

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр

(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 шарик, 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.

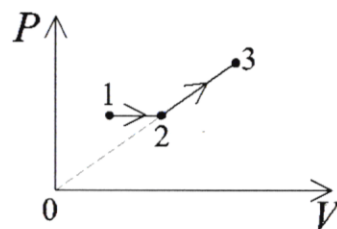
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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

4.
$$\begin{matrix} P_1 \\ T_1 \\ 2_1 \end{matrix} = \begin{matrix} P_2 \\ T_2 \\ 2_2 \end{matrix}$$

$$\begin{aligned} P_1 V &= \nu_1 R T_1 = 100R \\ P_2 V &= \nu_2 R T_2 = 100R \end{aligned} \quad \Rightarrow P = P_2 = P$$

$$\frac{3}{2} \nu_1 \cdot R \cdot T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 \cdot R \cdot T_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) \cdot R \cdot T$$

$$\frac{1}{2} \cdot R \cdot 200 + \frac{1}{3} \cdot R \cdot 300 = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3}\right) \cdot R \cdot T$$

$$200 = \frac{5}{6} T$$

$$T = 240 \text{ K}$$

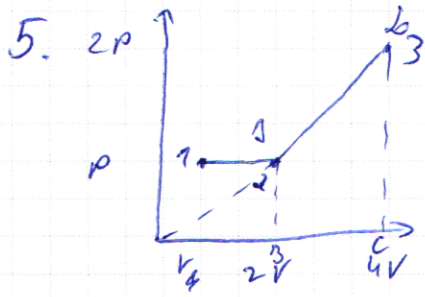
$$P_0 \cdot 2V = (\nu_1 + \nu_2) \cdot R \cdot T$$

$$P V = \nu_1 R T_1$$

$$\frac{P_0}{P} \cdot 2 = \frac{\frac{5}{6} \cdot R \cdot 240}{\frac{1}{2} \cdot R \cdot 200}$$

$$\frac{P_0}{P} = \frac{5}{6} \cdot \frac{240}{200}$$

$$\frac{P_0}{P} = 1$$



$$\begin{array}{l} T_3 \sim 2P \cdot 4V \\ T_1 \sim PV \end{array} \Bigg| \Rightarrow \frac{T_3}{T_1} = 8$$

$$U_{12} = P \cdot V = P(V - V) = PV$$

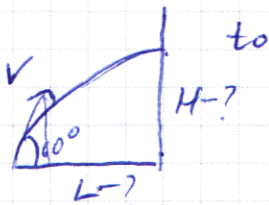
$$U_{23} = S_{\text{trapezoid}} = BC \cdot \frac{AB + CB}{2} =$$

$$= (4V - 2V) \cdot \frac{P + 2P}{2} = 2V \cdot \frac{3P}{2} =$$

$$= 3PV = \frac{U_{12}}{U_{23}} = \frac{1}{3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.



$V \sin 60^\circ = g \frac{t_0}{2} \rightarrow$ так как он падает с той же скоростью $V_y = V \sin 60^\circ$ с которой порывается

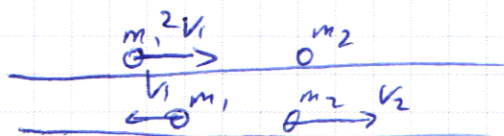
$$V \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 10 \cdot \frac{2}{2}$$

$$V = \frac{20}{\sqrt{3}} = \frac{20\sqrt{3}}{3} \text{ м/с}$$

$$H = \frac{g \left(\frac{t_0}{2}\right)^2}{2} = 5 \text{ м}$$

$$L = V \cos 60^\circ \cdot \frac{t_0}{2} = \frac{20\sqrt{3}}{3} \cdot 1 = \frac{10\sqrt{3}}{3} \text{ м}$$

2.



$$\frac{m_2}{m_1} \rightarrow \frac{v_2}{2v_1} \rightarrow$$

$$m_1 \cdot 2v_1 = -m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$m_1 \cdot 3v_1 = m_2 v_2$$

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

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

$$m_1 \cdot 3v_1^2 = m_2 v_2^2$$

$$3v_1^2 = \frac{m_2 v_2^2}{m_1}$$

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

$$3v_1^2 = 3v_1 \cdot v_2$$

$$v_1 = v_2$$

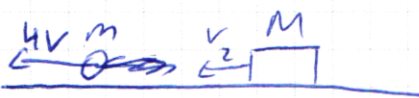
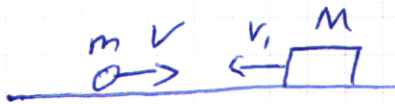
$$3v_1 = \frac{m_2}{m_1} \cdot v_2$$

$$v_2 = v_1$$

$$m_2 = 3m_1$$

$$\frac{v_2}{2v_1} = \frac{1}{2}$$

3.



