

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 7-006

(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 $\frac{m_2}{m_1}$.
- 2) Найти отношение скорости шарика массой m_2 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 4 раза больше его начальной скорости.

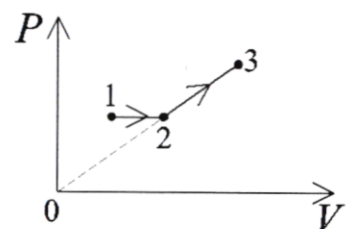
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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.

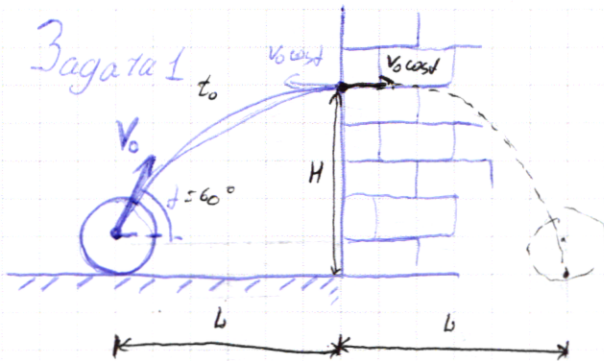
- 1) Найти температуру в сосудах после установления теплового равновесия.
- 2) Найти отношение конечного давления в смеси газов к начальному давлению в сосуде с температурой T_1 .

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



Т.к. мячик упал на то же место, значит столкновение со стеной произошло в наивысшей точке полёта мяча.

$$v_y = v_0 \sin \alpha - g \frac{t_0}{2}, \quad 2gH \quad v_y = 0$$

$$v_0 = \frac{gt_0}{2 \sin \alpha}$$

$$b = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{t_0}{2} = \frac{gt_0}{2 \sin \alpha} \cdot \cos \alpha \cdot \frac{t_0}{2} = \frac{gt^2}{4 \tan \alpha} = \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ м}$$

$$v_y^2 = (v_0 \sin \alpha)^2 - 2gH$$

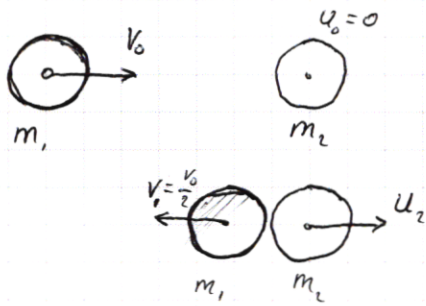
$$H = \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g} = \frac{gt^2}{8} = 5 \text{ м}$$

Ответ:

$$b = \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ м}$$

$$H = 5 \text{ м}$$

Задача 2



$$\bar{p}_0 = \bar{p}_1 + \bar{p}_2$$

$$m_1 v_0 + 0 = -m_1 v_1 + m_2 u_2$$

$$v_1 = \frac{v_0}{2}$$

$$\frac{3m_1 v_0}{2} = m_2 u_2$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{2u_2}{3v_0}$$

$$E_0 = E_1 + E_2$$

$$\frac{m_1 v_0^2}{2} + 0 = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}$$

$$v_1 = \frac{v_0}{2}$$

$$\frac{3}{4} m_1 v_0^2 = m_2 u_2^2$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{4u_2^2}{3v_0^2}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{2u_2}{3v_0} = \frac{4u_2^2}{3v_0^2}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{u_2}{v_0}$$

Ответ:

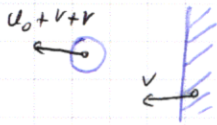
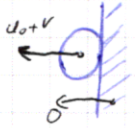
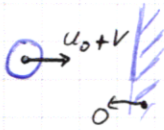
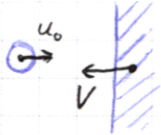
$$\frac{u_2}{v_0} = \frac{1}{2}$$

