Часть 1

Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21202996**

ID профиля: **150653**

Вариант 8

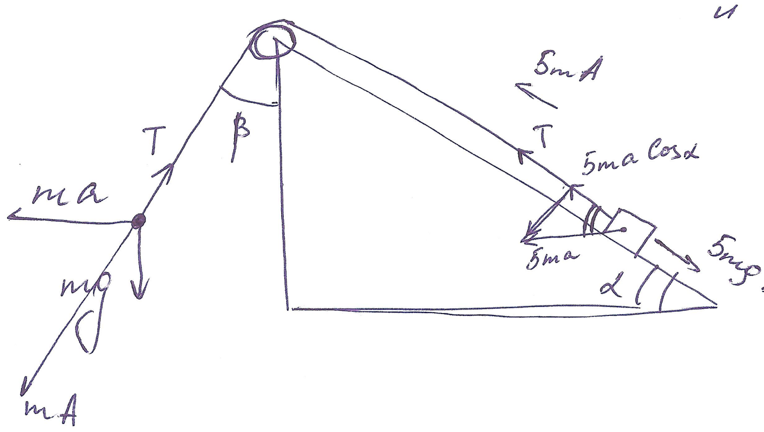
№1.

перейдем в неИСО клина. Пусть клин изначально имел ускорение a

в такой СО ускорения шарика и бруска равны (т.к. нить нерастяжима) и направлены вдоль нити

будем считать, что шарик опускается

T – сила натяж. нити



A – ускорение шарика и бруска вдоль нити

II з-н Ньютона для шарика:

$$mA\sin\beta = ma - T\sin\beta$$

$$\Rightarrow mA = \frac{ma}{\sin\beta} - T \quad (1)$$

$$mA\cos\beta = mg - T\cos\beta$$

$$\Rightarrow mA = \frac{mg}{\cos\beta} - T \quad (2)$$

$$(1)-(2): \ 0 = \frac{ma}{\sin\beta} - \frac{mg}{\cos\beta}$$

$$a = g\frac{\sin\beta}{\cos\beta}$$

$$\boxed{a = g\,\mathrm{tg}\,\beta}$$ – ускорение клина

$$\mathrm{tg}^2\beta + 1 = \frac{1}{\cos^2\beta}$$

$$\Rightarrow \mathrm{tg}\,\beta = \sqrt{\frac{1}{\cos^2\beta} - 1}$$

$$\mathrm{tg}\,\beta = \sqrt{\frac{169}{25} - 1} = \frac{12}{5} = 2{,}4$$

$$\boxed{a = 2{,}4g}$$

$$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \sqrt{\frac{25-9}{25}} = \frac{4}{5}$$

для бруска:

$$(3) \ 5mA = T + 5ma\cos\alpha - 5mg\sin\alpha$$

$(2)+(3)$:

$$6mA = \frac{mg}{\cos\beta} + 5ma\cos\alpha - 5mg\sin\alpha$$

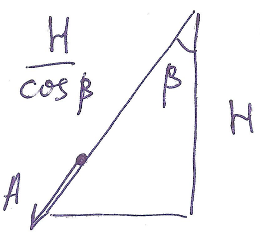
$$A = \frac{g}{6\cos\beta} + \frac{5}{6}g\,\mathrm{tg}\beta\cos\alpha - \frac{5}{6}g\sin\alpha$$

$$A = \frac{13}{30}g + \frac{\cancel{5}}{6}\cdot\frac{12^{2}}{\cancel{5}}\cdot\frac{5}{13}g - \frac{5}{6}\cdot\frac{4}{5}g =$$

$$= \left(\frac{13}{30} + \frac{10}{13} - \frac{2}{3}\right)g = \frac{209}{390}g \approx 0{,}536g \approx 0{,}54g$$

21202996 (U150653 M1267654)

$A \approx 0{,}54g$ – ускорение бруска отн. клина в СО клина шарик движется не изменяя угла наклона нити с ускорением A

