

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 10

Шифр

9-7

(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.

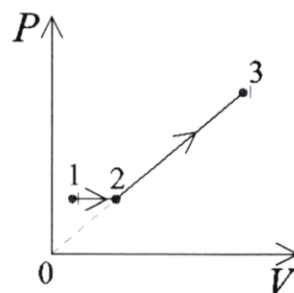
Найти отношение скоростей движения шарика и бруска до столкновения.

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  $V$ .

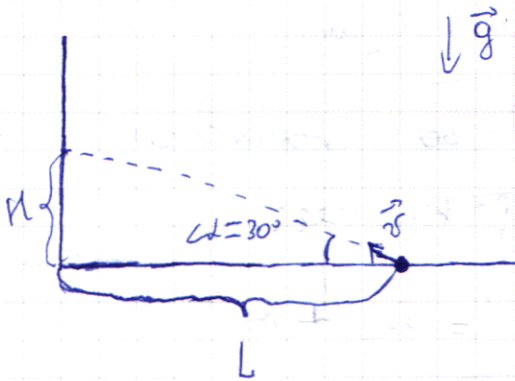
- 1) Во сколько раз увеличивается конечная температура газа по сравнению с начальной?
- 2) Найти отношение работы, которую совершает газ в изобарическом процессе, к работе, которую он совершает в процессе прямо пропорциональной зависимости давления газа  $P$  от его объема  $V$ .





ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

51



Решение

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

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

Подставим в формулу величину дальности полёта:

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

$$L = \frac{112,5 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} = 11,25 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$= 5,625 \cdot \sqrt{3}$$

найдем высоту по формуле  $\frac{gt^2}{2}$

$$H = \frac{10 \cdot 2,25}{2} = \frac{22,5}{2} = 11,25$$

Приравняем обе формулы и найдем  $t$

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

$$2g^2 t^2 = \frac{2v_0^2 \cdot 2 \sin^2 \alpha}{1}$$

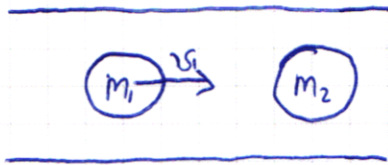
$$v_0^2 = \frac{2g^2 t^2}{4 \sin^2 \alpha} = \frac{gt^2}{2 \sin^2 \alpha} = \frac{100 \cdot 2,25}{2 \cdot \frac{1}{4}} =$$

$$= \frac{225}{2} = 112,5$$

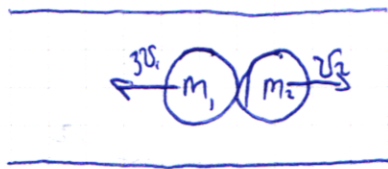
$$v_0 = \sqrt{112,5}$$

Ответ: 1)  $L = 5,625 \cdot \sqrt{3}$   
2)  $H = 11,25$

1)



2)



удар-упругий

 $m_2$  - неподвижен

поверхность абсолютно

шероховатая

Когда составили  
уравнение:

$$m v_1 = m v_1' + m_2 v_2$$

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

$$3 m_1 v_1 = m_1 v_1 + 3 m_2 v_2$$

$$2 m_1 v_1 = 3 m_2 v_2$$

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

Отношение масс  $\frac{2}{3}$ , но это допустимо если  
скорость шарика массой  $m_2$ , после столкновения равна  
скорости шарика массой  $m_1$  до столкновения

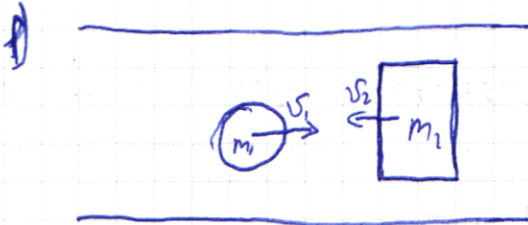
Ответ: 1)  $\frac{m_2}{m_1} = \frac{2}{3}$

2)  $v = \frac{1}{1}$

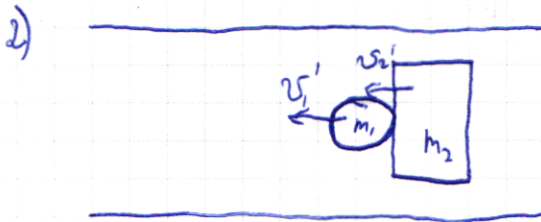


## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3



Если  $m_2$  много больше  $m_1$ , то ОК движется с постоянной скоростью до и после столкновения, тогда составим уравнение



