

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 16-009

(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  $10 \text{ м/с}^2$ .

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.

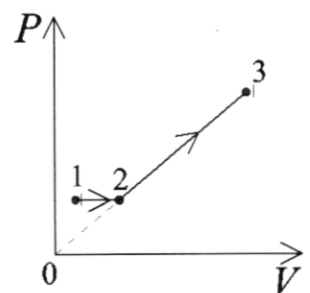
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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  $V$ .

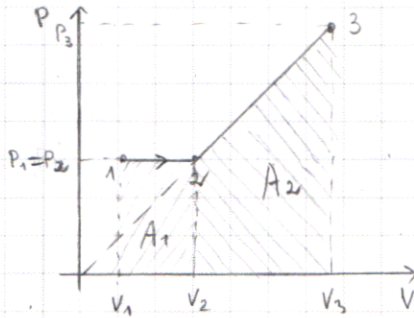
- 1) Во сколько раз увеличивается конечная температура газа по сравнению с начальной?
- 2) Найти отношение работы, которую совершает газ в изобарическом процессе, к работе, которую он совершает в процессе прямо пропорциональной зависимости давления газа  $P$  от его объема  $V$ .





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.



1. 1) Процесс 1-2 - изобарический ( $P = \text{const}$ )

$$\Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}, \quad V_2 = 3V_1 \text{ (по усл.)}$$

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

$$T_2 = 3T_1$$

2) Процесс 2-3 - процесс прямо пропорциональной зависимости давления газа  $P$  от его объема  $V$ . По условию,  $V_3 = 3V_2$ , значит  $P_3 = 3P_2$ ,  $P_2 = P_1 \Rightarrow P_3 = 3P_1$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3}$$

$$\frac{P_1 \cdot 3V_1}{3T_2} = \frac{3P_1 \cdot 3 \cdot 3V_1}{T_3}$$

$T_3 = 27T_1$ , значит конечная температура газа увеличивается в 27 раз по сравнению с начальной.

2. Работа газа равна площади закрашенной <sup>шенией</sup> фигуры.

$$A_1 = (V_2 - V_1) \cdot P_1 = 2V_1 P_1$$

$$A_2 = \frac{1}{2}(V_3 - V_2) \cdot (P_1 + P_3) = (P_1 + 3P_1) \cdot (9V_1 - 3V_1) \cdot \frac{1}{2} = 4P_1 \cdot 6V_1 \cdot \frac{1}{2} = 12V_1 P_1$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{2P_1 V_1}{12P_1 V_1} = \frac{1}{6}$$

Ответ: 1) в 27 раз;

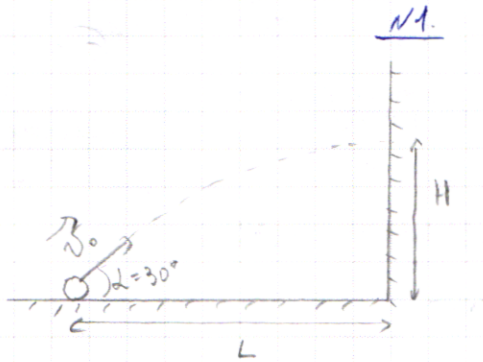
2) 1:6.

Дано:

$$\alpha = 30^\circ$$
$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$
$$t_0 = 1,5 \text{ с}$$

L - ?

H - ?



Решение:

По условию, после упругого столкновения со стеной мяч упал в то же место, где летел вначале, значит, в момент удара со стеной мяч был в наивысшей точке полета.

$$1) t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \Rightarrow v_0 = \frac{t \cdot g}{\sin \alpha}$$

$$v_0 = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10}{1} = 30 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

$$2) H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$H = \frac{90 \cdot \frac{1}{4}}{20} = 1,125 \text{ (м)}$$

$$3) L = \frac{1}{2} v_0 \cos \alpha \cdot t$$

$$L = 15 \cdot 1,5 \cdot \cos 30^\circ = 22,5 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 22,5 \cdot 0,866 = 19,35 \text{ (м)}$$

Ответ: 1) 19,35 м;

2) 1,125 м.

№4.

