Часть 1

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

Шифр: **21201178**

ID профиля: **284519**

Вариант 1

ЧИСТОВИК

ФИЗИКА 11 кл.

ВАРИАНТ 11-01

2. Дано: гелий

$i=3$

ν

T_0

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

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

$Q_1-?$

$T_m-?$

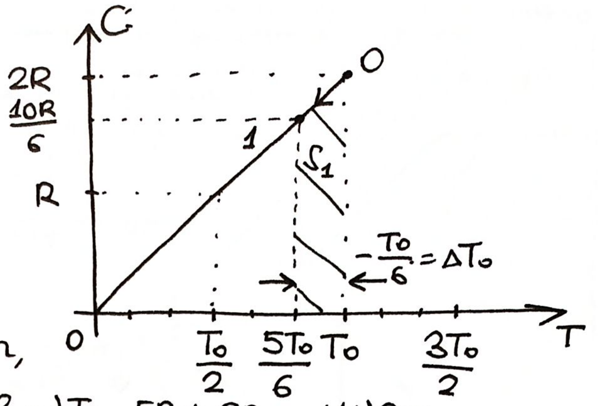
$A_m-?$

$C(0)=0$

$C(T_0)=2R$

$C\left(\frac{T_0}{2}\right)=R$

$C\left(\frac{5T_0}{6}\right)=2R\cdot\frac{5T_0}{6T_0}=\frac{10}{6}R=\frac{5}{3}R$



площадь под участком графика 0-1 – кол-во теплоты, подведённое к газу, делённое на ν.

$$Q_1'=\nu C(T)\cdot\Delta T_0=\left(-\frac{\nu T_0}{6}\right)\cdot\frac{\frac{5R}{3}+2R}{2}=-\frac{\nu T_0}{12}\cdot\frac{5R+6R}{3}=-\frac{11\nu RT_0}{36}$$

площадь трапеции с основаниями $2R$ и $\frac{10}{6}R$, высотой $-\frac{T_0}{6}$

$$Q_1=-Q_1'=\frac{11}{36}\nu RT_0$$

отданная теплота

подведённая теплота

первое начало термодинамики

$$Q=\Delta U+A$$

$$A=Q-\Delta U=\nu C(T)\cdot\Delta T-\frac{3}{2}\nu R\Delta T$$

начальная температура

конечная т-ра

$$\underline{Q}=S=\nu\frac{(C(T_0)+C(T_0+\Delta T))}{2}\cdot\Delta T=\frac{\nu\Delta T}{2}\left(2R\frac{T_0}{T_0}+2R\frac{T_0+\Delta T}{T_0}\right)=$$

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

$$A=Q-\frac{3}{2}\nu R\Delta T=\cancel{\frac{2\nu R}{T_0}T}\ 2\nu R\Delta T+\frac{\nu R}{T_0}\Delta T^2-\frac{3}{2}\nu R\Delta T=$$

$$=\frac{\nu R\Delta T}{2}+\frac{\nu R}{T_0}\Delta T^2$$

$A(\Delta T)$ – квадратичная функция, график – парабола с ветвями вверх. минимум в вершине

$$\Delta T_m=-\frac{b}{2a}=\frac{-\nu R\cdot T_0}{2\cdot 2\nu R}=-\frac{T_0}{4}$$

$$T_m=T_0+\Delta T_m=T_0-\frac{T_0}{4}=\frac{3T_0}{4}$$

$$A_m=\frac{-\nu R}{2}\cdot\frac{T_0}{4}+\frac{\nu R}{\cancel{T_0}}\cdot\frac{T_0^{\cancel{2}}}{16}=$$

$$=\frac{\nu RT_0}{16}-\frac{\nu RT_0}{8}=-\frac{\nu RT_0}{16}$$

ответ: 1) $Q_1=\frac{11}{36}\nu RT_0$

2) $\frac{3T_0}{4}$

3) $-\frac{\nu RT_0}{16}$

1. ДАНО: движение шара(1) и клина(2)

