Часть 1

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

Шифр: **21202341**

ID профиля: **260111**

Вариант 1

Чистовик

2. 1) Запишем изменение теплоты ~~от~~ за малый промежуток времени:

$$\begin{cases} dQ = C\nu dT \\ C = 2R\frac{T}{T_0} \end{cases} \Rightarrow$$

или же определение теплоёмкости

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

Проинтегрируем:

$$\Delta Q = \frac{2\nu R}{T_0}\left(\frac{T_k^2 - T_0^2}{2}\right)$$

В нашем случае $T_k = \frac{5}{6}T_0$

$$\Delta Q = \frac{\nu R}{T_0}\left(\frac{25}{36}T_0^2 - T_0^2\right) = -\frac{11}{36}\nu R T_0$$

Знак „–" означает охлаждение, т.е. отвод тепла. $Q_1 = -\Delta Q = \frac{11}{36}\nu R T_0$

Ответ: $\frac{11}{36}\nu R T_0$

2) По первому з. термодинамики

$$Q = A + \Delta U$$

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

$$\frac{\nu R(T_k^2 - T_0^2)}{T_0} = A + \frac{3}{2}\nu R(T_k - T_0)$$

$$A = \nu R\left(\frac{T_k^2}{T_0} - \frac{3}{2}T_k + \frac{T_0}{2}\right)$$

1

Это парабола ветв вверх отн. $T_к$, поэтому минимум при

$$T_к = \frac{\frac{3}{2}T_0}{2} = \frac{3}{4}T_0$$

3) Подставим это знач. и найдём A_{min}:

$$A = \nu R\left(\frac{9}{16}T_0 - \frac{9}{8}T_0 + \frac{T_0}{2}\right) = \frac{9-18+8}{16}\nu R T_0 =$$

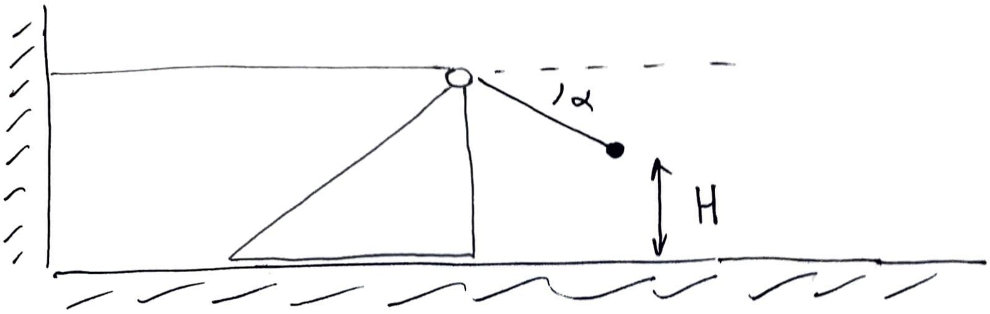
$$= -\frac{\nu R T_0}{16}$$

Ответ: $\frac{3}{4}T_0$; $-\frac{\nu R T_0}{16}$

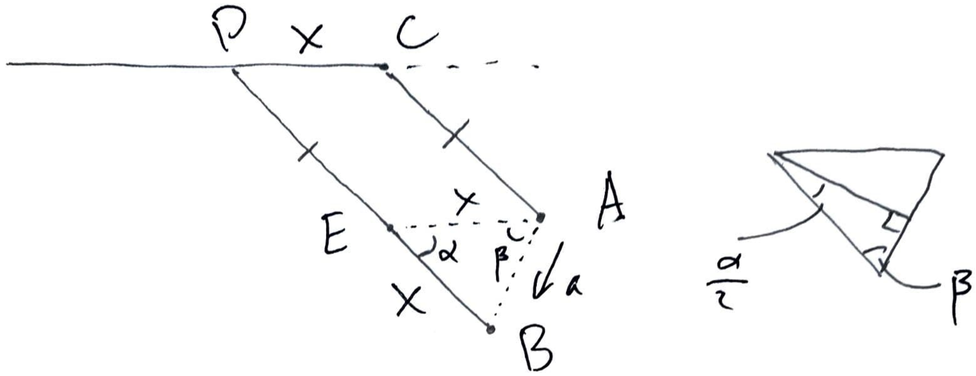
Чистовик

Чистовик

1.



1) Пусть клин проехал некоторое расстояние X. Тогда нить удлинится на X, угол сохранится



Ускорение направлено от A к B. DCAE — параллелограмм. DC = EB = EA = X.

При этом $\angle AEB = \angle CDE = \alpha$

Тогда искомый угол равен $\beta = \frac{180 - \alpha}{2} = 90 - \frac{\alpha}{2}$

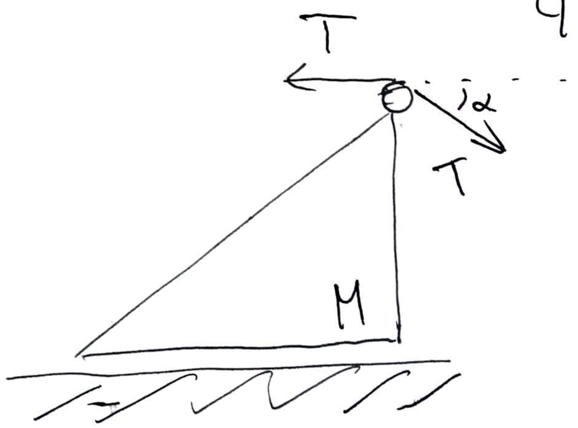
$$\cos\alpha = \frac{3}{5} = 2\cos^2\frac{\alpha}{2} - 1$$

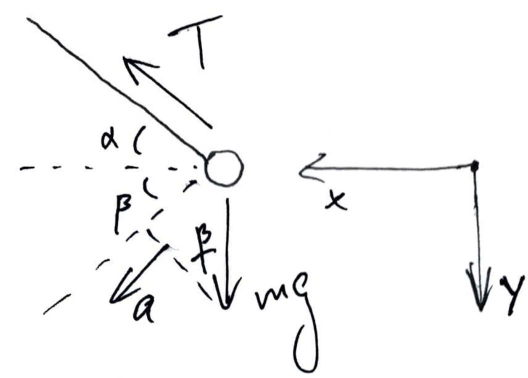
$$\cos^2\frac{\alpha}{2} = \frac{4}{5} \Rightarrow \cos\frac{\alpha}{2} = \frac{2}{\sqrt{5}}$$

$$\cos\frac{\alpha}{2} = \sin\left(90 - \frac{\alpha}{2}\right) = \sin\beta = \frac{2}{\sqrt{5}}$$

Расставим силы на систему

Чистовик





По Ox: II з.н.

$$T\cos\alpha = ma\cos\beta$$

$$T = ma\frac{\cos\beta}{\cos\alpha} = ma\frac{1}{\sqrt5}\frac{5}{3} = ma\frac{\sqrt5}{3}$$

