Часть 1

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

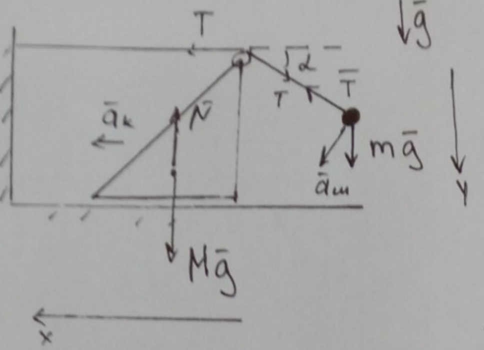
Шифр: **21203443**

ID профиля: **359302**

Вариант 3

Чистовик

№1.

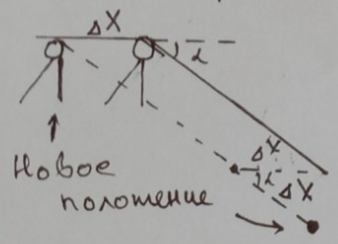


Запишем II закон Ньютона для клина с блоком:

на ось OX: $T - T\cos\alpha = Ma_к$

$$T = \frac{Ma_к}{1-\cos\alpha}$$

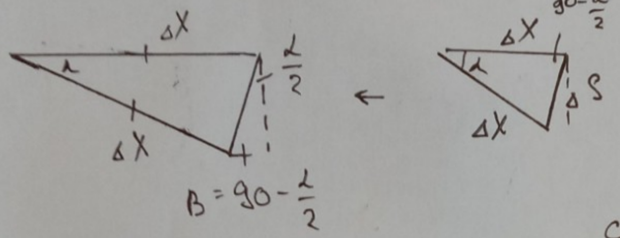
Рассмотрим смещение клина на ΔX



Тогда шарик сместился на ΔS

~~ΔX / по горизонтали~~

~~ΔX · sinα / по~~



$$\Delta S = 2\cdot\Delta X\cdot\sin\frac{\alpha}{2}$$

Так как начальные скорости системы равны нулю,

$$\Delta\bar{X} = \frac{\bar{a}_к\cdot\Delta t^2}{2} \qquad \Delta\bar{S} = \frac{\bar{a}_ш\cdot\Delta t^2}{2}$$

$\Rightarrow$ $a_ш = 2\cdot\sin\frac{\alpha}{2}\cdot a_к$. Вектор $\bar{a}_ш$ сонаправлен $\Delta\bar{S}$ поэтому угол

$\beta = 90 - \frac{\alpha}{2}$ $\qquad \cos\beta = \sin\frac{\alpha}{2}$;

$\cos\alpha = 1 - 2\sin^2\frac{\alpha}{2}$ $\qquad \sin\frac{\alpha}{2} = \frac{2\sqrt{13}}{13}$ $\qquad \cos B = \frac{2\sqrt{13}}{13}$

2) Запишем II закон Ньютона для шара

OX: $T\cdot\cos\alpha = ma_ш\cdot\cos B$

$$ma_ш\cdot\cos B = \frac{\cos\alpha\cdot Ma_к}{1-\cos\alpha}$$

$$m\cdot 2\cdot\cos^2 B\cdot a_к = \frac{\cos\alpha\, Ma_к}{1-\cos\alpha}$$

$$\frac{m}{M} = \frac{\cos\alpha}{(1-\cos\alpha)\,2\cdot\cos^2 B} = \frac{65}{64}$$

Чистовик

3) OY: $mg - T \cdot \sin\alpha = m \cdot \sin\beta \cdot a_ш$ – 2-ой З. Ньютона для шара на ось OY

$$mg - \frac{Ma_k \cdot \sin\alpha}{1-\cos\alpha} = m \cdot \sin\beta \cdot 2 \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \cdot a_k \qquad \sin\beta = \cos\frac{\alpha}{2}$$

$$mg = \frac{Ma_k \cdot \sin\alpha}{1-\cos\alpha} + m \cdot \sin\alpha \cdot a_k$$

$$g = \left(\frac{M}{m}\frac{1}{(1-\cos\alpha)} + 1\right) a_k \cdot \sin\alpha$$

$$a_k = \frac{g \cdot 13}{\left(\frac{64 \cdot \cancel{13}}{\cancel{65} \cdot 8} + 1\right) \cdot 12} = \frac{g \cdot 13 \cdot 5}{13 \cdot 12} = \frac{5}{12} \cdot g \quad \left(\begin{matrix} \text{При } g \approx 10 м/с^2 \\ a_k \approx 4{,}1667 м/с^2 \end{matrix}\right)$$

