

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр 13-003

(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 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.

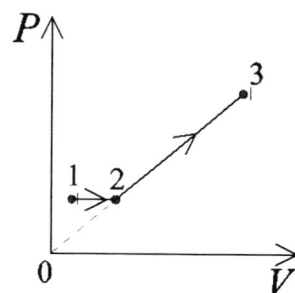
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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.

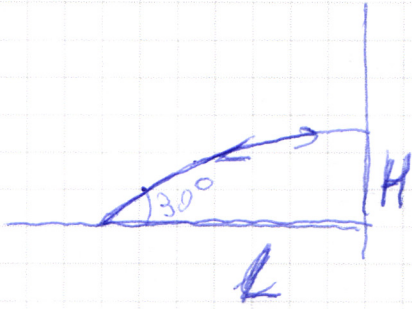
- 1) Найти температуру в сосудах после установления теплового равновесия.
- 2) Найти отношение конечного давления в смеси газов к начальному давлению в сосуде с температурой T_2 .

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 .



N1



$$t_0 = 1,5 \text{ сек.}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

Если мы вернемся в то же самое место, ~~то~~ это значит, что он ~~не~~ удар о стену произойдет на высоте H_{max} полета при ~~этом~~ ~~к~~ ~~стене~~ полета под углом к горизонту. Значит H искомая $= H_{\text{max}} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$.

Нам дано время от начала движения до момента $2g$ (удар о землю) значит, можно воспользоваться формулой

$$\text{Время полета } t_0 = \frac{2v_0 \cdot \sin \alpha}{g}, \text{ отсюда } v_0 = 15 \text{ м/с.}$$

$$\text{и тогда } H = \frac{225 \cdot \frac{1}{4}}{20} = \frac{45}{8} = 5,625 \text{ метра. Для нахождения}$$

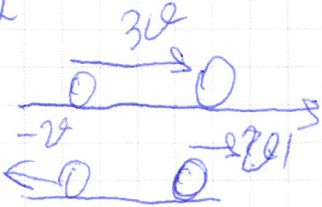
$$L \text{ воспользуемся формулой длины полета } l = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow$$

$$2L = \frac{225 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} \Rightarrow \cancel{225} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 38,25 \cdot \sqrt{3} = 3,625 \cdot \sqrt{3} \approx 9,5625$$

Ответ: $H = 5,625$ метра, $l = 9,5625$ метра.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2



После удара первый шарик движется
в обратном направлении.

Сравнительно соотношения из закона
сохранения импульсов

$3m_1 v = -m_1 v + m_2 v'$, ~~где v' — скорость 2 шарика~~
~~тогда $v' \neq 0$ т.к. m_2 придет в движение~~
после удара и движется.

Также можно воспользоваться законом
сохранения энергии: $\frac{m_1 3v^2}{2} = \frac{m_2 v^2}{2} + \frac{m_2 v'^2}{2}$

Имеем.

$$\begin{aligned} 4m_1 &= m_2 \frac{v'}{v} \\ 8m_1 &= m_2 \frac{v'^2}{v^2} \Rightarrow \frac{v'}{v} = 2 \Leftrightarrow 4m_1 = 2m_2, \text{ откуда} \\ &\text{получаем соотношение} \frac{m_2}{m_1} = 2. \end{aligned}$$

А также мы получили соотношение $\frac{v'}{v} = 2$, используя
соотношение $\frac{3v}{v'}$ и преобразовав, получаем

$$\frac{3v}{v'} = \frac{3}{2}$$

Ответ: 2; 1,5;

- IV. 1) Имеется 2 сосуда : в 1 - $T_1 = 300\text{K}$ $V_1 = \frac{1}{3}$ моля $i=3$,
в 2 $T_2 = 500\text{K}$, $V_2 = \frac{1}{5}$ моля, $i=3$.

