Часть 1

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

Шифр: **21200803**

ID профиля: **377919**

Вариант 4

Чистовик

№1

Дано:
$\cos\alpha = \frac{8}{17}$

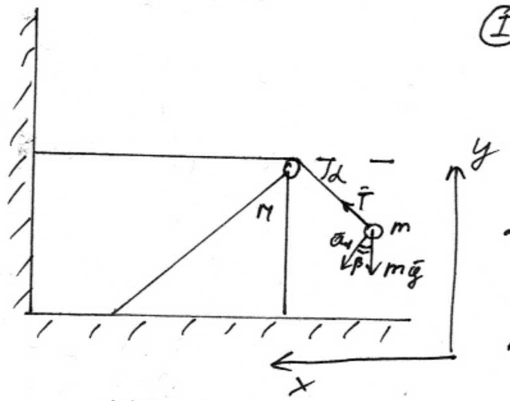
Н

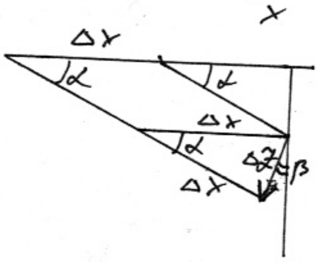
1) β - ?

2) a_2 - ?

3) $\frac{m}{M}$ - ?

4) t - ?





(I) 1) Представим, что клин сместился на Δx, тогда шарик ~~опустится~~ сместится на Δz

2) Рассмотрим $\triangle$ образованный Δx и Δz

по т. sin

$$\frac{\Delta z}{\sin\alpha} = \frac{\Delta x}{\sin\gamma} \; ; \; \gamma = 90 - \beta$$

$$\frac{\Delta z}{\sin\alpha} = \frac{\Delta x}{\cos\beta} \quad (1)$$

3) Выразим Δz по т. cos

$$\Delta z^2 = 2\Delta x^2 - 2\Delta x^2 \cos\alpha$$

$$\Delta z = \Delta x\sqrt{2-2\cos\alpha} \quad (2)$$

4) Подставим (2) в (1)

$$\frac{\cancel{\Delta x}\sqrt{2-2\cos\alpha}}{\sin\alpha} = \frac{\cancel{\Delta x}}{\cos\beta}$$

$\cos\alpha = \frac{8}{17}$

$\sin\alpha = \sqrt{1-\frac{64}{289}} = \sqrt{\frac{289-64}{289}} = \frac{15}{17}$

$$\cos\beta = \frac{\sin\alpha}{\sqrt{2-2\cos\alpha}}$$

$$\cos\beta = \frac{15}{17\sqrt{2-2\frac{8}{17}}} = \frac{15}{17\sqrt{\frac{34-16}{17}}} = \frac{15}{17\sqrt{\frac{18}{17}}} = \frac{15\sqrt{17}}{17\sqrt{18}} = \frac{\cancel{15}^{5}}{3\sqrt{2}\sqrt{17}}$$

$$\boxed{\cos\beta = \frac{5}{\sqrt{34}}} \quad (3)$$

(II) 1) Рассмотрим движение клина и шарика на маленьком промежутке Δt, будем считать, что $\Delta v \to 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow v = const$

$$\begin{cases} \Delta t = \frac{\Delta x}{v_2} \; ; \; v_2 = a_2\Delta t \\ \Delta t = \frac{\Delta z}{v_1} \; ; \; v_1 = a_1\Delta t \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \Delta t^2 = \frac{\Delta x}{a_2} \\ \Delta t^2 = \frac{\Delta z}{a_1} \end{cases} \Rightarrow \frac{\Delta x}{a_2} = \frac{\Delta z}{a_1} \quad (4)$$

