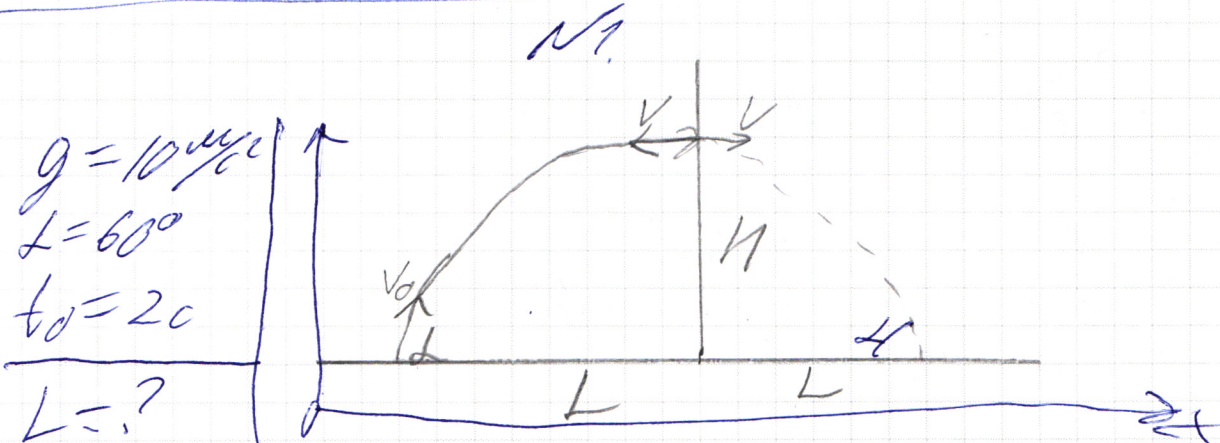
$\alpha: v = v \sin \alpha - gt = 0$

$H = \frac{(v \sin \alpha)^2}{2g} = mgh$

$H = \frac{(v \sin \alpha)^2}{2g}$

$$2L = V_0 \cos 2t$$

$$L = \frac{V_0 \cos 2t}{2}$$



$g = 10 \text{ м/с}^2$
 $\alpha = 60^\circ$
 $t_0 = 2 \text{ с}$

 $L = ?$
 $H = ?$

Т.к. как мяч ударяется от

земли и упал в том же мес-
 те, его скорость была направле-
 на ударя была направлена пер-
 пендикулярно земле (точка удара
 была макс. высотой) и поэтому
 можно представить как класси-
 ческую баллистическую.

$ay: \frac{(v \sin t)^2}{2} = gH$
 $v_0 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} =$

~~$ax: v_0 \cos t$~~
 $H = \frac{(v \sin t)^2}{2g}$
 $R = 2L$

$v_0 \cos t = \frac{g t_0}{2}$

~~$H = \frac{g t_0^2 \sin^2 t}{2}$~~

$ax: 2L = v_0 \cos 2t_0$
 $L = \frac{v_0 \cos 2t_0}{2}$