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

$$Mv_1 - mv = Mv_2 + m4v$$

$$M(v_1 - v_2) = 5mv$$

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{Mv_1^2}{2} = \frac{m \cdot 16v^2}{2} + \frac{Mv_2^2}{2}$$

$$mv^2 + Mv_1^2 - Mv_2^2 = 16mv^2$$

$$M(v_1^2 - v_2^2) = 15mv^2$$

$$\underbrace{M(v_1 - v_2)}_{5mv} (v_1 + v_2) = 15mv^2$$

$$\cancel{5mv} (v_1 + v_2) = 15 \overset{3v}{mv^2}$$

$$v_1 + v_2 = 3v$$

$$\text{так как } M \gg m \Rightarrow v_1 \approx v_2 = 1,5v \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{v}{1,5v} = \frac{2}{3}$$



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)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. $\begin{matrix} V \\ \nu_1 \\ T_1 \end{matrix} = \begin{matrix} V \\ \nu_2 \\ T_2 \end{matrix}$

$\nu_1 = \frac{1}{2}$ $T_1 = 200 \text{ K}$
 $\nu_2 = \frac{1}{3}$ $T_2 = 300 \text{ K}$

$P_1 V = \nu_1 R T_1$
 $P_2 V = \nu_2 R T_2$

$\begin{matrix} T_0 \\ P_0 \end{matrix} = \begin{matrix} T_0 \\ P_0 \end{matrix}$

$P_1 V = \frac{1}{2} \cdot R \cdot 200 = 100R$

$P_2 V = \frac{1}{3} \cdot R \cdot 300 = 100R$

$\Rightarrow P_1 = P_2 = P$

так как в обоих сосудах газа и то же давление,
 то после того как они смешаются кроме температу-
 ры масса не изменится и давление смеси
 ~~P_0~~ ~~P_0~~ будет равно P а это ~~еще~~ означает
 что $\frac{P_0}{P} = 1$ (ответ на 2-й вопрос)

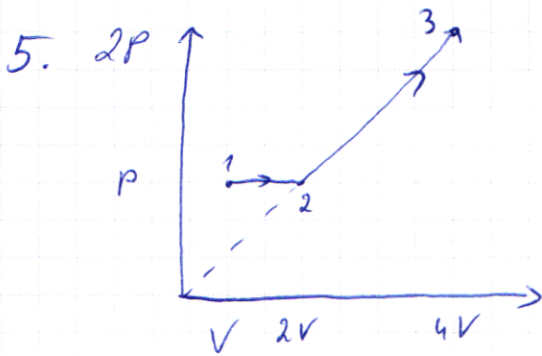
$P \cdot 2V = (\nu_1 + \nu_2) R \cdot T_0$ ($\nu_1 + \nu_2$ так как ν — это количество молекул)
 $P V = \frac{1}{2} R T_1$

$\Rightarrow \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T_0}{\nu_1 R T_1} = 2$

$\frac{5}{6} \cdot T_0 = 2$
 $\frac{3}{6} \cdot 200$

$\frac{5}{3} T_0 = 200$

1) $T_0 = 240 \text{ K}$



~~$T_1 \sim PV$~~ $T_1 \sim PV$ $T_3 \sim 2P \cdot 4V \sim 8PV$ $\Rightarrow \frac{T_3}{T_1} = 8$

$$U_{12} \sim T_2 - T_1$$

$$U_{12} \sim V_2 - V_1$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{P \cdot 2V}{PV} = 2 \Rightarrow T_2 = 2T_1$$

$$V_2 = 2V_1$$

$$U_{12} \sim 2T_1 - T_1 \sim T_1$$

$$U_{12} \sim 2V_1 - V_1 \sim V_1$$

$$\Rightarrow U_{12} \sim T_1 V_1$$

$$U_{23} \sim T_3 - T_2$$

$$U_{23} \sim V_3 - V_2$$

$$V_3 = 2V_2 = 4V_1$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{2P \cdot 4V}{P \cdot 2V} = 4 \Rightarrow T_3 = 4T_2$$

$$T_2 = 2T_1 \Rightarrow T_3 = 8T_1$$

$$U_{23} \sim 8T_1 - 2T_1 \sim 6T_1$$

$$U_{23} \sim 4V_1 - 2V_1 \sim 2V_1$$

$$\Rightarrow U_{23} \sim 12T_1 V_1$$

$$U_{12} \sim T_1 V_1$$

$$\Rightarrow \frac{U_{12}}{U_{23}} = \frac{1}{12}$$



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)