

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 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.

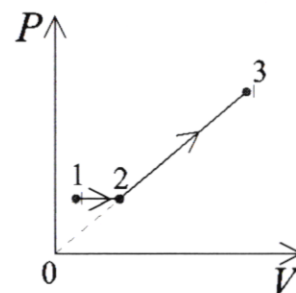
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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.

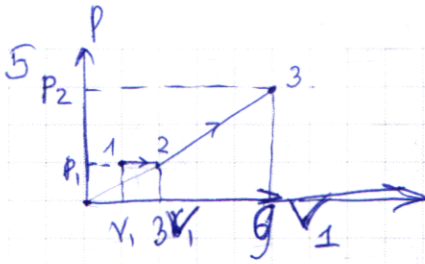
- 1) Найти температуру в сосудах после установления теплового равновесия.
- 2) Найти отношение конечного давления в смеси газов к начальному давлению в сосуде с температурой T_2 .

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



$$1-2 \frac{3V_1}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad \frac{T_2}{T_1} = 3 \quad T_2 = 3T_1$$

$$2-3 p = \alpha V \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{1}{3} \quad p_2 = 3p_1$$

$$p_1 = \alpha 3V_1$$

$$p_2 = \alpha 6V_1$$

$$\frac{p_1 3V_1}{T_2} = \frac{p_2 6V_1}{T_3}$$

$$\frac{T_3}{T_1} = 27$$

$$A_{1-2} = \frac{p_1 (3V_1 - V_1)}{2} = \frac{p_1 2V_1}{2} = p_1 V_1$$

$$A_{2-3} = \frac{(p_1 + p_2) (6V_1 - 3V_1)}{2} = \frac{(p_1 + 3p_1) 3V_1}{2} = 6p_1 V_1$$

$$\frac{p_1 + 2p_1 \cdot 3V_1}{2} = \frac{3p_1 \cdot 3V_1}{2} = \frac{9}{2} p_1 V_1$$

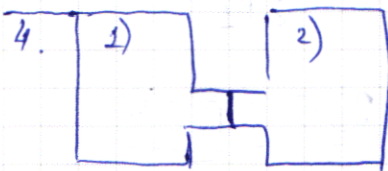
$$p = kV + b$$

$$p_1 = 3kV_1 + b$$

$$p - p_1 = k(V - 3V_1) \quad p = p_1 + k(V - 3V_1) \quad 2p_1 = p_1 + k(6V_1 - 3V_1)$$

*

$$k = \frac{p_1}{3V_1}$$



$$V_1 = \frac{1}{3}$$

$$V_2 = \frac{1}{5}$$

1) T

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = 500 \text{ K}$$

2) $\frac{p}{p_2}$

$$\begin{cases} p_1 V = \nu R T_1 \\ p_2 V = \nu R T_2 \end{cases}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1 T_1}{V_2 T_2} \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{100}{100} = 1 \quad \underline{p_1 = p_2}$$

$$p = p_1' + p_2'$$

~~Решение~~

$$\frac{p_1 V}{T_3} = \frac{p_1' 2V}{T} \quad T = \frac{T_1 p_1' 2V}{p_1 V} = \frac{600 p_1'}{p_1}$$

$$\frac{p_2 V}{T_2} = \frac{p_2' 2V}{T}$$

$$T = \frac{T_2 p_2' 2V}{p_2 V} = \frac{p_2' 1000}{p_2}$$

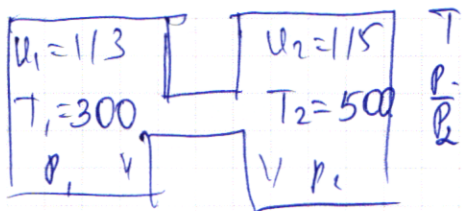
$$\frac{600 p_1'}{p_1} = \frac{1000 p_2'}{p_2}$$

$$\frac{p_1'}{p_2'} = \frac{1000}{600} = \frac{5}{3} = 1,25 \quad p_1' = 1,25 p_2'$$