Общую T_K после смешивания можно получить из
соответствия : $V_1 R T_1 + V_2 R T_2 = (V_1 + V_2) R T_K$, откуда

$$T_K = \left(\frac{100 + 100}{8} \right) \cdot 0,15 = 375\text{K}$$

- 2) Отношение давлений можно получить записав 2 уравнения
Менделеева-Клапейрона :

Для полного газа

$$P_K \cdot 2V = V_0 \cdot R T_K, \quad 2V \text{ потому что в меньшей шкоре}$$

газ занимает 2 сосуда. ~~для~~

Для газа до смешивания

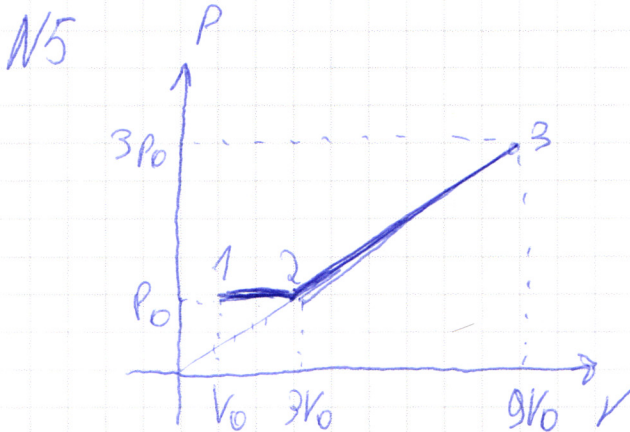
$$P_0 \cdot V = V_2 \cdot R T_2$$

получив отношение $\frac{P_K}{P_0} = \frac{\frac{V_0 \cdot R T_K}{2V}}{\frac{V_2 \cdot R T_2}{V}} = 1$, это означает

что давления равны.

Ответ: $T_K = 375\text{K}$, 1.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Ответ: 27 раз; $\frac{1}{6}$.

- 1) Если в (1) была температура равная T_0 , то по св-ву изобарического процесса, то изначальное пропорционально V_0 , т.е. $\frac{V_0}{3V_0} = \frac{T_0}{T_2}$, где T_2 - температура газа в (2).

- 2) На участке 2-3 мы имеем пропорциональную зависимость $P \sim V$, значит в (3) $P = 3P_0, V = 9V_0$.

Можно воспользоваться уравнением Менделеева-Клапейрона: $27P_0V_0 = VRT_3$, откуда видно, что $T_3 = 27T_0$, и это означает, что ~~начальная температура~~ температура T_0 увеличивается