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

$$2m_2 v_2 = m_1 v_1' - m_1 v_1$$

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

а т.к.  $v_1' = 2v_1$

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

$$2m_2 v_2 = m_1 v_1$$

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

Ответ:  $\frac{v_2}{v_1} = \frac{m_1}{2m_2}$

Дано:

$$V_1 = V_2 = V$$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = 500 \text{ K}$$

$$V_1 = \frac{1}{3} \text{ моль}$$

$$V_2 = \frac{1}{5} \text{ моль}$$

1)  $T_2 = ?$

2)  $\frac{P_1}{P_2} = ?$

Решение

$$PV = \nu RT - \text{уравнение}$$

Менделеева-Клапейрона

Составим уравнения для обоих газов

$$P_1 V = \nu_1 \cdot R \cdot T_1$$

$$P_2 V = \nu_2 \cdot R \cdot T_2$$

Посчитаем  $P_1 V$  и  $P_2 V$ :

$$P_1 V = \frac{1}{3} \cdot 8,314 \cdot \frac{100}{300} = 834,1$$

$$P_2 V = \frac{1}{5} \cdot 8,314 \cdot \frac{100}{500} = 834,1$$

 $P_1 V = P_2 V$ , а так как объём везде равен,то давление  $P_1 = P_2$ , значит  $\frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{1}$ И тогда  $T_2$  будет равно 400 K

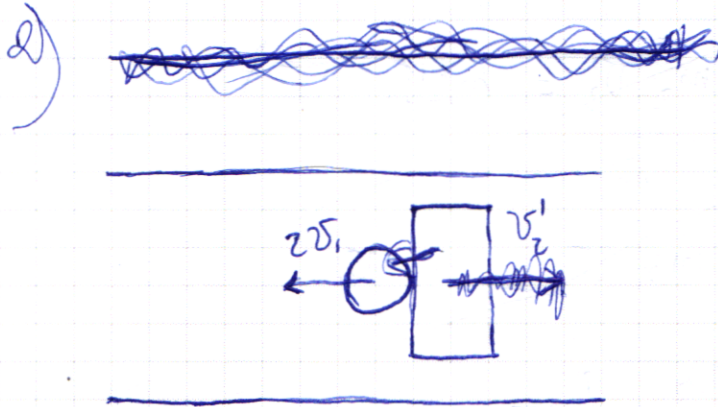
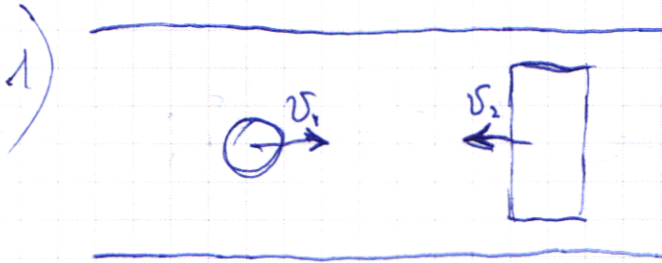
Ответ: 1) 400 K

2)  $\frac{1}{1}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3



~~$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

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

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

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

$$m_2 v_2 = m_1 v_1$$

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

Если масса бруска  
много больше

~~то он~~  $m$  шарика, то он движется с  
той же скоростью, тогда

~~$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$~~

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

$$m_1 v_1 - m_1 v_1' = -2m_2 v_2'$$

$$2m_2 v_2 = m_1 v_1' - m_1 v_1$$

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

~~Можно или определить как~~

Можно скорости бруска и шарика считать  
относительно, как 2 массы, ~~бруска~~  
к шарика!

$$2m_2 v_2 = m_1 v_1' - m_1 v_1;$$

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

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

$$2m_2 v_2 = m_1 v_1$$

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

54

Дано:

$$V_1 = V_2 = V$$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

$$V_1 = \frac{1}{3} \text{ моль}$$

$$T_2 = 500 \text{ K}$$

~~Можно~~

$$V_2 = \frac{1}{3} \text{ моль}$$

1)  $T_K$  - ?

2)  $\frac{P_K}{P_2}$  - ?

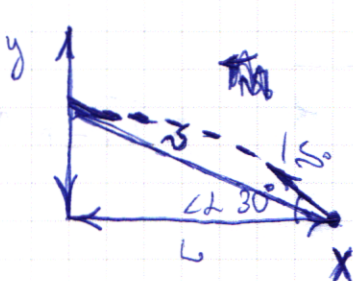
Решение

$PV = \nu RT$  уравнение  
идеального газа

Менделеева-Клапейрона



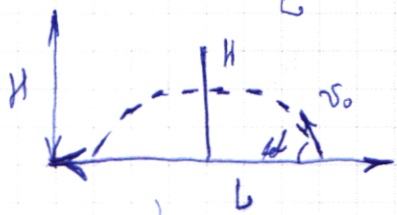
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$   
 $\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$

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

для тела  
бравшего  
пог ускор  
к горизонту



Дано:  
 $t_0 = 1,5 \text{ c}$   
 $\alpha = 30^\circ$   
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$   
 $L = ?$   
 $H = ?$

$2g^2 t^2 = 2(v_0 \cdot \sin^2 \alpha)$

$2g^2 t^2 = 2v_0^2 \sin^2 \alpha$

~~$2 \cdot 100 \cdot 2,25 = 2 \cdot v_0^2 \cdot 2 \cdot \sin^2 \alpha$~~

$v_0^2 = \frac{2g^2 t^2}{4 \sin^2 \alpha} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g}$   
 $= \frac{g^2 t^2}{2 \sin^2 \alpha} = \frac{100 \cdot 2,25}{2 \cdot \frac{1}{4}} = \frac{100 \cdot 2,25}{0,5} = 450$   
 $v_0 = \sqrt{450} = 21,21 \text{ м/с}$