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

H, g

$\beta - ?$

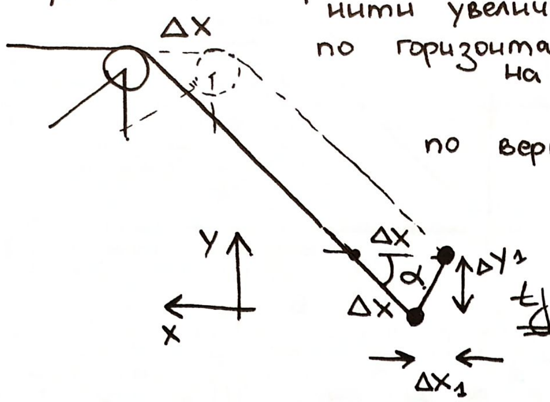
$a_2 - ?$

$\frac{m_1}{m_2} - ?$

$\tau - ?$

рассмотрим движение шарика и клина в малых перемещениях: пусть клин проехал Δx к стене. тогда длина наклонного участка нити увеличилась на Δx

переходим от перемещений к ускорениям ввиду пропорциональности



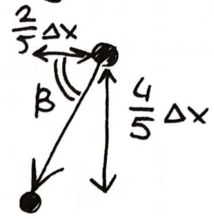
по горизонтали шарик сместился на

$$\Delta x_1 = \Delta x - \Delta x\cos\alpha = \frac{2}{5}\Delta x$$

по вертикали: $\Delta y_1 = -\Delta x \sin\alpha = -\frac{4}{5}\Delta x$

(по осн. триг. тож-ву) $\sin\alpha = \sqrt{1-\frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{|\Delta y_1|}{|\Delta x_1|} = \frac{4}{5}\frac{\Delta x}{2}\cdot\frac{5}{\Delta x} = \underline{\underline{2}}$$



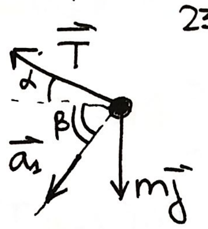
т.к. эти связи верны для $\forall$ момента времени, движение и шарика, и клина можно назвать равноускоренным

$$\Delta x'' = a_2$$

$$\Delta y_1'' = -\frac{4}{5}a_2 = a_{1y}$$

$$\Delta x_1'' = \frac{2}{5}a_2 = a_{1x}$$

рассмотрим силы, действующие на шарик:



2ЗН: $\vec{T} + m\vec{g} = m_1\vec{a_1}$

oy) $T\sin\alpha - mg = -\frac{4}{5}m_1 a_2$

ox) $T\cos\alpha = \frac{2}{5}m_1 a_2$

$$\begin{cases} T\cdot\frac{4}{5} = m_1(g - \frac{4}{5}a_2) \\ T\cdot\frac{3}{\cancel{5}} = \frac{2}{\cancel{5}}m_1 a_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} T = \frac{5}{4}m_1(g - \frac{4}{5}a_2) \\ T = \frac{2}{3}m_1 a_2 \end{cases}$$

$$\cancel{m_1}\cdot\frac{5}{4}(g - \frac{4}{5}a_2) = \frac{2}{3}a_2\cdot\cancel{m_1}$$

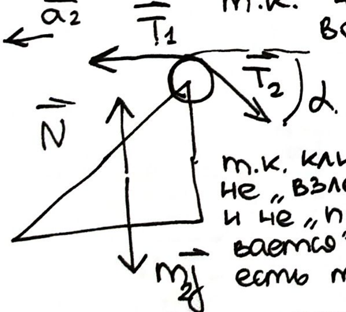
$$\frac{5}{4}g = (\frac{2}{3}+1)a_2$$

$$\underline{\underline{a_2}} = g\cdot\frac{5}{4}\cdot\frac{3}{5} = \underline{\underline{\frac{3}{4}g}}$$

$$T = \frac{2}{3}m_1\cdot\frac{3}{4}g = \frac{m_1 g}{2}$$

рассмотрим силы, действующие на клин:

т.к. нить лёгкая и нерастяжимая, сила её натяжения одинакова во всех точках.



