

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 15-005

(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.

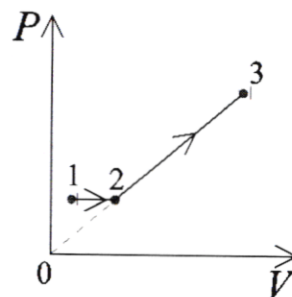
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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

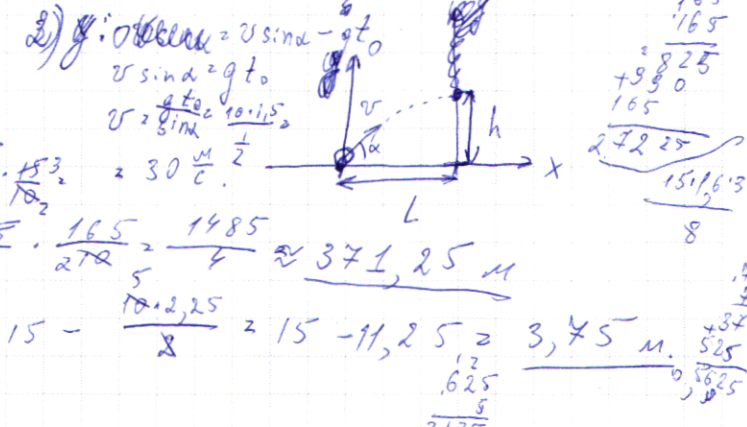
№1.

Дано:
 $\alpha = 30^\circ$
 $t_0 = 1,5 \text{ с}$
 $L, H = ?$

Решение:
1) т.к. мяч упал после столкновения на то же место откуда начал движение, то при ударе он имел скорость, перпендикулярную стене (т.е. находиме в параболы-кой вершине). $t_{up} = t_{down} \Rightarrow t_0 = 2t_{up} = 3 \text{ с}$.

Handwritten calculations:
 $\frac{16}{250} + \frac{36}{18} = \frac{52}{180}$
 $\frac{165}{9} = 18,33$
 $\frac{1485}{1371} = 1,08$
 $\frac{12}{28} = 0,43$
 $\frac{28}{28} = 1$
 $\frac{1485}{1371} = 1,08$

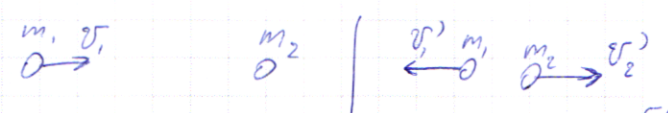
3) $x = v \cos \alpha \cdot t_0$
 $y: h = v \sin \alpha \cdot t - g \frac{t^2}{2}$
 $L = v \cos \alpha \cdot t_0 = 30 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{15}{10} = \frac{45 \sqrt{3}}{2} \approx 371,25 \text{ м}$
 $h = v \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2} = 15 - \frac{10 \cdot 2,25}{2} = 15 - 11,25 = 3,75 \text{ м}$



№2.

Дано:
 m_1, m_2
 v_1, v_2
 $\frac{m_2}{m_1} = ?$
 $\frac{v_2'}{v_1'} = ?$

Решение:
1) По закону сохр. импульса:
 $m_1 v_1 = m_2 v_2' - m_1 v_1'$
 $m_1 (v_1 - v_1') = m_2 v_2'$
 $\frac{m_2}{m_1} = \frac{2v_1'}{v_2'} \quad (2)$



2) По закону сохр. энергии:
 $\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}$
 $m_1 v_1^2 = m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2$
 $m_1 (v_1^2 - v_1'^2) = m_2 v_2'^2$
 $m_1 (v_1 - v_1')(v_1 + v_1') = m_2 v_2'^2$
 $\frac{m_2}{m_1} = \frac{8 v_1'^2}{v_2'^2} \quad (1)$

Handwritten calculations:
 $\frac{99}{51875} = 0,0019$

Подставляем (1) в (2):
 $\frac{8 v_1'^2}{v_2'^2} = \frac{2 v_1'^2}{v_2'^2}$, $4 = \frac{v_1'}{v_2'}$
3) $\frac{m_2}{m_1} = \frac{8 v_1'^2}{v_2'^2} = 2 \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{2} = 0,5$
4) $\frac{v_2'}{v_1'} = \frac{4 v_1'}{v_1'} = 4$; $\frac{v_2'}{v_1'} = \frac{4}{3}$

Дано:
 $m \ll M$
 $v_2 = 2v_1$
 $\frac{v_1'}{v_1} = ?$

Решение:
1) Перейдем в ин. ИСО, связанную с бруском.
2) По закону сохр. импульса:



$$m(v_1 + v) = m(v_2 - v) ; \quad v_1 + v = v_2 - v \Rightarrow 2v = v_2 - v_1 = v_1 ;$$

