Часть 1

Олимпиада: **Физика, 10 класс (1 часть)**

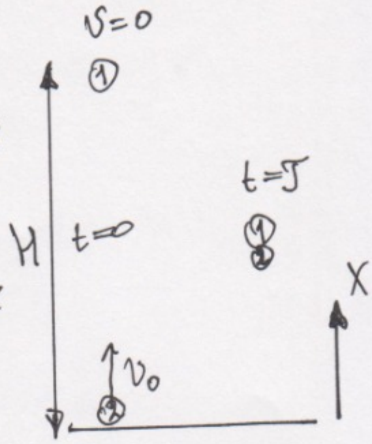
Шифр: **21204427**

ID профиля: **122471**

Вариант 2

Чистовик

№ 1.



1) Рассмотрим движение шариков от момента броска второго шарика до их столкновение. Пусть от момента броска второго шарика до столкновение шариков прошел интервал времени τ. Тогда запишем уравнение движение шариков в проекции на вертикальную ось x. $x_1(t) = H - \frac{gt^2}{2}$; $x_2(t) = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$. При $t=\tau$ $x_1 = x_2$. $H - \frac{g\tau^2}{2} = v_0\tau - \frac{g\tau^2}{2}$. $H = v_0\tau$. $H = \frac{v_0^2 - 0}{2g} = \frac{v_0^2}{2g}$

$\frac{v_0^2}{2g} = v_0\tau \Rightarrow \tau = \frac{v_0}{2g}$. Но с момента броска первого мяча до подъема на высоту H прошло время $t_0 = \frac{v_0}{g}$. Тогда общее время движение первого шарика до столкновение равно $t_1 = t_0 + \tau = \frac{v_0}{g} + \frac{v_0}{2g} = \frac{3}{2}\frac{v_0}{g}$

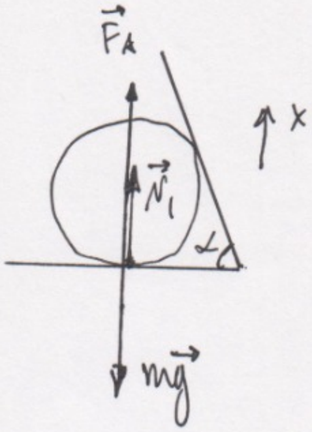
2) Время полета первого мяча до столкновение мы уже нашли, а для второго мяча это время равно τ. Поэтому искомое отношение времен: $n = \frac{t_0 + \tau}{\tau} = \frac{3v_0}{2g} \cdot \frac{2g}{v_0} = 3$.

3) Высота, на которой они столкнулись равна координате второго мяча в момент времени τ: $h = x_2(\tau) = v_0 \cdot \frac{v_0}{2g} - \frac{g}{2}\frac{v_0^2}{4g^2} = \frac{3}{8}\frac{v_0^2}{g}$

Ответ: 1) $t_1 = \frac{3}{2}\frac{v_0}{g}$ 2) $n = 3$. 3) $h = \frac{3}{8}\frac{v_0^2}{g}$

Чистовик.

№2. 1) Когда сосуд не вращается сила Архимеда действующая на шар вертикальна и равна $\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 g$. К тому же сила действующая на шар со стороны стенки сосуда равна 0. (так как на шар больше не действует ни одной горизонтальной силы).

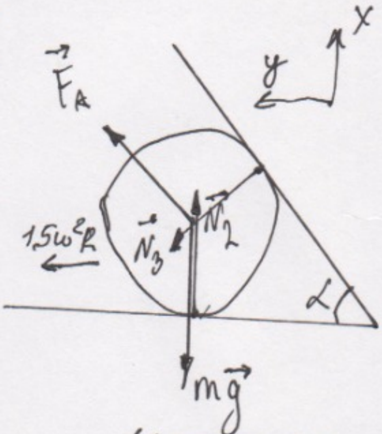


Запишем условие равновесия шара в проекции на вертикальную ось

$$0 = \vec{F_A} + m\vec{g} + \vec{N_1}; \quad OX: F_A + N_1 = mg$$

$$N_1 = mg - F_A = (6\rho V - \rho V)g = 5\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 g = \frac{20}{3}\rho\pi R^3 g$$

2) Когда сосуд начинает вращаться у шара появляется центростремительное ускорение $\omega^2 \cdot 1{,}5R$, у силы Архимеда появляется горизонтальная составляющая $\rho\omega^2 \cdot 1{,}5R \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$, а сила, действующая на шар со стороны стенки сосуда перестаёт быть равной 0. По второму закону Ньютона