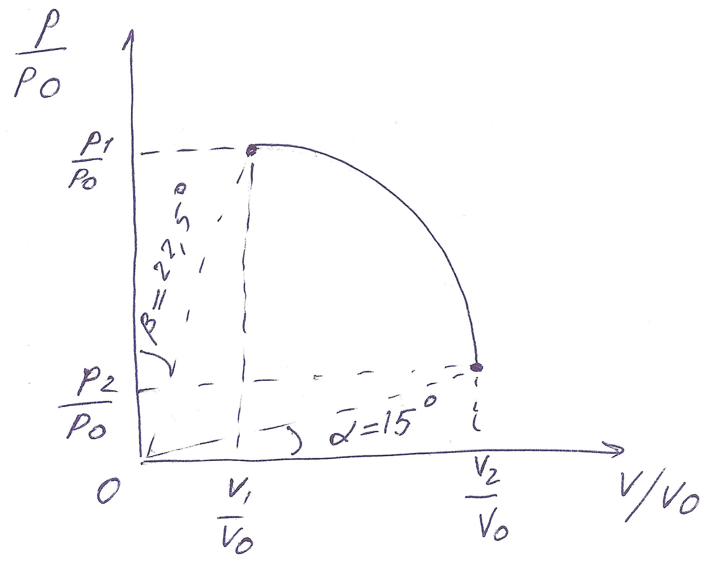


$$\frac{At^2}{2} = \frac{H}{\cos\beta}$$

$$t = \sqrt{\frac{2H}{A\cos\beta}} = \sqrt{\frac{2H\cdot 13}{0{,}54g\cdot 5}} \approx 3{,}1\sqrt{\frac{H}{g}}$$

Ответ: 1) $a = 2{,}4g = g\,tg\,\beta$ 2) $A = \frac{209}{390}g \approx 0{,}54g$ 3) $t = 3{,}1\sqrt{\frac{H}{g}}$

№2



т.к. 1-2 – дуга окр. с центром в т. O

пусть r – радиус такой окр

$$r^2 = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^2 + \left(\frac{V_1}{V_0}\right)^2$$

для ~~по~~ идеального газа

$$pV = \nu RT$$

тогда для $\left(\frac{P_1}{P_0}; \frac{V_1}{V_0}\right)$

$$r\cdot\cos\beta\cdot r\cdot\sin\beta = \nu RT_1 \Rightarrow T_1 = \frac{r^2\sin 2\beta}{2\nu R}$$

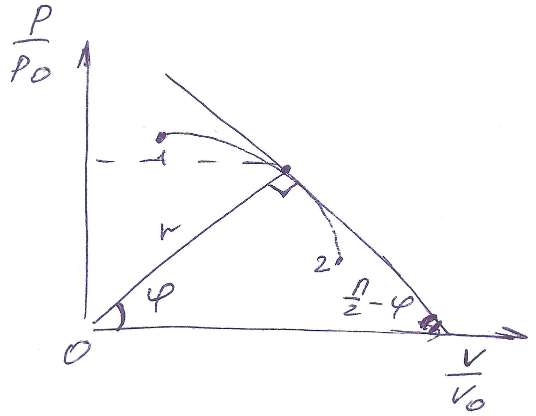
для $\left(\frac{P_2}{P_0}; \frac{V_2}{V_0}\right)$ $r\cos\alpha\cdot r\sin\alpha = \nu RT_2 \Rightarrow T_2 = \frac{r^2\sin 2\alpha}{2\nu R}$

$$\frac{T_1-T_2}{T_2} = \frac{T_1}{T_2} - 1 = \frac{r^2\sin 2\beta/2\nu R}{r^2\sin 2\alpha/2\nu R} - 1 = \frac{\sin 2\beta}{\sin 2\alpha} - 1 = \frac{\sin 45}{\sin 30} - 1 =$$

$$= \frac{1/\sqrt{2}}{1/2} - 1 = \sqrt{2} - 1$$

$$\frac{T_1 - T_2}{T_2} = \sqrt{2} - 1.$$

Для решения второго пункта заметим, что на дуге 1-2 изменения происходят по касат. к дуге



$$C\,dT = dQ$$

$$\Rightarrow C = \frac{dQ}{dT} = 0$$

$$\Rightarrow dQ = 0$$

тогда $dQ = dA + dU = 0$

$$dA = -dU$$

$$p_0V_0\,dA = p\,dV \cdot \cancel{p_0V_0}$$

$$dU = \frac{5}{2}\cdot \nu R\,dT$$

dp, dV — малые измен. давления и объема соотв.