$$p = 1,25 p_2' + p_2' = 2,25 p_2'$$

$$p_1' = \frac{T p_1}{2T_1} \quad p_2' = \frac{T p_2}{2T_2}$$

$$p_1' = 5 p_2' \quad \frac{T p_1}{2T_1} = \frac{5 T p_2}{2T_2}$$



$$P_1 V = U_1 R T_1 \quad P_1 V = 100 R$$

$$P_2 V = U_2 R T_2 \quad P_2 V = 100 R \quad \Rightarrow P_1 = P_2$$

$$P = P_1 + P_2 \quad 1) \frac{P_1 V}{T_1} = \frac{P_1' 2V}{T} \quad \frac{P_1}{300} = \frac{2P_1'}{T}$$

$$2) \frac{P_2 V}{T_2} = \frac{P_2' 2V}{T} \quad \frac{P_2}{500} = \frac{2P_2'}{T}$$

$$P_1' = \frac{P_1 T}{600} \quad P_2' = \frac{P_1 T}{100}$$

$$\frac{P_1'}{P_2'} = \frac{1000}{600} = \frac{5}{3} \quad P_1' = \frac{5}{3} P_2'$$

$$P = \frac{5}{3} P_2' + P_2' = \frac{8}{3} P_2' = \frac{8}{3} \frac{P_1 T}{1000}$$

$$\frac{P}{P_1} = \frac{8}{3} \frac{P_1 T}{1000} \cdot \frac{1}{P_1} = \frac{8T}{3 \cdot 1000}$$

~~$$\frac{T}{P_1} = \frac{600 P_1 V}{83} \cdot \frac{600}{P_1 T} = \frac{P_1 V 10}{83 P_1 T}$$~~

~~$$83 P_1 T^2 = (P_1)^2 10 V \quad P = \frac{10 P_1 T}{75}$$~~

~~$$\frac{5}{3} + \frac{3}{5} = \frac{8}{15} \quad \frac{2}{5}$$~~

~~$$T = \frac{75 P}{2 P_1}$$~~

~~$$\frac{830}{300} = \frac{P_1' 2V}{T}$$~~

~~$$\frac{830}{500} = \frac{P_2' 2V}{T}$$~~

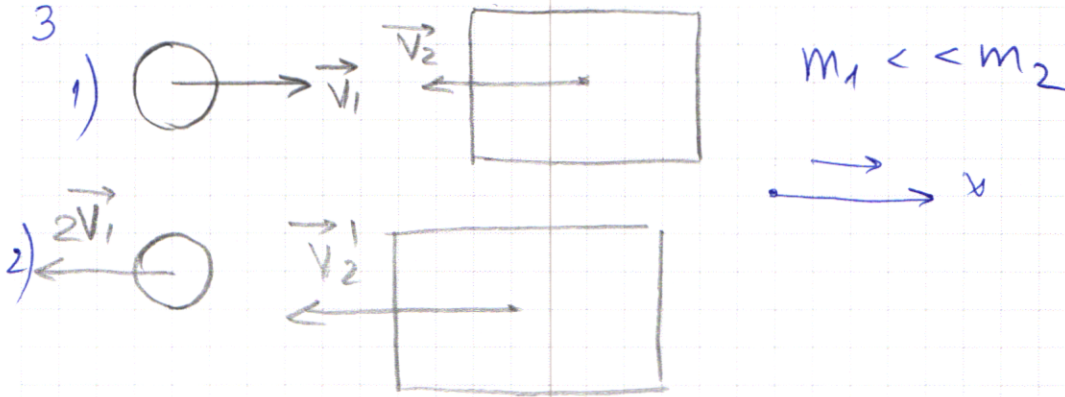
~~$$\frac{P_1'}{P_2'} = \frac{5}{3}$$~~

~~$$P_1 V = 100 R T$$~~
~~$$P_2 V = \frac{8}{15} R T$$~~

~~$$P_2 V = \frac{8}{15} R T$$~~

~~$$\frac{P_1}{2P} = \frac{100 \cdot 15}{8 T} \quad T = \frac{375 P}{P_1} = \frac{75 P}{2 P_1}$$~~

