Часть 1

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

Шифр: **21202759**

ID профиля: **158653**

Вариант 2

Чистовик (1)

№1

$\cos\alpha = \frac{4}{5}$

H

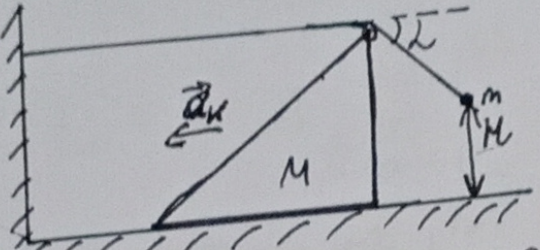
1) $\cos\beta$ - ?

2) $a_к$?

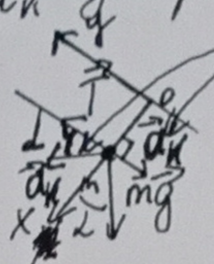
3) $\frac{m}{M}$ - ?

4) τ - ?

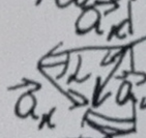
Решение:



$a_к$ - ускорение клина.



обусловлена нерастяжимостью нити и тем, что угол наклона нити не изменяется (кин. связь.)



$a_ш$ - ускорение шара.

$\beta = 90 - 90 + \frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha}{2}$

$$\cos\beta = \cos\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}} = \sqrt{\frac{1+\frac{4}{5}}{2}} = \frac{3}{\sqrt{10}}$$

$\sin\alpha = \frac{3}{5}$

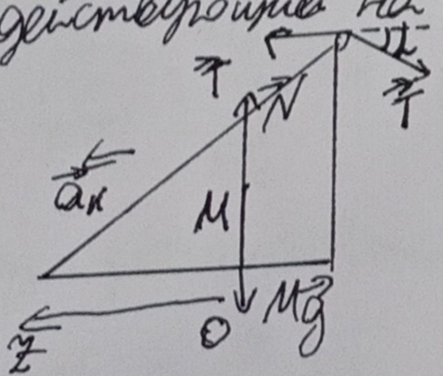
Спроецируем силы действующие на шар вдоль OX: $mg\cos\alpha = ma_к \sin\alpha \Rightarrow a_к = g\,ctg\,\alpha = \frac{4}{3}g \approx 13{,}3$ м/с

(2-ой з-н Ньютона:)

OY: $T - mg\sin\alpha = ma_к(\cos\alpha - 1)$

$$T - mg\cdot\frac{3}{5} = -mg\cdot\frac{4}{3}\cdot\frac{1}{5} \Rightarrow T = \frac{9mg - 4mg}{15} = \frac{mg}{3}$$

Силы, действующие на клин + блок



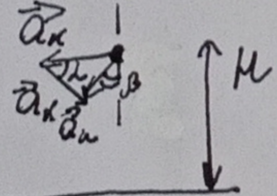
Нить невесомая $\Rightarrow$ в любой её точке сила натяжения одинакова.

OZ: $T - T\cos\alpha = Ma_к = \frac{mg}{3}\cdot\frac{1}{5} = Mg\cdot\frac{4}{3}$

(по 2-му з-ну Ньютона)

$\Rightarrow \frac{m}{M} = 20$

$a_в = a_к\cdot\sin\alpha = g\cdot\frac{4}{3}\cdot\frac{3}{5} = g\frac{4}{5}$ ускорение шара по вертикали



$$H = \frac{a_в\tau^2}{2} \Rightarrow \tau = \sqrt{\frac{2H}{a_в}} = \sqrt{\frac{2H\cdot 5}{4g}} = \sqrt{\frac{5H}{2g}}$$

Ответ: 1) $\cos\beta = \frac{3}{\sqrt{10}}$; 2) $a_к = \frac{4}{3}g \approx 13{,}3$ м/с^2; 3) $\frac{m}{M} = 20$; 4) $\tau = \sqrt{\frac{5H}{2g}}$

Чистовик (2)

