Часть 1

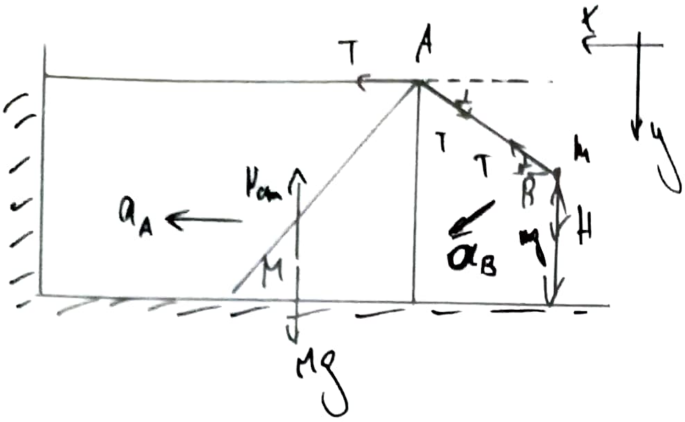
Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21203512**

ID профиля: **380609**

Вариант 4

Чистовик → лист 1 вар 11-04



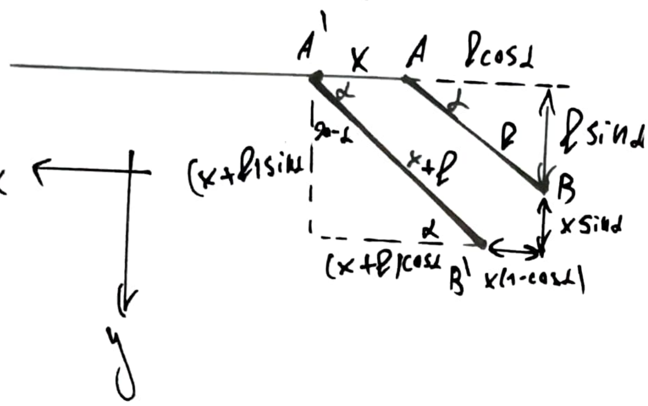
• т.к. нить легкая ⇒ сила натяж. вдоль её длины одинакова

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

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

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

1) пусть точка A смещ. влево на x ⇒ точка B смещ. вниз на $x\sin\alpha$ и влево на $x(1-\cos\alpha)$



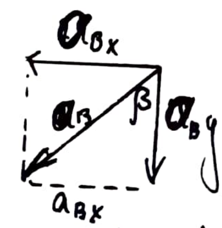
⇓

в каждый момент времени

$$\begin{cases} v_{By} = v_A \sin\alpha \\ v_{Bx} = v_A(1-\cos\alpha) \end{cases}$$

⇓

$$\begin{cases} a_{By} = a_A \sin\alpha \\ a_{Bx} = a_A(1-\cos\alpha) \end{cases}$$



$$\operatorname{tg}\beta = \frac{a_A(1-\cos\alpha)}{a_A \sin\alpha}$$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha} = \frac{9}{15} \checkmark$$

2) 2 з. Н. для клина Ox:

$$T - T\cos\alpha = M a_A$$

$$T(1-\cos\alpha) = M a_A$$

2 з. Н для „m":

$$\begin{cases} x:\ T\cos\alpha = m a_{Bx} \\ y:\ -T\sin\alpha + mg = m a_{By} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T\cos\alpha = m a_{Bx} \\ T\sin\alpha = m(g - a_{By}) \end{cases}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{g - a_{By}}{a_{Bx}} = \frac{g - a_A \sin\alpha}{a_A(1-\cos\alpha)}$$

$$g - a_A\sin\alpha = a_A(1-\cos\alpha)\operatorname{tg}\alpha$$

$$a_A(\operatorname{tg}\alpha \cancel{-\sin\alpha} \cancel{+\sin\alpha}) = g$$

$$a_A \operatorname{tg}\alpha = g \rightarrow a_A = \frac{g}{\operatorname{tg}\alpha} = \frac{8}{15} g \approx 5{,}33 \frac{м}{с^2} \checkmark$$

3)
$$\begin{cases} T(1-\cos\alpha) = M a_A \\ T\cos\alpha = m a_{Bx} \end{cases}$$

$$\frac{\cos\alpha}{1-\cos\alpha} = \frac{m}{M}\frac{a_{Bx}}{a_A}; \text{ где } \frac{a_{Bx}}{a_A} = \frac{a_A(1-\cos\alpha)}{a_A} = 1-\cos\alpha$$

