

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр

(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 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 2 раза больше его начальной скорости.

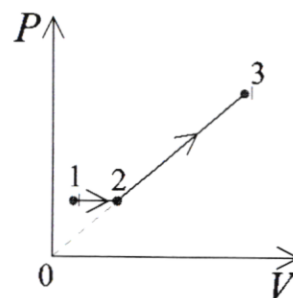
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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.

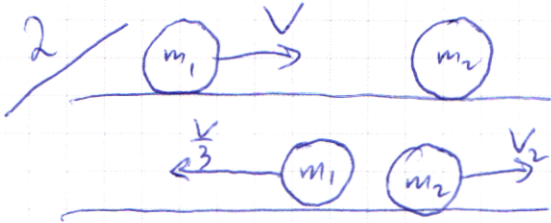
- 1) Найти температуру в сосудах после установления теплового равновесия.
- 2) Найти отношение конечного давления в смеси газов к начальному давлению в сосуде с температурой T_2 .

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



$$1) \begin{cases} m_1 v = m_2 v_2 - m_1 \frac{v}{3} \\ \frac{m_1 v^2}{2} = \frac{m_1}{2} \left(\frac{v}{3}\right)^2 + \frac{m_2 v_2^2}{2} \end{cases}$$

$$2) \begin{cases} \frac{4}{3} m_1 v = m_2 v_2 \\ \frac{m_1 v^2}{2} \cdot \frac{8}{9} = \frac{m_2 v_2^2}{2} \end{cases}$$

~~$$\frac{4}{3} v \cdot \frac{8}{9} \cdot \frac{8}{4} \cdot \frac{1}{4} = \frac{m_2 v_2}{m_2 v_2}$$~~

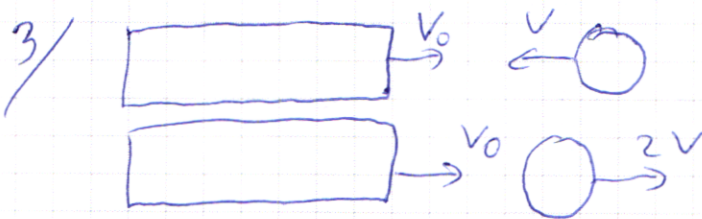
$$\frac{2}{3} v = v_2 \quad \boxed{\frac{v_2}{v} = \frac{2}{3}}$$

~~$$\frac{4}{3} v = v_2 \quad \frac{m_2}{m_1} = \frac{2}{3} \frac{v}{v_2} = \frac{8}{8} \cdot \frac{8}{4} = \frac{1}{2}$$~~

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{v}{v_2} \cdot \frac{4}{3} = \frac{8}{8} \cdot \frac{4}{3} = 2$$

~~$$\frac{4}{3} v = v_2 \quad \boxed{\frac{v_2}{v} = \frac{4}{3}}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{2}{3} \frac{v}{v_2} = \frac{8}{8} \cdot \frac{8}{4} = \frac{1}{2}$$~~

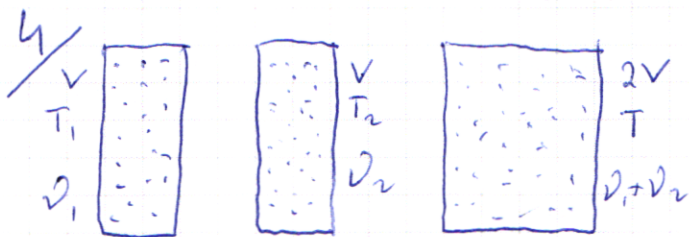


Войдём в систему отчёта бруска. Скорость шарика станет $v+v_0$.