№2

ν

T_0

$C(T) = \frac{5}{2} R \frac{T}{T_0}$

1) $T_0 \to \frac{T_0}{2}$

$Q_1 - ?$

2) $T' - ?$

3) $A_{min} - ?$

Решение:

$$dQ = c\nu dT = \frac{5}{2}\nu R \frac{T}{T_0} dT$$

$$Q_1' = \frac{5}{2}\nu R \cdot \frac{T^2}{2T_0}\Big|_{T_0}^{\frac{1}{2}T_0} ; \quad Q_1 = -Q_1'$$

$$Q_1 = \frac{5}{2}\nu R \frac{T^2}{2T_0}\Big|_{\frac{1}{2}T_0}^{T_0} = \frac{5\nu R T_0}{4} - \frac{5\nu R T_0}{16} = \frac{15\nu R T_0}{16}$$

По I-му началу термодинамики:

$$Q_n = \Delta U_n + A$$

$$Q_n = \frac{5}{2}\nu R \frac{T^2}{2T_0}\Big|_{T_0}^{T} = \frac{5\nu R (T)^2}{4T_0} - \frac{5\nu R T_0}{4} = \underbrace{\frac{3}{2}\nu R (T - T_0)}_{\Delta U_n} + A$$

$$A(T) = \frac{5\nu R T^2}{4T_0} - \frac{3\nu R T}{2} + \frac{\nu R T_0}{4}$$ ← парабола, ветви вверх $\cup$

$\Downarrow$

минимальное значение работы достигается в вершине. $\Rightarrow T' = \cancel{\frac{3\nu R}{2}\left(\frac{10\nu R}{4T_0}\right)} = \frac{3\nu R}{2} \cdot \frac{4T_0}{10\nu R} = \frac{3T_0}{5}$

$$A_{min}(T') = \frac{5\nu R \cdot 9T_0}{4 \cdot 25} - \frac{3\nu R}{2} \cdot \frac{3T_0}{5} + \frac{\nu R T_0}{4} = \frac{9\nu R T_0}{20} - \frac{9\nu R T_0}{10} + \frac{\nu R T_0}{4} =$$

$$= -\frac{9\nu R T_0}{20} + \frac{\nu R T_0}{4} = -\frac{\nu R T_0}{5}$$

Ответ: 1) $Q_1 = \frac{15\nu R T_0}{16}$; 2) $T' = \frac{3T_0}{5}$; 3) $A_{min} = -\frac{\nu R T_0}{5}$

черновик

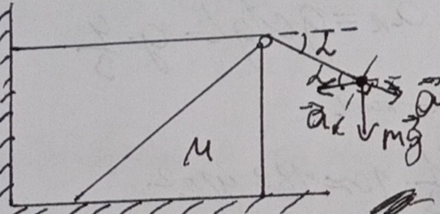
$A_{min} = \frac{\nu R}{4}\left(\frac{5(T')^2}{T_0} - 6T' - 5T_0 + 6T_0\right) = \frac{\nu R}{4}\left(\frac{5(T')^2}{T_0} - 6T' + T_0\right)$

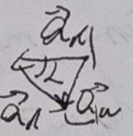
парабола ветви вверх $\cup$ => минимальное значение работы достигается в вершине. $T' = \frac{6}{\frac{10}{T_0}} = \frac{3T_0}{5}$ $\cos x = 2\cos^2\frac{x}{2} - 1$

$\frac{3}{2} - \frac{5}{4} = \frac{1}{4}$ $\nu T_0 \; \frac{9}{20} - \frac{9}{10} + \frac{1}{4} = -\frac{9}{20} + \frac{1}{4} = -\frac{9}{20} + \frac{5}{20} =$

перепроверка

$= -\frac{4}{20} = -\frac{1}{5}$ $\frac{4}{3} \cdot \frac{3}{3}$





$\frac{180-L}{2} = 90 - \frac{L}{2}$

$\beta = \frac{L}{2}$

$a_\alpha \cdot \sin L = g\cos L$

$a_\alpha = g\,ctg\,L = \frac{4}{3}g$ $\cos\frac{L}{2} = \sqrt{\frac{1+\cos L}{2}} = \sqrt{\frac{1+\frac{4}{5}}{2}} =$