ЧИСТОВИК → ЛИСТ 2   ВАР 11–04

$$\frac{\cos\alpha}{1-\cos\alpha} = \frac{m}{M}(1-\cos\alpha)$$

$$\frac{m}{M} = \frac{\cos\alpha}{(1-\cos\alpha)^2};\quad \frac{m}{M} = \frac{8}{17} : \left(\frac{9}{17}\right)^2 = \frac{8}{\cancel{17}}\cdot\frac{17^{\cancel{2}}}{9^2} = \frac{136}{81} \approx 1{,}68 \quad V$$

4) Шар без начальной скорости опускается вниз с ускорением $a_{вy} = a_A \sin\alpha = \frac{g}{\operatorname{tg}\alpha}\sin\alpha = g\frac{\cos\alpha}{\cancel{\sin\alpha}}\cancel{\sin\alpha} = g\cos\alpha$

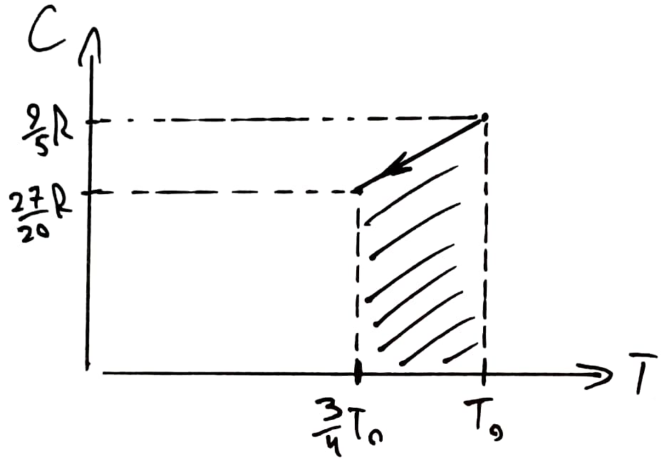
тогда $H = \frac{a_{вy}t^2}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{2H}{a_{вy}} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{a_{вy}}} = \sqrt{\frac{2H}{g\cos\alpha}}$ V

Ответ: 1) $\operatorname{tg}\beta = \frac{9}{15} = \frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}$ | 2) $a_A = \frac{8}{15}g \approx 5{,}3\frac{м}{с^2}$ | 3) $\frac{m}{M} = \frac{\cos\alpha}{(1-\cos\alpha)^2} = \frac{136}{81} = 1{,}68$ |
4) $t = \sqrt{\frac{2H}{g\cos\alpha}}$

№2

T_0; ν; $i=3$ (гелий)

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



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

$$C\left(\frac{3}{4}T_0\right) = \frac{9}{5}R\cdot\frac{3}{4} = \frac{27}{20}R$$

1) $c = \frac{\delta Q}{\nu\Delta T}$ $\quad \delta Q = \nu c\Delta T \Rightarrow Q = \sum\delta Q = \nu\sum c\Delta T = -\nu S_{граф}$;

$$S_{граф} = \frac{\frac{27}{20}R + \frac{9}{5}R}{2}\cdot\frac{T_0}{4} = \frac{63}{40}R\cdot\frac{T_0}{4} = \frac{63}{160}RT_0$$

$$Q_{отд} = -Q = \nu S_{граф} = \frac{63}{160}\nu RT_0 \quad V$$

2) $Q = \Delta U + A$

Пусть T_1 — температура, до которой нужно охладить газ, чтобы он совершил min работу A_{min}.
Температуре T_1 соотв. теплоёмкость c_1

$$A_{min} = Q - \Delta U$$

Чистовик → лист 3   ВАР 11-04

$$A_{min} = \nu\frac{C_1+C_0}{2}(T_1-T_0) - \frac{3}{2}\nu R(T_1-T_0) =$$

$$= \nu(T_1-T_0)\left(\frac{C_1+C_0}{2} - \frac{3}{2}R\right); \quad \bullet\ \frac{C_1+C_0}{2} = \frac{1}{2}\left(\frac{9}{5}R\frac{T_1}{T_0} + \frac{9}{5}R\right) =$$

$$= \frac{9}{10}R\,\frac{T_1+T_0}{T_0};$$

$$\bullet\ \frac{C_1+C_0}{2} - \frac{3}{2}R = \frac{3}{2}R\left(\frac{3}{5}\frac{T_1+T_0}{T_0} - 1\right) =$$

$$= \frac{3}{2}R\left(\frac{3T_1+3T_0-5T_0}{5T_0}\right) = \frac{3}{2}R\cdot\frac{3T_1-2T_0}{5T_0} =$$