2) Запишем 2 з. Ньютона для m

$$\Sigma\bar{F} = m\bar{a}$$

$Ox: \; T\cdot\cos\alpha = m a_1 \sin\beta$

$Oy: \; T\cdot\sin\alpha - mg = -m a_1\cos\beta$

Чистовик

$$\frac{T\sin\alpha}{T\cos\alpha} = \frac{mg - ma_1\cos\beta}{ma_1\sin\beta}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{15\cdot 17}{17\cdot 8} = \frac{15}{8}$$

$$\sin\beta = \sqrt{1-\frac{25}{34}} = \sqrt{\frac{9}{34}} = \frac{3}{\sqrt{34}}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{g - a_1\cos\beta}{a_1\sin\beta}$$

$$a_1\operatorname{tg}\alpha\sin\beta = g - a_1\cos\beta$$

$$a_1 = \frac{g}{\operatorname{tg}\alpha\sin\beta + \cos\beta} \qquad (5)$$

3) Подставим (2) и (5) в (4)

$$\frac{\cancel{\Delta x}}{a_2} = \frac{\cancel{\Delta x}\sqrt{2-2\cos\alpha}\,(\operatorname{tg}\alpha\sin\beta+\cos\beta)}{g}$$

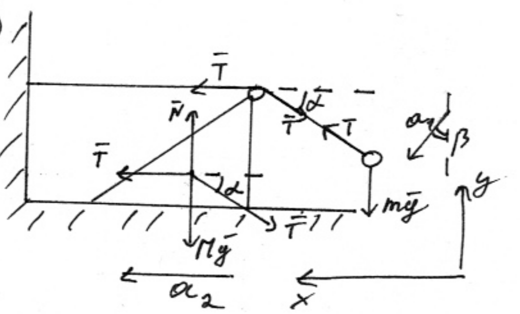
$$a_2 = \frac{g}{\sqrt{2-2\cos\alpha}\,(\operatorname{tg}\alpha\sin\beta+\cos\beta)}$$

$$a_2 = \frac{g}{\sqrt{2-2\cdot\frac{8}{17}}\left(\frac{15\cdot 3}{8\sqrt{34}}+\frac{5}{\sqrt{34}}\right)} = \frac{g}{\sqrt{\frac{18}{17}}\left(\frac{45+40}{8\sqrt{34}}\right)} = \frac{g}{\sqrt{\frac{18}{17\cdot 34}}\cdot\frac{85}{8}} =$$

$$= \frac{g}{\frac{3}{17}\cdot\frac{85}{8}} = \frac{g\,8}{15}$$

$$\boxed{a_2 = \frac{8}{15}g} \qquad (6)$$

III



1) Запишем 2 з. Ньютона для клина и шарика

для m $\quad \Sigma\bar{F} = m\bar{a}$

Ox: $T\cdot\cos\alpha = ma_1\sin\beta$

Oy: $T\cdot\sin\alpha - mg = -ma_1\cos\beta$

для M $\quad \Sigma\bar{F} = M\bar{a}$

Ox: $T - T\cos\alpha = Ma_2$

Oy: $N - Mg - T\cdot\sin\alpha = 0$

2) Получаем систему

$$\cancel{\operatorname{tg}\alpha} = \begin{cases} T\cos\alpha = ma_1\sin\beta \\ T(1-\cos\alpha) = Ma_2 \end{cases} \div \Rightarrow \frac{\cos\alpha}{1-\cos\alpha} = \frac{ma_1\sin\beta}{Ma_2}$$

$$\frac{m}{M} = \frac{a_2\cos\alpha}{a_1\sin\beta(1-\cos\alpha)} \qquad (7)$$

3) Подставим (5) и (6) в (7)

$$\frac{m}{M}=\frac{\cancel{g}\cos\alpha\,(\cancel{tg\alpha\sin\beta+\cos\beta})}{\sqrt{2-2\cos\alpha}\,(\cancel{tg\alpha\sin\beta+\cos\beta})\,\cancel{g}\sin\beta\,(1-\cos\alpha)}$$