$$\frac{\frac{dp}{p_0}}{\frac{dV}{V_0}} = tg\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right) = ctg\,\varphi$$

$$\frac{dp}{dV}\frac{V_0}{p_0} = ctg\,\varphi$$

$$\left.\begin{aligned} p &= p_0 r \sin\varphi \\ V &= V_0 r \cos\varphi \end{aligned}\right| \Rightarrow \frac{V_0}{p_0} = \frac{V}{p}\cdot tg\,\varphi$$

$$\frac{dp}{dV} = \frac{p}{V}ctg^2\varphi$$

$$p_0V_0 \cdot dU = \frac{5}{2}\left((p-dp)(V+dV) - pV\right) = \frac{5}{2}\left(p\,dV - V\,dp - \underbrace{dp\,dV}_{0}\right)\frac{1}{p_0V_0}$$

$$p_0V_0\,dU = \frac{5}{2}p\,dV\left(1 - ctg^2\varphi\right) = p\,dV = dA\cdot p_0V_0$$

$$\frac{2}{5} = 1 - ctg^2\varphi$$

$ctg\,\varphi = \sqrt{\frac{3}{5}}$ — искомый угол

21202996 (U150653 M1267654)

Из условия ~~ΔQ₂₁~~ $\Delta Q_{21} = 0$

$\Rightarrow$ процесс адиабатический

$$\Delta A = -\Delta U = -\frac{5}{2} \cdot \nu R \cdot (T_2 - T_1)$$

в точке $C = 0$ из п.2 перестают подводить тепло и начинают отводить

пусть в той точке $p = p_c$ $V = V_c$

КПД $$\eta = \frac{|A_{12}| - |A_{21}|}{|A_{12}| + \Delta U} \quad ; \quad \Delta U = \frac{5}{2}(p_c V_c - p_1 V_1) =$$

$$= \frac{5}{2}(r p_0 \cdot \sin\varphi \cdot r V_0 \cdot \cancel{\cos} \cos\varphi -$$

$$- r p_0 \cdot \cos\beta \cdot r V_0 \cdot \sin\beta)$$

21202996 (U150653 M1267654)

Часть 2

Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21202996**

ID профиля: **150653**

Вариант 8

№4

Заметим, что рамка двигается поступательно влетая в поле, ~~вз~~ в контуре возникает ЭДС индукции $-\mathcal{E}_i = \Phi' = B\cdot\frac{dS}{dt}$

тогда всё выделяемое тепло пойдёт на разгон рамки

$$m v_0 dv = \frac{(\mathcal{E}_i)^2}{R}\cdot dt = \frac{B^2}{R}\cdot\left(\frac{dS}{dt}\right)^2$$

Т.к. dt – мало можно считать изменение скорости малым ⇒ в самый момент вхождения рамки в поле скорость v_0 не успевает измен.

$$dS = v_0 dt\cdot d$$

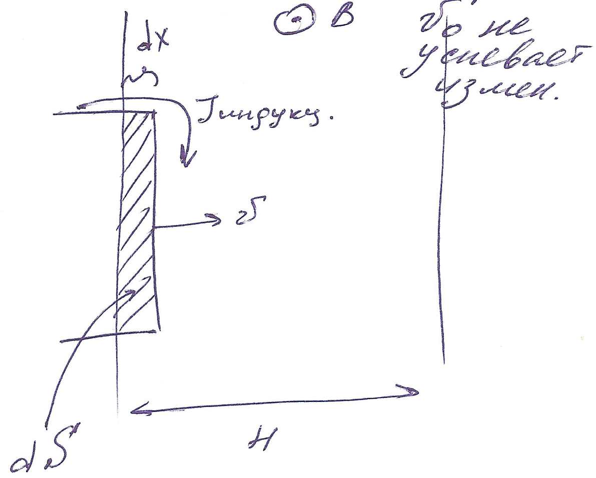
$$v_0 dt = dx$$

$$m\,dx\cdot dv = \frac{B^2}{R}\cdot v_0^2 dt\cdot dt\ d^2$$

$\frac{dv}{dt} = \ddot{x}$ – искомое ускорение

$$m\,\cancel{dx}\cdot\ddot{x} = \frac{B^2}{R}\cdot\cancel{dx}\,v_0 d^2$$

$$\boxed{\ddot{x} = \frac{B^2}{R}\cdot\frac{v_0}{m}\cdot d^2}$$



для решения второго пункта

$$m v dv = \frac{(\mathcal{E}_i)^2}{R} dt = \frac{B^2}{R}\left(\frac{dS}{dt}\right)^2 dt$$