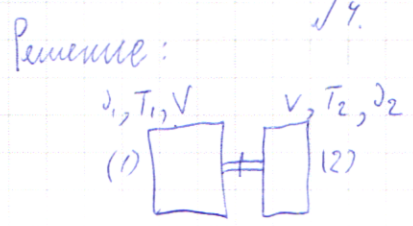
$$\frac{v_1}{v} = 2$$

$$\frac{3 \cdot 25}{8 \cdot 1875} = 100$$

$$\frac{15 \cdot 10}{5} = 100$$

Дано:
 $V_1 = V_2 = V$
 $\nu_1 = \frac{1}{3}$ моль
 $i = 2, i_1 = 3$
 $T_1 = 300 \text{ K}$
 $\nu_2 = \frac{1}{5}$ моль
 $T_2 = 200 \text{ K}$

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



1) До открытия кранов:
 (1) $\sum p_1 V = \nu_1 R T_1$
 (2) $\sum p_2 V = \nu_2 R T_2$
 $\Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{\nu_1 T_1}{\nu_2 T_2}$ (1)

2) После открытия кранов:
 $2pV = (\nu_1 + \nu_2) RT$
 $2(p_1' + p_2')V = (\nu_1 + \nu_2) RT = 2 \left(\frac{p_1 T_1}{2} \right)$
 Парунальные давления двух газов p_1' и p_2' :

$$2p_1' V = \nu_1 R T \Rightarrow \frac{p_1'}{p_2'} = \frac{\nu_1}{\nu_2} \Rightarrow \text{подставляем (1)}$$

$$2p_2' V = \nu_2 R T$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{p_1'}{p_2'} \cdot \frac{T_1}{T_2}$$

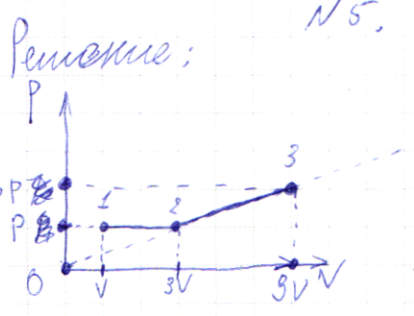
$$\frac{2pV}{p_2 V} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) RT}{\nu_2 R T_2} \Rightarrow \frac{p}{p_2} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) T}{\nu_2 T_2}$$

$$T_2 = \frac{\nu_2 T_2 + \nu_1 T_1}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{100 + 300}{\frac{1}{5} + \frac{1}{3}} = 140 \frac{15}{8} = 262.5$$

$$\frac{p}{p_2} = \frac{140 \cdot 15}{100} = 21$$

Дано:
 $n_1 = 3$
 $n_2 = 3$

 $\frac{T_3}{T_1} = ?$
 $\frac{A_{12}}{A_{23}} = ?$



1) $p_1 V_1 = \nu R T_1$
 $p_3 V_3 = \nu R T_3$
 $\Rightarrow \frac{T_3}{T_1} = \frac{p_3}{p_1} \cdot \frac{V_1}{V_3} = \frac{1}{9} \cdot \frac{p_3}{p_1} \Rightarrow \frac{T_3}{T_1} = 9 \cdot \frac{p_3}{p_1}$

2) $p_1 V_1 = \nu R T_1$
 $p_2 V_2 = \nu R T_2$
 т.к. $p_2 = p_1$ - изохорный процесс, тогда $p = \text{const}$
 $p_2 = p_1 \Rightarrow p_2 V_2 = p_1 V_1 \Rightarrow V_2 = 3V_1$
 $p_3 = p_2 \Rightarrow p_3 V_3 = p_2 V_2 \Rightarrow V_3 = 3V_2 = 9V_1$
 $\Rightarrow \frac{p_2}{p_3} = \frac{V_2}{V_3} = \frac{3}{9} = \frac{1}{3}$

3) т.к. $p_2 = p_1$, то $\frac{T_3}{T_1} = 9 \cdot \frac{p_3}{p_1} = 9 \cdot 3 = 27$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

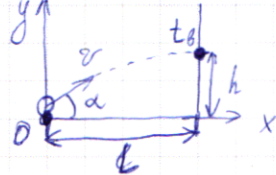
Дано:

$$\alpha = 30^\circ$$

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

$$L, H = ?$$

Решение:



1.

1) Так как угол после столкновения на то же место откуда начал своё движение, то при ударе ^{стену} он имел скорость, перпендикулярную стенке (т.е. макс находится в парабол. вершине). $\Rightarrow t_0 = \frac{v_0}{g} = 3,75 \text{ c}$

$$2) y: 0 = v_0 \sin \alpha \cdot t_0 - g t_0^2$$

$$v_0 \sin \alpha = g t_0; v_0 = \frac{g t_0}{\sin \alpha} = \frac{10 \cdot 0,75}{0,5} = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$3) x: L = v_0 \cos \alpha \cdot t_0 = 15 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{3}{4} = \frac{15 \cdot \sqrt{3} \cdot 3}{8} = 15 \cdot 0,2 \cdot 3 = 9 \text{ м}$$

$$y: h = v_0 \sin \alpha \cdot t_0 - \frac{g t_0^2}{2} = 15 \cdot \frac{1}{2} - \frac{10 \cdot 0,5625}{2} = 7,5 - 2,3125 = 5,1875 \text{ м}$$

Ответ: 9 м; 5,1875 м.