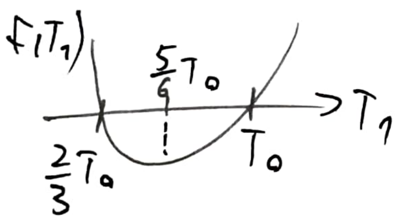
$$= \frac{3}{10}R\,\frac{3T_1-2T_0}{T_0}$$

→ получаем $A_{min} = \nu(T_1-T_0)\cdot\frac{3}{10}R\,\frac{3T_1-2T_0}{T_0} = \underbrace{\frac{3}{10}\frac{\nu R}{T_0}}_{\alpha}(T_1-T_0)(3T_1-2T_0)$

$A_{min} = \alpha(T_1-T_0)(3T_1-2T_0)$, где $\alpha = const$

$\Downarrow$

min работа в том случае когда $f(T_1) = (T_1-T_0)(3T_1-2T_0) \to min$



$$\frac{\frac{2}{3}T_0 + T_0}{2} = \frac{5}{6}T_0$$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{5}{6}T_0 \ \checkmark$$

В этом случае $A_{min} = A\left(\frac{5}{6}T_0\right) = \frac{3}{10}\frac{\nu R}{T_0}\cdot\left(-\frac{1}{6}T_0\right)\left(\frac{15}{6}T_0 - 2T_0\right) =$

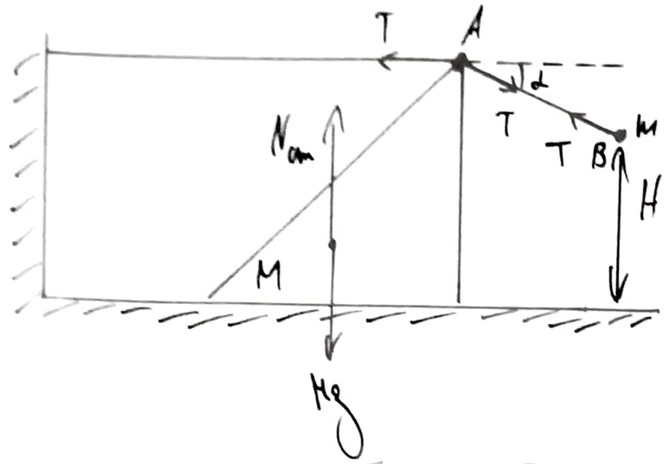
$$= \frac{3}{10}\nu R\cdot\left(-\frac{1}{6}\right)\cdot\frac{T_0}{2} = -\frac{1}{40}\nu R T_0$$

Ответ: 1) $Q_{отд} = \frac{63}{160}\nu R T_0$ 3) $A_{min} = -\frac{1}{40}\nu R T_0$

2) до $T_1 = \frac{5}{6}T_0$

~~Чистовик → лист 1 вар~~ Черновик → лист 1 вар. 11-04

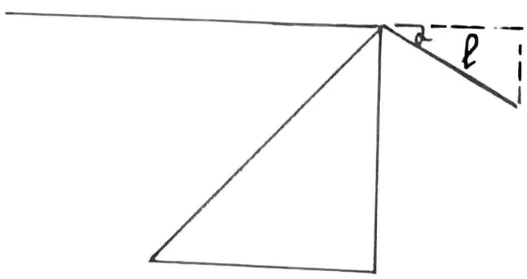
№1



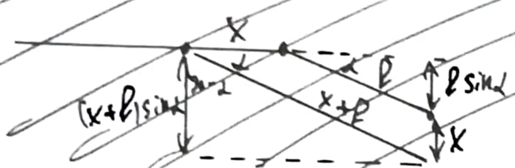
~~т.к. нить нерастяжима сила натяжения вдоль её всей равна~~

~~т.к. нить легкая => сила натяж. вдоль её всей одинакова~~

- т.к. нить легкая => сила натяж. вдоль её длины одинакова
  - пусть точка A смещ. влево на x:



- ~~пусть точка A смещ. влево на x~~



$x+\cancel{l}\cos\alpha - x\cos\alpha = \cancel{l}\cos\alpha = x(1-\cos\alpha)$

$\frac{15}{1\cancel{7}} \cdot \frac{\cancel{17}}{8}$

$g\,ctg\,\alpha$

$1-\frac{8}{17} = \frac{17-8}{17} = \frac{9}{17}$

$\frac{9}{17} : \frac{15}{17} = \frac{9}{\cancel{17}} \cdot \frac{\cancel{17}}{15} = \frac{9}{15}$

$\frac{9}{10}R\,\frac{T_1+T_0}{T_0} - \frac{3}{2}R = R\left(\frac{9T_1+9T_0}{10T_0} - \frac{15T_0}{10T_0}\right) =$

$= R\left(\frac{9T_1-6T_0}{10T_0}\right) = \frac{3}{10}R\left(\frac{3T_1-2T_0}{T_0}\right.$

~~Чистовик → лист 2 вар~~ ЧЕРНОВИК → ЛИСТ 2 ВАР. 11-04

$c = \frac{Q}{\nu \Delta T}$ $\quad Q = \nu c \Delta T$

$Q = \Delta U + A$ $\quad A_{min} = Q - \Delta U =$

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

$Q = \Delta U + A$

$A = Q - \Delta U = -\nu S_{np.} - \frac{3}{2}\nu R \Delta T$

пусть T_1 – знаем.

$A = Q - \Delta U = \nu \frac{c_1 + c_0}{2} \cdot (T_1 - T_0) - \frac{3}{2}\nu R (T_1 - T_0) =$

$= \nu (T_1 - T_0)\left(\frac{c_1 + c_0}{2} - \frac{3}{2}R\right) =$

$= \nu (T_1 - T_0) \frac{9}{10} R \frac{T_0 + T}{T_0}$

$Q = \Delta U$

$\sum c \Delta T = \frac{3}{2} R \Delta T$

$\frac{c_1 + c_2}{2} \cancel{\Delta T} = \frac{3}{2} R \cancel{\Delta T}$

$c_1 + c_2 = 3R$

$\frac{9}{5} R \frac{T_1}{T_0} + \frac{9}{5} R \frac{T_2}{T_0} = 3R$

$\frac{\frac{9}{5} R}{T_0} (T_1 + T_0) = 3R$

$\frac{9}{5}(T_1 + T_0) = 3T_0$

$\frac{3}{5} T_1 = \frac{2}{5} T_0$

$T_1 = \frac{2}{3} T_0$

$c_1 + c_0 =$ ~~$= \frac{9}{5} R T$~~

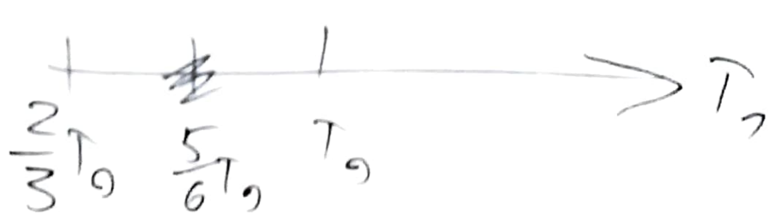
$\frac{9}{5} R \frac{T}{T_0} + \frac{9}{5} R =$

$= \frac{9}{10} R \left(\frac{T_0 + T}{T_0}\right)$

$(T_1 - T_0)(3T_1 - 2T_0)$

~~$= 3T_1 \ 2$~~ $\quad T_1 = T_0 \quad T_1 = \frac{2}{3} T_0$

$\frac{2}{3} + \frac{3}{3} = \frac{5}{6}$



Часть 2

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

Шифр: **21203512**

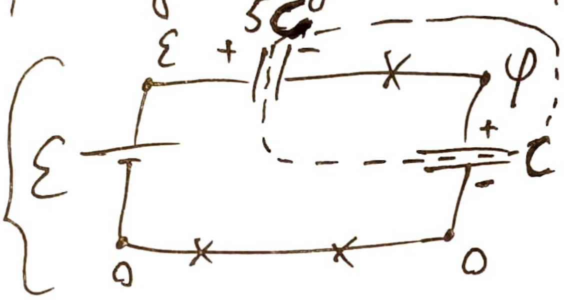
ID профиля: **380609**

Вариант 4

№3 ЧИСТОВИК → ЛИСТ 1 ВАР 11-04

0) рассм. цепь в уст. сост. при разомк. ключе (начальное состояние):

используем МУП*



т.к. уст. режим → тока в цепи нет (через конд. тока нет)