После столкновения в этой системе отчёта скорость шарика также будет $v+v_0$. После этого если мы выйдем из системы отчёта бруска скорость шарика будет $v+v_0+v_0 = v+2v_0$ который также равняется $2v$.

$$2v = 2v + v_0$$

$$v_0 = \frac{v}{2} \quad \frac{v}{v_0} = 2$$



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

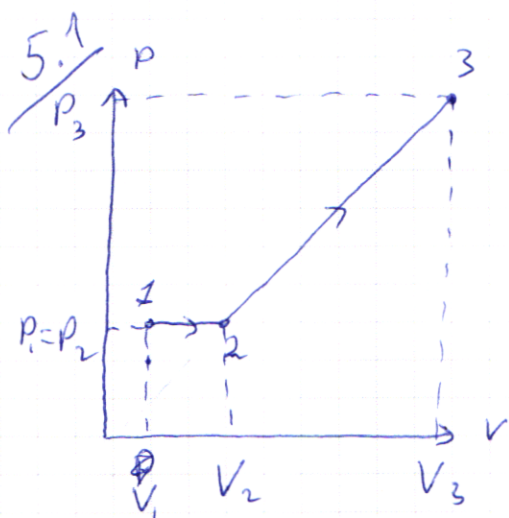
$$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = (\nu_1 + \nu_2) T$$

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = 375^\circ \text{K}$$

$$P' = \frac{(\nu_1 + \nu_2) RT}{2V}$$

$$P_2 = \frac{\nu_2 RT_2}{V}$$

$$\frac{P'}{P_2} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) RT}{2V} \cdot \frac{V}{\nu_2 RT_2} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) T}{2\nu_2 T_2} = 1$$



$$V_2 = 3V_1 = 3V_0$$

$$V_3 = 3V_2 = 9V_0$$

$$P_3 = k \cdot V_3$$

$$P_3 = \frac{\nu R T_3}{V_3}$$

$$1 = \frac{k V_3^2}{\nu R T_3}$$

$$\nu R T_3 = k V_3^2$$

$$1 = \frac{k V_2^2}{\nu R T_2}$$

$$\nu R T_2 = k V_2^2$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \left(\frac{V_3}{V_2} \right)^2 = 9$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} = 3$$

$$\frac{T_3}{T_1} = \frac{T_3}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} = 9 \cdot 3 = 27$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

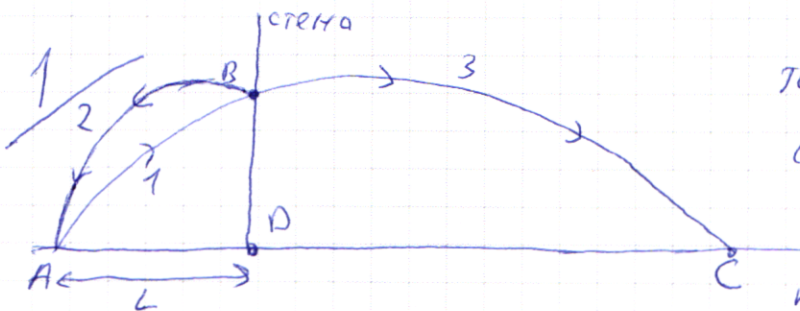
5.2

$$A_{12} = P_1 \cdot (V_2 - V_1) = 2P_1 V_0 = 2P_1 V_1 = 2 \nu R T_1$$

$$A_{23} = \frac{P_3 + P_1}{2} \cdot (V_3 - V_2) = \frac{P_3 + P_1}{2} \cdot 2V_0 = 3P_3 V_0 + 3P_1 V_0 =$$

$$= 3P_1 V_1 + \frac{P_3 \cdot 9V_0}{3} = 3 \nu R T_1 + \frac{2 \nu R T_3}{3} = 3 \nu R T_1 + 9 \nu R T_1 = 12 \nu R T_1$$

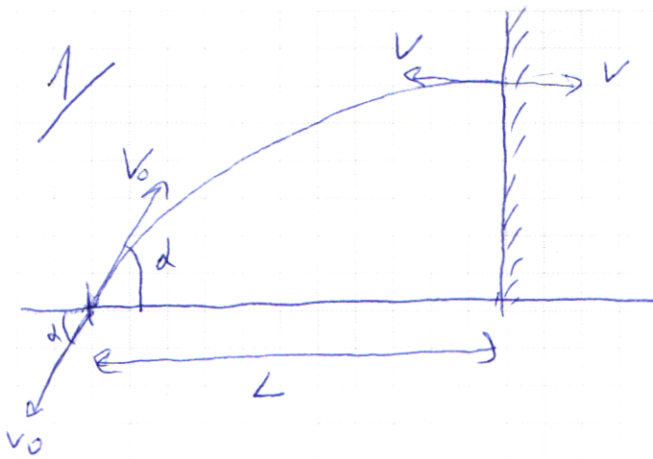
$$\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{2 \nu R T_1}{12 \nu R T_1} = \frac{1}{6}$$



точка B это точка
соприкосновения
мяча со стеной.

