

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 12-003

(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.

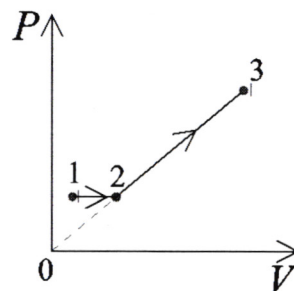
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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.

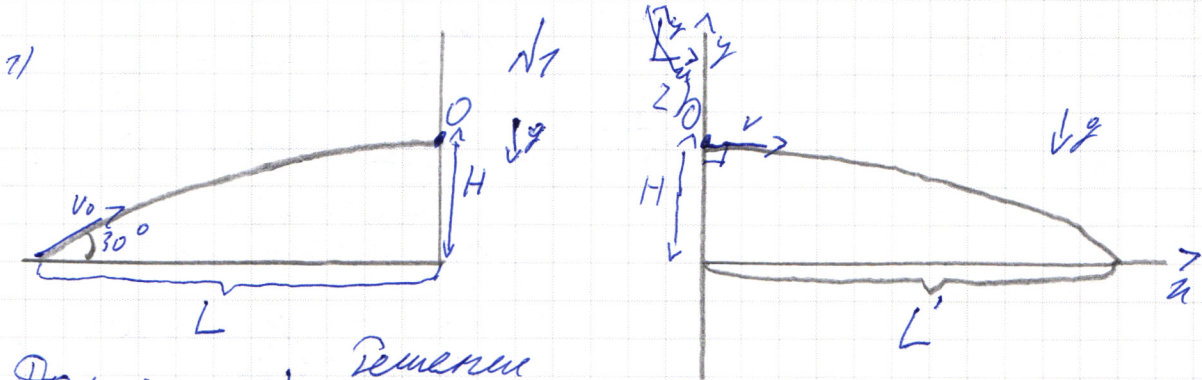
- 1) Найти температуру в сосудах после установления теплового равновесия.
- 2) Найти отношение конечного давления в смеси газов к начальному давлению в сосуде с температурой T_2 .

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:

$$\alpha = 30^\circ \quad g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$t_0 = 1,5 \text{ с}$$

$$L = L'$$

L-?

H-?

Решение

$L = L' \Rightarrow$ 0-точка максимального подъема \Rightarrow

$$\Rightarrow v_y = 0 \Rightarrow v = v_{0y} \Rightarrow t = \frac{1}{2} t_0$$

t - время достижения макс. высоты

$$L' = v_{0x} t$$

$$H = v_{0y} t + \frac{gt^2}{2} \Leftrightarrow H = \frac{gt^2}{2}$$

$$v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha$$

$$H = \frac{10 \cdot \frac{1}{4} \cdot 1,5^2}{2} \approx 2,8 \text{ м}$$

~~$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha + gt$$~~

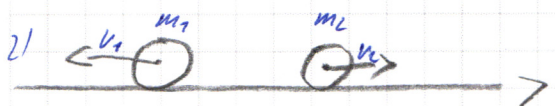
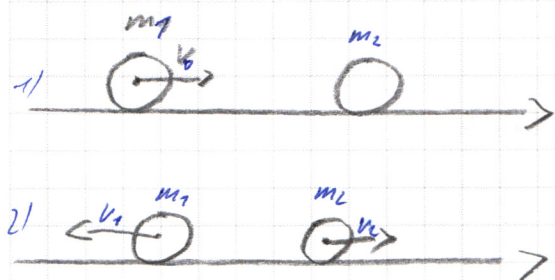
$$v_{0y} = gt \Leftrightarrow v_0 \sin \alpha = gt \Rightarrow v_0 = \frac{gt}{\sin \alpha} \Rightarrow$$

$$L = L' = \frac{gt}{\sin \alpha} \cdot \cos \alpha \cdot t = gt^2 \cdot \cot \alpha = 10 \cdot 0,75 \cdot 0,75$$

$$\cdot \sqrt{3} \approx 5,5 \text{ м}$$

Ответ: $H = 2,8 \text{ м}; L = 5,5 \text{ м}$

№2



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

Решение
 $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$
 $E_k = E_{k1} + E_{k2}$
 $\vec{p}' = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$
 $\frac{m_1 v_0^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} \Leftrightarrow$
 $3m_1 v_1^2 = m_1 v_1^2 + \frac{m_2 v_2^2}{2} \Leftrightarrow$
 $2m_1 v_1^2 = \frac{m_2 v_2^2}{2}$
 $4m_1 v_1^2 = m_2 v_2^2$
 $m_1 v_0 = m_2 v_2 - m_1 v_1 \Leftrightarrow$
 $3m_1 v_1 = m_2 v_2 - m_1 v_1 \Leftrightarrow$
 $4m_1 v_1 = m_2 v_2$

Поделив (1) на (2) получим:

$$\frac{8m_1 v_1^2 = m_2 v_2^2}{4m_1 v_1^2 = m_2 v_2^2} \Leftrightarrow 2v_1 = v_2$$