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3



$$u_1 = u_0 + 2V$$

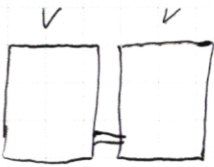
$$\frac{u_1}{u_0} = 4$$

$$u_0 + 2V = 4u_0$$

$$V = \frac{3u_0}{2}$$

Ответ: $\frac{u_0}{V} = \frac{2}{3}$

Задача 4



$$T_f = ?$$

$$\frac{P_f}{P_i} = ?$$

$$\nu_1 = \frac{1}{2} \quad \nu_2 = \frac{1}{3}$$

$$T_1 = 200\text{K} \quad T_2 = 300\text{K}$$

$$P_1 \nu_1 = \nu_1 R T_1$$

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

$$P_2 \nu_2 = \nu_2 R T_2$$

$$2P_f V = (\nu_1 + \nu_2) R T_f$$

$$V = \frac{\nu_1 R T_1}{P_1} = \frac{\nu_2 R T_2}{P_2} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T_f}{2P_f}$$

$$\frac{\nu_1 T_1}{P_1} = \frac{\nu_2 T_2}{P_2} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) T_f}{2P_f}$$

$$T_f = \frac{P_f}{P_1} \cdot \frac{2 \nu_1 T_1}{(\nu_1 + \nu_2)}$$

$$P_f = P_1 + P_2 = P_1 \left(1 + \frac{\nu_2 T_2}{\nu_1 T_1} \right) = \frac{P_1}{\nu_1 T_1} (\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)$$

$$T_f = \frac{P_1 (\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)}{P_1 (\nu_1 T_1)} \cdot \frac{2 \nu_1 T_1}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{2(\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)}{(\nu_1 + \nu_2)} = 480\text{K} \quad P_f =$$

$$\frac{P_f}{P_1} = \frac{(\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)}{\nu_1 T_1} = 2$$

Ответ:

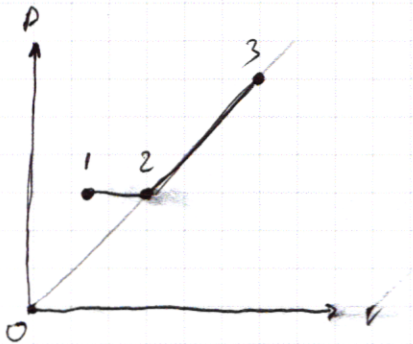
$$T_f = \frac{2(\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)}{(\nu_1 + \nu_2)} = 480\text{K}$$

$$\frac{P_f}{P_1} = \frac{(\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)}{\nu_1 T_1} = 2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5

$n = 2$
 $P_1 = P_2$



$$P_3 = n P_2 = n P_1 \quad V_2 = n V_1$$

$$V_3 = n V_2 = n^2 V_1$$

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

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

$$PV = nRT$$

$$T_3 = \frac{P_3 V_3}{nR}$$

$$T_1 = \frac{P_1 V_1}{nR}$$

$$\frac{T_3}{T_1} = \frac{P_3 V_3}{P_1 V_1} = \frac{n P_1 \cdot n^2 V_1}{P_1 V_1} = n^3 = 8$$

$$A_{12} = P(V_2 - V_1) = P_1 V_1 (n - 1)$$

$$A_{23} = A_{12} + \frac{(P_3 - P_2)(V_3 - V_2)}{2} = P_1 V_1 (n - 1) \left(1 + \frac{n(n-1)}{2} \right)$$

$$\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{1}{1 + \frac{n(n-1)}{2}} = \frac{2}{n^2 - n + 2} = \frac{1}{2}$$

Ответ:

$$\frac{T_3}{T_1} = n^3 = 8$$

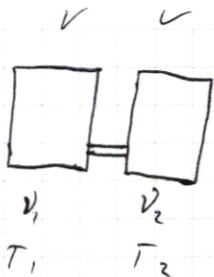
$$\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{2}{n^2 - n + 2} = \frac{1}{2}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$P \bar{V} = ?$$

$$P_1 V = \nu_1 R T_1 = \nu_1 k T_1$$

$$P_2 V = \nu_2 R T_2 = \nu_2 k T_2$$

$$\frac{P_1}{P_1} = ?$$

$$2PV = (\nu_1 + \nu_2) R T_4$$

$$V = \frac{\nu_1 R T_1}{P_1} = \frac{\nu_2 R T_2}{P_2} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T_4}{2P}$$

$$\frac{\nu_1 T_1}{P_1} = \frac{\nu_2 T_2}{P_2} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) T_4}{2P}$$