По Oy:

$$mg - T\sin\alpha = ma\sin\beta$$

$$mg - T\cdot\frac{4}{5} = ma\cdot\frac{2}{\sqrt5}$$

$$mg - ma\cdot\frac{\sqrt5}{3}\cdot\frac{4}{5} = ma\frac{2}{\sqrt5}$$

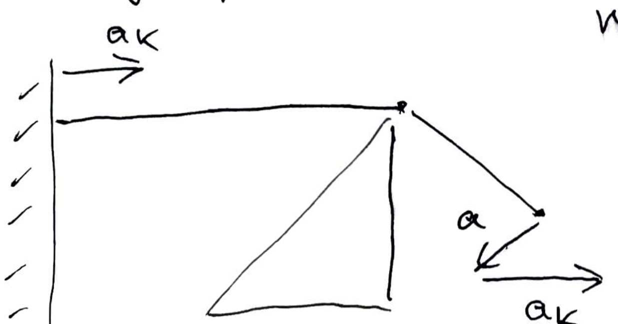
$$mg = ma\left(\frac{4}{3\sqrt5} + \frac{2}{\sqrt5}\right)$$

$$g = a\,\frac{4\sqrt5 + 6\sqrt5}{15} = a\frac{10\sqrt5}{15} = a\frac{2\sqrt5}{3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{3}{2\sqrt5}g$$

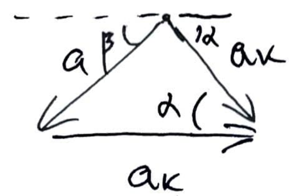
Найдём связь aк и a:

В с.о. с ускор. aк, стена будет двиг. с ускор. aк. Ускор. шарика должно быть вдоль нити и также составляющ. ускорение aк, т.к. верёвка нерастяжима.



4

Построим треугольник ускорений:



~~$a = 2a_к$~~

По теореме косинусов

$$a^2 = 2a_к^2 - 2a_к^2\cos\alpha$$

$$a^2 = a_к^2(2-2\cos\alpha) =$$

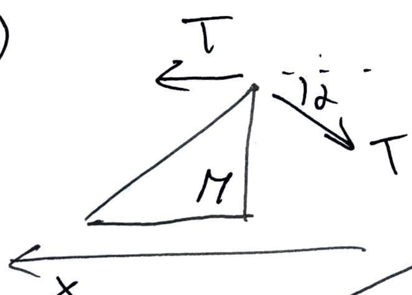
$$= 2a_к^2\left(1-\frac{3}{5}\right) = \frac{4}{5}a_к^2$$

$$a = \frac{2}{\sqrt{5}}a_к \Rightarrow$$

$$a_к = \frac{\sqrt{5}}{2}a = \frac{\sqrt{5}}{2}\cdot\cancel{\frac{2\sqrt{5}}{3}}\,\frac{3}{2\sqrt{5}}g =$$

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

3)



II з. н. по Ox:

$$T(1-\cos\alpha) = Ma_к$$

Также мы записывали, что $T\cos\alpha = ma\cos\beta$

$$T = ma\frac{\sqrt{5}}{3}$$

$$ma\frac{\sqrt{5}}{3}(1-\cos\alpha) = Ma_к = M\cdot\frac{\sqrt{5}}{2}a$$

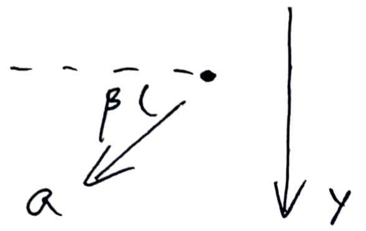
$$m\frac{\sqrt{5}}{3}(1-\cos\alpha) = M\frac{\sqrt{5}}{2}$$

$$\frac{m\cdot 2}{15} = \frac{M}{2} \Rightarrow \frac{m}{M} = \frac{15}{4} = 3{,}75$$

5

Чистовик

Время найдём через кинематику равноуск. движения.



Ускорение шарика по Oy постоянно и равно $a\sin\beta =$

$$= \frac{3}{2\sqrt{5}} g \cdot \frac{2}{\sqrt{5}} = \frac{3}{5} g$$

Можем записать, что

$$H = \frac{\left(\frac{3}{5} g\right) t^2}{2} \Rightarrow 2H = \cancel{g}\frac{3}{5} g t^2 \Rightarrow$$

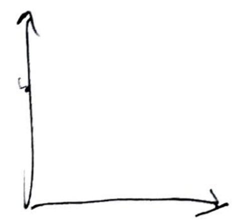
$$\Rightarrow t^2 = \frac{10H}{3g}$$

$$t = \sqrt{\frac{10H}{3g}} = \sqrt{\frac{H}{3}}$$

Ответы: $\sin\beta = \frac{2}{\sqrt{5}}$; $0{,}75g = 7{,}5$ м/с; $\frac{m}{M} = 3{,}75$;

$t = \sqrt{\frac{10H}{3g}} = \sqrt{\frac{H}{3}}$ с

2. $C(T) = 2R\frac{T}{T_0}$ $\qquad C = \frac{Q}{\nu T} \quad \frac{\nu R T}{\nu R}$ Черновик



$dQ = C\,dT\,\nu$

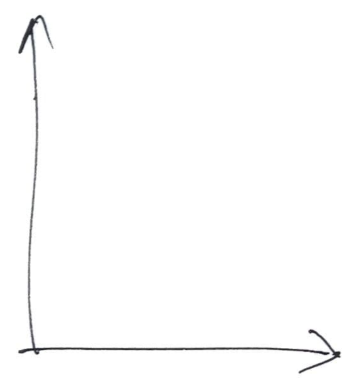
$dQ = 2R\frac{T}{T_0}\,dT\,\nu \qquad Q = \frac{2R}{T_0}\nu\frac{T^2}{2} = \frac{R\nu T^2}{T_0}$

$Q = \frac{2R\nu}{T_0}\left(\frac{T_к^2 - T_н^2}{2}\right) = 2R\cdot$

$\frac{R\nu}{T_0}\left(\frac{25}{36}T_0^2 - T_0^2\right) = \frac{\nu R}{T_0}\frac{11}{36}T_0^2 = \nu R T_0 \cdot \frac{11}{36}$