$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F_A} + \vec{N_2} + \vec{N_3}.$$

$$OX: 6\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 g + N_3 \cdot \cos\alpha = N_2 + \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 g$$

$$Oy: 6\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot \frac{3}{2}\omega^2 R = \rho\frac{3}{2}\omega^2 R \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 + N_3 \sin\alpha$$

$$N_3 \cdot \cos\alpha = N_2 - \frac{20}{3}\rho\pi R^3 g$$

$$N_3 \cdot \sin\alpha = (12-2)\rho\omega^2\pi R^4 = 10\rho\omega^2\pi R^4$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{10\rho\omega^2\pi R^4}{N_2 - \frac{20}{3}\rho\pi R^3 g} \Longrightarrow N_2 = \frac{20}{3}\rho\pi R^3 g + 10\rho\omega^2\pi R^4 \cdot \operatorname{ctg}\alpha =$$

$$= \rho\pi R^3\left(\frac{20}{3}g + \frac{20}{3}\omega^2 R\right) = \frac{20}{3}\rho\pi R^3(g + \omega^2 R)$$

Ответ: 1) $N_1 = \frac{20}{3}\rho\pi R^3 g$ 2) $N_2 = \frac{20}{3}\rho\pi R^3(g + \omega^2 R)$

2

21204427 (U122471 M1282694)

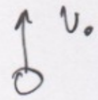
чистовик

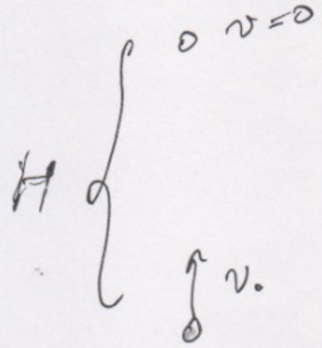
№3. 1) Если бы конечное давление пара было бы меньше, чем давление насыщенного водяного пара, то масса пара осталось неизменной, а значит, так как процесс изотермический, ~~а~~ сохранилось бы и произведение PV (согласно уравнению Менделеева-Клапейрона). Но, по условию давление возросло в 3,6 раза, а объем уменьшилось в 7 раз. Противоречие. Значит конечное давление пара равно давлению насыщенного пара. Тогда начальное давление в 3,6 раза меньше давления насыщенного пара $P_1 = \frac{P_{нас.}}{3,6} = \frac{0,5 \cdot 10^5}{3,6} \approx 13,9$ кПа

2) ~~Запишем~~ запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для пара в начале ~~и~~ ~~конце~~ процесса: $P_1 \cdot 7V_2 = \frac{m_1}{\mu} RT$, где $T = 81\,^\circ C = 354$ K, m_1 - начальная масса пара, V_2 - конечный объем пара ($V_2 = 1,7$ л). $m_1 = \frac{7 P_1 V_2 \mu}{RT} = \frac{7 \cdot \frac{0,5}{3,6} \cdot 10^5 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3} \cdot 0,018}{8,31 \cdot 354} = 1$ (г)

Ответ: 1) $P_1 = 13,9$ кПа 2) $m_1 = 1$ г

Черновик





$\cancel{\frac{g\tau^2}{2}}$

$$\frac{v_0^2}{2g} = v_0\tau - \frac{g\tau^2}{2} + \frac{g\tau^2}{2}$$

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

$x_1 + x_2 = H$

$x_1 = \frac{g\tau^2}{2}$ $\quad x_2 = v_0\tau - \frac{g\tau^2}{2}$

$\frac{v_0^{\cancel{2}}}{2g} = \cancel{v_0}\tau$

$\boxed{\tau = \frac{v_0}{2g}}$

$t = \tau + \frac{v_0}{g} = \frac{3}{2}\frac{v_0}{g}$

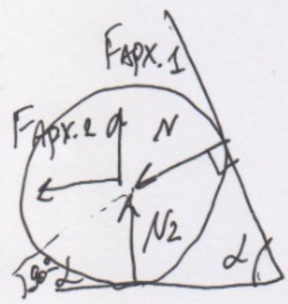
2) $x = \frac{t}{\tau} = \frac{3}{\cancel{2}}\frac{\cancel{v_0}}{g}\frac{\cancel{2}g}{\cancel{v_0}} = 3$

3) $\frac{v_0^2}{2g} - \frac{g}{2\cdot 4g^2}v_0^2 = \frac{3}{8}\frac{v_0^2}{g}$

$N_1 + F_{арх.} = mg$

$N_1 = mg - F_{арх.} = 6\rho\cdot\frac{4}{3}\pi R^3 - \rho\frac{4}{3}\pi R^3 g$

$N\cos\alpha + mg = F_{арх.} + N_2$



$N\sin\alpha + F_{арх.2} = m\omega^2 1{,}5R$

$\Gamma = const$

$P_{конеч.} - P_{нач.}$

1)

Часть 2

Олимпиада: **Физика, 10 класс (2 часть)**

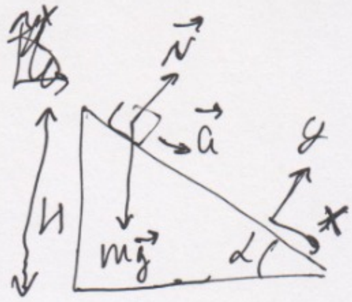
Шифр: **21204427**

ID профиля: **122471**

Вариант 2

Чистовик

№4. 1) Так как клин удерживают $a_{кл}=0$. Рассмотрим силы действующие на брусок. Они отмечены на рисунке.



