

# 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  $10 \text{ м/с}^2$ .

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 шарика, 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.

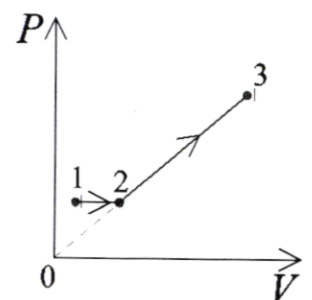
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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  $V$ .

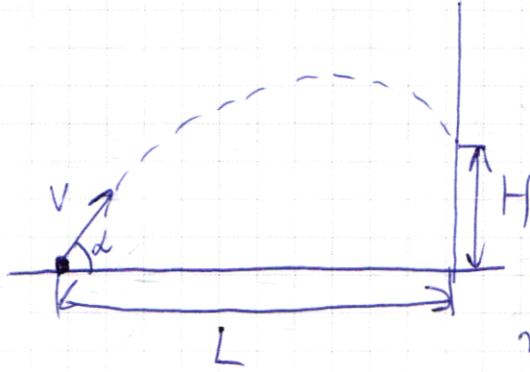
- 1) Во сколько раз увеличивается конечная температура газа по сравнению с начальной?
- 2) Найти отношение работы, которую совершает газ в изобарическом процессе, к работе, которую он совершает в процессе прямо пропорциональной зависимости давления газа  $P$  от его объема  $V$ .





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

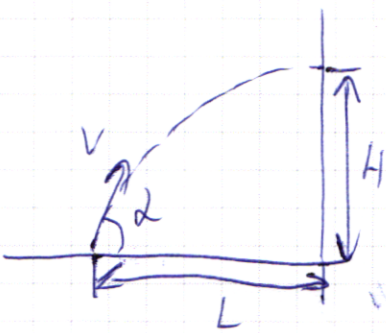
1.



со стеной  
возможная

тогда у него была  
высота. Заметим что время

Если мяч упал в то же место, это значит, что мяч столкнулся со стеной тогда его скорость была горизонтальной  $\Rightarrow$  мяч столкнулся



время равно  $\frac{t_0}{2} \Rightarrow$  при отсчете от стены мяч упал на землю через  $t_0$  время  $\Rightarrow$

между тем как мячик был между мячом до столкновения со стеной равно времени между столкновения мяча со стеной до его падения на землю, и это

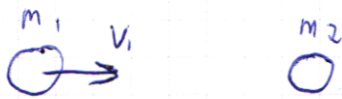
$$t_0 = \frac{2v \sin \alpha}{g} \Rightarrow v = \frac{t_0 g}{2 \sin \alpha}$$

$$L = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{t_0^2 g^2}{4 \sin^2 \alpha} \cdot \frac{\sin 2\alpha \cos \alpha}{g} = \frac{t_0^2 g}{2 \sin \alpha} \cdot \cos \alpha = \frac{t_0^2 g \cdot \cos \alpha}{2} = \frac{2,25 \cdot 10}{2} \cdot \sqrt{3} = 11,25 \sqrt{3} = 19,125 \text{ м}$$

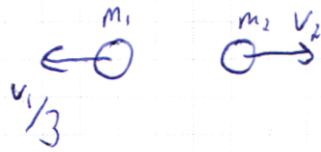
$$H = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{t_0^2 g^2}{4 \sin^2 \alpha} \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{2g} = \frac{t_0^2 g}{8} = 2,8125 \text{ м}$$



2.



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



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

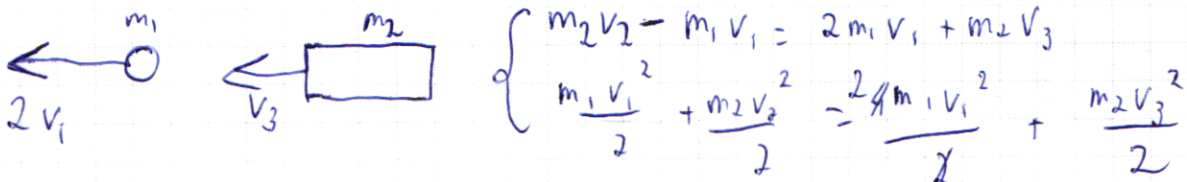
$$\begin{cases} m_1 v_1 = m_2 v_2 - \frac{m_1 v_1}{3} \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2 \cdot 9} + \frac{m_2 v_2^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{4}{3} m_1 v_1 = m_2 v_2 \\ \frac{4}{9} m_1 v_1^2 = \frac{m_2 v_2^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{4}{3} \frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2}{v_1} \\ \frac{4}{9} \frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2^2}{v_1^2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{v_2}{v_1} = \frac{4}{3} \frac{m_1}{m_2} \\ \frac{4}{9} \frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2^2}{v_1^2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{2} \\ \frac{v_2}{v_1} = \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{2}{3} \end{cases}$$

3.