4) $\bar{S} = \bar{v}_0 t + \frac{\bar{a} t^2}{2}$ уравнение равноускоренного движения для шарика

Спроецируем уравнение на ось OY:

$$H = \frac{a_ш \cdot \sin\beta \cdot T^2}{2} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2 \cdot H}{a_ш \cdot \sin\beta}} = \sqrt{\frac{2 \cdot H}{a_k \cdot 2 \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \cdot \cos\frac{\alpha}{2}}} = \sqrt{\frac{2H}{\sin\alpha \cdot a_k}}$$

T - время движения шара до стола

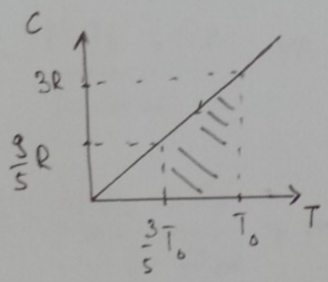
$$T = \sqrt{\frac{2H \cdot 13}{\cancel{12} \cdot 5 \cdot g} \cdot \cancel{12}} = \sqrt{\frac{26}{5}\frac{H}{g}}$$

Ответ: 1) $\cos\beta = \frac{2\sqrt{13}}{13} \approx 0{,}5547$ 2) $a_k = \frac{5}{12} g$

3) $\frac{m}{M} = \frac{65}{64}$ 4) $T = \sqrt{\frac{26}{5}\frac{H}{g}}$

Чистовик

№2. 1) $C(T) = 3R\dfrac{T}{T_0}$ Построим график $C(T)$



$C(T_0) = 3R$

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

$\delta Q = C \cdot dT \cdot \nu$

$Q = \nu \int\limits_{T_0}^{\frac{3}{5}T_0} C(T)\cdot dT = -Q_1 \Rightarrow Q_1$ эквивалентно площади под графиком

$Q < 0 \Rightarrow Q_1 > 0$

$Q_1 = \nu\left(T_0 - \frac{3}{5}T_0\right)\cdot\left(3R + \frac{9}{5}R\right)\cdot\frac{1}{2} = \nu\frac{T_0}{5}\cdot\frac{24}{5}R = \frac{24}{25}R\cdot T_0\cdot\nu$

2) $\delta Q = \delta A + dU$

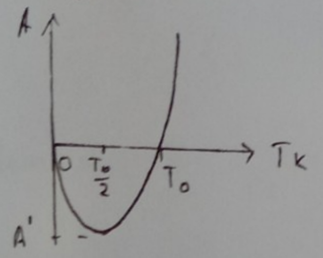
$\nu\cdot C(T)\cdot dT = \delta A + \frac{3}{2}\nu R\, dT$

$\delta A = \nu\cdot 3R\frac{T}{T_0}dT - \frac{3}{2}\nu R\cdot dT$

Проинтегрируем выражение от T_0 до T_k

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

Зависимость $A(T_k)$ на графике:



Минимальное значение работы A' достигается при значении $T' = \frac{1}{2}\cdot T_0 = \frac{T_0}{2}$

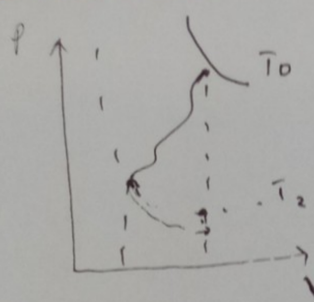
$A' = A\left(\frac{T_0}{2}\right) = -\frac{3\nu R}{2}\cdot\frac{T_0}{2}\cdot\frac{T_0}{2\,T_0} = -\frac{3}{8}\nu R T_0$