~~$$\frac{2T}{75} P_1 \cdot 2V = \frac{8}{15} \cdot 8,3 \cdot \frac{1000}{P_1} \quad \frac{P_2 V}{T} = \frac{5}{3} \frac{P_1' 2V}{T} \quad \frac{P_1}{100} = \frac{10}{3T} \quad T = \frac{1000}{P_1}$$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА


$$1) \quad m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = P$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = E_4$$

$$2) \quad m_1 2\vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2' = P$$

$$\frac{m_1 4v_1^2}{2} + \frac{m_2 (v_2')^2}{2} = E_4$$

$$\begin{cases} m_1 v_1 - m_2 v_2 = -2m_1 v_1 - m_2 v_2' \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 4v_1^2}{2} + \frac{m_2 (v_2')^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 3m_1 v_1 = m_2 (v_2 - v_2') \\ \frac{3m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_2 (v_2^2 - v_2'^2)}{2} \end{cases}$$

$$\frac{3m_1 v_1 \cdot 2}{3m_1 v_1^2} = \frac{m_2 2 (v_2 - v_2')}{m_2 (v_2 - v_2')(v_2' + v_2)}$$

$$v_1 = v_2 + v_2'$$

так как $m_1 \ll m_2$

$$v_2' = v_2$$

$$v_1 = 2v_2$$

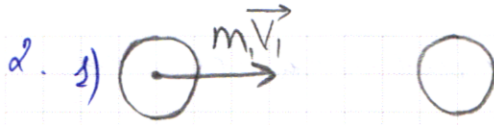
$$\frac{v_1}{v_2} = 2$$

Ответ. $\frac{v_1}{v_2} = 2$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА


$$1) P = m_1 v_1 \quad E_4 = \frac{m_1 v_1^2}{2}$$



$$2) P = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad E_4 = \frac{m_1 (v_1')^2}{2} + \frac{(m_2 v_2')^2}{2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m_1 v_1 = m_2 v_2' - m_1 \frac{v_1}{3} \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_2 (v_2')^2}{2} + \frac{m_1 v_1^2}{18} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{4}{3} v_1 m_1 = m_2 v_2' \\ \frac{4}{9} m_1 v_1^2 = \frac{m_2 (v_2')^2}{2} \end{array} \right. \quad \Bigg| \div$$

$$\frac{\frac{4}{3} m_1 v_1}{\frac{4}{9} m_1 v_1^2} = \frac{\frac{m_2 v_2'}{2}}{\frac{m_2 (v_2')^2}{2}}$$

$$\frac{3}{v_1} = \frac{2}{v_2'}$$

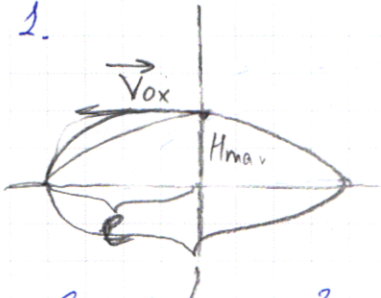
$$\frac{v_2'}{v_1} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{4}{3} v_1 m_1 = m_2 v_2'$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{4}{3} \frac{v_1}{v_2'} = \frac{4}{3} \cdot \frac{3}{2} = 2$$

$$\text{Ответ 1) } \frac{m_2}{m_1} = 2 \quad 2) \frac{v_2'}{v_1} = \frac{2}{3}$$

1.



Чтобы после столкновения мячик упал на начальное место, стена должна стоять на половине длины всего движения.

$$l = \frac{L}{2} = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad \text{на этой длине у мячика самая внешая точка значит } H_{\max}$$

после столкновения мячик горизонтальное движение со скоростью V_{0x} .

$$\begin{cases} l = V_{0x} t \\ t = \sqrt{\frac{2H_{\max}}{g}} \end{cases} \quad \begin{cases} l = V_0 \cos \alpha t \\ t = \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}}{g \cdot 2g}} = \frac{V_0 \sin \alpha}{g} \end{cases}$$

$$t_0 = 1,5 \text{ c}$$

$$t_0 = t + t_1$$

$t_1 = \frac{T}{2}$ T время которое нужно, чтоб мячик упал (без ограды)

$$t_1 = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$t_0 = \frac{V_0 \sin \alpha}{g} + \frac{V_0 \sin \alpha}{g} = 2 \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$$

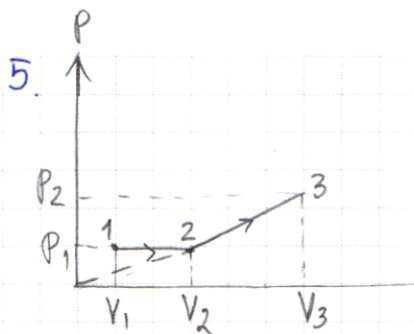
$$V_0 = \frac{g t_0}{2 \sin \alpha} = \frac{10 \cdot 1,5}{2 \cdot \frac{1}{2}} = 15 \text{ м/с}$$

$$l = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{225 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot 2 \cdot 10} = 9,6 \text{ м}$$

$$H_{\max} = h = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{225 \cdot 1}{2 \cdot 10 \cdot 4} = 2,8 \text{ м}$$