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

$$T_4 = \frac{2P_2}{P_1} \cdot \frac{\nu_1 T_1}{(\nu_1 + \nu_2)} = \frac{2P_2 \nu_1 T_1}{P_1 (\nu_1 + \nu_2)}$$

$$P_4$$

$$T_4 = \frac{2 \nu_1 T_1}{\nu_1 + \nu_2} \cdot \frac{P_4}{P_1} = \frac{2 \nu_1 T_1}{(\nu_1 + \nu_2)} \cdot \left(1 + \frac{\nu_2 T_2}{\nu_2 T_1}\right)$$

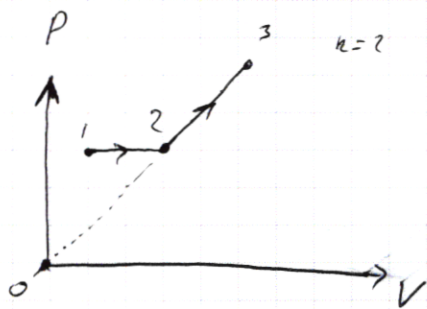
$$P_4 = P_1 + P_2 = P_1 \left(1 + \frac{\nu_2 T_2}{\nu_2 T_1}\right)$$

$$T_4 = \frac{2 \nu_1 T_1 (\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)}{(\nu_1 + \nu_2) \nu_1 T_1} = \frac{2(\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)}{(\nu_1 + \nu_2)}$$

$$\frac{P_4}{P_1} = \left(1 + \frac{\nu_2 T_2}{\nu_1 T_1}\right) = \left(1 + \frac{100}{100}\right) = 2$$

$$\frac{2 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 200 + \frac{1}{3} \cdot 300\right)}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3}} = \frac{6 \cdot \left(\frac{200}{2} + \frac{300}{3}\right)}{5} = 480 \text{ K}$$

Чистовик



$$V_2 = nV_1$$

$$V_3 = nV_2$$

$$P_3 = nP_2$$

$$P_1 = P_2$$

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

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

$$A_{23}$$

$$T_3 = \frac{P_3 V_3}{nR}$$

$$\frac{T_3}{T_1} = \frac{P_3 V_3}{P_1 V_1} = \frac{nP_2 \cdot nV_2}{P_1 V_1} = \frac{n \cdot P_1 \cdot n \cdot n \cdot V_1}{P_1 V_1} = n^3$$

$$T_1 = \frac{P_1 V_1}{nR}$$

$$\frac{T_3}{T_1} = n^3 = 8$$

$$A_{12} = P_1 (V_2 - V_1) = P_1 V_1 (n-1)$$

$$A_{23} = \int_{V_2}^{V_3} P dV = \int_{2V_1}^{2nV_1} P_2 dV = P_2 (n-1)V_2 = P_1 V_1 (n-1) + \frac{P_1 V_1 n(n-1)^2}{2}$$

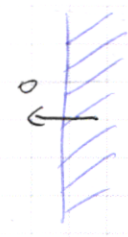
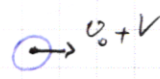
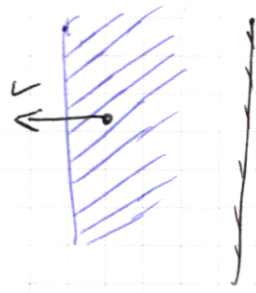
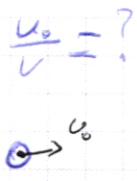
$$A_{13} = P_1 V_1 (n-1) \left(1 + \frac{n(n-1)}{2} \right)$$

$$1 + \frac{n(n-1)}{2} = \frac{2 + n^2 - 2n}{2} = \frac{n^2 - 2n + 2}{2}$$

$$\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{1}{1 + \frac{n(n-1)}{2}} = \frac{2}{n^2 - 2n + 2} = \frac{2}{4 - 2 + 2} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3

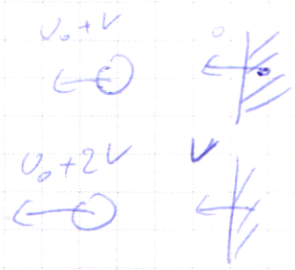
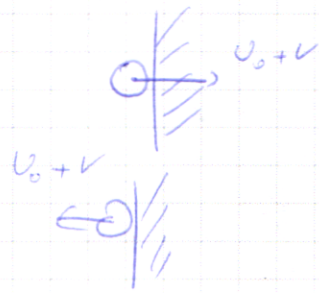