$|\vec{T_1}| = |\vec{T_2}| = T$

т.к. клин не „взлетает" и не „проваливается", у него есть только горизонт. составляющая ускорения

2ЗН: $\vec{T_1} + \vec{T_2} + \vec{N} + m\vec{g} = m_2\vec{a_2}$

ox) $T - T_2\cos\alpha + 0 + 0 = m_2 a_2$

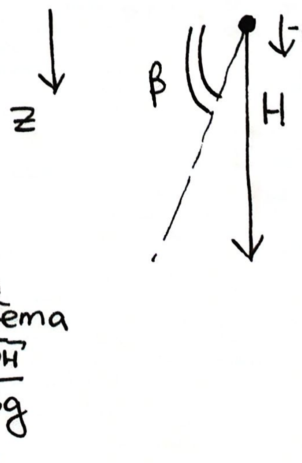
$$T - T\cdot\frac{3}{5} = m_2 a_2$$

$$\frac{2}{5}T = m_2 a_2 \Rightarrow \begin{cases} T = \frac{5}{2}m_2 a_2 \\ T = \frac{2}{3}m_1 a_2 \end{cases} \Rightarrow 1 = \frac{5}{2}\cdot\frac{m_2\cdot 3}{2m_1}$$

$$\frac{4}{15} = \frac{m_2}{m_1} \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{15}{4}$$

начальная скорость шарика равна 0. $(\vec{v_0} = 0)$

$$\vec{S} = \vec{v_0}t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$$



ур-ние движения шарика в проекции на ось z:

$$H = 0 + \frac{4}{5}a_2\cdot\frac{\tau^2}{2} = \frac{4}{5}\cdot\frac{3}{4}g\frac{\tau^2}{2} = \frac{3}{10}g\tau^2$$ ← время полёта

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

ответ: 1) $\operatorname{tg}\beta = 2$; 2) $\frac{3}{4}g$; 3) $\frac{15}{4}$; 4) $\tau = \sqrt{\frac{10H}{3g}}$

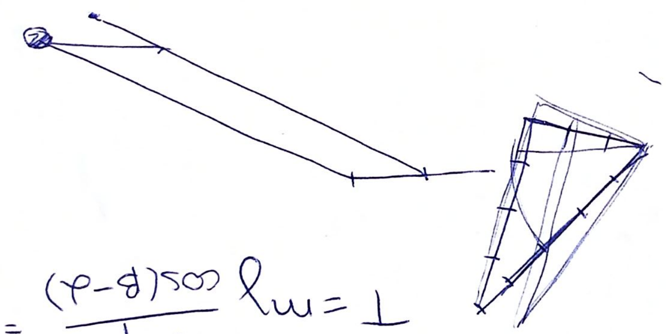
черновик

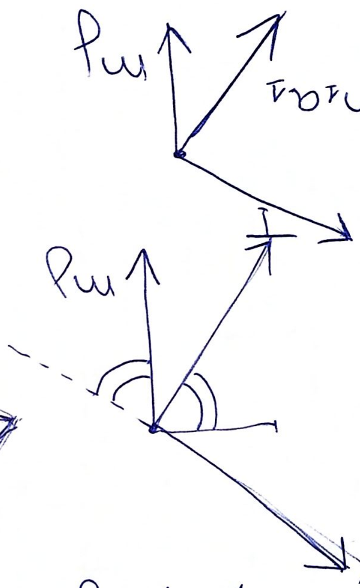
$\sqrt{20\cos^4x + 15\sin 4x + 20\sin 2x} = \sin 2x$