Ответ) $l = 9,6 \text{ м}$ $h = 2,8 \text{ м}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$V_2 = 3V_1$$

$$V_3 = 3V_2 = 9V_1$$

1-2 изобар

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{3V_1}{T_2} \quad \frac{V_1}{3V_3} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{3} \quad T_2 = 3T_1$$

2-3 $P = \alpha V$

$$\begin{cases} P_1 = \alpha V_1 \\ P_2 = \alpha V_2 \end{cases}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{3V_1} \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{3} \quad P_2 = 3P_1$$

$$\frac{P_1 V_2}{T_2} = \frac{P_2 V_3}{T_3} \quad \frac{T_3}{T_2} = \frac{P_2 V_3}{P_1 V_2} = \frac{3P_1 \cdot 9V_1}{P_1 V_1 \cdot 3} = 9 \quad T_3 = 9T_2 = 27T_1$$

$$\frac{T_3}{T_1} = 27$$

$$A_{1-2} = P_1 (V_2 - V_1) = P_1 \cdot 2V_1$$

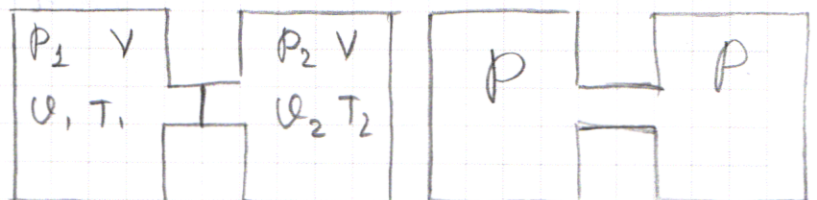
$$A_{2-3} = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_3 - V_2) = \frac{P_1 + 3P_1}{2} (9V_1 - 3V_1) = 2P_1 \cdot 6V_1 = 12P_1 V_1$$

$$\frac{A_{1-2}}{A_{2-3}} = \frac{2P_1 V_1}{12P_1 V_1} = \frac{1}{6}$$

Ответ 1) $\frac{T_3}{T_1} = 27$ 2) $\frac{A_{1-2}}{A_{2-3}} = \frac{1}{6}$

4. $U_1 = \frac{1}{3} \quad T_1 = 300K$

$U_2 = \frac{1}{5} \quad T_2 = 500K$



1) $T \quad P_1 V = U_1 R T_1 = 100R$

2) $\frac{P}{P_2} \quad P_2 V = U_2 R T_2 = 100R \quad \Rightarrow P_1 = P_2$

$P = P_1' + P_2' \quad (\text{парциальное давление})$

$$\frac{P_1 V}{T_1} = \frac{P_1' 2V}{T} \quad \frac{P_1'}{P_2'} = \frac{5}{3} \quad P_1' = \frac{5}{3} P_2'$$

$$\frac{P_2 V}{T_2} = \frac{P_2' 2V}{T} \quad P = P_1' + P_2' = \frac{8}{3} P_2' = \frac{8}{3} \frac{P_2 T}{\frac{1000}{125}} = \frac{P_2 T}{375} \quad \frac{P}{P_2} = \frac{T}{375}$$

$$P_2' = \frac{P_2 V T}{T_2 2V} = \frac{P_2 T}{1000}$$

$$P \cdot 2V = (U_1 + U_2) RT = \frac{8}{15} RT$$

$$U_1 = \frac{3}{2} U_1 RT_1$$

$$U_2 = \frac{3}{2} U_2 RT_2$$

$$U = \frac{3}{2} (U_1 + U_2) RT$$

$$U = U_1 + U_2$$

$$\frac{3}{2} (U_1 + U_2) RT = \frac{3}{2} R (U_1 T_1 + U_2 T_2)$$

$$(U_1 + U_2) T = (U_1 T_1 + U_2 T_2)$$

$$\frac{8}{15} T = 200$$

$$T = 375 \text{ K}$$

$$\frac{P}{P_2} = \frac{375}{375} = 1$$

Ответ 1) $T = 375$ 2) $\frac{P}{P_2} = 1$.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Grid area for writing the answer.

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)