$Q = A + U$

$\frac{\nu R(T_к^2 - T_0^2)}{T_0} = A + \frac{3}{2}\left(\nu R(T - T_0)\right)$



$A = \nu R\left(\frac{T^2}{T_0} - T_0 - \frac{3}{2}(T - T_0)\right) =$

$= \nu R\left(\frac{T^2}{T_0} - T_0 - \frac{3}{2}T + \frac{3}{2}T_0\right) =$

$= \nu R\left(\frac{T^2}{T_0} - \frac{3}{2}T + \frac{T_0}{2}\right)$

$PV = \nu R T$

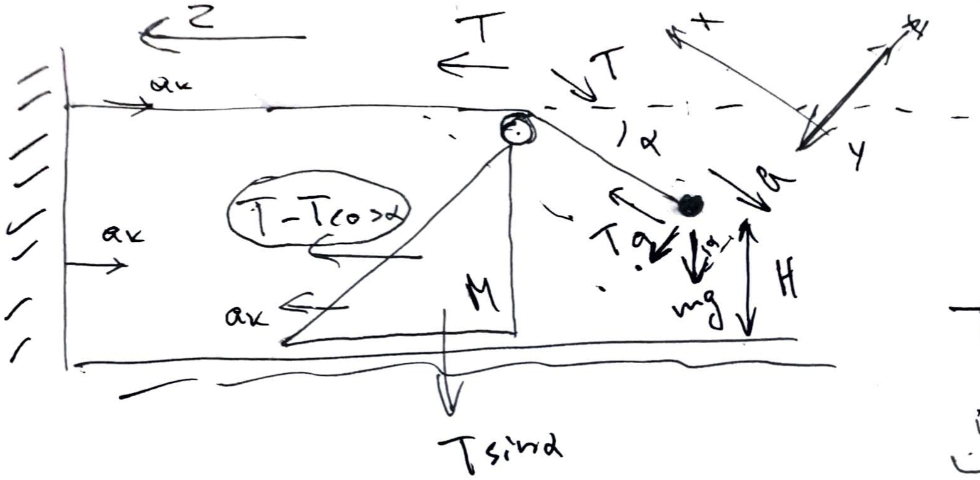
$PV = \nu \cancel{R} \frac{C}{2T_0}$

$A = \nu R\left(\frac{9}{16}\frac{T_0^2}{T_0} - \frac{3}{2}\cdot\frac{3}{4}T_0 + \frac{T_0}{2}\right) = \qquad T = \frac{\frac{3}{2}T_0}{2} = \frac{3}{4}T_0$ ✓

$= \nu R\left(\frac{9}{16}T_0 - \frac{9}{8}T_0 + \frac{T_0}{2}\right) =$

$= \nu R T_0 \frac{9 - 18 + 8}{16} = -\frac{\nu R T_0}{16}$

Черновик

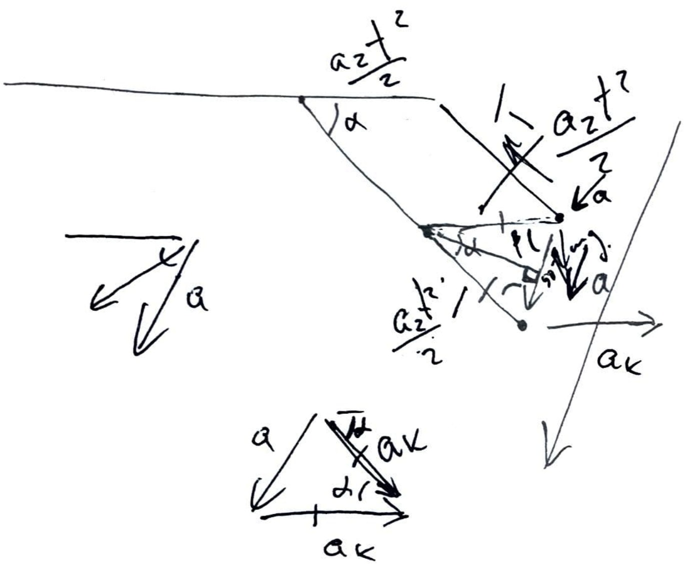


$$T - mg\sin\alpha = ma_x$$

$$mg\cos\alpha = ma_y$$

const

$$T(1-\cos\alpha) = Ma_z$$



$$\sqrt{\frac{(T - mg\sin\alpha)^2 + (mg\cos\alpha)^2}{m^2}}$$

$$\cos\alpha = 0{,}6$$

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

$$\frac{3}{5} = 2\cos^2\frac{\alpha}{2} - 1 \qquad \frac{8}{5} = 2\cos^2\frac{\alpha}{2}$$

$$\frac{4}{5} \qquad \frac{4}{5} = \cos^2\frac{\alpha}{2}$$

$$\frac{2}{\sqrt{5}} = \cos\frac{\alpha}{2}$$

$$\sin\left(90 - \frac{\alpha}{2}\right) = \frac{2}{\sqrt{5}} \checkmark$$

$$a^2 = a_k^2 + a_k^2 - 2a_k^2\cos\alpha$$

$$a^2 = a_k^2(2 - 2\cos\alpha)$$

$$a^2 = 2a_k^2(1-\cos\alpha) = 2a_k^2 \cdot \frac{2}{5} =$$

$$a^2 = \frac{4}{5}a_k^2$$

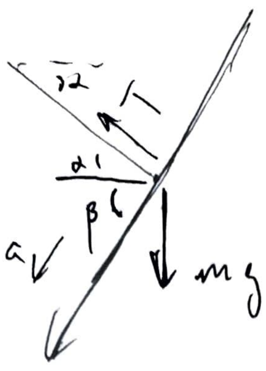
$$a = \frac{2}{\sqrt{5}}a_k$$

$$\frac{2T}{5} = Ma_k$$

$$\frac{(T - mg\sin\alpha)^2 + (mg\cos\alpha)^2}{m^2} = \frac{2}{\sqrt{5}}\frac{2T}{5M}$$

$$mgH = \frac{Mv^2}{2}$$

ЧЕРНОВИК



$\cancel{T}\cos$

$T\sin(\alpha+\beta) = mg\sin(90-\beta)$

$T\sin(\alpha+\beta) = mg\cos\beta$

$\sin\beta = \frac{2}{\sqrt{5}}$

$\cancel{T} = mg$

$\beta = 63{,}435$

$\alpha = 53{,}13$

$\frac{g\cos\beta}{\sin(\alpha+\beta)} - g\sin\alpha = a_x$

$g\cos\alpha = a_y$

$\frac{g^2\cos\beta^2}{\sin(\alpha+\beta)^2} - 2\frac{g^2\cos\beta\sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta)} + \underline{g^2\sin^2\alpha + g^2\cos^2\alpha} = a^2$

$g^2\left(\frac{\cos\beta^2}{\sin(\alpha+\beta)^2} - \frac{2\cos\beta\sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta)} + 1\right) = a^2$

Часть 2

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

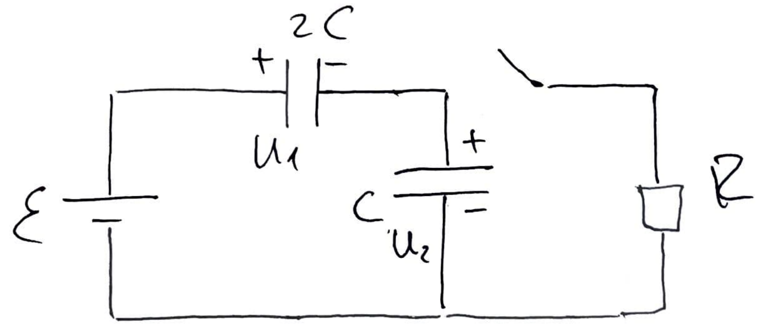
Шифр: **21202341**

ID профиля: **260111**

Вариант 1

Чистовик

3.



