

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 11-011

(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.

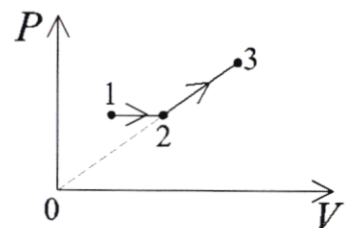
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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 .

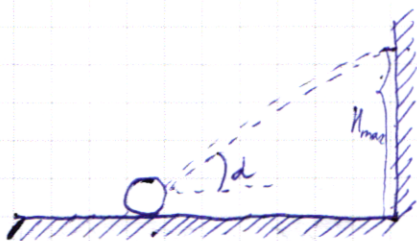
5. Объем идеального газа увеличивается в $n=2$ раза в изобарическом процессе, а затем еще раз увеличивается в $n=2$ раза в процессе прямо пропорциональной зависимости давления газа P от его объема V .

- 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

Задание №1



П.к. удар о стену абсолютно упругий, то скорость по оси y сохраняется, а на оси x меняет направление на противоположное. П.е. мяч продолжает двигаться так как будто не врезался в стену, но в противоположном направлении.

$$0 = V_0 \sin \alpha - \frac{gt_0}{2} \quad V_0 = \frac{gt_0}{2 \sin \alpha}$$

$$1) 2L = V_0 \cos \alpha t_0$$

$$2L = \frac{gt_0^2}{2} \operatorname{ctg} \alpha \quad L = \frac{gt_0^2}{4} \operatorname{ctg} \alpha$$

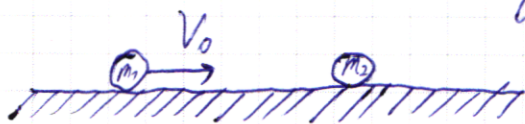
$$2) H = V_0 \sin \alpha t_0 \cdot \frac{1}{2} - \frac{gt_0^2}{8}$$

$$H = \frac{gt_0^2}{4} - \frac{gt_0^2}{8} = \frac{gt_0^2}{8}$$

Ответ: 1) $L = \frac{gt_0^2 \operatorname{ctg} \alpha}{4} = \frac{10}{\sqrt{2}} \text{ м}$;

2) $H = \frac{gt_0^2}{8} = 5 \text{ м}$;

Задание №2



$$\begin{cases} m_1 V_0^2 = \frac{m_1 V_0^2}{8} + \frac{m_2 V'^2}{2} \\ m_1 V_0 = -\frac{1}{2} m_1 V_0 + m_2 V' \end{cases}$$

V' - скорость шарика m_2 после удара.

$$1) m_2 V' = \frac{3}{2} m_1 V_0$$

$$V' = \frac{3 m_1 V_0}{2 m_2}$$

$$\frac{m_1 V_0^2}{2} = \frac{m_1 V_0^2}{8} + \frac{m_2}{2} \cdot \frac{9 m_1^2 V_0^2}{4 m_2^2}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{8} + \frac{9m_1 m_2}{8m_2^2}; \quad \frac{3}{8} = \frac{9m_2}{8m_2}; \quad 1 = \frac{3m_1}{m_2}; \quad \frac{m_2}{m_1} = 3;$$

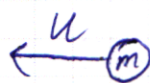
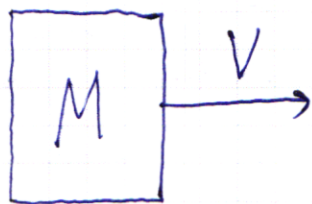
$$2) V' = \frac{3m_1 V_0}{2m_2}; \quad m_2 = 3m_1;$$

$$V' = \frac{3m_1 V_0}{2 \cdot 3m_1}; \quad V' = \frac{V_0}{2}; \quad \frac{V'}{V_0} = \frac{1}{2};$$

Ответ: 1) $\frac{m_2}{m_1} = 3;$

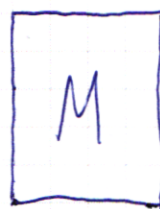
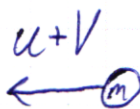
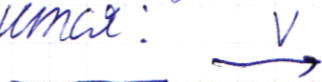
2) $\frac{V'}{V_0} = \frac{1}{2};$