$a_\alpha = \frac{4}{3}g$

$T - mg\frac{3}{5} = \frac{-ma_\alpha}{5}$ $\frac{3}{\nu 10}$

$T = \frac{3mg}{5} - \frac{4mg}{15} = \frac{mg}{3}$

$\frac{mg}{3} \cdot \frac{1}{5} = Mg\frac{4}{3}$ $g \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{3}{5} = g\frac{4}{5}$

$\frac{m}{M} = 20$ $\tau = \sqrt{\frac{2h}{a}} = \sqrt{\frac{2h \cdot 5}{4g}} = \sqrt{\frac{5h}{2g}}$

21202759 (U158653 M1267796)

(1)

Черновик

№1

$\cos\alpha =$

1) $\cos\beta$ - ?

2) $a_к$

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

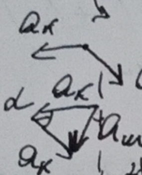
4) T -

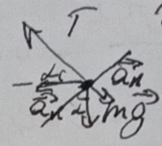
$180-\alpha \to 90-\frac{\alpha}{2}$

$90-\frac{\alpha}{2}$

$\cos 2x = 2\cos^2\frac{x}{2}-1$

$\cos\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}}$





$\sin\alpha = \frac{3}{5}$

$\cos\alpha = \frac{4}{5}$

$\beta = \frac{\alpha}{2}$ $\quad \cos\beta = \cos\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1+\frac{4}{5}}{2}} = \frac{3}{\sqrt{10}} \approx 0{,}95$

$\sin\beta =$

$T\cdot\cos\alpha = ma_к(1-$

$T\cdot\sin\alpha - mg = -ma_к\cdot\sin\alpha$

$ma_к\cdot\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} - \cancel{ma_к}\sin\alpha = mg - ma_к\sin\alpha$

$a_к\cdot\sin\alpha = g\cos\alpha$

$a_к = g\,ctg\,\alpha = g\cdot\frac{4}{3}$

$a_к = g\cdot ctg\,\alpha = \frac{4}{3}g = \frac{4}{3}\cdot 10 \approx 13{,}3\ м/с^2$

$T\cdot\frac{4}{5} = mg\cdot\frac{4}{3}\cdot\frac{1}{5} \to T = \frac{mg}{3}$

$\frac{4}{3}\cdot\frac{1}{5} = \sqrt{\left(\frac{4}{15}\right)^2 + \left(\frac{4}{5}\right)^2}$

$T(1-\cos\alpha) = Ma_к$

$n = gT^2$

$\frac{mg}{3}\cdot\frac{1}{5} = Mg\cdot\frac{4}{3}$ $\quad \frac{m}{M} = 20$

$\frac{4}{5}\sqrt{\frac{1}{9}+1} = \frac{4}{5}\cdot\sqrt{\frac{10}{3}}$

$\frac{4}{5}\sqrt{\frac{16\cdot 10}{25\cdot 5}}$

$\frac{m}{M} = \frac{5}{4}$

$T - mg\sin\alpha = ma_к(\cos\alpha - 1)$ $\quad a_к - \frac{M}{m}a_к = \frac{19}{20}a_к$

$T - mg\cdot\frac{3}{5} = mg\cdot\frac{4}{3}\cdot\frac{1}{5}$ $\quad \frac{mg}{3}\cdot\frac{3}{5} - mg = -mg\cdot 4$

$T = \frac{mg\,9 - mg\,4}{15} = \frac{mg}{3}$

$He \Rightarrow \frac{i}{2} = \varepsilon$ $\quad i = 3$

$\frac{3}{2}\nu RT$

Перейдём в не-и.с.о. клина.

$Q =$ $\quad dQ = c\nu dT = \frac{5}{2}\nu R\frac{T}{T_0}dT$

$Q = \frac{5}{2}\nu R\frac{T^2}{2T_0}\Big|_{T_0}^{\frac{1}{2}T_0}$ $\quad -\frac{5\nu RT_0}{4} + \frac{5\nu RT_0}{16}$

$Q_1 = \frac{5\nu RT_0\cdot 4}{16} - \frac{5\nu RT_0}{16} =$

$= \frac{15\nu RT_0}{16}$

$\frac{5}{2}\cancel{\nu R}$

$\frac{5\nu R(T')^2}{4T_0} - \frac{5\nu RT_0}{4} = \frac{3}{2}\nu R(T' - T_0) + A_{min}$