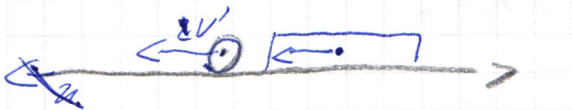
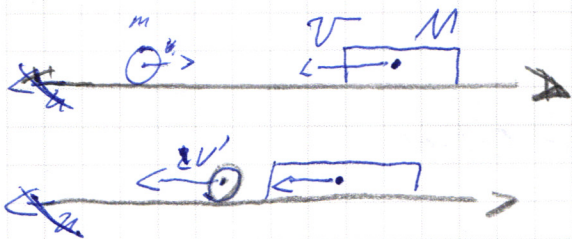
$$2v_1 = v_2$$

из (2) получим $m_2 = \frac{4m_1 v_1}{v_2}$

$$\left. \begin{matrix} v_2 = 2v_1 \\ v_0 = 3v_1 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \frac{v_2}{v_0} = \frac{2v_1}{3v_1} = \frac{2}{3}$$

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

№3



Дано $M \gg m$
 $v' = -2v_0$
 v_0 - ?
 v

Решение
 Т.к. удар упругий, а $M \gg m$, то применим формулу за потерю скорости, тогда $\Delta p = 2mv - (-mv)$

$v' = -2v_0$, тогда $\Delta v = v_0 - (-2v_0) = 3v_0$
 при повороте формулы $\Delta v = v_0 - (-v_0) = 2v_0$
 Т.к. $M \gg m$, можно считать, что $\Delta p = 3mv$

$$\frac{v_0}{v_0 + v} = \frac{2}{3} \Rightarrow 3v_0 = 2v_0 + 2v \Leftrightarrow v_0 = 2v \Rightarrow \frac{v_0}{v} = 2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано

$\nu_1 = \frac{1}{3}$ моль

$\nu_2 = \frac{1}{5}$ моль

$T_1 = 300\text{K}$

$T_2 = 500\text{K}$

$V_1 = V_2 = V$

$T = ?$

$\frac{P}{P_2} = ?$

Решим

$pV = \nu RT$ $V = V_1 + V_2 = 2V$

$p_1 = \frac{\nu_1 RT_1}{2V}$

$p_2 = \frac{\nu_2 RT_2}{2V}$

$p = p_1 + p_2$ (закон Дальтона)

$p = \frac{\nu_1 RT_1}{2V} + \frac{\nu_2 RT_2}{2V} = \frac{R}{2V} \cdot (\nu_2 T_2 + \nu_1 T_1)$

$T = \frac{2pV}{\nu R} = \frac{2 \cdot \frac{R}{2V} \cdot (\nu_2 T_2 + \nu_1 T_1) \cdot V}{(\nu_2 + \nu_1) R} = \frac{\nu_2 T_2 + \nu_1 T_1}{\nu_2 + \nu_1} =$

$= \frac{\frac{1}{5} \cdot 500 + \frac{1}{3} \cdot 300}{\frac{1}{5} + \frac{1}{3}} = \frac{200 \cdot 15}{8} = 375\text{K}$

$\frac{P}{P_2} = \frac{R \cdot 2 \cdot (\nu_2 T_2 + \nu_1 T_1)}{\nu_2 R T_2} = \frac{1}{2} \frac{\nu_2 T_2 + \nu_1 T_1}{\nu_2 T_2} =$

$= \frac{1}{2} \frac{200}{100} = 1$

Ответ: $T = 375\text{K}$; $\frac{P}{P_2} = 1$

Дано

$$V_2 = 3V_1$$

$$V_3 = 3V_2$$

$$1,2 - p = \text{const}$$

2,3 -

$$T_3 = ?$$

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

$$\frac{\sigma_{1,2}}{\sigma_{2,3}} = ?$$

$$\frac{\sigma_{1,2}}{\sigma_{2,3}} = ?$$

Ищем:

$$pV = \nu RT$$

$$p_1 = p_2; V_2 = 3V_1$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{\nu R} : \frac{p_1 V_1}{\nu R} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{3V_1}{V_1} = 3 \Rightarrow T_2 = 3T_1$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{p_3 V_3}{p_2 V_2} \quad \left. \begin{array}{l} V_3 = 3V_2 \\ p_3 = 3p_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{3 \cdot 3p_2 \cdot 3V_2}{p_2 V_2} = 9 \Rightarrow T_3 = 9T_2 = 27T_1 \Rightarrow \frac{T_3}{T_1} = 27$$

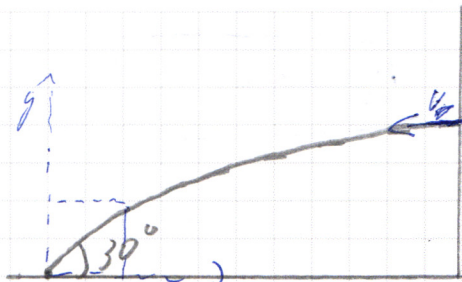
$$\sigma = p \cdot \Delta V \text{ при } p = \text{const}$$

$$\sigma = \Delta(pV) \text{ при } p \neq \text{const}$$

$$\frac{\sigma_{1,2}}{\sigma_{2,3}} = \frac{p \cdot 2V_1}{2p \cdot 2V_2} = \frac{p \cdot 2V_1}{2p \cdot 6V_1} = \frac{1}{6}$$

$$\text{Ответ: } \frac{T_3}{T_1} = 27; \frac{\sigma_{1,2}}{\sigma_{2,3}} = \frac{1}{6}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$t = 1,5c$