$H = \frac{g t^2}{2} = \frac{10 \cdot 2,25}{2} = 11,25$

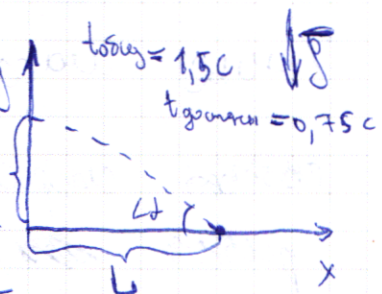


~~$L = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g} = \frac{450 \cdot \frac{1}{4}}{10} = 11,25$~~

~~$L = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g} = \frac{450 \cdot \frac{1}{4}}{10} = 11,25$~~

~~$L = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g} = \frac{450 \cdot \frac{1}{4}}{10} = 11,25$~~

$v = \sqrt{12,5} = 3,54$   
 $L = \frac{11,25 \cdot \sqrt{3}}{2} = 9,64$



$L = \frac{11,25 \cdot \sqrt{3}}{2} = 9,64$

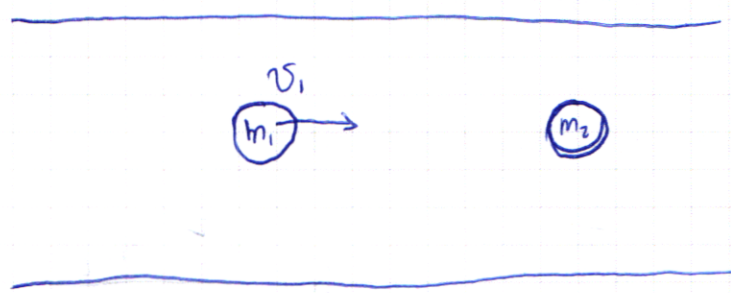
$L = \frac{11,25 \cdot \sqrt{3}}{2} = 9,64$

~~$L = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g} = \frac{450 \cdot \frac{1}{4}}{10} = 11,25$~~

~~$L = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g} = \frac{450 \cdot \frac{1}{4}}{10} = 11,25$~~

12

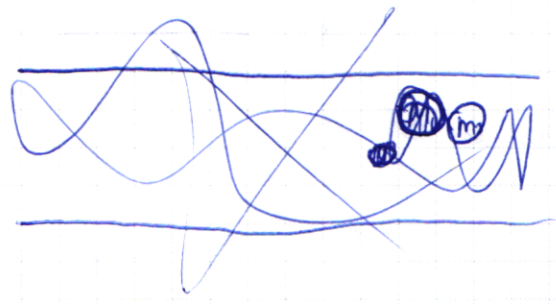
1)



удар-упругий  
 $m_2$  - неподвижен  
 поверхность - гладкая

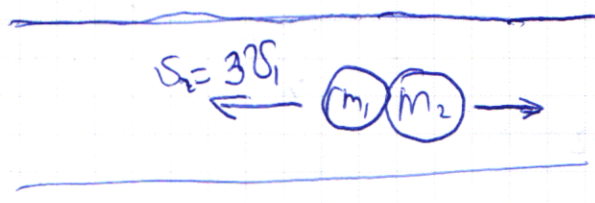
$$m v_1 = m v_1' + m_2 v_2'$$

2)



$$m v_1 = m \frac{v_1}{3} + m_2 v_2$$

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



$$3m_1 v_1 = m_1 v_1 + 3m_2 v_2$$

$$2m_1 v_1 = 3m_2 v_2$$

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

иногда масс  $\frac{3}{2}$ , но при том случае, когда  
~~равна~~ скорость 1-ого шарика до столкновения  
~~равна~~ скорости 2-ого после столкнове-  
 ния

~~scribbles~~



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Решение~~

Составим для двух газов

$$\begin{cases} P_1 V = \nu_1 R T_1 \\ P_2 V = \nu_2 R T_2 \end{cases}$$

Давление в газе остается

неизменным

~~Можно рассмотреть~~

~~$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\nu_1 R T_1}{\nu_2 R T_2}$$~~

~~$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\frac{1}{5} \cdot 8,314 \cdot 200}{\frac{1}{5} \cdot 8,314 \cdot 500} = \frac{831,4}{8314}$$~~

~~$$P_1 V = P_2 V = 831,4$$~~

~~$$P_1 = P_2$$~~

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\frac{1}{5} \cdot 8,314 \cdot 400}{V} : \frac{\frac{1}{5} \cdot 8,314 \cdot 500}{831,4} = \frac{831,4}{8,314 \cdot 500}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\left(\frac{1}{5} \cdot 8,314 \cdot 400\right) V}{V \left(\frac{1}{5} \cdot 8,314 \cdot 500\right)} \quad V = \frac{1}{5}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{1} = 1 \quad \text{одинаковое}$$