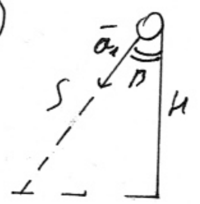
$$\frac{m}{M}=\frac{\cos\alpha}{\sqrt{2-2\cos\alpha}\,\sin\beta\,(1-\cos\alpha)}$$

$$\frac{m}{M}=\frac{8}{17\sqrt{2-2\frac{8}{17}}\cdot\frac{3}{\sqrt{34}}\cdot\left(1-\frac{8}{17}\right)}=\frac{8}{\cancel{17}\sqrt{\frac{18}{17}}\cdot\frac{3}{\sqrt{34}}\cdot\frac{9}{\cancel{17}}}=\frac{8\sqrt{17\cdot17\cdot2}}{9\cdot3\cdot\sqrt{18}}=$$

$$=\frac{8\cdot17\cancel{\sqrt{2}}}{81\cancel{\sqrt{2}}}=\frac{136}{81}$$

$$\boxed{\frac{m}{M}=\frac{136}{81}\approx1{,}68}$$

IV



1) т.к. шарик двигается с постоянным ускорением a_1 и под углом β, то

$$\left.\begin{aligned}S&=\frac{a_1t^2}{2}\\ \cos\beta&=\frac{H}{S}\end{aligned}\right|\Rightarrow\frac{H}{\cos\beta}=\frac{a_1t^2}{2}$$

$$t=\sqrt{\frac{2H}{a_1\cos\beta}}\qquad(8)$$

2) Подставим (5) в (8)

$$t^2=\frac{2H(tg\alpha\sin\beta+\cos\beta)}{g\cos\beta}=\frac{2H}{g}(tg\alpha\, tg\beta+1)$$

$$t=\sqrt{\frac{2H}{g}\left(\frac{\cancel{15}^3}{8}\cdot\frac{3}{\cancel{5}}+1\right)}=\sqrt{\frac{\cancel{2}H}{g}\left(\frac{9+8}{\cancel{8}_4}\right)}=\sqrt{\frac{H\cdot17}{g4}}\qquad tg\beta=\frac{3\sqrt{34}}{\sqrt{34}\cdot5}=\frac{3}{5}$$

$$\boxed{t=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{17H}{g}}}$$

Ответ: 1) $\cos\beta=\frac{5}{\sqrt{34}}$ 2) $a_2=\frac{8}{15}g$ 3) $\frac{m}{M}=\frac{136}{81}\approx1{,}68$ 4) $t=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{17H}{g}}$

Чистовик

№2

Дано:

$\nu;\ T_0$

$c(T) = \frac{9}{5}R\frac{T}{T_0}$

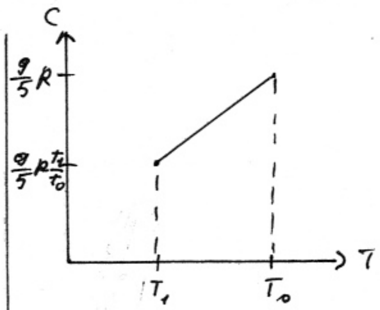
1) Q_1 – ?

$T_1 = \frac{3}{4}T_0$

2) T_2 – ?

A – min

3) A_{min} – ?



I 1) $Q_1 = \nu c \Delta T$

$c\Delta T$ – площадь под графиком $c(T)$

$$Q_1 = \nu \frac{c(T_1) + c(T_0)}{2}(T_0 - T_1) =$$

$$= \nu \frac{\frac{9}{5}R\frac{3T_0}{4T_0} + \frac{9}{5}R}{2}\left(T_0 - \frac{3}{4}T_0\right) = \nu \frac{\frac{9}{5}R\left(\frac{3}{4}+1\right)}{2}\left(-\frac{1}{4}T_0\right) =$$

$$= \nu R \frac{9\cdot 7}{2\cdot 5\cdot 4}\cdot\frac{1}{4}T_0 = \nu R T_0 \frac{63}{160}$$

$$\boxed{Q_1 = \frac{63}{160}\nu R T_0}$$

II 1) $Q = A + \Delta U$

$\nu c \Delta T = A + \frac{3}{2}\nu R \Delta T \quad \div \Delta T$

$\nu c = \frac{A(T)}{\Delta T} + \frac{3}{2}\nu R$

2) $\frac{A(T)}{\Delta T}$ – это $A'(T)$. А по условию A – min $\Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{A(T)}{\Delta T} = 0$

