

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 11-006

(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.

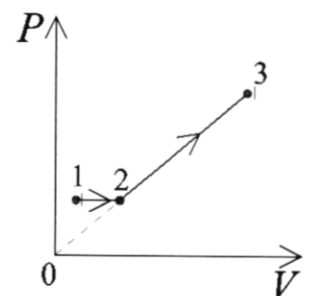
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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 .



Задача №1.

Дано:

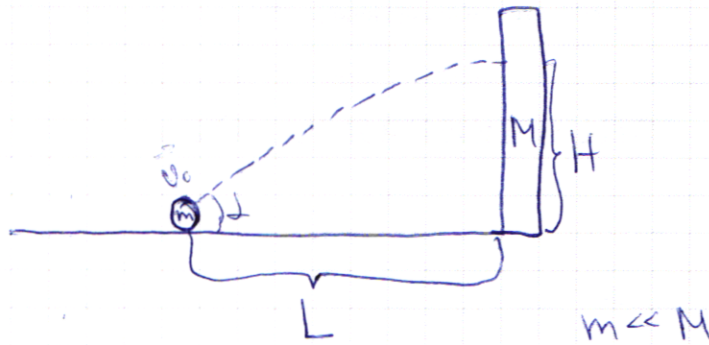
$$\alpha = 30^\circ$$

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

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$L = ?$

$H = ?$



$$m v_0 + M \cdot 0 = -m v_1 + M \cdot 0$$

$v_0 = -v_1$ - Скорость шарика не измени-

ся, изменился только его направление.

$$y = v_0 t_n \sin \alpha - \frac{g t_n^2}{2} \quad \text{в моменту когда шарик}$$

вернется назад ($y=0$) высота будет равна нулю.

$$\text{Отсюда: } v_0 t_n \sin \alpha = \frac{g t_n^2}{2}$$

$$v_0 = \frac{g t_n}{2 \sin \alpha}$$

$L = v_0 \cos \alpha t_n$ - это время полета ($t_n = \frac{t_n}{2}$) \Rightarrow

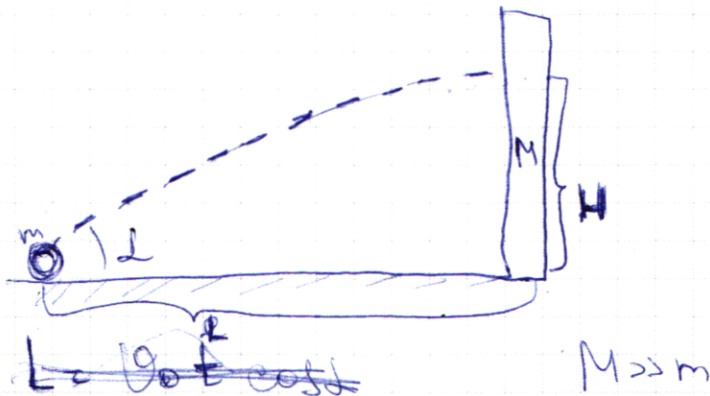
$$\Rightarrow L = v_0 \cos \alpha \frac{t_n}{2} = \frac{g t_n^2}{4} \operatorname{ctg} \alpha = \frac{10 \cdot 1,5^2}{4} \cdot \operatorname{ctg}(30) = 9,6 \text{ м}$$

$$H = y_{\max} = v_0 t_n \sin \alpha - \frac{g t_n^2}{2} = \frac{v_0 t_n}{2} \sin \alpha - \frac{g t_n^2}{8}$$

$$= \frac{g t_n^2}{4} - \frac{g t_n^2}{8} = \frac{g t_n^2}{8} = \frac{10 \cdot 1,5^2}{8} = 2,8 \text{ м}$$

Ответ: $H = 2,8 \text{ м}$; $L = 9,6 \text{ м}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$m \cdot 0 + M \cdot 0 = -m v_2 + M \cdot 0$$

$v_1 = -v_2$ - ~~скорость шарика~~ ~~скорость шарика~~ ~~скорость шарика~~ ~~скорость шарика~~ ~~скорость шарика~~
 не увеличивается, увеличивается только его направление
 влево

$$L = v_0 \cos \alpha t = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$$

$$\frac{gt^2}{4} \operatorname{ctg} \alpha = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$$

$$t_n = 2t$$

$$= \frac{10 \cdot 5,5^2}{4} \cdot \operatorname{ctg}(30) =$$

$$= 5,6 \cdot 1,7 = 9,6 \text{ м}$$

$$H = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = \frac{v_0 t_n \sin \alpha}{2} - \frac{gt_n^2}{8} = \frac{gt_n^2}{4} - \frac{gt_n^2}{8} = \frac{gt_n^2}{8}$$