Часть 2

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

Шифр: **21202759**

ID профиля: **158653**

Вариант 2

чистовик ③ Вариант 11-02

№3

$C_2 = C$

$C_1 = 3C$

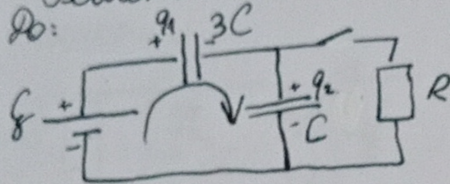
1) I_0 - ?

2) Q - ?

3) U_R - ?

Решение:

До:



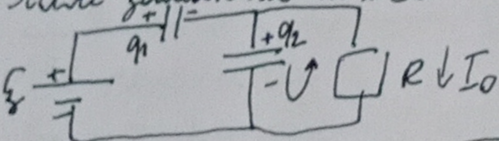
По 2-му правилу Кирхгофа:

$\mathcal{E} = \frac{q_1}{3C} + \frac{q_2}{C}$; З.С.З.: $-q_1 + q_2 = 0 \Rightarrow q_1 = q_2$

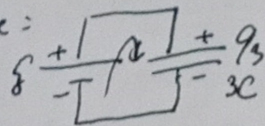
$\mathcal{E} = \frac{4q_2}{3C} \Rightarrow \frac{q_2}{C} = \frac{3\mathcal{E}}{4} = I_0 R$; $q_1 = q_2 = \frac{3\mathcal{E}C}{4}$

$I_0 = \frac{3\mathcal{E}}{4R}$

После замыкания ключа:



В установившемся режиме:



$\mathcal{E} = \frac{q_3}{3C} \Rightarrow q_3 = 3\mathcal{E}C$

З.С.Э.:

$A_{бат} + \cancel{A_{внеш}} = \Delta W + Q$ ← работа внешних сил

работа батарейки

$A_{бат} = (q_3 - q_1)\mathcal{E} = \frac{9C\mathcal{E}^2}{4}$

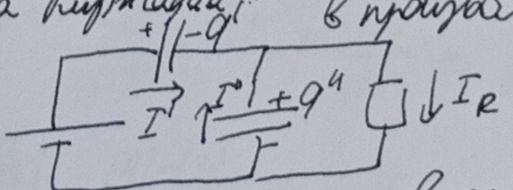
$W_0 = \frac{q_1^2}{3C\cdot 2} + \frac{q_2^2}{2C} = \frac{9\mathcal{E}^2 C^2}{16}\left(\frac{1}{6C} + \frac{1}{2C}\right) =$

$= \frac{3\mathcal{E}^2 C}{8}$ ← энергия система сразу после размыкания ключа.

$W_к = \frac{9\mathcal{E}^2 C^2}{2\cdot 3C} = \frac{3C\mathcal{E}^2}{2}$ ← энергия систем в конце

$\frac{9C\mathcal{E}^2}{4} = \frac{3C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{3C\mathcal{E}^2}{8} + Q = \frac{9C\mathcal{E}^3}{8} + Q \Rightarrow Q = \frac{9C\mathcal{E}^2}{8}$

3) Запишем пр-ла Кирхгофа в произвольный момент времени



$\begin{cases} \mathcal{E} = \frac{q'}{3C} + \frac{q''}{C} \\ \frac{q''}{C} = I_R \cdot R \\ I' + I'' = I_R \end{cases}$ (конденсатор ёмкостью C разряжается)

продифференцируем по времени

$0 = \frac{I'}{3C} - \frac{I''}{C} \Rightarrow I' = 3I''$

$4I'' = I_R \Rightarrow$ в момент времени, когда через конденсатор C протекает ток I_0, через резистор протекает ток равный $4I_0$

$\Rightarrow U_R = 4I_0 \cdot R = 3\mathcal{E}$

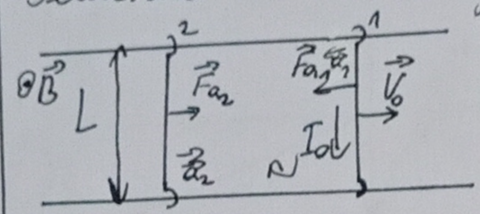
Ответ: 1) $I_0 = \frac{3\mathcal{E}}{4R}$; 2) $Q = \frac{9C\mathcal{E}^2}{8}$; 3) $U_R = 3\mathcal{E}$

Чистовик ④ Вариант 11-02

№1
B
L
$m = m_1$
$R = R_1$
$m_2 = \frac{m}{2}$
$4R = R_2$
V_0

1) a_2 - ?
2) v_1' - ? v_2' - ?
3) ΔL - ?