1) Для начала найдём напряжение на конденсаторах до замыкания

По з. Ома!

$$\mathcal{E} = U_1 + U_2$$

По з. с. з.

$$-U_1 \cdot 2C + U_2 C = 0$$

$$U_2 = 2U_1$$

$$\mathcal{E} = 3U_1 \Rightarrow U_1 = \frac{\mathcal{E}}{3}$$

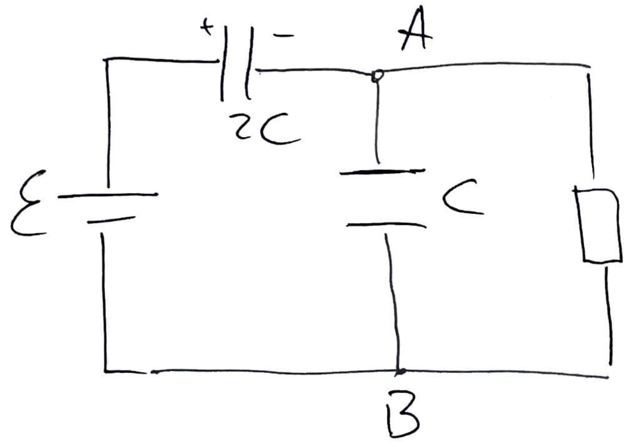
$$U_2 = \frac{2}{3}\mathcal{E}$$

Сразу после замыкания ключа заряд на C_2 не успеет утечь, т.е. напряжение сохраняется.

Тогда ток через резистор:

$$I = \frac{2}{3}\frac{\mathcal{E}}{R}$$

Нарисуем схему в уст. режиме после замыкания ключа



$\varphi_A - \varphi_B = 0$, ~~так~~ т.к. процесс установившийся и ток через R не течёт.

Тогда

$U_к = \mathcal{E}$

На ~~правую~~ левую обкладку притекает заряд через источник, поэтому притёкший заряд умнож. на $\mathcal{E}$ будет работой источника

Найдём Δq:

$$\Delta q = \frac{\mathcal{E}}{\cancel{3}}\cdot 2C - \frac{\mathcal{E}}{3}2C = \frac{4}{3}\mathcal{E}C$$

По з. с. э.

$$\frac{2C}{2}\cdot\left(\frac{\mathcal{E}}{3}\right)^2 + \frac{C}{2}\left(\frac{2}{3}\right)^2\mathcal{E}^2 + \mathcal{E}\cdot\left(\frac{4}{3}\mathcal{E}C\right) = \frac{2C\mathcal{E}^2}{2} + Q$$

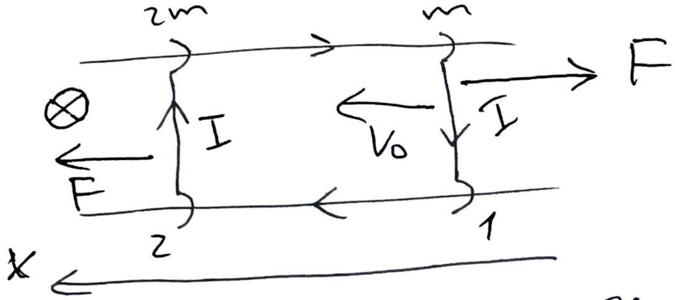
$$Q = \mathcal{E}^2C\left(\frac{1}{9} + \frac{2}{9} + \frac{4}{3} - 1\right) =$$

$$= \mathcal{E}^2C\,\frac{3+12-9}{9} = \frac{2}{3}\mathcal{E}^2C$$

2

Чистовик

4.



Итак, когда 1 приходит в движение, то он изменяет Ф через контур, однако контур будет действовать, желая сохранить поток

По з. Фарадея

$$|\mathcal{E}|=\left|\frac{d\Phi}{dt}\right|=\frac{BdS}{dt}=BV_0L$$

Тогда ток через контур по з. Ома:

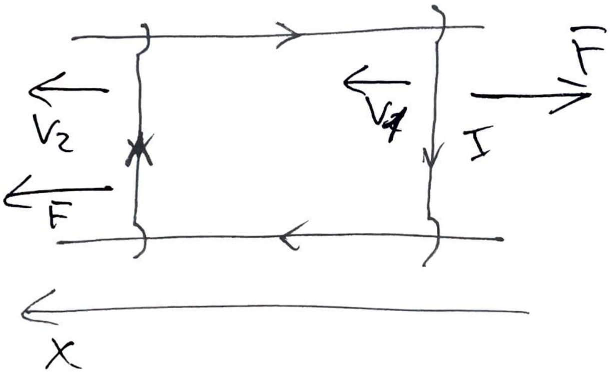
$$I=\frac{\mathcal{E}}{R+2R}=\frac{\mathcal{E}}{3R}=\frac{BV_0L}{3R}$$

1) Сила бу на каждую перемычку будет равна $F=IBL=\dfrac{B^2L^2V_0}{3R}$

По II з.н. для 2 по Ox:

$$\frac{B^2L^2V_0}{3R}=2ma_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_2=\frac{B^2L^2V_0}{6m}$$



Пусть 1 скорость V_1, у 2 скорость V_2, тогда

По з. Фарадея

$$\mathcal{E}=BL(V_1-V_2)$$

Тогда ток будет по з. Ома.

$$I = \frac{BL(V_1 - V_2)}{3R}$$

Чистовик

$$F = IBL = \frac{B^2L^2(V_1 - V_2)}{3R}.$$

Равные силы направлены на две перемычки в ~~разные~~ противоположные стороны. Значит, импульс по Ох такой системы сохраняется. Через продол. промежуток времени $V_1 = V_2$

По з. с. и. по Ох:

$$mV_0 = mV_1 + 2mV_2 = 3mV_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_1 = V_2 = \frac{V_0}{3}$$