Задача №2

Дано:

$$v_0 = 3v_1$$

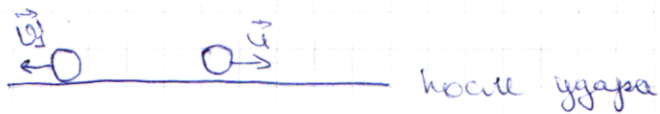
m_1, m_2

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

$$\frac{v}{v_0} = ?$$



до удара



после удара

$$m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v \quad (\text{где } v \text{ - скорость шарика мас-сы } m_2 \text{ после удара)}$$

$$m_2 v = m_1 v_1 + m_1 v_0$$

$$v = \frac{m_1 v_1 + m_1 v_0}{m_2} = m_1 \frac{4v_0}{3m_2}$$

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

$$\frac{m_1 v_0^2}{2} = \frac{m_1 v_0^2}{18} + \frac{8 m_1^2 v_0^2}{9 m_2}$$

$$\frac{8}{2} = \frac{1}{18} + \frac{8 m_1}{9 m_2}$$

$$\frac{4}{3} = \frac{8 m_1}{9 m_2}$$

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

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

$$v = m_1 \frac{4v_0}{3m_2}$$

$$\frac{v}{v_0} = \frac{4 m_1}{3 m_2} = \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{2}{3}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2)

$$m_1 u_1 + M \cdot 0 = m_1 \frac{u_1}{3} + M u_2'$$

$$\frac{2m_1 u_1}{3} = M u_2' \quad m_1 u_1 = m_1 \frac{u_1}{3} + 2$$

$$u_2' = \frac{2m_1 u_1}{M} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{m_1 u_1^2}{2} = \frac{m_1 u_1'^2}{2} + \frac{M u_2'^2}{2}$$

~~$$\frac{m_1 u_1^2}{2} = \frac{m_1 u_1'^2}{2} + \frac{M u_2'^2}{2}$$~~

~~$$\frac{m_1 u_1^2}{2} = \frac{m_1 u_1'^2}{2} + \frac{M u_2'^2}{2}$$~~

~~$$u_2' = \frac{2}{3}$$~~

~~$$\frac{2}{3} = \frac{1}{3} + \frac{m_1}{M_2}$$~~

~~$$\frac{2}{3} - \frac{1}{3} = \frac{m_1}{M_2}$$~~

$$\frac{u_1}{3} + u_1 = \frac{4u_1}{3}$$

~~$$\frac{2}{3} - \frac{1}{3} = \frac{m_1}{M_2} \quad u_2 = u_1 \frac{4u_1}{3M}$$~~

~~$$\frac{4}{3} = \frac{m_1}{M_2}$$~~

~~$$\frac{3}{4} = \frac{m_1}{M_1}$$~~

~~$$\frac{M u_2'^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{3M}$$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3

Дано:

$$v_{ш} = 2v_0$$

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



$$\frac{mv_0^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} = \frac{mv_{ш}^2}{2} + \frac{Mu_1^2}{2}$$

$$mv_0 - Mu = -mv_{ш} - Mu_1 \quad \text{— будем считать что}$$

брусок не меняет
направления

$$\begin{cases} mv_0^2 + Mu^2 = 4mv_0^2 + Mu_1^2 \\ mv_0 - Mu = -2mv_0 - Mu_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3mv_0^2 = Mu_1^2 - Mu^2 \\ 2mv_0 = Mu - Mu_1 \end{cases} \quad \div$$

$$-v_0 = u_1 + u$$

так как $M \gg m$ скорость

$$-v_0 = 2u$$

бруска не уменьшается и после
удара

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

скорость шара со знаком минус по-
тому что брусок поменяет свое направле-

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

ние после удара

Ответ: $\frac{v_0}{u} = 2$

Задача № 4

Дано:

$$V_2 = 3/5 \text{ моль}$$

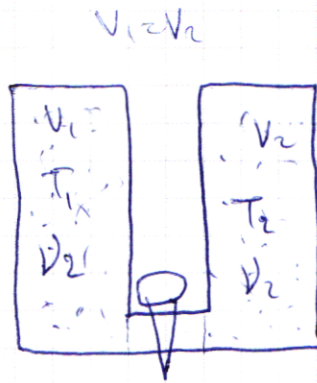
$$V_1 = 1/3 \text{ моль}$$

$$T_1 = 300 \text{ К}$$

$$T_2 = 500 \text{ К}$$

$$T_k = ?$$

$$\frac{P_1}{P_2} = ?$$



Задача № 5

$$V_2 = 3V_0$$

$$V_3 = 3V_2$$

$$p_0 = \text{const}$$

$$T_2 = \text{const}$$

$$\frac{T_k}{T_0} = ?$$

$$\frac{A_1}{A_2} = ?$$

при изобарическом процессе $p = \text{const}$

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_2}{T_1}$$

$$\frac{T_1}{T_0} = \frac{V_2}{V_0} = 3 \text{ раза}$$

$$p_2 = \text{const} \cdot V_2$$

$$\frac{p_1}{V_2} = \text{const}$$

$$\frac{p_1}{V_2} = \frac{p_2}{V_3}$$

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{p_2}{p_1} = 3 \text{ раза} \quad p_2 = 3p_1$$

$$A_1 = p_1 \Delta V_1 = p_1 (V_2 - V_0) = 2p_1$$

$$A_2 = p_2 \Delta V_2 = 3p_2 (V_3 - V_2) = 6p_1$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{2p_1}{6p_1} = \frac{1}{3}$$

$$A_2 = 3A_1$$

где A_1 работа соверш. при изобарическом ~~процессе~~ процессе

Ответ: ($T_1 = 3T_0$; $A_2 = 3A_1$)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 8

h = 3

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

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{3}$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

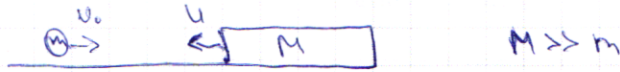
$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2} = 3$$

Задача № 3

Дано:

$$v_2 = 2v_0$$

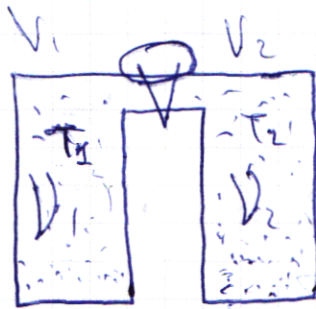
$$\frac{v_0}{u} = ?$$



$$\frac{m_1 v_0^2}{2} + \frac{M u^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{M u_1^2}{2}$$

$$\begin{cases} m_1 v_0^2 + M u^2 = 4 v_0^2 + M u_1^2 \\ m_1 v_0 + M u = -m_1 \frac{v_0}{2} - M u_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3 m_1 v_0^2 = M u^2 - M u_1^2 \\ 3 m_1 v_0 = M u - M u_1 \end{cases}$$



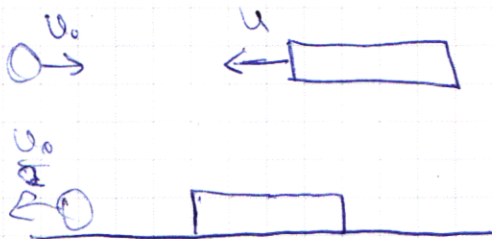
$$p_i = \frac{\nu R T_i}{V}$$



$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu_1 R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu_2 R T_2 \end{cases}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1 T_1}{V_2 T_2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{m_1 v_0^2}{2} + \frac{m_2 u^2}{2} = \frac{m_1 v_0'^2}{2} + \frac{m_2 u_1'^2}{2}$$
~~$$4m_1 v_0^2 + 4m_2 u^2 = m_1 v_0'^2 + m_2 u_1'^2$$~~

$$m_1 v_0 + m_2 u = -m_1 \frac{v_0'}{2} + m_2 u_1'$$

$$\frac{3m_1 v_0'}{4} = \frac{m_2 u_1'^2}{2} - m_2 u^2$$

$$\frac{3m_1 v_0}{2} = m_2 u + m_2 u_1'$$

$$-\frac{v_0}{2} = u_1' + u$$

$$\begin{cases} m_1 v_0^2 + m_2 u^2 = m_1 v_0'^2 + m_2 u_1'^2 \\ m_1 v_0 - m_2 u = -2m_1 v_0' + m_2 u_1' \\ 7m_1 v_0^2 = m_2 u_1'^2 - m_2 u^2 \\ 3m_1 v_0 = m_2 u_1' + m_2 u \\ \frac{7}{3} m_1 v_0 = u_1' + u \end{cases}$$

$$2u = \frac{7}{3} v_0$$

$$\frac{4}{6} = \frac{v_0}{u}$$