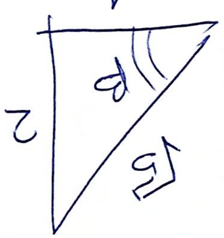
$\sqrt{20\cos^4 x}$

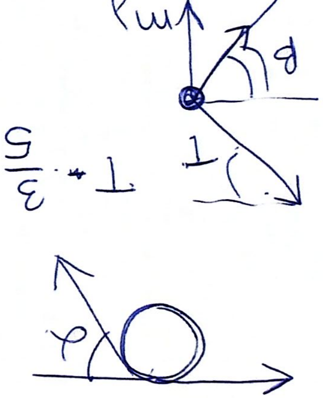
$\sin 4x = 2\sin 2x\cos 2x =$

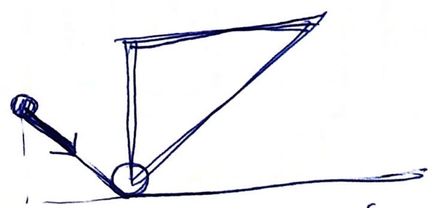
$= \frac{8}{4}\sin x$











$\frac{m}{M} = \frac{15}{4}$

$Ma_2 = T - T\cos\alpha = \frac{2}{5}T$

$\frac{15}{4} = \frac{2ma_2}{Ma_2}$

$3T = 2ma_2$

$T \cdot \frac{3}{5} = m \cdot \frac{2}{5} a_2$

$\frac{4}{15} ma_2 = \frac{2}{5}T$

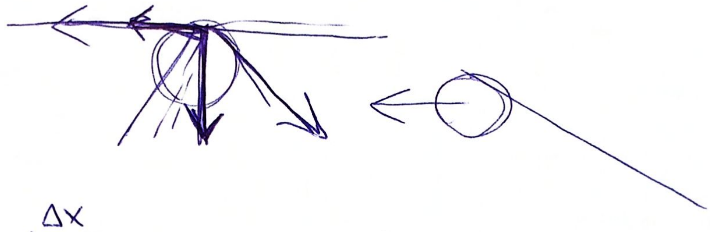
$\begin{cases} ma\sin\beta = -T\sin\alpha + mg \\ ma\cos\beta = T\cos\alpha \end{cases}$

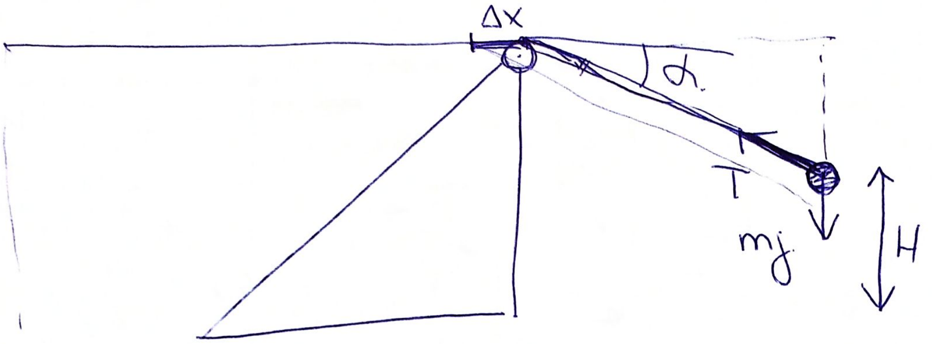
$ma = \sqrt{T^2 + m^2g^2 - 2Tmg\sin\alpha}$