$$\frac{u_0 + 2V}{u_0} = 4$$

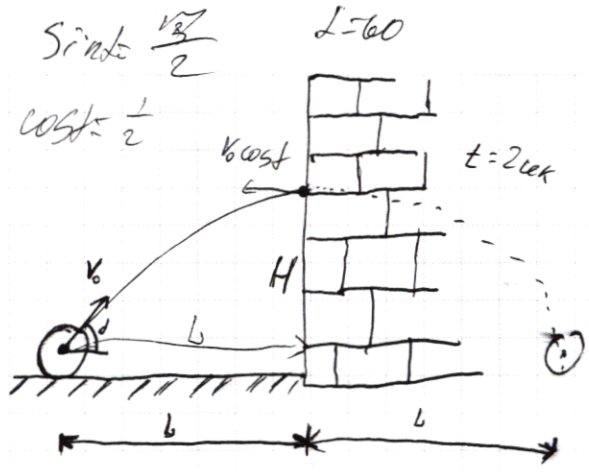
$$u_0 + 2V = 4u_0$$

$$2V = 3u_0$$

$$\frac{V}{u_0} = \frac{3}{2}$$



Задача 1

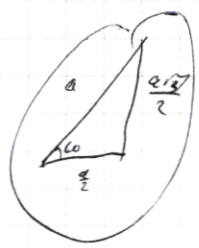


$$0 = v_0 \sin t - gt$$

$$v_0 = \frac{gt}{2 \sin t} = \frac{10 \cdot 2}{2 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}} = \frac{20}{\frac{2}{\sqrt{3}}} = 10\sqrt{3} \text{ m/s}$$

$$L = v_0 \cos t \cdot t = \frac{gt}{2 \sin t} \cdot \cos t \cdot t$$

$$L = \frac{gt^2}{4 + gt} = \frac{10 \cdot 2^2}{4 + 20} = \frac{40}{24} \text{ m}$$



$$L = v_0 \cos t \cdot t$$

$$H = v_y^2 + gt^2 = 0 + gt^2 = \frac{10 \cdot 2^2}{8} = 20 \text{ m}$$

$$v_0 \sin t = v_y' + gt = 0 + gt = 10 \cdot 2 = 20$$

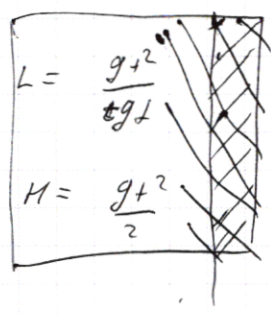
$$v_0 = \frac{gt}{\sin t} = \frac{20 \cdot 2}{\frac{2}{\sqrt{3}}} = 40\sqrt{3}$$

$$L = \frac{gt^2}{4gt} = \frac{40}{40}$$

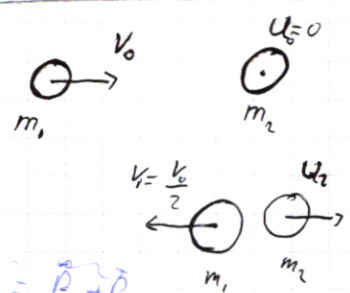
$$0 = v_0^2 \sin^2 t - 2gH$$

$$H = \frac{(v_0 \sin t)^2}{2g} = \frac{(gt)^2}{2g}$$

$$H = \frac{(gt)^2}{8g} = \frac{400}{80} = 5 \text{ m}$$



Задача 2



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

МФТИ

$$\vec{P}_0 = \vec{P}_1 + \vec{P}_2$$

$$m_1 v_0 = -m_1 v_1 + m_2 u_2$$

$$\frac{3m_1 v_0}{2} = m_2 u_2$$

$$3m_1 v_0 = 2m_2 u_2$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{2u_2}{3v_0}$$

$$E_0 = E_1 + E_2$$

$$\frac{m_1 v_0^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}$$

$$m_1 v_0^2 = \frac{m_1 v_0^2}{4} + m_2 u_2^2$$

$$3m_1 v_0^2 = 4m_2 u_2^2$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{4u_2^2}{3v_0^2}$$

$$\frac{2u_2}{3v_0} = \frac{4u_2^2}{3v_0^2}$$

$$\frac{2}{3} = \frac{4}{3} \frac{u_2}{v_0}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{u_2}{v_0}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{3}$$

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