2.

Дано:

$$m_1, m_2$$

$$v_1 = 3 v_2$$

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

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

Решение:



1) По закону сохр. импульса:

$$m_1 v_1 = m_2 v_2' - m_1 v_1'$$

$$m_1 (v_1 + v_1') = m_2 v_2'$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{4 v_1'}{v_2'} \quad (2)$$

2) По закону сохр. энергии:

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

$$m_1 v_1^2 = m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2$$

$$m_1 (v_1^2 - v_1'^2) = m_2 v_2'^2$$

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

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{8 v_1'^2}{v_2'^2} \quad (1)$$

3) Подставим (1) в (2):

$$\frac{8v_1'^2}{v_2'^2} = 4 \frac{v_1'}{v_2'}; \quad \frac{v_2'}{v_1'} = \sqrt{2}$$

4) $\frac{m_2}{m_1} = 4 \frac{v_1'}{v_2'} = 4 \cdot \frac{1}{2} = 2$

5) $\frac{v_1'}{v} = 2; \quad \frac{v_2'}{v} = 2; \quad \frac{v_2'}{v_1'} = \frac{2}{2} = 1$

Ответ: ~~2~~; ~~2~~; $\frac{2}{3}$.

√3.

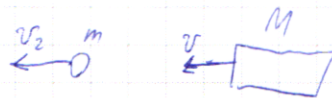
Дано:

$$m \ll M$$

$$v_2 = 2v_1$$

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

Решение:



1) Перейдем в систему отсчета связанную с бруском, тогда по закону сохранения импульса:

$$m(v_1 - v) = m(2v_2 - v); \quad v_1 + v = 2v_2 - v;$$

$$2v = 2v_2 - v_1 = v_1; \quad \frac{v_1}{v} = 2.$$

Ответ: 2.

√4.

Дано:

$$V_1 = V_2 = V$$

$$\nu_1 = \frac{1}{3} \text{ моль}$$

$$T_1 = 300 \text{ К}$$

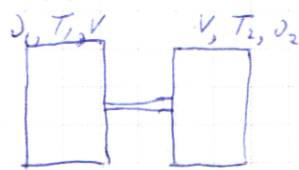
$$\nu_2 = \frac{1}{5} \text{ моль}$$

$$\nu_1 = \nu_2 = \nu$$

$$T_2 = 500 \text{ К}$$

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

Решение:



1) После установления теплового равновесия выполняется равенство:

$$U_1 = U_2; \quad \frac{1}{2} \nu_1 (T_1 - T) = \frac{1}{2} \nu_2 R (T - T_2);$$

$$\nu_1 (T_1 - T) = \nu_2 (T - T_2); \quad -T(\nu_1 + \nu_2) = -\nu_2 T_2 - \nu_1 T_1$$

$$T = \frac{\nu_2 T_2 + \nu_1 T_1}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{\frac{500}{5} + \frac{300}{3}}{\frac{1}{3} + \frac{1}{5}} = \frac{200}{\frac{8}{15}} = \frac{200 \cdot 15}{8} = 375 \text{ К}$$

2) $p_2 V = \nu_2 R T_2$

$$2pV = (\nu_1 + \nu_2) R T \Rightarrow \frac{p}{p_2} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) T}{2 \nu_2 T_2} = \frac{\frac{8}{15} \cdot 375}{2 \cdot \frac{1}{5} \cdot 500} = \frac{900}{1000} = 0.9$$

Ответ: 375 К; 0.9.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

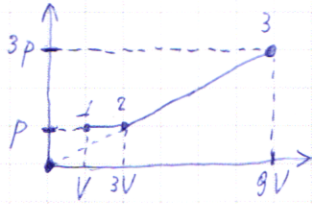
Дано:

$$n_1 = 3$$

$$n_2 = 3$$

$$\frac{T_3}{T_1} = ? \quad \frac{A_{12}}{A_{23}} = ?$$

Решение:



1) т.к. зарядик (2-3) проходит через

т.о., тогда процесс α - const:

$$p = \alpha V \Rightarrow \begin{cases} p_2 = \alpha V_2 \\ p_3 = \alpha V_3 \end{cases} \Rightarrow \frac{p_2}{p_3} = \frac{V_2}{V_3} = \frac{3}{9} = \frac{1}{3}$$

$$2) p_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow \frac{T_1}{T_3} = \frac{p_1 V_1}{p_3 V_3} = \frac{1}{9} \cdot \frac{1}{3} =$$

$$p_3 V_3 = \nu R T_3$$

$$\Rightarrow \frac{1}{27} \Rightarrow \frac{T_3}{T_1} = 27 \quad (\text{т.к. } p_1 = p_2)$$

$$3) \frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{p_2 V_2}{(p_2 + 3p_2) 6V} = \frac{4pV}{24pV} = \frac{1}{6}$$

Ответ: 27; $\frac{1}{6}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

15-005

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)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

15-005

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)