$T\cdot\cos(\cancel{\alpha-\beta}\ \beta-\alpha) = mg\cdot\cos\beta$

$T = mg\frac{\cos\beta}{\cos(\beta-\alpha)} = mg\frac{1}{\sqrt{5}}$

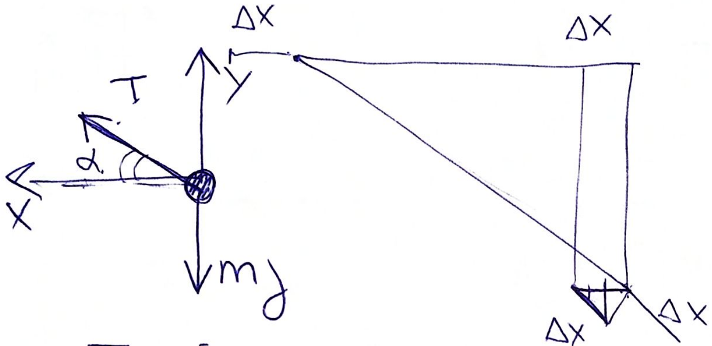
черновик

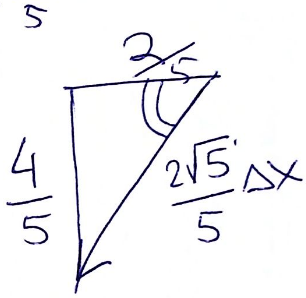




$\frac{2}{5}\Delta x$

$4+16=20$



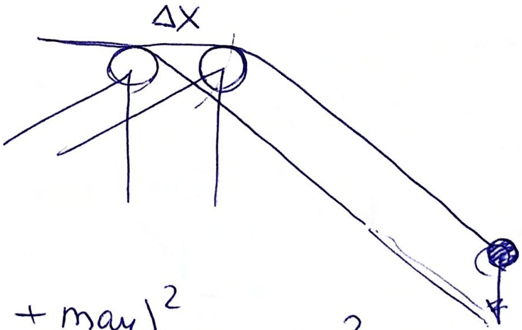


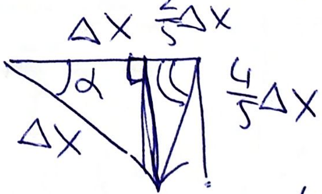
$T\cos\alpha = ma_x$

$T\sin\alpha - mg = ma_y$

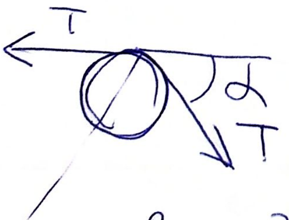
$$\begin{cases} T\cdot\frac{3}{5} = ma_x \\ T\cdot\frac{4}{5} = mg + ma_y \end{cases}$$

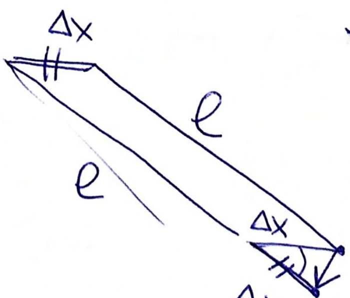
$T^2 = (ma_x)^2 + (mg + ma_y)^2$





$tg\,\beta = \frac{4}{5}\cdot\frac{5}{2} = 2$





$T - \frac{3}{5}T = \frac{2}{5}T = Ma$

$T^2 = m^2\cdot\frac{4}{25}a^2 + m^2g^2 + m^2\cdot\frac{16}{25}a^2 + 2m^2\cdot g\cdot\frac{4}{5}a$

Часть 2

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

Шифр: **21201178**

ID профиля: **284519**

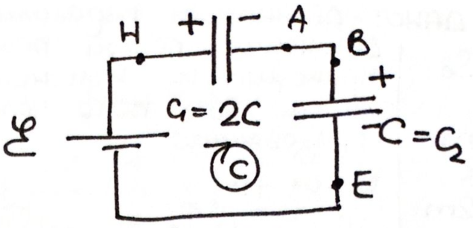
Вариант 1

3. ДАНО: электрическая цепь; замыкание ключа (0)

$C_2 = C$
$C_1 = 2C$
$\mathcal{E}$; R

I_{R0} - ?
Q - ?
$I_1 = I_0$
I_{R1} - ?

ключ разомкнут, режим установился:
изначально конд-ры не были заряжены.
по ЗСЗ для изолированного участка
AB: $0 = -q_1 + q_2 \Rightarrow q_1 = q_2 = q$
2е правило Кирхгофа для контура C:



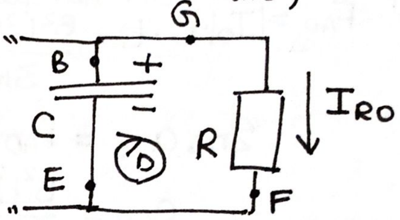
$\boxed{q = CU}$

$$\mathcal{E} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} = \frac{q}{2C} + \frac{q}{C} = \frac{3q}{2C}$$

$$3q = 2C\mathcal{E} \qquad U_{10} = \frac{q}{2C} = \frac{2C\mathcal{E}}{3\cdot 2C} = \frac{\mathcal{E}}{3}$$

$$q = \frac{2}{3}C\mathcal{E} \Rightarrow \qquad U_{20} = \frac{q}{C} = \frac{2C\mathcal{E}}{3\cdot C} = \frac{2\mathcal{E}}{3}$$

сразу после замыкания ключа напряжение на конденсаторах поменяться не успеет (заряд не успеет, C остаётся таким же)
2е правило Кирхгофа для контура D:



$$0 = -U_{20} + I_{R0}\cdot R$$

$$\underline{\underline{I_{R0}}} = \frac{U_{20}}{R} = \underline{\underline{\frac{2\mathcal{E}}{3R}}}$$

в уст. режиме ток ч/з конденсаторы равен 0: тока на ветках HA, BE нет. Из I_{R0} правила Кирхгофа следует, что и на ветке GF тока нет.