траектория 3 это траектория V которая бы была бы у мяча если бы не было стены.

Траектория 2 это траектория мяча после столкновения. Очевидно что траектория 2 симметрична траектории 3 относительно стены. Это значит что $DA = DC = L$ из этого следует что точка B это самая высокая точка траектории мяча без стены.



$$v = v_0 \cos \alpha$$

$$gt_0 = v_0 \sin \alpha$$

$$L = vt_0 = v_0 \cos \alpha \cdot t_0$$

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

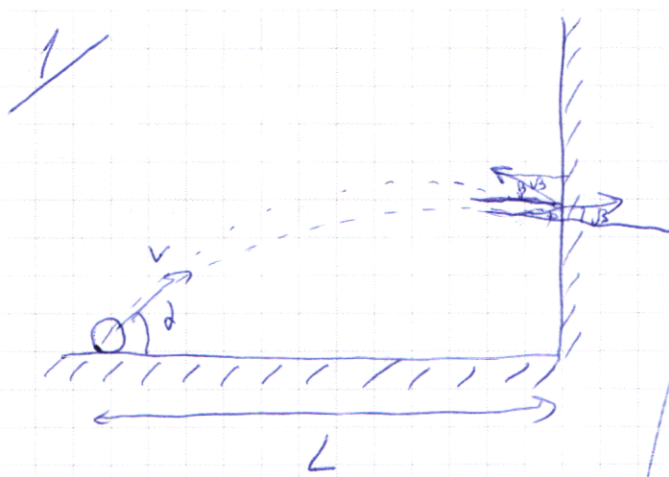
$$L = \frac{gt_0}{\sin \alpha} \cdot \cos \alpha \cdot t_0 = \frac{gt_0^2}{\tan \alpha} \approx 39 \text{ м}$$

$$L \approx 39 \text{ м}$$

$$H = \frac{gt_0^2}{2} = 11,25 \text{ м}$$

$$H = 11,25 \text{ м}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$t_0 = \frac{L}{V \cos \alpha}$$

$$V \cos \alpha$$

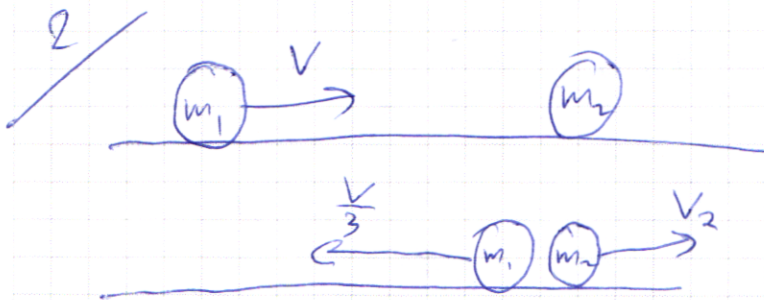
$$(V \sin \alpha - V \sin \beta) = g t$$

$$V \cos \alpha \cdot t = L$$

$$t = t_0$$

$$V \sin \alpha - V \sin \beta = g t_0$$
~~$$V \sin \beta = g t_0$$~~

~~$$t_0 = \frac{L}{V \cos \alpha}$$~~
~~$$V \sin \alpha - V \sin \beta = g t$$~~
~~$$V \cos \beta$$~~



$$m_1 V = m_2 V_2 - \frac{m_1 V}{3}$$

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

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

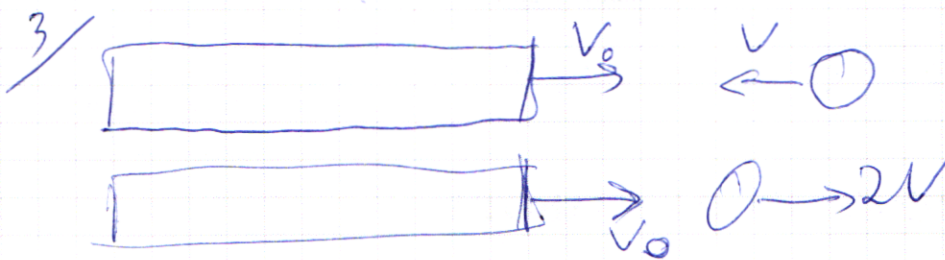
~~$$\frac{m_1 V^2}{2} \cdot \frac{8}{9} = \frac{m_2 V_2^2}{2}$$~~