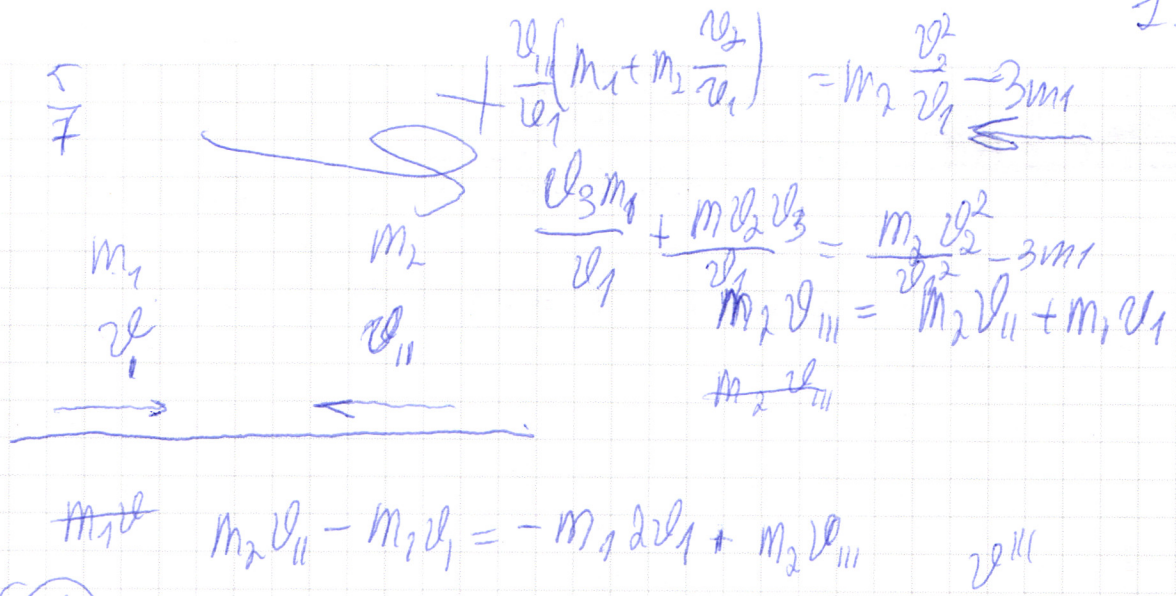
в 27 раз переходя в состояние

- 3) A_{12} и A_{23} это площади под соответствующими участками, значит

$$A_{12} = 2P_0V_0, A_{23} = \frac{3P_0 + P_0}{2} \cdot 6V_0, \text{ откуда}$$

$$\frac{A_{12}}{A_{23}} = \frac{2P_0V_0}{12P_0V_0} = \frac{1}{6}.$$

4
5
35
500
700
500
7
490 70



71

$$m_1 v_{11}^2 + m_2 v_1^2 = m_1 v_1^2 + m_2 v_{111}^2$$

$$m_2 v_{11} - m_1 v_1 + 2m_1 v_1$$

$$m_2 v_{11} + m_1 v_1 = m_2 v_{111}$$

$$m_2 v_{11}^2 - 3m_1 v_1^2 = m_2 v_{111}^2$$

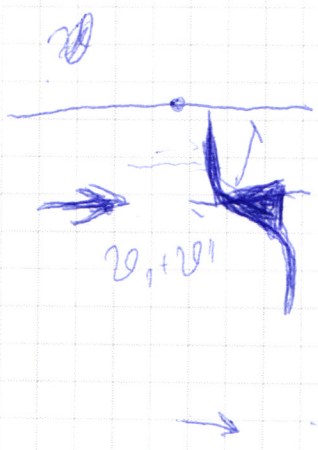
$$\frac{(m_2 v_{11} + m_1 v_1)^2}{m_2} = m_2 v_{11}^2 - 3m_1 v_1^2$$

$$m_2 v_{11} = m_2 v_2 - m_1 v_1$$

$$m_2 v_{11} + m_1 v_1 = m_2 v_2 - m_1 v_1$$

$$m_2 v_{11} + m_1 v_1 =$$

6
70
000
7
0,86



$$m_2^2 v_{11}^2 + 2m_2 m_1 v_1 v_{11} + m_1^2 v_1^2 = m_2^2 v_2^2 - 3m_1 m_2 v_1 v_2$$

$$2m_2 m_1 v_1 v_{11} + m_1^2 v_1^2 - 3m_1 m_2 v_1^2 = 0$$

$$2m_2 v_1 v_{11} + m_1 v_1^2 + 3m_2 v_1^2 = 0$$

$$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = m_1 v_1^2 + m_2 v_{111}^2 \quad m_2 (2v_2 + 3v_1) + m_1 v_1 = 0$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_2 v_{111}$$

$$m_2 v_2^2 - 3m_1 v_1^2 = m_2 v_{111}^2$$

$$m_2 v_2 - m_1 v_1 = 2m_2 (2v_2 + 3v_1) + m_2 v_{111}$$

$$v_{111} (m_1 v_1 + m_2 v_2) = m_2 v_2^2 - 3m_1 v_1^2$$

$$m_1 v_1 v_{111} + m_2 v_2 v_{111} = m_2 v_2^2 - 3m_1 v_1^2$$

$$\begin{cases} m_1 + m_2 \frac{v_2}{v_1} = m_2 \frac{v_{111}}{v_1} \\ m_2 \frac{v_2^2}{v_1^2} - 3m_1 = m_2 \frac{v_{111}^2}{v_1^2} \end{cases}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