$$I_R' = 0 \Rightarrow U_2' = 0$$

IIе пр-ло Кирхгофа для контура C: $\mathcal{E} = U_1' + 0$

$$U_1' = \mathcal{E} \qquad q_1' = 2C\mathcal{E}$$

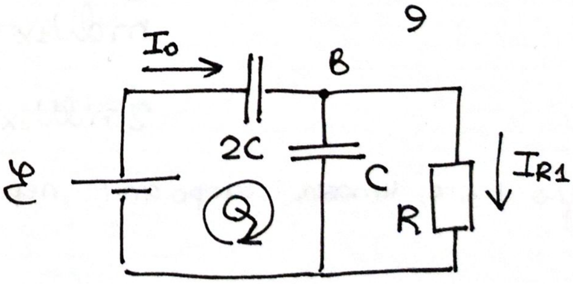
$$\Delta q = q_1' - q_1 = 2C\mathcal{E} - \frac{2}{3}C\mathcal{E} = \frac{4}{3}C\mathcal{E}$$ заряд, прошедший через источник.

закон сохранения энергии

$$A_Б = \Delta W + Q, \quad A_Б = \Delta q\cdot\mathcal{E} \qquad W_2 = \frac{2C(U_1')^2}{2} = C\cdot\mathcal{E}^2$$

$$\frac{4}{3}C\mathcal{E}^2 = W_2 - W_1 + Q. \qquad W_1 = \frac{2CU_{10}^2}{2} + \frac{CU_{20}^2}{2} = C\frac{\mathcal{E}^2}{9} + \frac{\cancel{4}^{2}C\mathcal{E}^2}{\cancel{18}_{9}} = \frac{C\mathcal{E}^2}{3}$$

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



ток ч/з C_1 равен I_0:
ток ч/з C_2 по I правилу Кирхгофа для узла B:

$$I_2 = I_0 - I_{R1}$$

$$I_2 = \dot{q}_2 \qquad I_{R1} = \frac{U_2}{R} = \frac{q_2}{RC}$$

$$I_1 = \dot{q}_1 = I_0$$

$$\dot{q}_2 = \dot{q}_1 - \frac{q_2}{RC} \Rightarrow \dot{q}_2 + \frac{q_2}{RC} = I_0$$

$$I_{R1} = \frac{dq_1}{dt} - \frac{dq_2}{dt} \qquad q_1 = 2C\mathcal{E} - 2q_2 \text{ (по 2му правилу Кирхгофа для контура Q)}$$

$$q_2 = C\mathcal{E} - \frac{q_1}{2} \qquad I_0 = \frac{dq_1}{dt}$$

$$I_{R1} = \frac{d(2C\mathcal{E})}{dt} - \frac{2dq_2}{dt} - \frac{dq_2}{dt} = I_0 - \frac{d(C\mathcal{E})}{dt} + \frac{dq_1}{2dt} = I_0 + \frac{I_0}{2} = \frac{3I_0}{2}$$

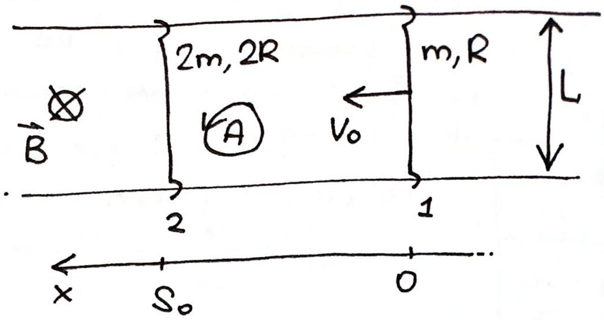
$$I_{R1} = \frac{dq_1}{dt} - \frac{dq_2}{dt} = I_0 - \frac{d\left(C\mathcal{E} - \frac{q_1}{2}\right)}{dt} = \frac{3I_0}{2}$$

ответ: 1) $\frac{2\mathcal{E}}{3R}$; 2) $\frac{2}{3}C\mathcal{E}^2$; 3) $\frac{3}{2}I_0$

(4) 4. ДАНО: движение перемычек в магнитном поле

Дано
B S_0
L
$m_1 = m$
$R_1 = R$
$m_2 = 2m$
$R_2 = 2R$
$V_{10} = V_0$
$a_{20} - ?$
$V_1 - ?$
$V_2 - ?$
$S - ?$