по ЗСЗ для изолиров. области:

$$-5C(\mathcal{E}-\varphi)+C(\varphi-0)=0$$

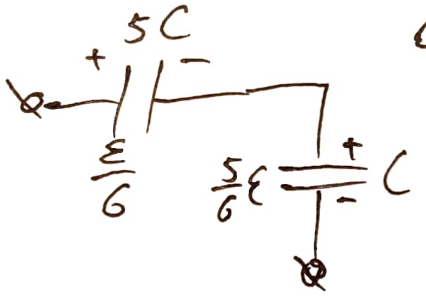
изнач. конд. разряжены

$$-5\mathcal{E}+5\varphi+\varphi=0$$

$$5\mathcal{E}=6\varphi$$

$$\varphi=\frac{5}{6}\mathcal{E}$$

* МУП — метод узловых потенциалов

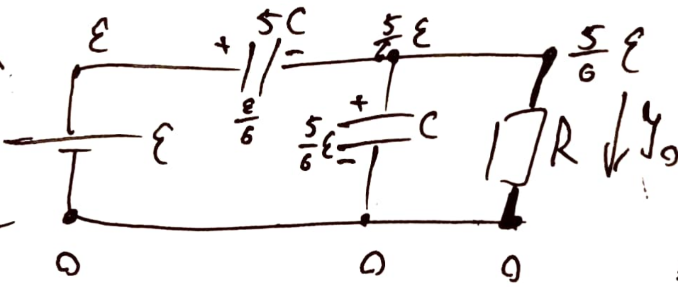


$$U_{5C}(0)=\mathcal{E}-\varphi=\frac{\mathcal{E}}{6}$$

$$U_C(0)=\varphi-0=\frac{5}{6}\mathcal{E}$$

1) Рассм. цепь сразу после замык. ключа. Напряж. на конд. не изм. скачком ⇒ оно остается прежним

используем МУП

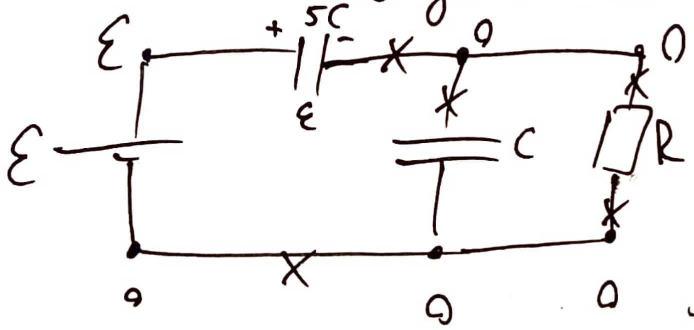


$$I_0=\frac{5\mathcal{E}}{6R}\quad ✓$$

$$W(0)=\frac{1}{2}5C\cdot\left(\frac{\mathcal{E}}{6}\right)^2+\frac{1}{2}C\cdot\left(\frac{5}{6}\mathcal{E}\right)^2=$$

$$=\frac{5}{2}C\cdot\frac{\mathcal{E}^2}{36}+\frac{1}{2}C\cdot\frac{25\mathcal{E}^2}{36}=\frac{\cancel{30}^{\,5}\,\mathcal{E}^2}{2\cdot\cancel{36}_{\,6}}=\frac{5C\mathcal{E}^2}{12}$$

2) Рассм. цепь в уст. сост. при замк. ключе → тока через конд. нет → тока в цепи нет

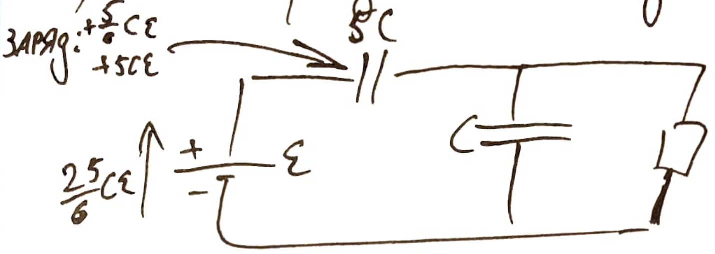


используем МУП

$$W(t_{уст})=\frac{1}{2}5C\,\mathcal{E}^2=\frac{5C\mathcal{E}^2}{2}$$

ЧИСТОВИК → ЛИСТ 2   ВАР 11-04

3) Рассм. процесс от t_0 до $t_{уст}$ при замк. ключе:



рассмотрим как протекал заряд исходя из заряда на пластинке конд.