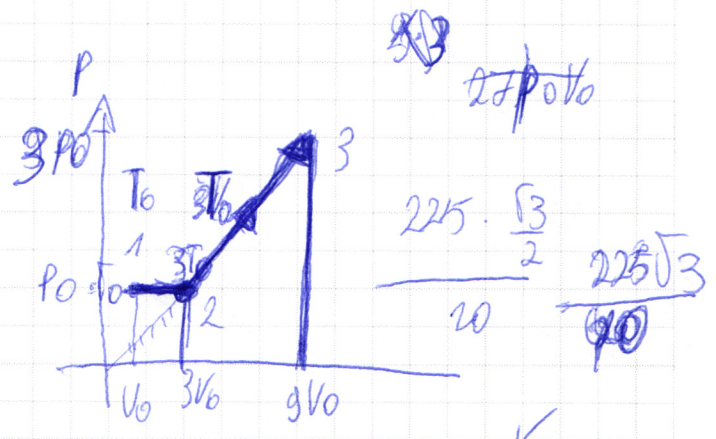
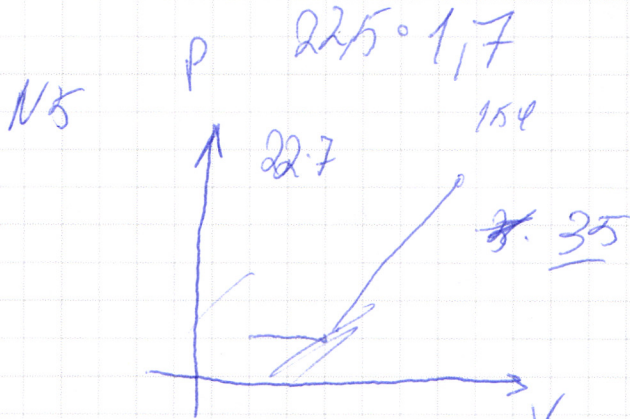
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

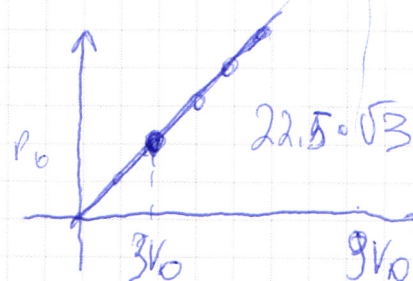
2



$22.5 \cdot (22 \times 0.5)(1 + 0.7)$
 $22 + \frac{1}{2} + 15.4 + 0.35 =$
 $22 + 15.4 + 0.35 = 37.75$

$n = 3 \text{ mol}$
 $pV = \nu RT$
 $27p_0V_0 = \nu R T_3$
 $27p_0V_0 = 3p_0 \cdot 9V_0$

$A_1 = 2V_0 \cdot p_0$
 $A_2 = \frac{(3+1)p_0}{2} \cdot 6V_0$

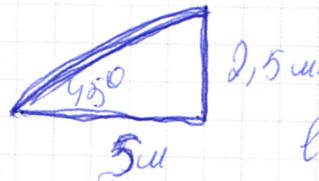


$pV = \nu RT$
 $22.5 \cdot \sqrt{3} \cdot 22.5 = \frac{22.5 \sqrt{3}}{10}$
 $22.5 \cdot \sqrt{3} = 5 \cdot \frac{5}{8}$

$\frac{2V_0 p_0}{2 \cdot 12 p_0 V_0} = \frac{1}{6}$
 $10 = \frac{100 \cdot 1}{8}$

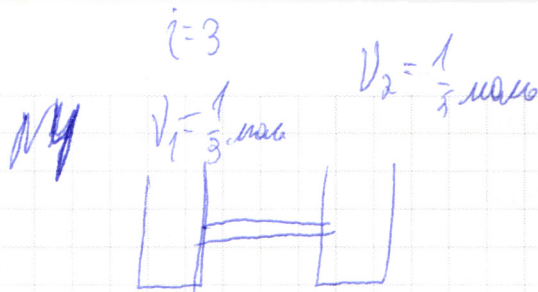
$p_0 \cdot V_0 = \nu R T_0$
 $p_0 3V_0 = \nu R 3T_0$
 $3p_0 \cdot 9V_0 = \nu R 27T_0$