Движение первой перемычки приводит к изменению потока магнитного поля через контур, образовавший обход А:



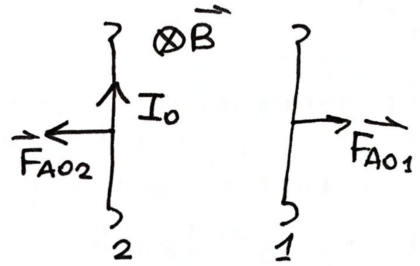
$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt} = +\cancel{B\frac{dS}{dt}} = B\frac{dS}{dt} =$$

$$= BL\frac{d\ell}{dt} = -BLV_0$$

$$(2R+R)I_0 = \mathcal{E}$$

$$I_0 = \frac{-BLV_0}{3R}; \quad -I_0 = \frac{BLV_0}{3R}$$

ток (в другую сторону) против обхода А



возникает сила Ампера:

$$F_{A0_2} = |I_0| \cdot B \cdot L = \frac{B^2L^2V_0}{3R}$$

$$2m\,a_{20} = F_{A02}$$

$$a_{20} = \frac{B^2L^2V_0}{3R \cdot 2m} = \frac{B^2L^2V_0}{6mR}$$

$$F_{A01} = |I_0|BL = \frac{B^2L^2V_0}{3R}$$

$$a_{10} = \frac{B^2L^2V_0}{3mR}$$

$$\mathcal{E} = BL\frac{d\ell}{dt} = BL(V_{1x} - V_{2x})$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{3R} = \frac{BL}{3R}(V_{1x} - V_{2x})$$

$$F_{2x} = |V_{1x} - V_{2x}|\frac{B^2L^2}{3R} = 2m\frac{dU_{2x}}{dt}$$

$$F_{1x} = -|V_{1x} - V_{2x}|\frac{B^2L^2}{3R} = m\frac{dU_{1x}}{dt}$$

$$m\,dU_{1x} = \frac{B^2L^2}{3R}(-|V_{1x} - V_{2x}| \cdot dt)$$

$$2m\,dU_{2x} = \frac{B^2L^2}{3R}(|V_{1x} - V_{2x}|\,dt)$$

$$dU_{2x} = -2dU_{1x} \Rightarrow V_2 - 0 = -2(V_1 - V_0)$$

$$V_2 + 2V_1 = 2V_0$$

для того, чтобы скорости перестали меняться: $\mathcal{E} = 0$: $V_{1x} = V_{2x}$; $V_1 = V_2$

$$3V_1 = 2V_0 \qquad V_1 = \frac{2V_0}{3} \Rightarrow U_2 = \frac{2V_0}{3}$$

$$|V_{1x} - V_{2x}|\,dt = dS = \frac{6mR\,dU_{2x}}{B^2L^2}$$

$$(S - S_0) = \frac{6mR(U_2 - 0)}{B^2L^2} = \frac{6mR \cdot 2V_0}{3B^2L^2} = \frac{4mRV_0}{B^2L^2}$$

$$\Downarrow$$

$$S = S_0 + \frac{4mRV_0}{B^2L^2}$$

ответ: 1) $\frac{B^2L^2V_0}{6mR}$; 2) $V_1 = V_2 = \frac{2V_0}{3}$

3) $S_0 + \frac{4mRV_0}{B^2L^2}$

5. ДАНО:
$F = 9$ см
$H = 9$ см
$d = 36$ см
$\ell = 24$ см

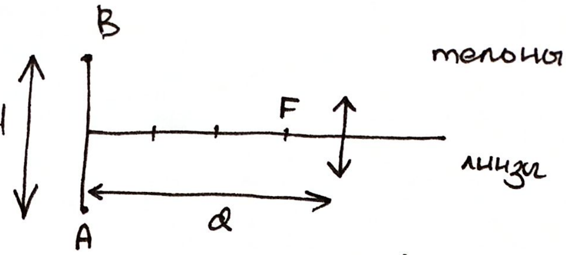
$x - ?$
$D_м - ?$
$x_0 - ?$

оптическая система изображение, предмет действительные,

$d > F$

$\Downarrow$

можно использовать формулу тонкой линзы



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

$\Downarrow$

$$f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{9 \cdot \cancel{36}^{4} см}{\cancel{27}_{3}} = 12 см \leftarrow \text{справа от линзы} \qquad \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{12}{36} = \frac{1}{3}$$