3) $\cancel{\nu} c = \frac{3}{2}\cancel{\nu} R$

$\frac{9}{5}\cancel{R}\frac{T_2}{T_0} = \frac{3}{2}\cancel{R}$

$\frac{T_2}{T_0} = \frac{15}{18} \Rightarrow T_2 = \frac{\cancel{15}^{5}}{\cancel{18}_{6}}T_0$; $\boxed{T_2 = \frac{5}{6}T_0}$

III 1) $Q = A + \Delta U$

$A = Q - \Delta U$

$Q = \nu \overbrace{c\,\Delta T}^{\text{пл. под графиком}}$

$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R \Delta T$

2) Найдем Q

$$Q = \nu \frac{c(T_2) + c(T_0)}{2}(T_2 - T_0)$$

$$Q = \nu \frac{\frac{9}{5}R\frac{T_2}{T_0} + \frac{9}{5}R}{2}\left(\frac{5}{6}T_0 - T_0\right)$$

Чистовик

$$Q = \nu \frac{9}{5} R \left(\frac{\left(\frac{5}{6}+1\right)}{2} \right) \cdot \left(-\frac{T_0}{6}\right) = -\nu R T_0 \frac{9}{5 \cdot 6} \cdot \frac{11}{12} =$$

$$= -\nu R T_0 \frac{\cancel{9}^{3} \cdot 11}{5 \cdot \cancel{6}_{2} \cdot 12} = -\nu R T_0 \frac{33}{120} = -\nu R T_0 \frac{11}{40}$$

3) $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_0) = \frac{3}{2} \nu R \left(\frac{5}{6} T_0 - T_0 \right) = -\nu R T_0 \frac{\cancel{3}}{2} \cdot \frac{1}{\cancel{6}_2}$

$\Delta U = -\nu R T_0 \frac{1}{4}$

4) $A = -\nu R T_0 \frac{11}{40} + \nu R T_0 \frac{1}{4} = -\nu R T_0 \frac{1}{40}$

$$\boxed{|A| = \frac{1}{40} \nu R T_0}$$

Ответ: 1) $Q_1 = \frac{63}{160} \nu R T_0$ 2) $T_2 = \frac{5}{6} T_0$ 3) $A = \frac{1}{40} \nu R T_0$

Часть 2

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

Шифр: **21200803**

ID профиля: **377919**

Вариант 4

Чистовик

№3

Дано:

$C_2 = C$

$C_1 = 5C$

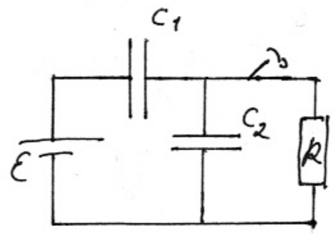
$\mathcal{E}; R$

1) $I_1 - ?$

2) $Q - ?$

3) I_0 - в C_2

$I_2 - ?$



I 1) До замыкания

$U_1 + U_2 = \mathcal{E}$

$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C} + \frac{1}{5C}$

$\frac{1}{C_0} = \frac{6}{5C}$

$C_0 = \frac{5}{6} C$

2) $q_0 = C_0 \mathcal{E}$

$q_0 = \frac{5}{6} C\mathcal{E}$

3) $U_1 = \frac{q_0}{C_1} = \frac{\cancel{5}\cancel{C}\mathcal{E}}{6 \cdot \cancel{5C}} = \frac{\mathcal{E}}{6}$

$U_2 = \frac{q_0}{C_2} = \frac{5\cancel{C}\mathcal{E}}{6\cancel{C}} = \frac{5}{6}\mathcal{E}$

4) по правилу Кирхгофа

$\mathcal{E} - U_1 = I_1 R$

$I_1 = \frac{\mathcal{E} - U_1}{R} = \frac{\mathcal{E} - \frac{\mathcal{E}}{6}}{R} = \frac{5}{6}\frac{\mathcal{E}}{R}$

$\boxed{I_1 = \frac{5}{6}\frac{\mathcal{E}}{R}}$

II 1) по З.С.Э.