Дано:

$$V_1 = V_2$$

$$\nu_1 = \frac{1}{3} \text{ моль}$$

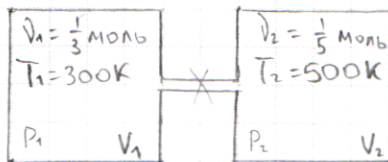
$$\nu_2 = \frac{1}{5} \text{ моль}$$

$$T_1 = 300 \text{ К}$$

$$T_2 = 500 \text{ К}$$

T - ?

$\frac{P}{P_2}$  - ?



Решение:

$$1) \nu_1 (T - T_1) + \nu_2 (T - T_2) = 0$$

$$\nu_1 (T - T_1) + \nu_2 (T - T_2) = 0$$

$$\frac{1}{3} T - 100 + \frac{1}{5} T - 100 = 0$$

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

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$$2) \quad P_1 V_1 = \nu_1 R T_1 \quad P_1 V_1 = 100 R \quad (1)$$

$$P_2 V_2 = \nu_2 R T_2 \quad P_2 V_2 = 100 R \quad (2)$$

Разделим (1) на (2):

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{1} \Rightarrow P_1 = P_2$$

$$P(V_1 + V_2) = (\nu_1 + \nu_2) R T$$

$$2 P V_1 = \frac{8}{15} R T$$

$$2 P V_1 = 200 R$$

$$P V_1 = 100 R \quad (3)$$

Разделим (3) на (2):

$$\frac{P V_1}{P_2 V_2} = \frac{100 R}{100 R}, \quad V_1 = V_2 \text{ (по условию)}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{1}$$

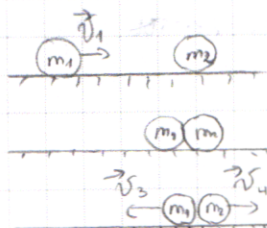
Ответ: 1) 375 K;  
2) 1:1.

№2

Дано:

$m_1, m_2$   
 $v_2 = 0$

$$v_3 = \frac{1}{3} v_1$$



$$\vec{v}_1 \uparrow \downarrow \vec{v}_3$$

Решение:

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

$$\frac{v_4}{v_1} \text{ ?}$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_3 + m_2 v_4$$

$$m_1 v_1 = \frac{1}{3} m_1 v_1 + m_2 v_4$$

$$m_2 v_4 = \frac{2}{3} m_1 v_1$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{2 v_1}{3 v_4}$$

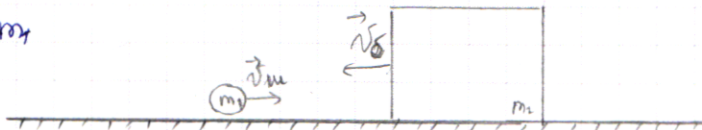
$$\frac{v_4}{v_1} = \frac{2}{3} \frac{m_1}{m_2}$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{m_2}{m_1} = \frac{2 v_1}{3 v_4}$$

$$2) \frac{v_4}{v_1} = \frac{2 m_1}{3 m_2}$$

№3.

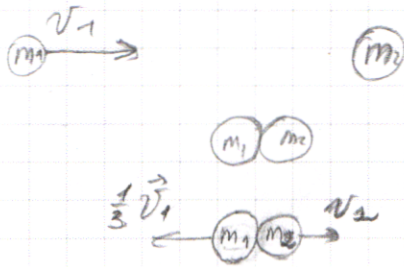
$$m_2 > m_1$$



По условию, шарик упруго ударяется о <sup>грань.</sup> стенку бруска, масса бруска намного больше массы шарика. Значит, если бы брусок был неподвижен, то шарик бы отскочил от него после столкновения со скоростью, равной начальной. Но по условию, после упругого удара шарик движется со скоростью в 2 раза большей, чем начальная скорость. Значит скорость бруска и шарика равны. Тогда  $\frac{v_{ш}}{v_8} = 1$ .