$q_{ист} = \frac{25}{6}C\mathcal{E}$

• по ЗСЭ:

$$A_{ист} = \Delta W + Q$$

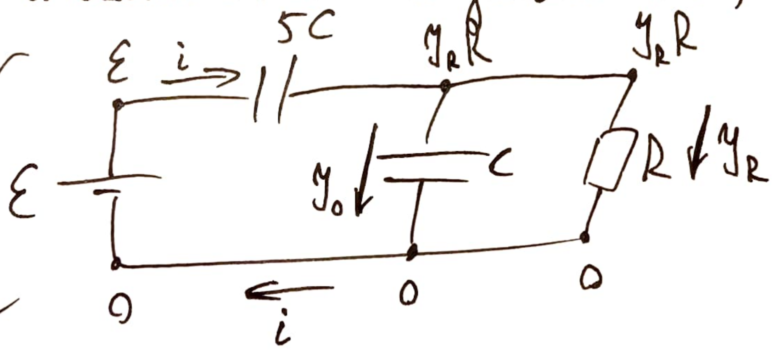
$$+\mathcal{E} q_{ист} = W(t_{уст}) - W(0) + Q$$

$$\frac{25}{6}C\mathcal{E}^2 = \frac{5C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{5C\mathcal{E}^2}{72} + Q$$

$$Q = \frac{25}{6}C\mathcal{E}^2 - \frac{5C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{5C\mathcal{E}^2}{72} = \frac{50C\mathcal{E}^2 - 30C\mathcal{E}^2 + 5C\mathcal{E}^2}{72} = \frac{25C\mathcal{E}^2}{72}$$ ✓

4) Рассм. момент после замык. ключа, когда ток через C_2 равен I_0.

используем МУП



по ЗСЗ: $i = I_0 + I_R$

• $\begin{cases} U_{5C} = \mathcal{E} - I_R R \to U'_{5C} = -I_R' R \\ U_C = I_R R \to U_C' = I_R' R \end{cases}$

~~i = 5C~~ $\begin{cases} i = -5CU'_{5C} = 5C I_R' R \\ I_0 = CU_C' = C I_R' R \end{cases}$

$$\frac{i}{I_0} = \frac{5C\cancel{I_R' R}}{\cancel{C I_R' R}} = 5 \to i = 5I_0$$

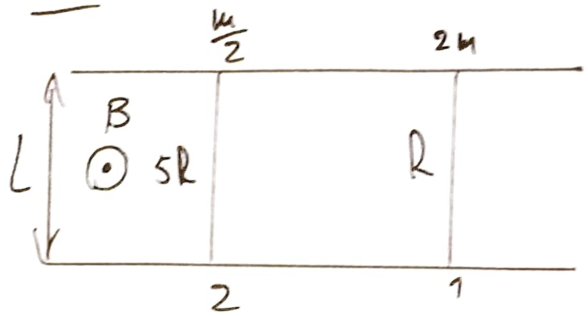
• когда из ЗСЗ: $i = I_0 + I_R$

$5I_0 = I_0 + I_R \to I_R = 4I_0$ ✓

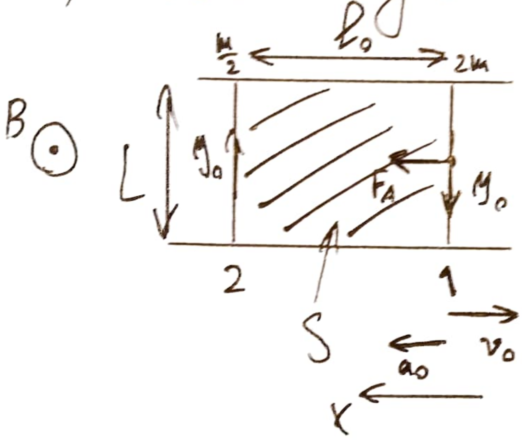
Ответ: 1) $I_0 = \frac{5\mathcal{E}}{6R}$ | 2) $Q = \frac{25C\mathcal{E}^2}{72}$ | 3) $I_R = 4I_0$

ЧИСТОВИК → ЛИСТ 3   ВАР 11-04

№4



1) Рассм. систему в начальный момент времени:



• Для маленького промежутка времени Δt:

$$S = L(l_0 + v_0 \Delta t) \rightarrow S' = L v_0$$

• тогда

$$|\varepsilon_i| = \Phi' = (BS)' = BS' = BLv_0$$

$$I_0 = \frac{\varepsilon_i}{5R+R} = \frac{\varepsilon_i}{6R}$$

• по 2з.Н. для ①:

$$x:\ F_A = 2ma_0,\ \text{где } F_A = I_0 BL = \frac{\varepsilon_i}{6R}BL = \frac{BLv_0}{6R}BL = \frac{v_0}{6R}(BL)^2$$

$$\frac{v_0}{6R}(BL)^2 = 2ma_0 \longrightarrow a_0 = \frac{v_0}{12Rm}(BL)^2 \ \checkmark$$

2) Через продолжительный промежуток времени скорости перемычек сравняются т.к. 2 перемычка ускоряется, а первая замедляется. В этот момент $v_{отн} = 0 \Rightarrow$
$\Rightarrow S' = v_{отн} L = 0 \Rightarrow \varepsilon = 0 \Rightarrow$ перестанет течь ток и перемычки будут двигаться равномерно со скоростью u (перестанет действовать F_A) $\Rightarrow$ по ЗСЭ для системы из 2 перемычек:

$$\frac{2\cancel{m}(v_0)^2}{\cancel{2}} = \frac{2\cancel{m}u^2}{\cancel{2}} + \frac{\frac{\cancel{m}}{2}u^2}{\cancel{2}}$$

$$2v_0^2 = 2u^2 + \frac{u^2}{2}$$

ЧИСТОВИК → ЛИСТ 4 ВАР 11-04

$$2v_0^2 = \frac{5}{2}u^2$$

$$4v_0^2 = 5u^2 \to u^2 = \frac{4v_0^2}{5}; \quad u = \frac{2v_0}{\sqrt{5}}$$

3) Т.к. на перемычки действ. одинак. по модулю силы, то в каждый момент времени $\frac{m}{2}a_2 = 2ma_1$

$$a_2 = 4a_1$$

Ответ: 1) $a_0 = \frac{v_0}{12Rm}(BL)^2$

2) $u = \frac{2v_0}{\sqrt{5}}$

ЧЕРНОВИК → ЛИСТ 1

$$5C\mathcal{E}-\frac{5}{6}C\mathcal{E}=\frac{25}{6}C\mathcal{E}$$

$$y_0=CU_c' \mid \cdot\Delta t$$

$$\begin{cases} y_0\Delta t=C\Delta U_c \\ i\Delta t=5C\Delta U_{5C} \end{cases}$$

$\cancel{\frac{y_0}{i}=\frac{\Delta U_c}{5\Delta U_{5C}}}$

$$y_0=CU_c'=CU_R'$$

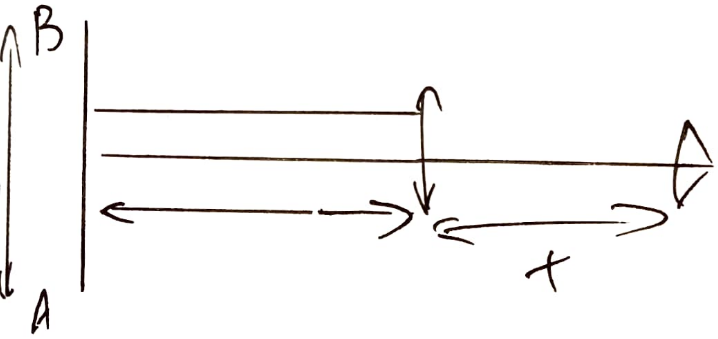
$$\boxed{i=5CU_{5C}'}$$

$\cancel{i=5C\Delta}$

$$U_{5C}=\mathcal{E}-y_R R\rightarrow U_c'=-y_R' R$$

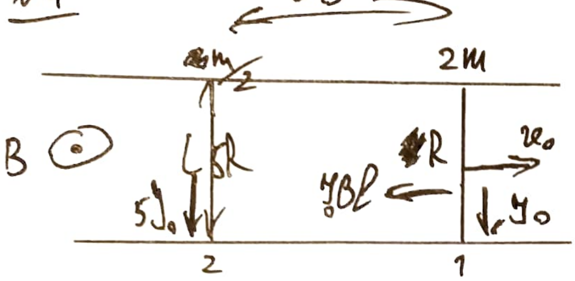
$\cancel{U_{5C}}$ $U_c=y_R R\rightarrow U_c'=y_R' R$