$$m v dv = \frac{B^2}{R}\cdot(vd)^2 dt$$

$$m\,dv = \frac{B^2}{R}\cdot v dt\cdot d^2$$

$$m\,dv = \frac{B^2 d^2}{R}\cdot dx \qquad (*)$$

$$\int_{v_0}^{v_1} dv = \frac{B^2 d^2}{mR}\int_0^b dx$$

$$v_1 = v_0 + \frac{(Bd)^2}{mR}\cdot b = v_0 + \frac{(Bd)^2}{mR}\cdot\frac{2}{3}d$$

заметим, что после полного входа рамки в поле поток не изменяется $d\Phi = 0$ ⇒ ток не течёт и рамка не ускоряется то есть скорость в момент начала вылета равна скорости в момент конца влета

Во время вылета из поля $\frac{d\Phi}{dt} \neq 0$ т.к. меняется площадь, которую пронизывает B.

$\Rightarrow$ потечет индукционный ток, но в направлении, обратном тому, которое было при влете

будет так же выделяться тепло

значит формула (*) будет справедливой для вылета рамки тоже

$$\int_{v_1}^{v_2} dv = \frac{(Bd)^2}{mR} \int_{H}^{H+b} dx$$

(считаем изменение x по правой стороне рамки)

$$v_2 - v_1 = \frac{(Bd)^2}{mR} \cdot b = \frac{(Bd)^2}{mR} \cdot \frac{2}{3} b$$

$$v_2 = v_0 + 2 \frac{B^2 d^3}{mR} \cdot \frac{2}{3} \text{ ; } v_2 = v_0 + \frac{4}{3} \frac{B^2 d^3}{mR}$$

$$v_1 = v_0 + \frac{2}{3} \frac{B^2 d^3}{mR}$$

Ответ: 1) $a = \frac{B^2 d^2}{mR} \cdot v_0$ 2) $v_1 = v_0 + \frac{2 \cdot B^2 d^3}{3\, mR}$

3) $v_2 = v_0 + \frac{4 B^2 d^3}{3\, mR}$

N 3

В момент замыкания ключа конденсаторы момент. заряжаются зарядом ~~q~~ q, $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \mathcal{E} = q$

$$C \frac{5}{6} \mathcal{E} = q$$

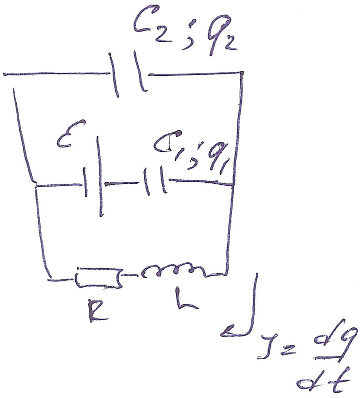
тогда $JR + \dot{J} L = \frac{q}{C_2} = \frac{\mathcal{E}}{6}$ но ~~весь~~ ток в данном контуре

~~$J = \frac{\mathcal{E}}{R} \Rightarrow \mathcal{E} + \dot{J}L = \frac{\mathcal{E}}{6}$~~ $J = \frac{q/C_2}{R}$ $\Rightarrow \frac{\mathcal{E}}{6R} + \dot{J} L = \frac{\mathcal{E}}{6}$

$$\dot{J} = \frac{\frac{\mathcal{E}}{6}\left(1 - \frac{1}{R}\right)}{L}$$

21202996 (U150653 M1267655)

$\Rightarrow \dot{J} = \frac{\mathcal{E}(R-1)}{6 \cdot R \cdot L}$ – начальная скорость возрастания тока в катушке



$$\mathcal{E} = C_1 q_1 + C_2 q_2 = q_1 C_1 + \dot{J} L + J R$$

$$\frac{dq_1}{dt} = \frac{dq_2}{dt} + J$$

$$dq_1 = dq_2 + dq$$