$A_{ст} = \Delta W_c + Q$

$\mathcal{E}(q - q_0) = 0 + \frac{C_1\mathcal{E}^2}{2} - \frac{C_1 U_1^2}{2} - \frac{C_2 U_2^2}{2} + Q$

$q = C_1\mathcal{E} = 5C\mathcal{E}$

$\mathcal{E}(5C\mathcal{E} - \frac{5}{6}C\mathcal{E}) = \frac{5C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{5C\mathcal{E}^2}{2 \cdot 36} - \frac{C\,25\mathcal{E}^2}{2 \cdot 36} + Q$

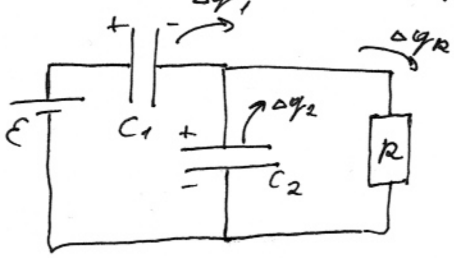
$Q = \frac{25}{6}C\mathcal{E}^2 - \frac{5C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{30C\mathcal{E}^2}{2 \cdot 36}$

$Q = \frac{300 - 180 + 30}{72}C\mathcal{E}^2 = \frac{150}{72}C\mathcal{E}^2 = \frac{25}{12}C\mathcal{E}^2$

$\boxed{Q = \frac{25}{12}C\mathcal{E}^2}$

Чистовик

III



1) Поскольку C_1 и C_2 соединены последовательно $\Rightarrow q_1 = q_2$

То есть, если с конденсатора C_2 уйдет заряд Δq_2, то с C_1 уйдет Δq_1, такой, что $\Delta q_1 = \Delta q_2$

2) Поэтому

$$\Delta q_1 + \Delta q_2 = \Delta q_R \quad | \div \Delta t$$

$$\underbrace{\frac{2\Delta q_2}{\Delta t}}_{I_0} = \underbrace{\frac{\Delta q_R}{\Delta t}}_{I_2}$$

$$\boxed{I_2 = 2I_0}$$

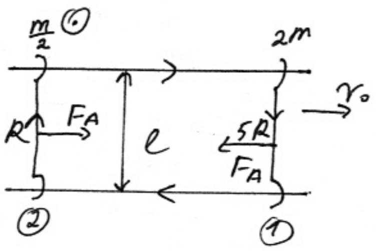
Ответ: 1) $I_1 = \frac{5}{6}\frac{\mathcal{E}}{R}$ 2) $Q = \frac{25}{12}C\mathcal{E}^2$ 3) $I_2 = 2I_0$

Чистовик

№4

Дано:
l; B; $2m$
$\frac{m}{2}$; R; $5R$
v_0

1) a_1 - ?
2) v_1 - ? v_2 - ?
3) ΔS - ?



(I) 1) Запишем 2 з. Ньютона для перемычки ①

$F_A = 2ma_1$

$BIl = 2ma_1$

2) $I = \frac{\mathcal{E}_i}{6R}$

$\mathcal{E}_i = Blv_0$ $\Rightarrow$ $I = \frac{Blv_0}{6R}$

3) $\frac{(Bl)^2 v_0}{6R} = 2ma_1$

$$\boxed{a_1 = \frac{(Bl)^2 v_0}{12Rm}}$$

(II) 1) Поскольку первой перемычке сообщили скорость, поэтому в цепи возникнет ток, ~~который~~ сила ампера будет тормозить ① и разгонять ②

$\mathcal{E}_i = Bl(v_1 - v_2) \Rightarrow$ когда $v_1 = v_2$, то ток пропадет и перемычки будут двигаться бесконечно долго

2) по З.С.И.