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f}$$



ЧЕРНОВИК → ЛИСТ 2

№4



$U_1 = U_2$

$J_1 5R = J_2 R$

$J_2 = 5 J_1$

$J_0 B l = 2m a_1$

$\mathcal{E} = \frac{d\varphi}{dt} = BS' = B\frac{dS}{dt} = Blv_0$

$S = l(l_0 + v_0 t)$

$S' = lv_0$

JBl

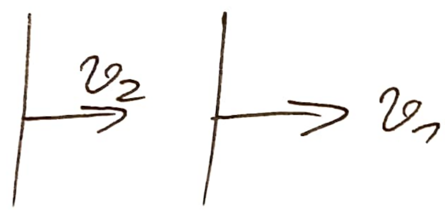
$\frac{1}{C} \cdot T_1^2 \cdot \mu^2 = \frac{\mu^2}{C} T_1^2 = \frac{\mu^2 \cdot T_1^2}{c^2 \cdot \mu} = \frac{\cancel{\ }^2 \cdot \frac{H^2}{A^2 \cdot \mu^2}}{c^2 \cdot \mu} =$

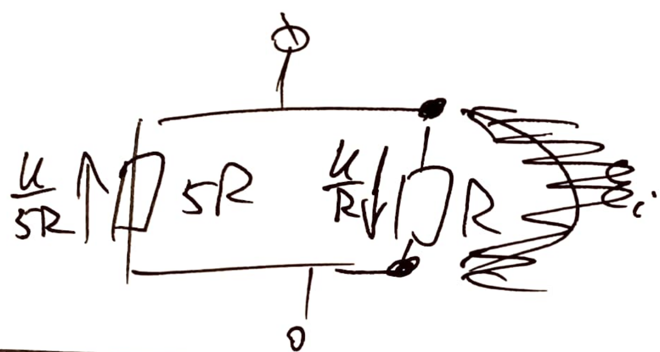
$B = \frac{H}{A \cdot \mu}$

$=$

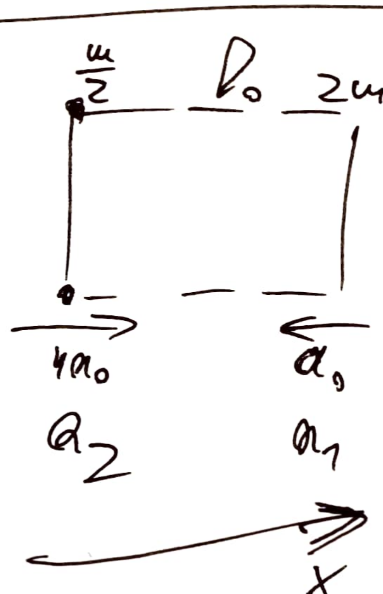
$S' = l(l_0 + v_{отн} \Delta t)$

$S' = 0 \to v_{отн} = 0$





$S' = v_{отн} L$



$a_2 = 4a_1$

$\cancel{\Delta X_2 = 4\Delta X_1}$

$\Delta X_2 = v_2 \Delta t + \frac{4a\Delta t^2}{2}$

$\Delta X_1 = v_1 \Delta t - \frac{a \Delta t^2}{2}$

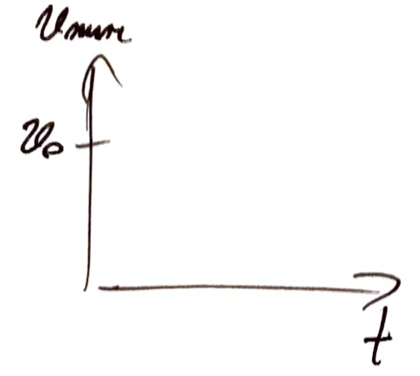
$\Delta t v_{отн}$

$\Delta X_1 - \Delta X_2 = \Delta t(v_1 - v_2) - \frac{5a\Delta t^2}{2}$

$\Delta l =$

ЧЕРНОВИК → ЛИСТ 3

$v_{отн} = v_1 - v_2$ | $L = \sum v_{отн} \Delta t$



$\Delta v_2 = 4|\Delta v_1| \cdot \Delta t$

$\Delta v_2 \Delta t = 4 \Delta v_1 \Delta t$

$\Delta v_2 = 4 \Delta v_1$

$\cancel{u - 0 = 4t}$

$u - 0 = 4(u - v_0)$

$u = 4u - 4v_0$

$4v_0 = 3u \rightarrow u =$