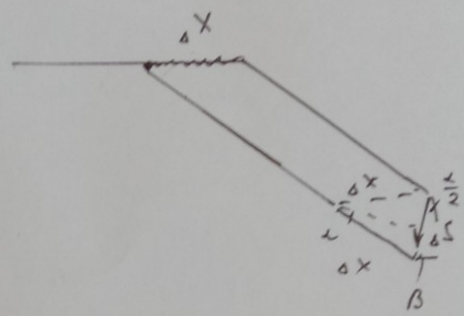
Ответ: 1) $Q_1 = 0{,}96\cdot\nu R T_0$

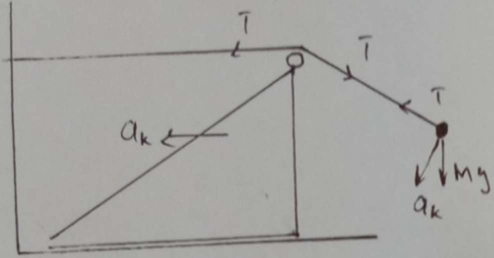
2) $\frac{T_0}{2}$

3) $A' = -\frac{3}{8}\nu R T_0$

Черновик







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

$$\cos\alpha = \cos^2\frac{\alpha}{2} - \sin^2\frac{\alpha}{2} = 1 - 2\sin^2\frac{\alpha}{2} = \frac{5}{13}$$

$$\Delta S = 2\cdot\sin\frac{\alpha}{2}\cdot\Delta X$$

$$\frac{4\,\cancel{8}}{13} = \cancel{2}\cdot\sin^2\frac{\alpha}{2}$$

$$a_м = 2\cdot\sin\frac{\alpha}{2}\cdot a_к$$

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \boxed{\cos\beta = \frac{2}{\sqrt{13}}}$$

$$T(1-\cos\alpha) = M\cdot a_к$$

$$\boxed{\cos\alpha = \frac{5}{13} \quad \sin\alpha = \frac{12}{13}}$$

$$T\cdot\cos\alpha = m a_м\cdot\sin\frac{\alpha}{2}$$

$$mg - T\cdot\sin\alpha = m\cdot 2\cdot\sin^2\frac{\alpha}{2}\cdot a_к\cdot\cos\frac{\alpha}{2}$$

$$mg - \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}\cdot m a_м\cdot\sin\frac{\alpha}{2} = \cancel{m}\cdot\sin\alpha\cdot a_к$$

$$g = a_к\cdot\sin\alpha + tg\alpha\cdot 2\cdot\sin^2\alpha\cdot a_к$$

$$g = a_к\left(\frac{12}{13} + \frac{12}{5}\cdot 2\cdot\frac{4}{13}\right)$$

$$g = \frac{a_к\,12}{13\cdot 5}(5+8) = a_к\frac{12}{5}$$

$$a_к = \frac{5}{12}g$$

Черновик

$$\frac{m a_ш}{\cos\alpha} \cdot \sin\frac{\alpha}{2}\left(1-\cos\alpha\right) = M \cdot a_к$$

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

$$\frac{m}{M} = \frac{\cos\alpha}{(1-\cos\alpha)\cdot 2 \cdot \sin^2\frac{\alpha}{2}} = \frac{5\cdot 13}{\underbrace{8\cdot 2}_{16}\cdot 4} = \frac{65}{64}$$

$$H = \frac{\overbrace{2\cdot\sin\frac{\alpha}{2}\cdot\cos\frac{\alpha}{2}}^{\sin\alpha}\cdot a_к\cdot T^2}{2\ 8}$$

$$T = \sqrt{\frac{24\cdot 13}{\cancel{12\cdot 5}\ \cancel{72}\ g}} = \sqrt{\frac{26}{5}\frac{H}{g}}$$

$$H = \frac{a_к \cdot \sin\alpha}{2} T^2$$

Черновик

$$C = \frac{\frac{5}{2} p \cdot dV + \frac{3}{2} V \cdot dp}{\nu \cdot dT} = \frac{5 p dV + 3\nu R dT - 3 p dV}{2 \nu dT} = \frac{3\nu R dT + 2 p dV}{2\nu dT} =$$