Решение



При движении перемычка 1 на ней возникает Э.Д.С. индукции.

$\mathcal{E}_i = |\dot\Phi| = |B\dot S| = BLV_0$

По II-му правилу Кирхгофа:

$\mathcal{E}_i = I_0 \cdot 5R = BLV_0 \Rightarrow I_0 = \frac{BLV_0}{5R}$

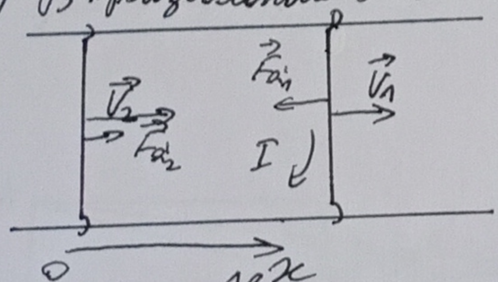
На перемычку 2 (и 1) будет действовать только сила Ампера.

$F_{a_2} = m_2 a_2 = \frac{m}{2} a_2 = I_0 BL = \frac{B^2L^2V_0}{5R} \Rightarrow a_2 = \frac{2V_0B^2L^2}{5mR}$

З.С.И.: через продолжительный промежуток времени $v_1' = v_2' = v'$

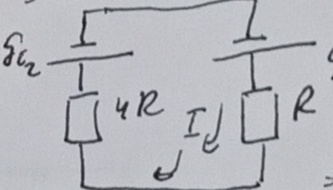
$mV_0 = mv' + \frac{m}{2}v' = \frac{3mv'}{2} \Rightarrow v' = \frac{2V_0}{3} = v_1' = v_2'$

3) В произвольный момент времени:



$\mathcal{E}_{i_1} = BLV_1$; $\mathcal{E}_{i_2} = BLV_2$

Эквивалентная схема:



По II-му правилу Кирхгофа:

$\mathcal{E}_{i_1} - \mathcal{E}_{i_2} = I \cdot 5R$

$\Rightarrow I = \frac{BL(V_1 - V_2)}{5R}$

Запишем 2-ой з-н Ньютона для перемычек 1 и 2

OX: $F_{a_2}' = \frac{m}{2} a_2' = IBL = \frac{B^2L^2(V_1 - V_2)}{5R} = \frac{m}{2}\frac{dV_2}{dt} \Rightarrow dV_2 = \frac{2B^2L^2(V_1 dt - V_2 dt)}{5mR}$ (2)

$-F_{a_1}' = m a_1' = IBL = -\frac{B^2L^2(V_1 - V_2)}{5R} = m\frac{dV_1}{dt} \Rightarrow dV_1 = -\frac{B^2L^2(V_1 dt - V_2 dt)}{5mR}$ (1)

$V_1 dt - V_2 dt = dL$

$dV_1 - dV_2 = d(V_1 - V_2)$ (1)-(2): $d(V_1 - V_2) = -\frac{3B^2L^2 \cdot dL}{5mR}$

Проинтегрируем

$$\int_{V_0}^{0} d(V_1 - V_2) = -\int_{0}^{\Delta L} \frac{3B^2L^2\, dL}{5mR}$$

$$V_0 = \frac{3B^2L^2 \cdot \Delta L}{5mR} \Rightarrow \Delta L = \frac{5mRV_0}{3B^2L^2}$$

Ответ: 1) $a_2 = \frac{2V_0B^2L^2}{5mR}$; 2) $v_1' = v_2' = \frac{2V_0}{3}$; 3) $\Delta L = \frac{5mRV_0}{3B^2L^2}$