$2mv_0 = 2mv_1 + \frac{m}{2}v_2$; $v_1 = v_2 = v$

$2\cancel{m}v_0 = 2\cancel{m}v + \frac{\cancel{m}v}{2}$

$2v_0 = \frac{5v}{2}$

$$\boxed{v = \frac{4}{5}v_0}$$

(III) 1) по З.С.Э.

$A_1 + A_2 = \Delta E_k$

$-F_A S_1 + F_A S_2 = \frac{(2m + \frac{m}{2})v^2}{2} - \frac{2mv_0^2}{2}$

$F_A(S_2 - S_1) = \frac{5mv^2}{4} - mv_0^2$; $v = \frac{4}{5}v_0$

$F_A(S_2 - S_1) = \frac{\cancel{5}m \cdot \cancel{16}^{4} v_0^2}{\cancel{4} \cdot \cancel{25}_{5}} - mv_0^2$

$F_A(S_2 - S_1) = -\frac{mv_0^2}{5}$ $\cdot(-1)$

Чистовик

$$F_A \underbrace{(S_1 - S_2)}_{\Delta S} = \frac{m v_0^2}{5}$$

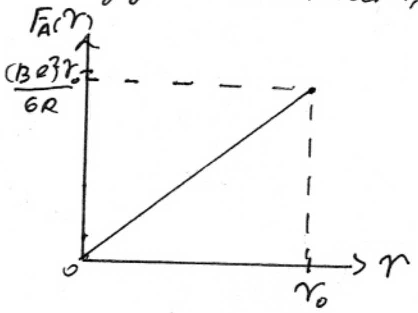
2) $F_A = \frac{(Bl)^2 (v_1 - v_2)}{6R}$

$v_1 - v_2 = v_{отн}$ – скорость ① относительно ②

$$F_A = \frac{(Bl)^2 v_{отн}}{6R}$$

3) т.к. со временем перемычка ② догоняет ① =>
=> $v_{отн} \searrow$

Будем считать, что $F_A \searrow$ линейно, тогда



$$F_A = \frac{(Bl)^2 v_0}{6R} \cdot \frac{v_0}{2} = \frac{(Bl)^2 v_0}{12R} =>$$

=> $A_A = F_A \Delta S$

4) $\frac{(Bl)^2 v_0 \Delta S}{12R} = \frac{m v_0^2}{5}$

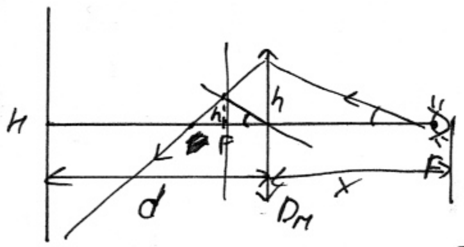
$$\boxed{\Delta S = \frac{12 m v_0 R}{5 (Bl)^2}}$$

Ответ: 1) $a_1 = \frac{(Bl)^2 v_0}{12Rm}$ 2) $v = \frac{4}{5} v_0$ 3) $\Delta S = \frac{12 m v_0 R}{5 (Bl)^2}$

Чистовик

№5

Дано:
$F = 24$ см
$H = 9$ см
$d = 86$ см
$\ell = 24$ см
1) x - ?
2) D_m - ?
3)



1) $tg\alpha = \frac{h}{x}$

$tg\alpha = \frac{h'}{F}$

2)

(I) 1) т.к. $\ell = F \Rightarrow$

$\Rightarrow x = F = \ell$

$\boxed{x = 24 \text{ см}}$

(II) ~~1)~~ ~~$D_m = H$~~

Ответ: 1) $x = 24$ см