Ответ: 1:1

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$$m_2 v_2 = \frac{1}{3} m_2 v_2 +$$

$$m_1 v_1 = m_1 \frac{1}{3} v_1 + m_2 v_2$$

$$\frac{2}{3} m_1 v_1 = m_2 v_2 \quad | : m_2 v_1$$

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

$$2 m_1 v_1 = 3 m_2 v_2 \quad | : 3 m_1 v_1$$

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

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

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

$$2 m_1 v_1 = 3 m_2 v_2 \quad | : 3 m_2 v_1$$

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

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

$P = m \vec{v}$   
импульс

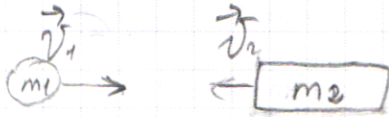
$$\frac{3 v_2}{2 v_1} = \frac{2 m_1}{3 m_2}$$

$$1 \text{ м} \quad 10 \text{ м/с.}$$

$$5 \text{ м} \quad 10 \frac{\text{м}}{\text{с.}}$$

$$10 + 50 = 1 v_3 + 5$$

$$60 = v_3 + 5$$

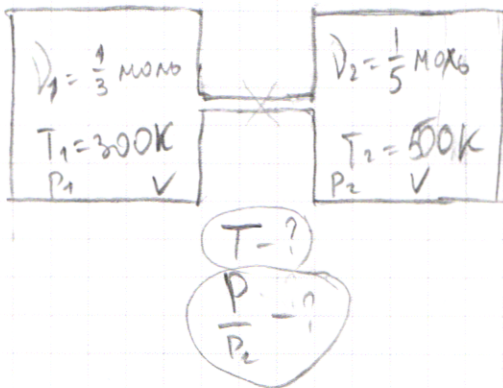


1:1

$$v = \frac{m}{M} \quad M = vM$$

$$\alpha m_1(T - T_1) + \alpha m_2(T - T_2) = 0$$

$$v_1 M (T - T_1) + v_2 M (T - T_2) = 0$$



$$P_1 v_1 = D R$$

$$c_4 [e] = \frac{D m c}{M \cdot K}$$

$$P_1 v_1 = D_1 R T_1 \quad \frac{M}{M} R$$

$$P_2 v_2 = D_2 R T_2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{v_2 T_1}{v_1 T_2} = \frac{5}{3} \cdot \frac{300}{500}$$

$$P_1 = P_2$$

$$\begin{array}{r} 64 \\ \times 375 \\ \hline 8 \\ \hline 3000 \end{array} \quad \frac{Q}{M T}$$

$$\frac{1}{3} \cdot 300 + \frac{1}{5} \cdot 500 = \frac{8}{15} \cdot T$$

$$2 P v_2 = \frac{8}{15} R \cdot 375$$

$$P v_2 = 100 R$$

$$P v_2 = 831$$

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

$$\frac{8T}{15} = \frac{200}{1}$$

$$8T = 3000$$

$$P_1 v_1 = D_1 R T_1$$

$$P_2 v_2 = \frac{1}{5} \cdot 500 \cdot R = 100 R = 831$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ \times 15 \\ \hline 125 \\ + 25 \\ \hline 375 \end{array} \quad (R)$$

$$\begin{array}{r} 64 \\ \times 275 \\ \hline 8 \\ \hline 2200 \end{array} \quad \frac{15}{14}$$

$$200 \cdot 15 = 3000$$

$$\begin{array}{r} 3000 \\ - 24 \\ \hline 80 \end{array}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

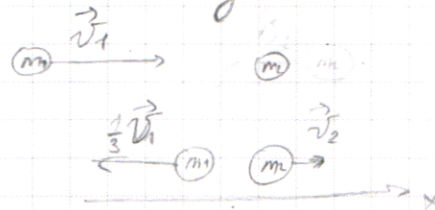
№2.

$$m_1 \vec{v}_1 = \frac{1}{3} m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$$

$$m_1 v_1 = \frac{1}{3} m_1 v_1 + m_2 v_2$$

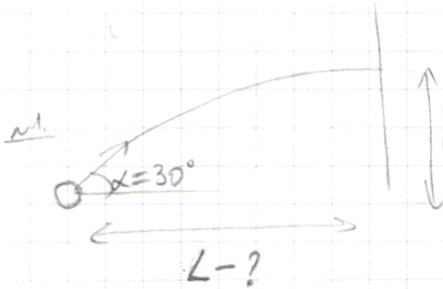
$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{2}{3} \frac{v_1}{v_2}$$