$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_1}{T_1}$
 $l = \frac{2v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$
 $u = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$
 $t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$



$\sqrt{2} = \frac{20 \sqrt{2}}{10}$

$t = \sqrt{2}$
 $l = 1.5 = \frac{2v_0 \cdot 1}{10}$
 $\frac{45}{20} \cdot \frac{1}{4} = \frac{204}{4} = \frac{45}{8}$



$$VRT_1 + VRT_2 = (V_1 + V_2) R T_K$$

$(375 \times) \text{ cm}$

$$100R + 100R = \frac{8}{15} T_K$$

$$20 \cdot 15 = T_K$$

$T_1 = 300K$ $T_2 = 500K$

$5,625$
 $11,25$
 $22,5 \sqrt{3}$
 $5,625 \sqrt{3}$

$\frac{625 \cdot 7}{10000}$

$$L = \frac{225 \sqrt{3}}{20}$$

$$L = \frac{225 \sqrt{3}}{60}$$

$PV = VRT_K$

$$P \cdot 2V = \frac{8}{15} R \cdot 275 \cdot 25$$

$$P \cdot V = \frac{1}{5} 100R$$

$(5 + 0,625)(1 + 0,17)$
 $5 + 0,625 + 3,5 +$

$3m_1 v = -m_1 v$
 $3m_1 v = -m_1 v$
 $4m_1 = 2v$
 $2m_1 = m_2$

V_2

$8,625$
 $17,25$
 $(9,125)$



$$m_1 v = -m \frac{v}{3} + m_2 v^1$$

$$\frac{m_1 v^2}{2} = \frac{m_1 \frac{v}{3}}{2} + \frac{m_2 v^1 2}{2}$$

$$m_1 v^2 = m_1 \frac{v^2}{9} + m_2 2v^1 2$$

$$m_1 v = -m \frac{v}{3} + m_2 v^1$$

$$m_1 v^2 = m_1 \frac{v^2}{9} + m_2 2v^1 2$$

$$m_1 v = m_2 2v^1 - m \frac{v}{3}$$

$$m_1 3v = -m_2 v + m_2 v^1$$

$$\frac{m_1 9v^2}{2} = \frac{m_1 v^2}{2} + \frac{m_2 2v^1 2}{2}$$

$$3m_1 = -m_1 + m_2 \frac{2v^1}{v}$$

$$4m_1 = m_2 \frac{v^1}{v}$$

$$4m_1 = m_1 + m_2 \frac{v^1 2}{v^2}$$

$$3m_1 = m_2 \frac{v^1 2}{v^2}$$

$$\frac{v}{v} = 2 \cdot \frac{m_1}{9} + \frac{m_2 v^1 2}{v^2} = \frac{m_2 2v^1}{v} - \frac{m_1}{3}$$

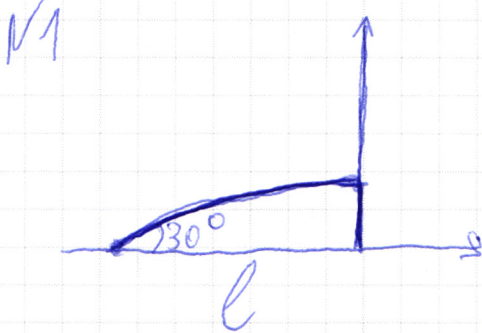
$$4m_1 = 2m_2 \quad 2m_1 = m_2$$

$$m_1 = \frac{m_1}{9} + m_2 \frac{v^1 2}{v^2}$$

$$m_1 = \frac{m_2 v^1}{v} = \frac{m_1}{3}$$

$$\frac{4m_1}{9} + \frac{m_2 2v^1 2}{v^2} = \frac{m_2 2v^1}{v}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)