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



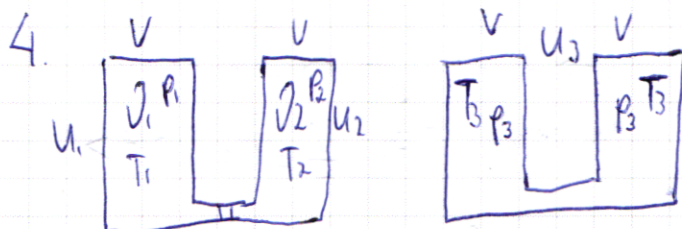
$$\begin{cases} m_2 v_2 - m_1 v_1 = 2 m_1 v_1 + m_2 v_3 \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{2 m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_3^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_3 = \frac{m_2 v_2 - 3 m_1 v_1}{m_2} \\ m_2 v_2^2 - 3 m_1 v_1^2 = m_2 \frac{(m_2 v_2 - 3 m_1 v_1)^2}{m_2^2} \end{cases}$$

$$\cancel{m_2^2} v_2^2 - 3 \cancel{m_1} m_2 v_1^2 = \cancel{m_2^2} v_2^2 - 6 \cancel{m_1} m_2 v_1 v_2 + 9 \cancel{m_1^2} v_1^2$$

$$9 m_1 v_1^2 + 3 m_2 v_1^2 = 6 m_2 v_1 v_2 \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{26 m_2}{3(3 m_1 + m_2)} = 2$$



### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~$p_1 V = \nu_1 R T_1$~~

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu_1 R T_1$$

$$U_2 = \frac{3}{2} \nu_2 R T_2$$

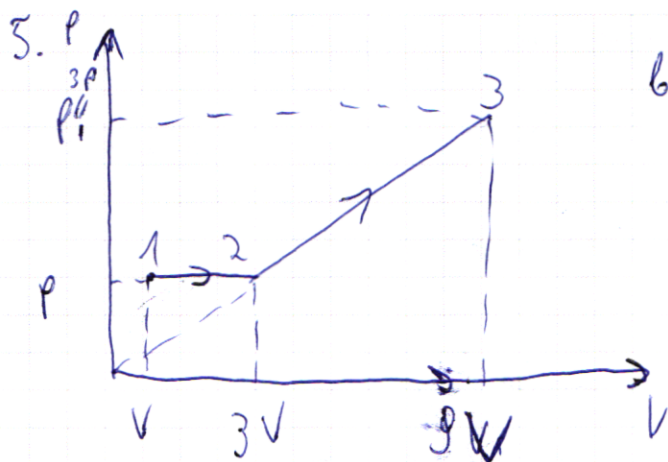
$$U_3 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T_3$$

$$U_3 = U_2 + U_1 \Rightarrow \frac{3}{2} R (\nu_1 + \nu_2) T_3 = (\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2) R \Rightarrow$$

$$T_3 = \frac{(\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{\frac{1}{3} \cdot 300 + \frac{1}{5} \cdot 500}{\frac{1}{3} + \frac{1}{5}} = \frac{200 \cdot 15}{8} = 375 \text{ K}$$

$$\begin{cases} p_2 V = \nu_2 R T_2 \\ 2 p_3 V = (\nu_1 + \nu_2) R T_3 \end{cases} \Rightarrow \frac{p_3}{p_2} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) T_3}{2 \nu_2 T_2} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T_3}{2 \nu_2 R T_2}$$

$$= \frac{8}{15} \cdot 375 = \frac{8 \cdot 25}{15 \cdot 200} = 1$$

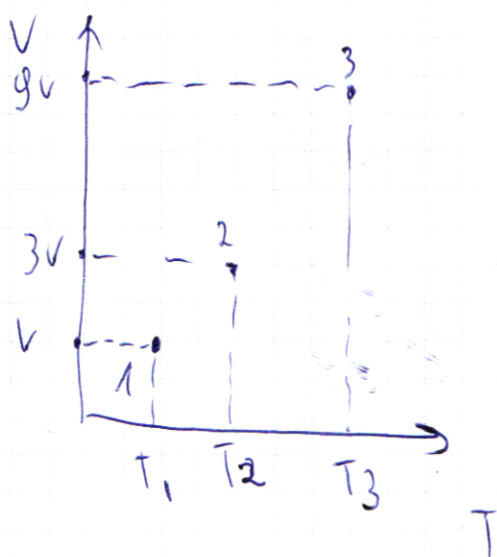


6 2-3  $\frac{p}{V} = \text{const} \Rightarrow$

$$\frac{p}{3V} = \frac{p_1}{9V} \Rightarrow p_1 = 3p$$

1 → 2 - изобарический процесс  $\Rightarrow \frac{V}{T} = \text{const} \Rightarrow$

$$\frac{V}{T_1} = \frac{3V}{T_2} \Rightarrow T_2 = 3T_1$$



6 процессе 2-3  $\frac{p}{V} = \text{const} \Rightarrow$

$$\frac{p}{V} = k \text{ (k - какое-то константное число)}$$

так же  $\frac{pV}{T} = \text{const} \Rightarrow$

$$\frac{pV}{T} = b \text{ (b - тоже какое-то константное число) } \Rightarrow$$

$$p = kV \Rightarrow \frac{pV}{T} = \frac{kV^2}{T} = b \Rightarrow \frac{V^2}{T} = \frac{b}{k}, \text{ но сколько и}$$

b и k константы  $\Rightarrow \frac{V^2}{T}$  - тоже константное  $\Rightarrow$

$$\frac{V^2}{T} = \text{const. в процессе 2-3} \Rightarrow \frac{9V^2}{T_2} = \frac{9V^2}{T_3} \Rightarrow$$

$$T_3 = 9T_2 = 9 \cdot 3T_1 = 27T_1 \Rightarrow \frac{T_3}{T_1} = 27 :$$

~~Работа совершенная~~

Работа совершенная газом равна площади под графиком зависимости p от V  $\Rightarrow$

$$A_{1-2} = 2Vp \quad A_{2-3} = 6V \cdot \frac{p+3p}{2} = 12Vp \Rightarrow \frac{A_{2-3}}{A_{1-2}} = 6 \quad \frac{A_{1-2}}{A_{2-3}} = \frac{1}{6}$$



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)



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)





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)