Чистовик ⑤ Вариант 11-02

№5

$F = 12$ см

$H = 9$ см

$a = 48$ см

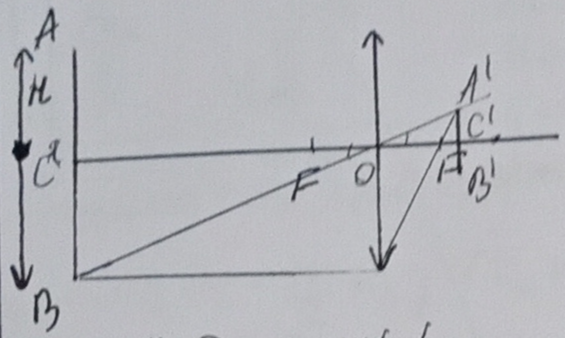
$b = 24$ см

1) x — ?

2) $D_м$ — ?

3) ℓ — ?

Решение:



Ф-ла линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{c}$$, c — расстояние от действ. изображен. до линзы

$\Rightarrow c = \frac{Fa}{a-F} = \frac{12 \cdot 48}{48-12} = 16$ см

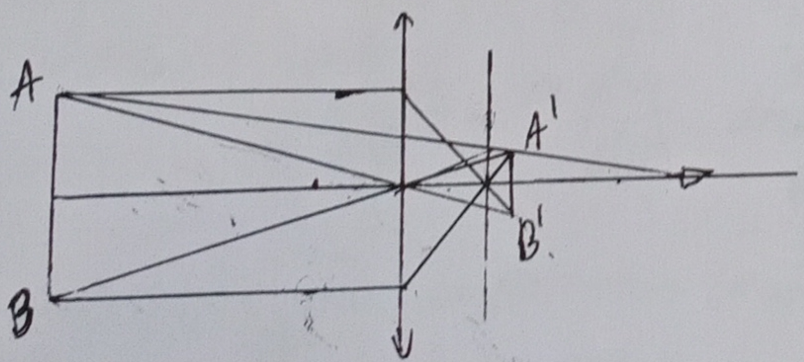
$x = c + b = 16$ см $+ 24$ см $= 40$ см

$A'B'$ — изображение циферблата.

$\triangle CBO \sim \triangle OA'C'$ (по 2-ум углам)

$$\frac{CB}{CO} = \frac{A'C'}{OC'} \Rightarrow \frac{\frac{H}{2}}{a} = \frac{\frac{h}{2}}{c} \Rightarrow h = \frac{cH}{a} = \frac{16 \cdot 9}{48} = 3 \text{ см}$$

Чтобы наблюдатель смог целиком увидеть изображение циферблата диаметр линзы должен быть $\geq h \Rightarrow D_м = h = \frac{cH}{a} = 3$ см



21202759 (U158653 M1267797)

Ответ: 1) $x = 40$ см; 2) $D_м = 3$ см; 3) $\ell = 12$ см

№4

B

L

$m = m_1$

R

$\frac{m}{2} = m_2$

$4R$

V_0

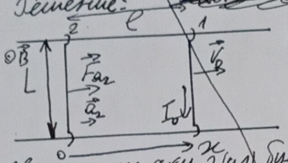
---

1) a_2 – ?

2) υ_1' – ? υ_2' – ?

3) ΔL – ?

Решение: черновик!



При движении перемычки 1 на нас возникнет Э.Д.С индукции $\mathcal{E}_i = |\dot{\Phi}| = |B\dot{S}| = BLV_0$

По 2-му правилу Кирхгофа:

$\mathcal{E}_i = I_0 \cdot 5R = BLV_0 \Rightarrow I_0 = \frac{BLV_0}{5R}$

На перемычку 2 (и 1) будет действовать только сила Ампера (в горизонтальной плоскости)

$F_{a_2} = m_2 a_2 = \frac{m}{2} a_2$; $F_{a_2} = I_0 BL = \frac{B^2L^2V_0}{5R}$

$\Rightarrow a_2 = \frac{2V_0B^2L^2}{5mR}$

3. С.И.: через продолжительный промежуток времени $\upsilon_1' = \upsilon_2' = \upsilon'$