диаметр изображения $H' = \Gamma \cdot H = 3$ см

глаз аккомодирован на $\ell \Rightarrow$ изображение находится на расстоянии ℓ от глаза:

$$x = f + \ell = 12 см + 24 см = 36 см$$

наблюдатель рассматривает изображение картины как бы в линзе

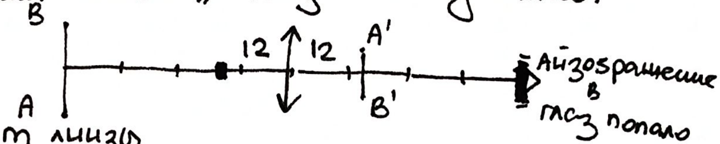
$\Downarrow$

диаметр линзы должен быть не меньше диаметра изображения

$$D \geq H'$$

$$D_м = H' = \Gamma \cdot H = 3 см$$

экран нужно поставить так, чтобы глаз мог видеть в линзе только экран: т.е. так, чтобы изображение экрана попало „в глаз" наблюдателю:

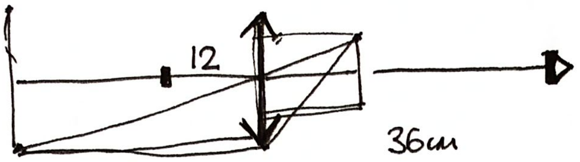


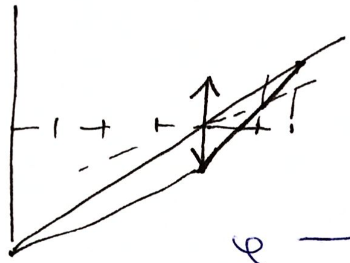
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{x}$$

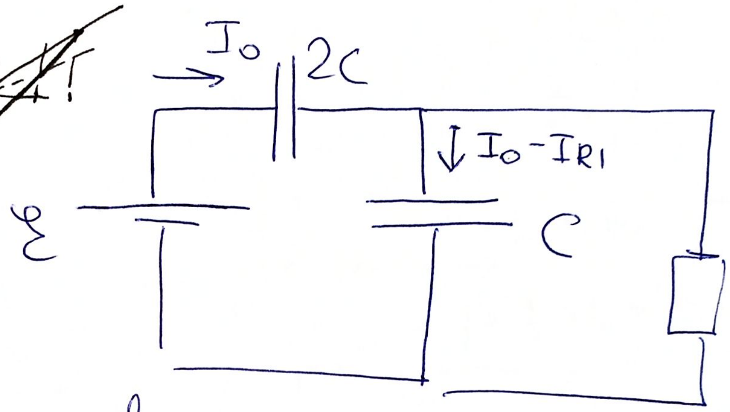
$$d_1 = \frac{Fx}{x-F} = \frac{9 \cdot 36 см}{27} = 12 см \leftarrow \text{слева от линзы}$$

ответ: 1) 36 см
2) 3 см
3) на расстоянии 12 см от линзы; на 24 см правее картины и на 24 см левее изображения (посередине между ними)

ЧЕРНОВИК







$$\frac{dW_C}{dt} = \frac{d(q)^2}{dt}\cdot\frac{1}{2C} = \frac{q\cdot\dot q}{\cancel{2}C}$$

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

$$\frac{dq_2}{dt} = (I_0 - I_{R1}) = I_0 - \frac{q_2}{CR} = \frac{dq_1}{dt} - I_{R1}$$

$$\frac{q_1\cdot I_0}{2C} + \frac{q_2\cdot(I_0 - I_{R1})}{C} + I_{R1}\cdot\frac{q_2}{C} = \mathcal{E}\cdot I_0$$

$$dq_2 = dq_1 - I_{R1}\cdot dt$$

$$\frac{q_1\cdot \cancel{I_0}}{2C} + \frac{2q_2\cdot\cancel{I_0}}{2C} = \mathcal{E}\cdot\cancel{I_0} \qquad \dot q_2 + \frac{q_2}{RC} = I_0$$

$$q_1 = 2C\mathcal{E} - 2q_2$$