Задача №3

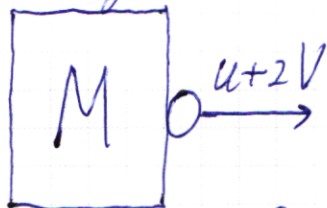


V - скорость бруска до столкновения
 u - скорость шарика до столкновения

Перейдем в систему отсчета где брусок покоится:



Тогда в обычной системе отсчета:



Из условия задачи $u+2V = 4u;$

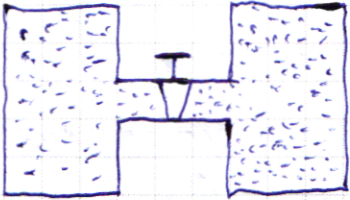
$$3u = 2V;$$

$$\frac{u}{V} = \frac{2}{3};$$

Ответ: $\frac{u}{V} = \frac{2}{3};$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №4



$$1) Q = \Delta U + A;$$

Так как сосуды теплоизолированы, то $Q = 0$;

$$\Delta U + A = 0;$$

Суммарная работа смеси газов на расширение равна нулю.

$\Delta U = 0$; Тогда запишем закон сохранения энергии:

$$\frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T_x; \quad (T_x - \text{температура установившаяся в сосуде}).$$

$$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = (\nu_1 + \nu_2) T_x;$$

$$T_x = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2};$$

2) Пусть начальное давление в сосуде с температурой T_1 - P_0 , а конечное давление в смеси - P . Тогда приняв объём сосуда равным V :

$$P_0 V = \nu_1 R T_1;$$

$$2 P V = (\nu_1 + \nu_2) R T_x;$$

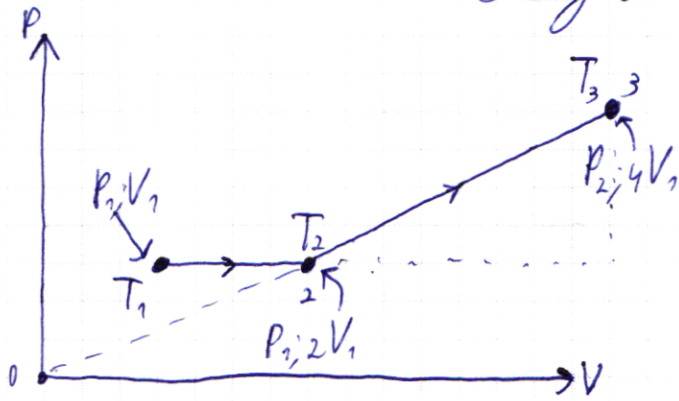
$$\frac{2P}{P_0} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) T_x}{\nu_1 T_1};$$

$$\frac{P}{P_0} = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{2 \nu_1 T_1};$$

Ответ: 1) $T_x = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = 240 \text{ K};$

2) $\frac{P}{P_0} = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{2\nu_1 T_1} = 1;$

Задача №5



(ν - число молей данного газа)
 P_i - давление газа в некоторой точке на графике.
 V_i - объём газа в некоторой точке на графике.

T_i - температура газа в некоторой точке на графике.

1) П.к. на участке 2-3 давление пропорционально объёму, и этот график проходит через нуль, то можно записать: $P = kV$; (где k - некоторый коэффициент.)

$$P_1 = k \cdot 2V_1; \quad P_2 = k \cdot 4V_1; \quad \Rightarrow P_2 = 2P_1;$$

$$\begin{cases} P_1 V_1 = \nu R T_1; \\ P_2 \cdot 4V_1 = 5 R T_3; \end{cases} \quad \frac{4P_2}{P_1} = \frac{T_3}{T_1}; \quad \frac{T_3}{T_1} = 8;$$

2) $A_1 = P_1 V_1$; (где A_1 - работа при изобарическом процессе.)

$A_2 = P_1 V_1 + 2P_1 V_1 = 3P_1 V_1$; (где A_2 - работа на участке 2-3).

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{3};$$

Ответ: 1) $\frac{T_3}{T_1} = 8$; Конечная температура увеличится в 8 раз.

2) $\frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{3};$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$y = ka + a;$$
$$y' = 2ka + a;$$
$$P_2 = kV_1 + P_1;$$

$$P_1 = 2kV_1;$$
$$P = kV + P_1;$$
$$P_1 = 2kV_1; P_2 = 4$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)