δA

$$p dV + V \cdot dp = \nu R \cdot dT$$

$$\sin\alpha = \sqrt{1 - \frac{25}{169}} = \sqrt{\frac{144}{169}} = \frac{12}{13}$$

$$\frac{\frac{5}{8} \cdot 2 \cdot 4}{16} \cdot 13$$

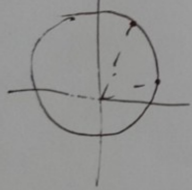
$$\frac{5 \cdot 12}{12}$$

$$\delta A = \frac{2\nu dT \cdot C - 3\nu R \cdot dT}{2}$$

Q dU

$$\delta A = \nu C(T) \cdot dT - \frac{3}{2} \nu R dT$$

$$\delta A = \nu\, 3R \frac{T}{T_0} \cdot dT - \frac{3}{2} \nu R dT$$



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

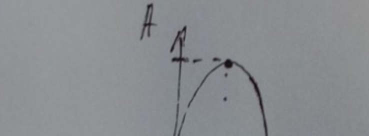
$$\cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin$$

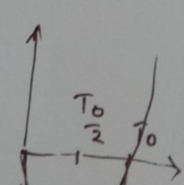
$$1 - 2x^2 = \frac{5}{13}$$

$$\frac{48}{13} = 2x^2$$

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

$$A = \frac{3}{2} \frac{\nu R}{T_0} T_k (T_k - T_0) \qquad x_B = \frac{1}{2} T_0$$





$$A' = \frac{3}{2} \frac{\nu R}{\cancel{T_0}} \frac{\cancel{T_0}}{2} \cdot \frac{T_0}{2} = -\frac{3}{8} \nu R T_0$$

8

$$\frac{12 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 4}{5 \cdot 12 \cdot 13} = \frac{W}{W}$$

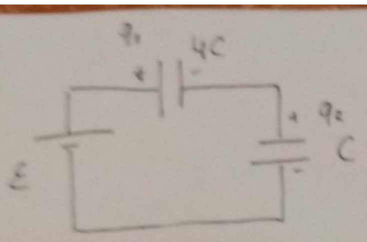
Часть 2

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

Шифр: **21203443**

ID профиля: **359302**

Вариант 3

№3 

Чистовик

1) До замыкания ключа

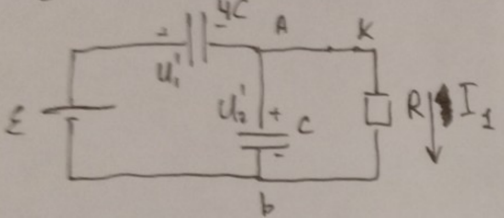
$q_2 + (-q_1) = 0$ – Закон сохранения заряда

$q_2 = q_1$

$\mathcal{E} = \frac{q_1}{4C} + \frac{q_1}{C} = \frac{5}{4}\frac{q_1}{C}$

$U_2 = \frac{4}{5}\mathcal{E}$ – на конденсаторе C_2 $U_1 = \frac{\mathcal{E}}{5}$

2) Сразу после замыкания ключа заряды на конденсаторах не изменятся, поэтому $U_2' = U_2 = \frac{4}{5}\mathcal{E}$ $U_1' = U_1 = \frac{\mathcal{E}}{5}$

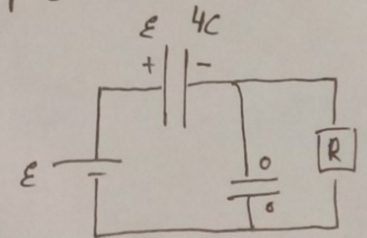


$\varphi_A - \varphi_b = I_1 \cdot R = U_2'$

$I_1 = \frac{4\mathcal{E}}{5R}$

3) В установившемся режиме ток через резистор равен нулю, т.к. $\dot{q}_1 = 0$, $\dot{q}_2 = 0$

$\Rightarrow IR = 0 \Rightarrow U_2^* = 0 \Rightarrow U_1^* = \mathcal{E}$

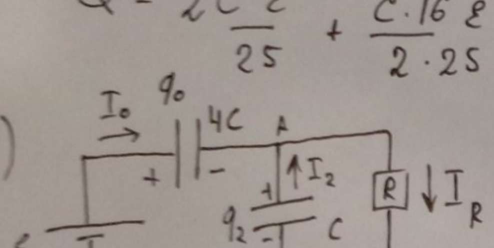


Закон сохранения энергии:

$\frac{4C(U_1')^2}{2} + \frac{C(U_2')^2}{2} + A_{ист} = \frac{4C\cdot(U_1^*)^2}{2} + Q$

$A_{ист} = \mathcal{E}(q_1^* - q_1) = \mathcal{E}\left(\cdot 4C\cdot\mathcal{E} - 4C\cdot\frac{\mathcal{E}}{5}\right) = 4C\mathcal{E}^2\cdot\frac{4}{5}$

$Q = 2C\frac{\cdot\mathcal{E}^2}{25} + \frac{C\cdot 16\mathcal{E}^2}{2\cdot 25} + \frac{16}{5}C\mathcal{E}^2 - 2C\cdot\mathcal{E}^2 = \frac{8}{5}C\mathcal{E}^2$

4) 

$\mathcal{E} = \frac{q_0}{4C} + \frac{q_2}{C} \Rightarrow \cancel{\frac{q_0}{4}} = \quad q_2 = C\mathcal{E} - \frac{q_0}{4}$

$\left(\varphi_A - \varphi_b = \frac{q_2}{C} = I_R\cdot R\right)$ $I_R = I_0 + I_2 = \dot{q}_0 - \dot{q}_2$

$\dot{q}_2 = \left(C\mathcal{E} - \frac{q_0}{4}\right)' = -\frac{\dot{q}_0}{4} \Rightarrow I_R = \frac{5}{4}\dot{q}_0 = \frac{5}{4}I_0$

Чистовик

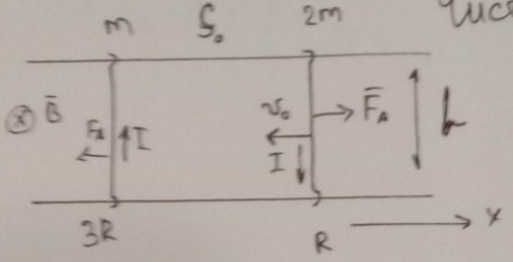
№3 $U = I_2 \cdot R = \frac{5}{4} I_0 R$

Ответ: 1) $I_1 = \frac{4}{5} \frac{\mathcal{E}}{R}$

2) $Q = \frac{8}{5} C\mathcal{E}^2$

3) $U = \frac{5}{4} I_0 R$

№4 Чистовик

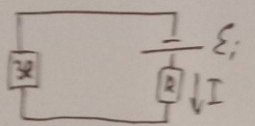


1) В начальный момент $\bar{F}_Л$ (Сила Лоренца, действующая на положительный заряд в перемычке) направлена вниз $\Rightarrow$ I (ток) направлен вниз $\Rightarrow F_A$ - влево

$$|\mathcal{E}_i| = \left|\frac{d\Phi}{dt}\right| = \left|\frac{-B\cdot v_0\cdot \Delta t\cdot h}{\Delta t}\right| = Bv_0h$$

Эквивалентная схема:

$(v_2=0 \Rightarrow \mathcal{E}_2=0)$



$$I = \frac{\mathcal{E}_i}{3R+R} = \frac{Bv_0h}{4R}$$

2-ой Закон Ньютона для перемычки 1

$$\left.\begin{aligned} ox:\ & F_A = 2ma \\ & F_A = BIh \end{aligned}\right\} \Rightarrow a = \frac{BIL}{2m} = \frac{B^2h^2\cdot v_0}{8mR}$$

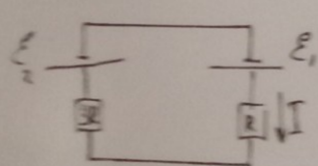
2) На перемычку 2 действует F_A вправо, она будет разгоняться до тех пор, пока v_1 не станет равным v_2. Тогда $\frac{d\Phi}{dt}=0 \Rightarrow I=0 \Rightarrow$ $\Rightarrow F_A=0 \Rightarrow a_1=0,\ a_2=0$ перемычки будут двигаться с одинаковой скоростью v_1

$\cancel{a_1 = \frac{B^2h^2\cdot v_1(t)}{8mR}}$

2-ой закон Ньютона для 2ой перемычки

$$ox:\ -F_{A_2} = -ma_2 \Rightarrow \frac{\Delta v_{2x}}{\Delta t} = -\frac{BhI}{m}$$