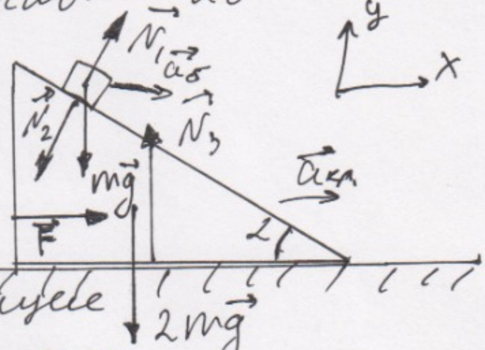
По второму закону Ньютона:

$m\vec a = m\vec g + \vec N$. OX: $ma = mg\sin\alpha$

$a = g\sin\alpha$. Из уравнений кинематики равноускоренного движения $\frac{H}{\sin\alpha} = \frac{g\sin\alpha}{2} t_1^2 \Rightarrow t^2 = \frac{2H}{g\sin^2\alpha}$

$t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g}}\frac{1}{\sin\alpha} = \frac{5}{4}\sqrt{\frac{2H}{g}}$

2) Теперь ускорение бруска равно $\vec a_б = \vec a_{отн.} + \vec a_{кл}$, где $\vec a_{отн.}$ - ускорение бруска относительно клина, $\vec a_{кл}$ - ускорение клина.



Расставим силы действующие на брусок и клин. По третьему закону Ньютона $N_1 = N_2 = N$. По второму закону Ньютона $2m\vec a_{кл} = 2m\vec g + \vec N_3 + \vec N_2 + \vec F$

$m(\vec a_{кл.} + \vec a_{отн.}) = m\vec g + \vec N_1$

OX: $m(a_{кл} + a_{отн.}\cos\alpha) = N\cdot\sin\alpha$ (1)

$2ma_{кл.} = mg - N\sin\alpha$ (2)

Oy: $ma_{отн.}\sin\alpha = mg - N\cos\alpha$ (3)

(1+2) $3ma_{кл} + ma_{отн.}\cdot\frac{3}{5} = mg$

$a_{отн.} = \frac{5}{3}(g - 3a_{кл.}) = \frac{5}{3}g - 5a_{кл.}$

(3) $m(\frac{4}{3}g - 4a_{кл.}) = mg - \frac{3}{5}N$

$N = \frac{5}{3}m(-\frac{g}{3} + 4a_{кл.})$

$2ma_{кл.} = mg - \frac{4}{5}\cdot\frac{5}{3}(4a_{кл.} - \frac{g}{3})m$

$2a_{кл.} = g - \frac{16}{3}a_{кл.} + \frac{4}{9}g$

$\frac{22}{3}a_{кл.} = \frac{13}{9}g \Rightarrow \boxed{a_{кл.} = \frac{13}{66}g}$

Чистовик.

3) $a_{отн.} = \frac{5}{3}g - 5a_{кл.} = \frac{5}{3}g - \frac{65}{66}g = \frac{45}{66}g$

$\frac{H}{\sin\alpha} = \frac{a_{отн.} \cdot t_2^2}{2} \Longrightarrow t_2^2 = \frac{2H}{a_{отн.} \cdot \sin\alpha} = \frac{2H}{\frac{45}{66} \cdot \frac{4}{5}g} = \frac{2H}{\frac{36}{66}g} = \frac{2H}{\frac{6}{11}g} = \frac{11}{3}\frac{H}{g}$

$t_2 = \sqrt{\frac{11}{3}\frac{H}{g}}$

Ответ: 1) $t_1 = \frac{5}{4}\sqrt{\frac{2H}{g}}$; 2) $a_{кл.} = \frac{13}{66}g$; 3) $t_2 = \sqrt{\frac{11}{3}\frac{H}{g}}$

Чистовик

№5. Пусть начальные температура, давление и объем газа были равны T_0, P_0, V_0, а конечные $P_0+\Delta P$, $V_0+\Delta V$, $T_0+\Delta V$

Тогда справедливы следующие два соотношение (уравнение Менделеева-Клапейрона)

$P_0V_0 = \nu RT_0$

$(P_0+\Delta P)(V_0+\Delta V) = \nu R(T_0+\Delta T)$

$P_0V_0 + \Delta P V_0 + \Delta V P_0 + \cancelto{0}{\Delta V\Delta P} = \nu RT_0 + \nu R\Delta T.$

Мы пренебрегаем слагаемым $\Delta P\Delta V$, так как $\frac{\Delta P}{P_0}, \frac{\Delta V}{V_0}, \frac{\Delta T}{T_0} \lll 1$.