По II з. н. для 1 перемычки

$$\frac{B^2L^2(V_1 - V_2)}{3R} = ma_1$$

$$V_1 - V_2 = \frac{3mR}{B^2L^2} a_1$$

$$\frac{dx_1}{dt} - \frac{dx_2}{dt} = \frac{3mR}{B^2L^2} \cdot \frac{dV_1}{dt}$$

$$dx_1 - dx_2 = \frac{3mR}{B^2L^2} dV_1$$

Интегрируя:

$$x_1 - x_2 = \frac{3mR}{B^2L^2} \Delta V_1$$

$$\Delta V_1 = \left(-\frac{V_0}{3} + V_0\right) = +\frac{2V_0}{3}$$

4

Чистовик

$$x_1 - x_2 = +\frac{3mR}{B^2L^2}\cdot\frac{2}{3}V_0 \Rightarrow$$

$$\Delta x = \frac{2mRV_0}{B^2L^2}$$

~~Ответ~~

Тогда расстояние стало

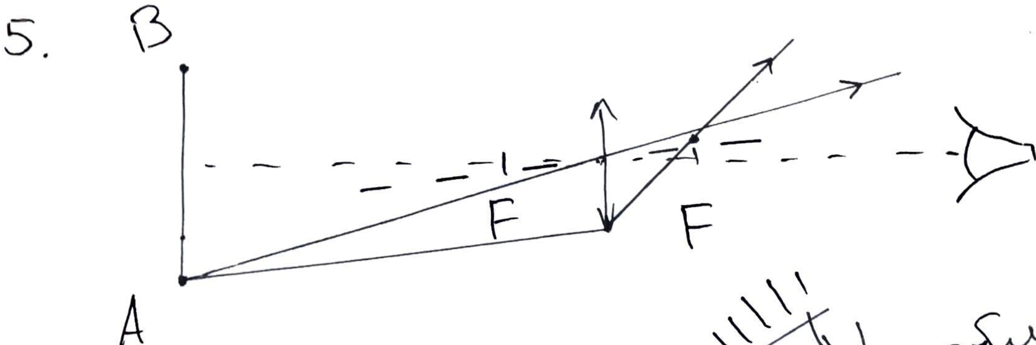
$$S_0 - \frac{2mRV_0}{B^2L^2}$$

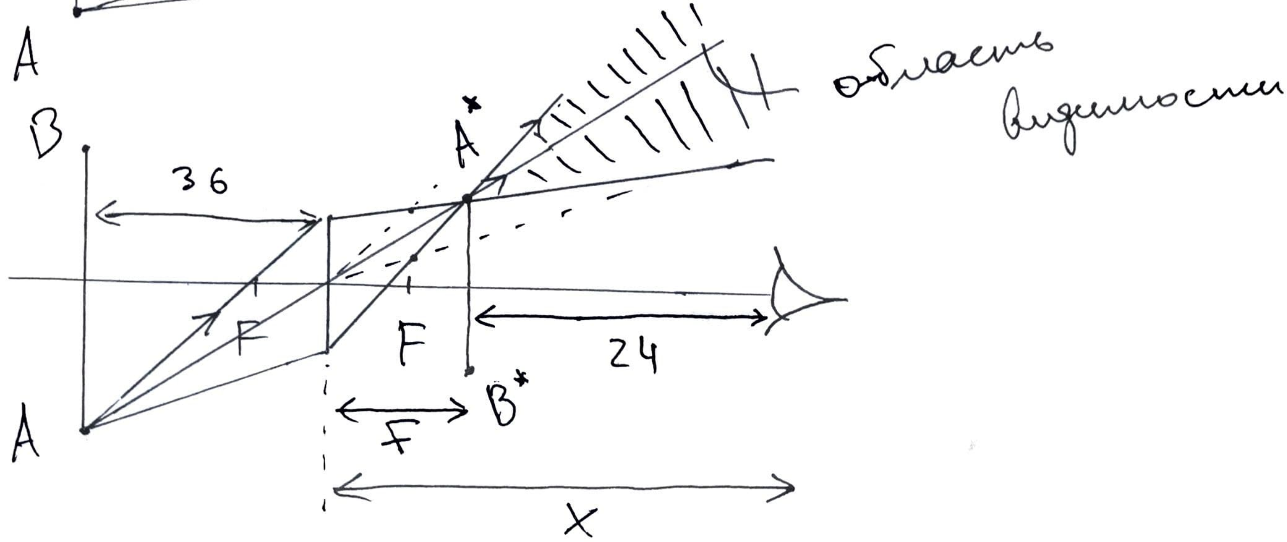
Ответы: $\frac{B^2L^2V_0}{6m}$; $\frac{V_0}{3}$; $S_0 - \frac{2mRV_0}{B^2L^2}$

5

Чистовик

5.



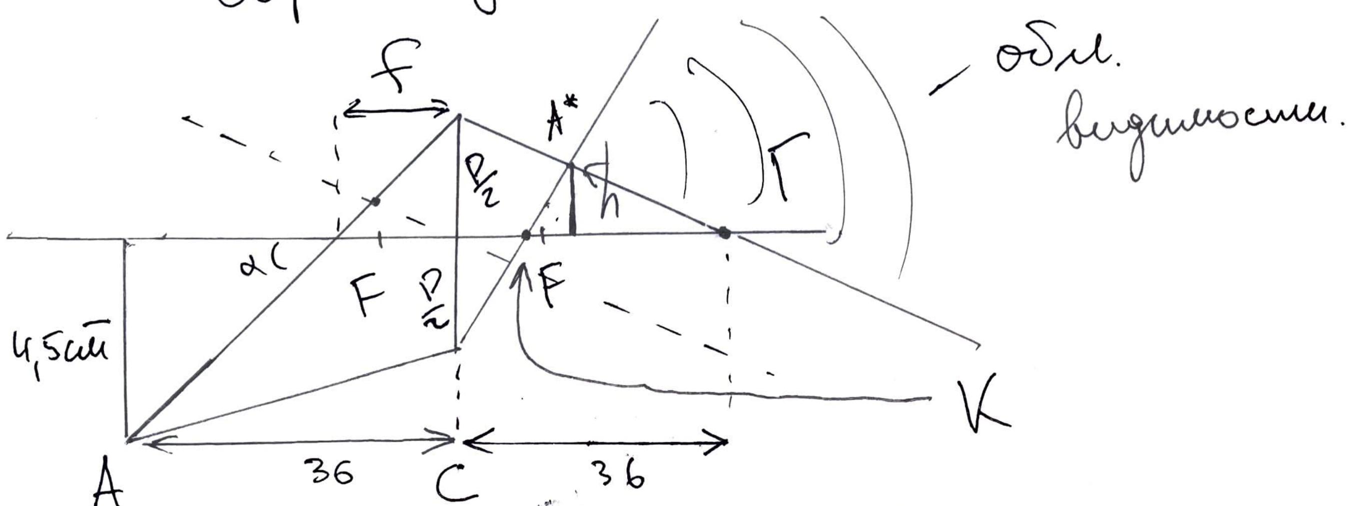


$$\frac{1}{9}=\frac{1}{36}+\frac{1}{f}\Rightarrow f=12$$

$$x=f+24=36 \text{ см}$$

Необходимо, чтобы глаз попадал в обл. видимости крайних точек картины

Обр. ход луча.



$$\frac{1}{9}=\frac{1}{36}+\frac{1}{f}\Rightarrow f=12$$

$$AC-f=36-12=24$$

6

ЧИСТОВИК

$$tg\alpha = \frac{4,5}{24} = \frac{D}{2F} = \frac{D}{2\cdot 12} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow D_{min} = 4,5 \text{ см}$$

Непрозрачный экран должен закрывать ход ~~всех~~ лучей.