Для 1ой перемычки $ox:\ F_{A_1} = 2ma_1 \Rightarrow \frac{\Delta v_{1x}}{\Delta t} = \frac{Bh\cdot I}{2m}$



$$I\cdot 4R = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = Bh(v_1 - v_2)$$

№4

Чистовик

$$\frac{\Delta v_{2x}}{\Delta t} = -\frac{B^2L^2(v_1 - v_2)}{m \cdot 4R}$$

$(v_1 - v_2) \cdot dt = dS$ - относительно сближение перемычек

$dS = S_1 - S_2$

$$\frac{\Delta v_{1x}}{\Delta t} = \frac{B^2L^2(v_1 - v_2)}{2m \cdot 4R}$$

$$\Delta v_{2x} = -\frac{(BL)^2 \cdot dS}{m \cdot 4R}$$

$$\Delta v_{1x} = \frac{(BL)^2 \cdot dS}{m \cdot 4R} \cdot \frac{1}{2} = -\frac{\Delta v_{2x}}{2}$$

$$(-v_1 - (-v_0)) = -\frac{(-v_1 - 0)}{2}$$

$$\boxed{v_1 = \frac{2}{3} v_0}$$

$$v_0 - v_1 = +\frac{v_1}{2} \Rightarrow \cancel{v_1 = 2v_0}$$

$\cancel{(-2v_0 - 0)}$ $(-\frac{2}{3}v_0 - 0)$

$$dS = -\frac{4mR\,\Delta v_{2x}}{B^2L^2}$$

Найдем $dS = -\frac{4mR \cdot \cancel{v_0}}{B^2 \cdot L^2} = +\frac{8mR \cdot v_0}{3B^2L^2}$ (перемычки сблизились)

$dS = S_1 - S_2 > 0$

$$\left(S' = \cancel{S_0 + S = S_0 + \frac{8mRv_0}{3B^2L^2}}\right)$$

$$S' = S_0 - \frac{8mRv_0}{3B^2L^2}$$

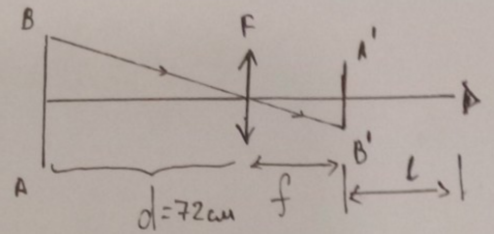
Ответ: 1) $a = \frac{(BL)^2 v_0}{8mR}$

2) $v_1 = \frac{2v_0}{3}$

3) $\cancel{S_0 + \frac{8mRv_0}{3B^2L^2}}$ $S_0 - \frac{8mRv_0}{3B^2L^2}$

Чистовик

№5 1)



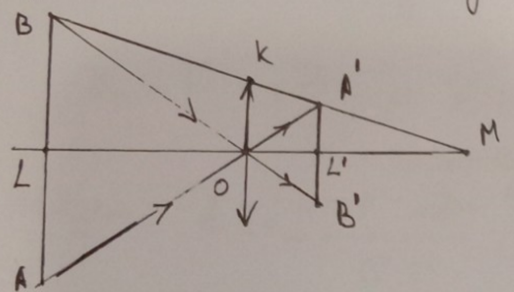
Изображение предмета находится на расстоянии $l = 24$ см от глаза (на это расстояние аккомодирован глаз)

По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{F \cdot d}{d - F} = \frac{18 \cdot 72}{54} = 24 \text{ см} \Rightarrow \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{1}{3} \Rightarrow h_{A'B'} = \Gamma \cdot H = 3 \text{ см}$$

$$X = f + l = 48 \text{ см}$$

2) Рассмотрим ход лучей из наиболее удаленных от Г.О.О. точек (расположенных на диаметре)



Изображение будет целым, если лучи из т. B не будут попадать в т. A'