$mV_0 = m\upsilon' + \frac{m}{2}\upsilon' = \frac{3m\upsilon'}{2} \Rightarrow \upsilon_1' = \upsilon_2' = \upsilon' = \frac{2V_0}{3}$

Запишем 2-ой закон Ньютона в произвольный момент времени: для перемычки 1 и 2

скорости второй перемычки в произвольный момент времени

$OX: F_{a_2} = \frac{m}{2} a_2 \Rightarrow \frac{B^2L^2V_2}{5R} = \frac{m}{2}\frac{dV_2}{dt} \Rightarrow \frac{2B^2L^2}{5mR} \cdot \underbrace{V_2 \cdot dt}_{dl_2} = dV_2 = \frac{2B^2L^2}{5mR} \cdot dl_2$ (2)

$-F_{a_1} = ma_1 \Rightarrow -\frac{B^2L^2 \cdot V_1}{5R} = m\frac{dV_1}{dt}$ аналогично

$-\frac{B^2L^2}{5mR} \cdot dl_1 = dV_1$ (1)

Проинтегрируем оба выражения (1) и (2):

$$\int_0^{l_2} \frac{2B^2L^2}{5mR} dl_2 = \int_0^{\frac{2V_0}{3}} dV_2 \Rightarrow \frac{\cancel{2}B^2L^2l_2}{5mR} = \frac{\cancel{2}V_0}{3} \Rightarrow l_2 =$$

$$-\int_0^{l_1} \frac{B^2L^2}{5mR} \cdot dl_1 = \int_{V_0}^{\frac{2V_0}{3}} dV_1 \Rightarrow -\frac{B^2L^2l_1}{5mR} = \frac{2V_0}{3} - V_0 = -\frac{V_0}{3}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{c} = \frac{1}{F} \Rightarrow c = \frac{Fa}{a-F} = \frac{\cancel{12} \cdot \cancel{48}^{16}}{\cancel{36}_{3}} = 16 \text{ см}$$

$\mathcal{E} = \frac{q_1}{3C} + \frac{q_1}{C} = \frac{4q_1}{3C} \Rightarrow \frac{q_1}{C} = \frac{3\mathcal{E}}{4} = I_0 R \Rightarrow I_0 = \frac{3\mathcal{E}}{4R}$ $\quad 3 - \frac{3}{4} = \frac{12-3}{4} = \frac{9}{4}$

$+q_1 \quad -q_1 \quad +q_1$

$\mathcal{E} = \frac{q_2}{3C} \Rightarrow q_2 = 3\mathcal{E}C$ $\quad \frac{1}{6} + \frac{1}{2} = \frac{4}{6} = \frac{2}{\cancel{3C}} \cdot \frac{\cancel{9}^{3}\mathcal{E}^2 C^2}{16\,8} = \frac{3C\mathcal{E}^2}{8}$

$\mathcal{E} = \frac{q_1}{3C} + \frac{q_2}{C}$ $\quad I_1 = I_2 + I_R$

$q_1 = q_2 + q_R$

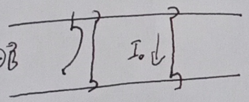
$\frac{q_2}{C} = I_R \cdot R$ $\quad$ (C-разряжается)

$\frac{I_1}{3C} + \frac{I_2}{C} = 0 \Rightarrow$ $\quad I^1 = I^4 + I_R$

$-3I^4$

$\mathcal{E} = BLV_0$

на меня $\Rightarrow \odot\vec{B}$



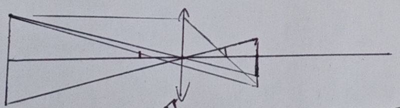
$I_0\, 5R = BLV_0$

$I_0 = \frac{BLV_0}{5R}$

$F_a = \cancel{IB}\; B^2L^2V = \frac{m\,dV}{dt}$

$F = I_0 BL = \frac{B^2L^2V_0}{5R} = \frac{m}{2} a_2$

$a_2 = \frac{2V_0B^2L^2}{5mR}$



$\frac{\frac{h}{2}}{C} = \frac{\frac{H}{2}}{a} \Rightarrow h = \frac{CH}{a} =$

$= \frac{16 \cdot 9}{48} = 3\text{см}$