Все лучи идут через точку K справа от линзы. (часть от всех).

Туда и нужно ставить экран.

~~Не~~ Попереч. увел $= \cancel{Г}\ Г = \frac{f}{d} = \frac{12}{36} = \frac{1}{3}$

$$h = \frac{9}{3} = 3$$

$$\frac{D}{2} : x_1 = \frac{h}{x_2} = \frac{D}{2x_1} = \frac{h}{x_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x_2 = \frac{2x_1 h}{D}$$

$$x_1 + x_2 = f$$

$$x_1 + \frac{2x_1 h}{D} = f \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x_1 = \frac{fD}{D+2h} = \frac{12\cdot 4,5}{4,5+2\cdot 3} \approx 5,14 \text{ см}$$

Ответы: 36 см; 4,5 см; 5,14 см

7

Чистовик

~~Ток через резистор равен~~

$$\cancel{I=\frac{\mathcal{E}-U_1}{R}+\frac{U_2}{R}=\frac{\mathcal{E}-U_1+U_2}{R}}$$

$$\cancel{\mathcal{E}=U_1+U_2}$$

$$\mathcal{E}=2CU_1+IR$$

$$\cancel{\mathcal{E}}\,U_2=IR$$

$$\frac{q}{C}=\frac{dq}{dt}R$$

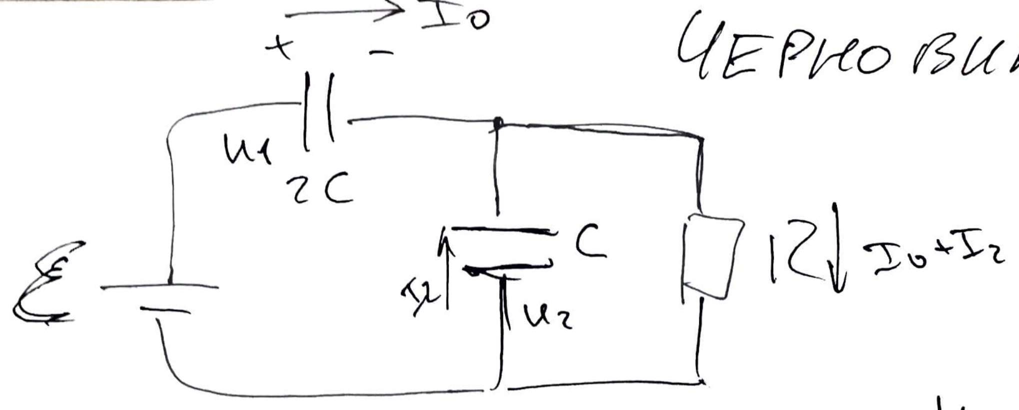
$$dt=\frac{dq}{q}RC$$

$$T=\ln\frac{q_2}{q_1}RC$$

$$\frac{q_2}{q_1}=\cancel{R}\,e^{\frac{T}{RC}}$$

$$q=$$

ЧЕРНОВИК



$$I_2 = \frac{U_2}{R}$$

$$I_0 = \frac{dq_1}{dt}$$

$$\frac{U_2}{R} + I_0$$

$$\mathcal{E} = \frac{q_1}{2C} + \frac{q_2}{C}$$

$$\mathcal{E} = U_1$$

$$U_{\mathcal{E}} = IR$$

$$\frac{q}{C} = \frac{dq}{dt}R$$

$$\frac{1}{C} = \frac{dq}{dt\,q}R \qquad \frac{dtR}{c} = \frac{dq}{q}$$

$\mathcal{E} + U$

$$\mathcal{E} = \frac{q}{2C} + IR$$

$$\mathcal{E} = \frac{q}{2C} \pm \frac{dq}{dt}R$$

$$\mathcal{E} = \frac{q}{2C} + \cancel{I_0}R$$

$$\frac{dt}{RC} = \frac{dq}{q}$$

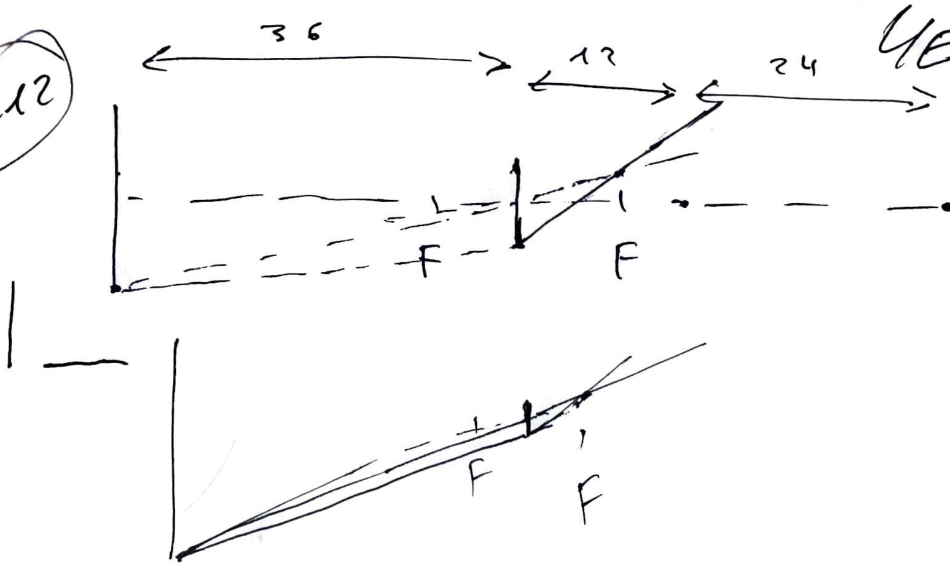
$$T = \ln\frac{q_k}{q_k}RC$$

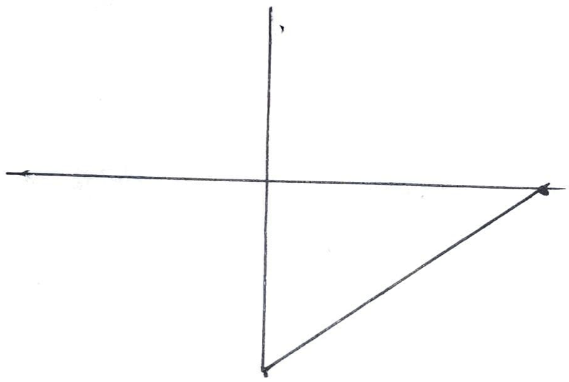
$$\frac{q^2}{2C} = \frac{2q\,dq}{2C} = \frac{q\,dq}{C} = dE$$