$v_y = 0$

$0,75c$

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

$H = \frac{g \cdot 10 \cdot 0,75^2}{2} = \frac{10 \cdot 0,56}{2} = \frac{5,6}{2} = 2,8m$

$H = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2}$

$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 30^\circ}{2g}$

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

$v = \sqrt{\frac{H \cdot g}{\sin^2 \alpha}}$

$\frac{v_1}{v_2} = \frac{4}{2} = 2$

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

$2v_1 = v_2$

$m_2 = \frac{4m_1 v_1}{v_2}$
 $m_1 = \frac{m_2 v_2^2}{8v_1^2}$

$v + v = v = 2v$
 $10v = 3v$

$p = p_1 + p_2 \dots$

$m_1 \cdot 3v_1 = m_2 v_2' - m_1 v$

$4m_1 v_1 = m_2 v_2$

$8m_1 v_1 = m_2 v_2$
 $4m_2 v_2 = m_2 v_2$
 $2v_1 = v_2$

$E_k = E_{k1} + E_{k2} \dots$

$\frac{m_1 \cdot 9v^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$

$4m_1 v^2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2$

$8m_1 v_1^2 = m_2 v_2^2$

$$pV = \nu RT$$

$$p_1 + p_2 + p_3 = p$$

$$p_1 = \frac{\nu_1 RT_1}{2V}$$

$$p_2 = \frac{\nu_2 RT_2}{2V}$$

$$p_1 + p_2 = \frac{R}{2V} (\nu_2 T_2 + \nu_1 T_1) = p$$

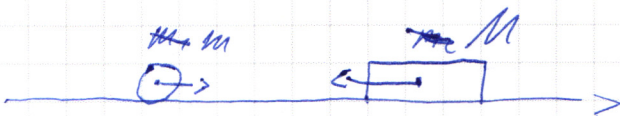
$$p_2 = \frac{\nu_2 RT_2}{2V}$$

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

$$\frac{p}{p_2} = \frac{R \cdot \frac{1}{2} (\nu_2 T_2 + \nu_1 T_1)}{\nu_2 RT_2}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{\nu_2 T_2 + \nu_1 T_1}{\nu_2 T_2}$$

$$\sqrt{3} \quad \begin{array}{r} \times 25 \\ 75 \\ 125 \\ 25 \\ \hline 375 \end{array}$$



$$pV = \nu RT \quad M \gg m \Rightarrow m = \Delta p_m \rightarrow 0$$

$$Mv = M\sqrt{v} = m\sqrt{v} = M\sqrt{v} + m\sqrt{v}$$

$$\frac{3 \cdot (v + \sqrt{v})}{m \cdot v} = \frac{3}{2}$$

$$\Delta p = 2mv - (-mv)$$

$$3v = 2v + 2\sqrt{v} \quad v = 2\sqrt{v}$$

$$\Delta p = 3mv$$

$$\Delta p_{II} = 2mv$$

$$\frac{v}{\sqrt{v}} = \frac{2\sqrt{v}}{\sqrt{v}} = 2$$

$$\Delta p = 3$$

$$\frac{v}{v + \sqrt{v}} = \frac{2}{3}$$

$$3v = 2v + 2\sqrt{v}$$

$$\Delta p = 2$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

12-003

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)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$1) PV = \nu RT \quad P = \text{const}$$

$$1) T_2 = 3T_1$$

$$T_2 = 3T_1$$

$$T_3 = 9T_2$$

$$T_3 = 27T_1$$

$$\Delta S$$

$$\Delta p = \Delta V = 3$$

$$T = \frac{pV}{\nu R} \quad \Delta T = \frac{\Delta p \cdot \Delta V \cdot p_0}{\nu R} = \Delta p \cdot \Delta V = 9$$

$$T_0 = \frac{pV}{\nu R}$$

$$T' = 9T_2 =$$

$$\Delta T_2 = T' - T_2 = 8T_2$$

$$\Delta T_1 = T_2 - T_0 = 2T_0$$

$$2) A = \Delta p \cdot \Delta V$$

$$\frac{A_{1,2}}{A_{2,3}} = ?$$

$$V_2 = 3V_1$$

$$p = p$$

$$27 p_1 V_1$$

$$3 V_1 p_1 \quad 8 \cdot$$

$$\frac{A_{1,2}}{A_{2,3}} = \frac{p \cdot 2V_0}{\Delta p \cdot 2(pV)} =$$

$$\frac{V + V}{V + V}$$

$$\Delta p = 3V$$

$$\Delta p = 2V$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)