~~$$\frac{4}{9} V^2 = \frac{V_2^2}{2}$$~~

$$V_2 = \frac{4}{3} V$$

$$\frac{V}{V_2} = \frac{3}{4}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{2}{3} \frac{V}{V_2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{4} = \frac{1}{2}$$



$$2V = V_0 + 2V_0$$

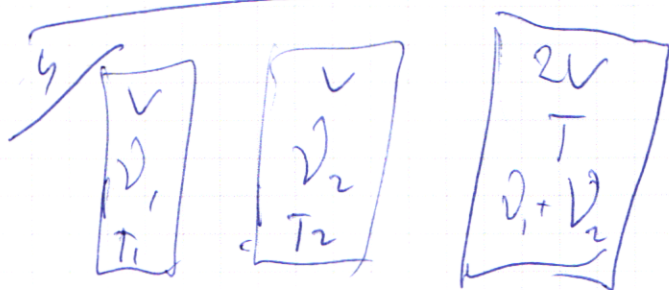
$$2V_0 = V \quad V_0 = \frac{V}{2}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V}{\frac{V}{2}} = 2$$

$$A_{12} = P_1 \cdot 2V_0 = 2 \cdot \nu R T_1$$

$$A_{23} = \frac{P_1 + P_3}{2} \cdot 3V_0 = 3(P_1 V_0 + P_3 V_0) = 3 \cdot P_1 V_0 + \frac{3}{2} P_3 V_0 = 3 \cdot \nu R T_1 + \frac{\nu R T_3}{2} = 3\nu R T_1 + 9\nu R T_1 = 12\nu R T_1$$

$$\frac{12\nu R T_1}{12\nu R T_1} = 1$$



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

$$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = (\nu_1 + \nu_2) T$$

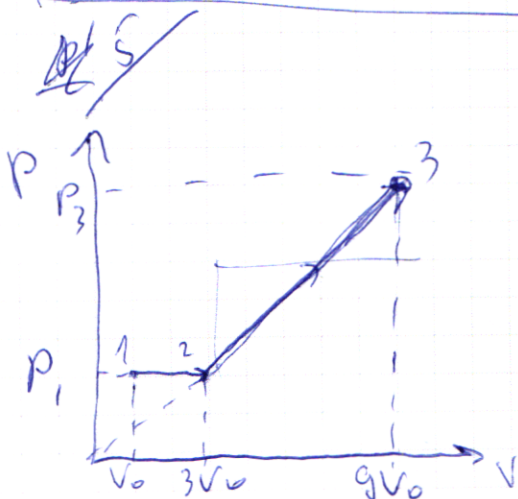
$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = 375^\circ K$$

$$P' = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T}{2\nu}$$

~~$$P_0 = \frac{\nu_1 R T_1}{\nu} + \frac{\nu_2 R T_2}{\nu} = \frac{\nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2}{\nu}$$~~

$$P_2 = \frac{\nu_2 R T_2}{\nu}$$

$$\frac{P'}{P_2} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) T}{2} \cdot \frac{1}{\nu_2 R T_2} = 1$$



$$P_3 = k \cdot V_3$$

$$P_3 = \frac{\nu R T_3}{V_3}$$

$$1 = \frac{k V_3^2}{\nu R T_3}$$

$$k V_3^2 = \nu R T_3$$

$$k V_2^2 = \nu R T_2$$

$$\frac{V_3^2}{V_2^2} = \frac{T_3}{T_2} = 9$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} = 3 \quad \frac{T_3}{T_1} = 27$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

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)»

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)