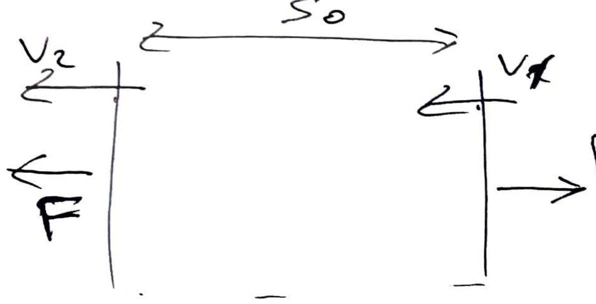
$$\mathcal{E} I_0 =$$

f=12

ЧЕРНОВИК







$\Phi = IL$

ЧЕРНОВИК

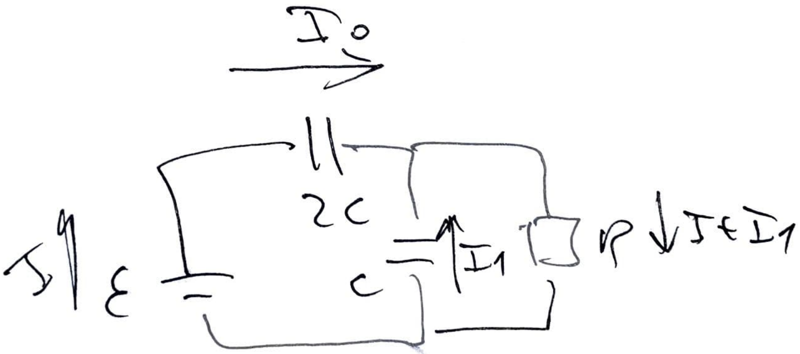
$$S_1 = V_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} =$$

$$\frac{B^2l^2(V_1-V_2)}{3R} = ma_1$$

$$\frac{B^2l^2}{3R}V_1 - \frac{B^2l^2}{3R}V_2 = ma_1$$

$$\cancel{Bl}\ \frac{dx_1}{dt} - \frac{dx_2}{dt} = \frac{3mR}{B^2l^2}\frac{dV_1}{dt}$$



$$\frac{\varepsilon - U_1}{R} + \frac{U_2}{R} = \frac{\varepsilon - U_1 + U_2}{R}$$

$dq_1 = dt\, I_0$

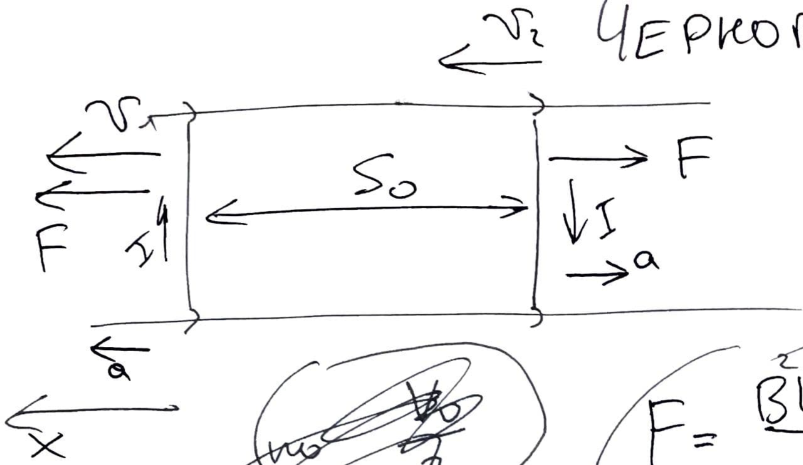
$$\varepsilon = \frac{q_1}{2C} + \frac{q_2}{C}$$

$I_0 =$

$\varepsilon\cancel{H} =$

$$\varepsilon = 2C \cdot U_1 + IR$$

ЧЕРНОВИК



$$I = \frac{\varepsilon}{3R} = \frac{BL(v_2 - v_1)}{3R}$$

$$F = \frac{B^2L^2(v_2 - v_1)}{3R}$$

$$v_2 = v_1$$

$$2mv_1 =$$

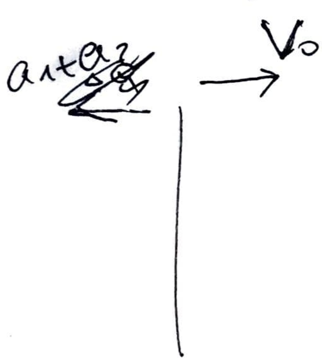
$$mv_0 = mv_2 + 2mv_1$$

$$mv_0 = 3mv_1$$

$$v_1 = \frac{v_0}{3}$$

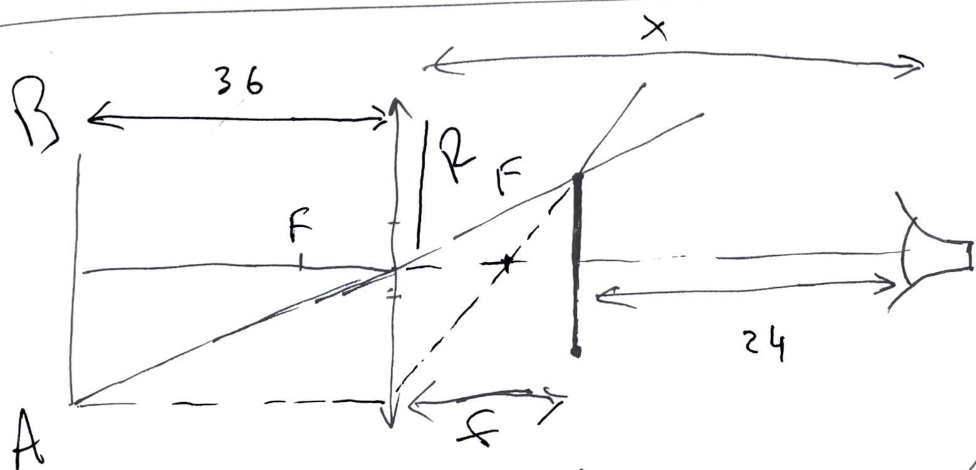
по $\frac{v_0}{3}$

$$a_1 = \frac{B^2L^2(v_2 - v_1)}{3R \cdot 2m} \qquad a_2 = \frac{B^2L^2(v_2 - v_1)}{3R \cdot m}$$



$$a = \frac{B^2L^2(v_2 - v_1)}{2R m}$$

$\cancel{S_1 = v_1}$



$D_M =$

$$x = 36$$

$$f = 12$$

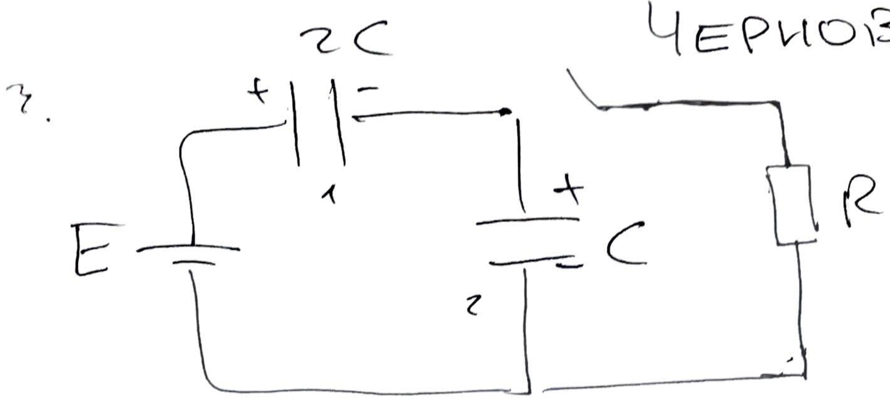
$$\frac{1}{9} = \frac{1}{36} + \frac{1}{f} \qquad f =$$

$$\frac{1}{9} - \frac{1}{36} = \frac{4-1}{36} = \frac{1}{f} = \frac{3}{36}$$

5

ЧЕРНОВИК

3.