$P_0V_0 = \nu RT_0$

$P_0V_0 + \Delta P V_0 + \Delta V P_0 = \nu RT_0 + \nu R\Delta T$ Вычитаем из второго уравнение первое получим: $\Delta P V_0 + \Delta V P_0 = \nu R\Delta T$

Разделим левую часть на P_0V_0, а правую на νRT_0 (равенство не изменится так как $P_0V_0 = \nu RT_0$) $\frac{\Delta P}{P_0} + \frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\Delta T}{T_0}$

1) $\frac{\Delta P}{P_0} = -0{,}01$; $\frac{\Delta V}{V_0} = 0{,}02$; $\frac{\Delta T}{T_0} = -0{,}01 + 0{,}02 = 0{,}01$

Температура увеличилась на 1%

2) $dU = \frac{3}{2}(P_0dV + V_0dP)$; $\delta A = P_0dV$; $\delta Q = \delta A + dU$ (первое начало термодинамики)

$\delta Q = \frac{5}{2}P_0dV + \frac{3}{2}V_0dP$; $\frac{\delta Q}{dU} = 1 + \frac{P_0dV}{\frac{3}{2}(P_0dV + V_0dP)} = X$

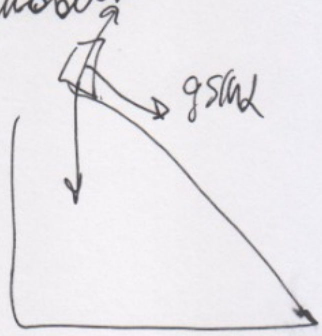
$\frac{1}{X} = \frac{\frac{3}{2}(P_0dV + V_0dP)}{P_0dV} = \frac{3}{2} + \frac{3}{2}\frac{V_0dP}{P_0dV} = \frac{3}{2} + \frac{3}{2}\frac{(-0{,}01)}{0{,}02} = \frac{3}{2} - \frac{3}{4} = \frac{3}{4}$

$\frac{\delta Q}{dU} = 1 + \frac{4}{3} = \frac{7}{3}$

Ответ: 1) Температура увеличится на 1%

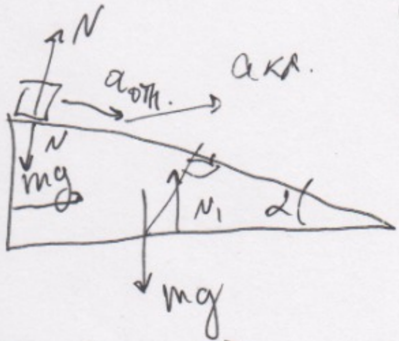
2) $\frac{\delta Q}{dU} = \frac{7}{3}$

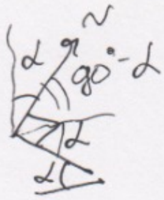
Черновик



$$\frac{H}{\sin\alpha} = \frac{g\sin\alpha\, t^2}{2} \qquad t = \sqrt{\frac{2H}{g}}\,\frac{1}{\sin\alpha}$$

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





$$\boxed{\begin{aligned} &\vec{a}_{бр.} = \vec{a}_{отн.} + \vec{a}_{кл.} \\ &m(a_{кл.} + a_{отн.}\cos\alpha) = N\sin\alpha \\ &m(a_{отн.}\sin\alpha) = mg - N\cos\alpha \\ &2m a_{кл.} = mg - N\sin\alpha \end{aligned}}$$

$$a_{кл.} = \frac{13}{66}g$$

$$a_{отн.} = \frac{5}{3}g - \frac{65}{66}g = \frac{45}{66}g$$

$$N = -\frac{5}{9}mg + \frac{5\cdot 52}{3\cdot 66}mg =$$

$$-\frac{5}{9} + \frac{260}{198} = \frac{-110+260}{198} =$$

$$= \boxed{\frac{150}{198}mg}$$

$$3m a_{кл.} + m a_{отн.}\cos\alpha = mg$$

$$3a_{кл.} + a_{отн.}\cos\alpha = g$$

$$a_{отн.} = \frac{g - 3a_{кл.}}{\cos\alpha}$$

$$mg\,tg\alpha - 3ma_{кл.}\,tg\alpha = mg - N\cos\alpha$$

$$N\cos\alpha = mg(tg\alpha - 1)$$

0,6060

0,5454

0,3939

$$\frac{3}{2} + \frac{3}{2}\frac{V_0\,dP}{P_0\,dV} = \frac{3}{2} +$$

21204427 (U122471 M1282695)