Найдем пересечение плоскости линзы и отрезка A'B. Тогда $D_м = 2 \cdot Ok$

Из подобия треугольников ($\triangle ML'A' \sim \triangle MLB$)

$$\frac{ML'}{ML} = \frac{A'L'}{LB} = \Gamma = \frac{1}{3}$$

$$3ML' = ML' + d + f$$

$$ML' = \frac{d+f}{2} = 48 \text{ см}$$

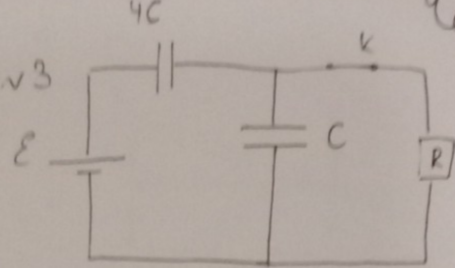
$$\triangle ML'A' \sim \triangle MOk \Rightarrow Ok = A'L' \cdot \frac{MO}{ML'} = \frac{h_{A'B'}}{2} \frac{(ML' + f)}{ML'} \Rightarrow D_м = \frac{3 \cdot 72}{48} = 4{,}5 \text{ см}$$

3) Все лучи, параллельные ГОО пересекаются в фокусе линзы. Если расположить экран в фокусе, то ни одна деталь изображение не будет видна полностью ~~[illegible]~~

Ответ: 1) $X = 48$ см 2) $D_м = 4{,}5$ см 3) 18 см между линзой и изображением

Черновик

№3



~~1) Сразу после замыкания ключа U_1 на конденсаторе C_1 равно нулю~~

$$Q = \frac{2}{25} + \frac{8}{25} + \frac{6}{5} = \frac{10}{25} + \frac{6}{5} = \frac{8}{5}$$

$$\varepsilon = \frac{q_0}{4C} + I_2 R$$

$$\varepsilon = \frac{q_0}{4C} + \frac{q_2}{C}$$

$$I_2 R = \frac{q_2}{C}$$

$$q_2 = \left(\varepsilon C - \frac{q_0}{4}\right)$$

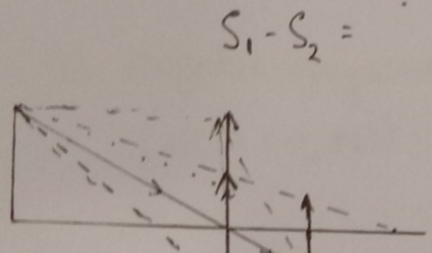
$$(q_0 - q_2)' = \frac{q_2}{RC}$$

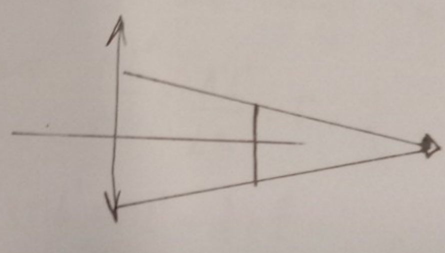
$$\left(\varepsilon C - \frac{q_0}{4}\right) = RC\left(\frac{5}{4} q_0 - \varepsilon C\right)'$$

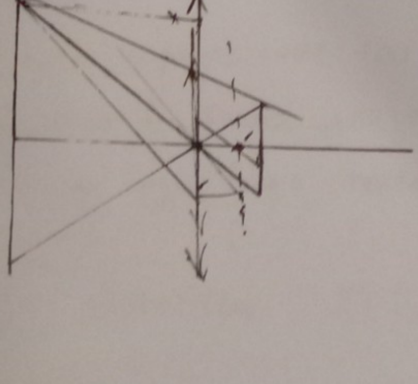
$$\varepsilon C - \frac{q_0}{4} = RC \cdot \frac{5}{4} I_0$$

$$\Gamma = \frac{1}{3}$$

$$S_1 - S_2 =$$



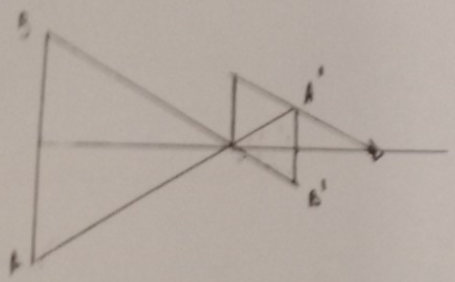




$$\frac{x}{x + \frac{4}{3}}$$

Черновик

Рассмотрим крайние лучи, которые воспринимает глаз



$v_0 - v_k = \frac{v_k}{2}$

$v_0 = \frac{3}{2} v_k$

$S_1 - S_2 =$