$$E = U_1 + U_2 =$$

$$-2C U_1 + C U_2 = 0$$

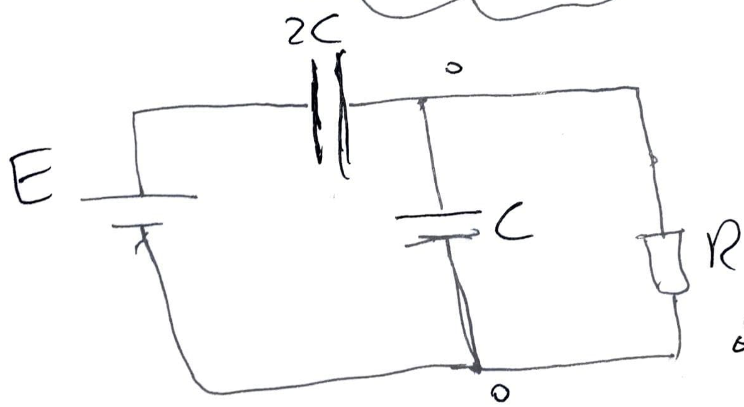
$$U_2 = 2U_1$$

$$E = 3U_1 \Rightarrow U_1 = \frac{E}{3}$$

$$E - U_1 = U_2 = E - \frac{E}{3} = \frac{2}{3}E$$

$q =$

$$I = \frac{2E}{3R}$$



$$U_1' = E$$

$$q = 2CE - 2C\cdot\frac{E}{3} = 2C\cdot\frac{2}{3}E = \frac{4}{3}EC$$

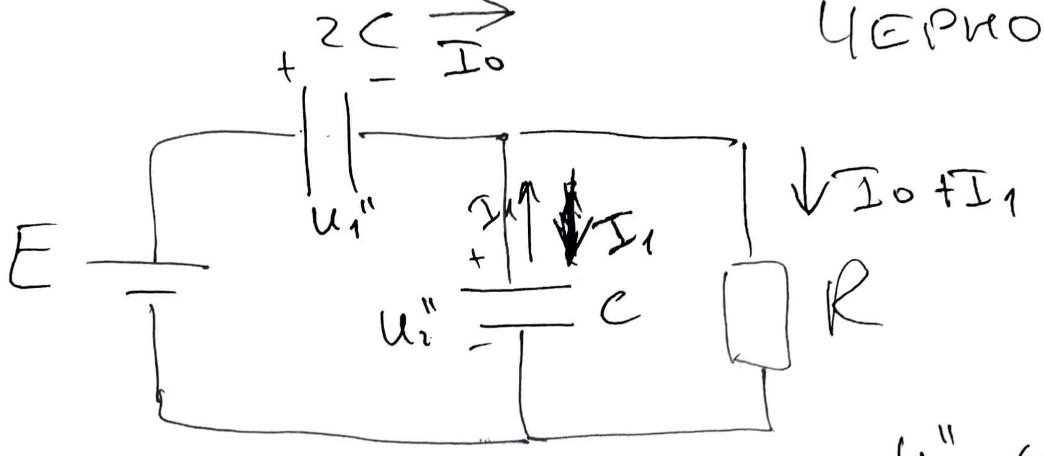
Что з.с.э.

$$\cancel{2}C\cdot\left(\frac{E}{3}\right)^2\cdot\frac{1}{\cancel{2}} + \frac{C}{2}\left(\frac{2}{3}\right)^2 E^2 + Eq = \frac{2CE^2}{2} + Q$$

$$Q = E^2 C\left(\frac{1}{9} + \frac{2}{9} + \frac{4}{3} - 1\right) = \frac{2}{3}E^2 C$$

$$\frac{1+2+12-9}{9} = \frac{15-9}{9} = \frac{6}{9} = \frac{2}{3}$$

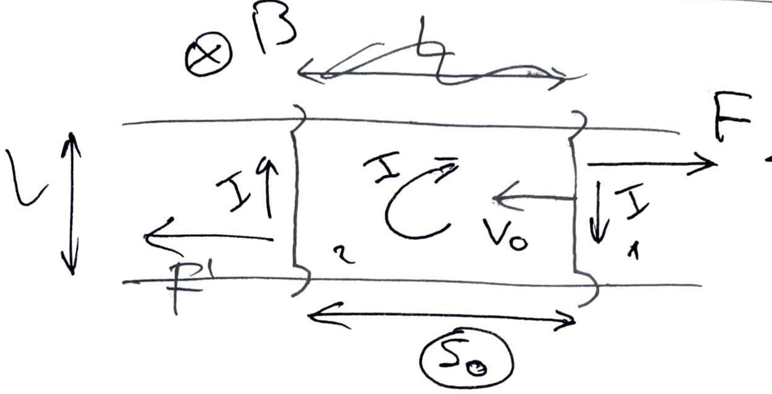
ЧЕРНОВИК



$$u_2'' = (I_0+I_1)R$$

$$E = u_1'' + (I_0+I_1)R$$

$$I = \frac{dq}{dt}$$



$$\cancel{E=}\ \mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dT} = \frac{B\,dS}{dt}$$

$$\frac{dx}{dt} = V_0 \quad \frac{dxL}{dt} = V_0$$

$$V_0 L$$

$$\mathcal{E} = B \cdot L v_0$$

$$\frac{LI^2}{2} \quad \frac{I^2 L^2}{2L} \quad \frac{\Phi^2}{2L}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{3R} = \frac{BLv_0}{3R}$$

$$F = qvB = I L B \qquad \left(\frac{dq}{dt}\right)$$

$$F = \frac{BLv_0}{3R} \cdot LB = \frac{B^2L^2v_0}{3R}$$

$$F' = IBL = \frac{B^2L^2v_0}{3R}$$

$$F' = 2ma$$

$$a = \frac{F'}{2m} = \frac{B^2L^2v_0}{3R \cdot 2m} = \frac{B^2L^2v_0}{6mR}$$