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$



$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{v_2}{v_1} = ?$$

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



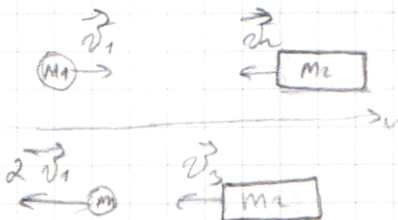
$$\begin{array}{r} 24 \\ 13 \\ \hline 22,5 \\ \times 0,86 \\ \hline 1350 \\ + 1800 \\ \hline 19350 \end{array}$$

$$L = \frac{v^2}{g}$$

$$t = 1,50$$

$$\begin{array}{l} \alpha \checkmark \\ t \checkmark \\ v \checkmark \end{array}$$

$$\sin \alpha = \frac{1}{2}$$



$$m_1 \vec{v}_1$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = 2m_1 v_1 - m_2 v_3$$

$$\begin{array}{r} 43 \\ 22,5 \\ \hline 0,86 \\ \hline 1350 \\ + 1800 \\ \hline 19350 \end{array}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$0,750$$

$$l = v_0 \cos \alpha \cdot t$$

$$l =$$

$$1,732 = \sqrt{3} \quad 0,86 = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$H = \frac{v_0^2 \cdot \frac{1}{4}}{20} = \frac{v_0^2}{80}$$

$$H = \frac{90 \cdot \frac{1}{4}}{20} = \frac{90}{80} = \frac{9}{8} = 1\frac{1}{8} = 1,125 \text{ m}$$

$$l = v_0 \cos \alpha \cdot t$$

$$l = 30 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1,5 = \frac{45\sqrt{3}}{2}$$

$$L = \frac{45\sqrt{3}}{4}$$

W.

$$1,5 = \frac{v_0}{10} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,2$$

$$3 = \frac{v_0}{10} \quad v_0 = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

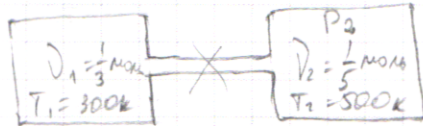
$$45 \sqrt{3} / 4 = 11,25$$

$$\frac{90}{4} = 22,5$$

$$\frac{22,5}{20} =$$

$$\frac{2,25}{2} =$$

$$\begin{array}{r} 125 \\ \times 12 \\ \hline 2500 \\ + 1250 \\ \hline 15000 \end{array}$$



$$\bar{v} = \frac{m}{M} = \frac{pV}{M} \quad v = \frac{\bar{v}M}{p}$$

$$P = \dots$$

$$R = 8,31$$

$$T = ? \quad \frac{P}{P_2} = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} + \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P(V_1 + V_2)}{T}$$

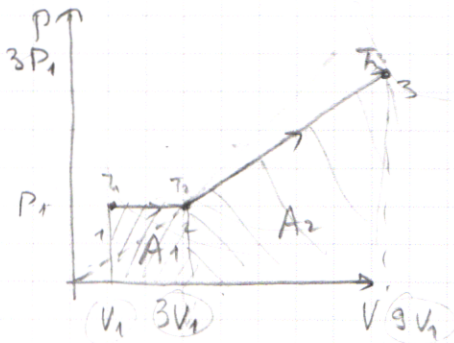
$$PV = \nu RT$$

$$\frac{P_1 V_1}{300} + \frac{P_2 V_2}{500} = \frac{P(V_1 + V_2)}{T}$$

$$500 P_1 V_1 + 300 P_2 V_2$$

1. 2. 3. 4.

5.



$$1-2 \quad 1) \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_1 3V_1}{T_2}$$

$$T_2 = 3T_1$$

$$2-3 \quad 2) \frac{P_1 3V_1}{3T_1} = \frac{3P_1 9V_1}{T_3}$$

$$T_3 = 27T_1$$

$$A_1 = 2V_2 \cdot P_1 = 2V_1 P_1$$

$$A_2 = 2P_1 \cdot 6V_1 = 12P_1 V_1$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{2V_1 P_1}{12V_1 P_1} = \frac{1}{6}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

15-009

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)