Часть 1

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

Шифр: **21203636**

ID профиля: **367885**

Вариант 2

№2. Чистовик. Лист 1

Дано	Решение
$C(T)=\frac{5R}{2}\frac{T}{T_0}$; $T_0, R, \nu, i=3$	первое начало термодинамики: $\delta Q = dU + \delta A$ (*)
$Q_1 - ?$ $T_{min} - ?$ $A_{min} - ?$	

$\delta Q = C(T)\nu dT$; $\Rightarrow \delta Q = \frac{5\nu R}{2T_0} T dT$. Это выражение проинтегрируем от ~~$\frac{T_0}{2}$ до T_0~~ T_0 до $\frac{T_0}{2}$; $\int_0^{-Q_1}\delta Q = \int_{T_0}^{\frac{T_0}{2}} \frac{5\nu R}{2T_0}TdT$

$$-Q_1 - 0 = \frac{5\nu R}{2T_0}\cdot\frac{T^2}{2}\Big|_{T_0}^{\frac{T_0}{2}} = \frac{5\nu R}{2T_0}\left(\frac{T_0^2}{8}-\frac{T_0^2}{2}\right)$$

$$-Q_1 = \frac{5\nu R}{2T_0}\left(-\frac{3T_0^2}{8}\right) \Rightarrow \underbrace{Q_1 = \frac{15\nu R T_0}{16}}_{} > 0$$

из (*) $\delta A = \delta Q - dU = C\nu dT - C_V \nu dT = (C-C_V)\nu dT$, где $C_V = \frac{3R}{2}$.

$\delta A = \left(\frac{5RT}{2T_0} - \frac{3R}{2}\right)\nu dT$; $\delta A = \frac{5\nu R}{2T_0}TdT - \frac{3\nu R}{2}dT$.

Найдём зависимость совершённой работы от температуры. $\int_0^A \delta A = \frac{5\nu R}{2T_0}\int_{T_0}^T TdT - \frac{3\nu R}{2}\int_{T_0}^T dT$

$$A = \frac{5\nu R}{2T_0}\cdot\left(\frac{T^2}{2}\right)\Big|_{T_0}^T - \frac{3\nu R}{2}\cdot T\Big|_{T_0}^T = \frac{5\nu R}{2T_0}\left(\frac{T^2}{2}-\frac{T_0^2}{2}\right) - \frac{3\nu R}{2}(T-T_0)$$

$$A = \frac{\nu R}{2}\left(\frac{5T^2}{4T_0} - \frac{5T_0^2}{4T_0} - \frac{3T}{2} + \frac{3T_0}{2}\right) = \frac{\nu R}{2}\left(\frac{5T^2}{4T_0} - \frac{5T_0}{4} - \frac{3T}{2} + \frac{6T_0}{4}\right)$$

$$A = \frac{\nu R}{2}\left(\frac{5T^2}{4T_0} - \frac{3T}{2} + \frac{T_0}{4}\right);\ A = \frac{\nu R}{2T_0}\left(\frac{5T^2}{4} - \frac{3TT_0}{2} + \frac{T_0^2}{4}\right) = A(T)$$

Если работа минимальна: $A(T) = A_{min}$, то $A'(T)=0$.

$A' = \frac{\nu R}{2T_0}\left(\frac{5}{4}2T_{min} - \frac{3T_0}{2}\right) = 0 \Rightarrow \frac{10T_{min}}{4} - \frac{3T_0}{2} = 0$; $T_{min} = \frac{12T_0}{20} = \cancel{\frac{6T_0}{10}} = \frac{3T_0}{5}$

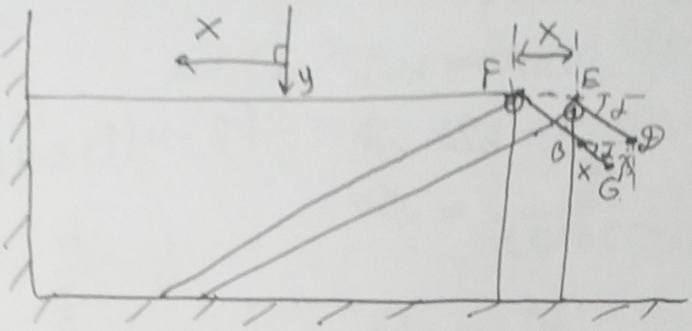
$\cancel{A_{min} = A(T_{min}) = \frac{\nu R}{2T_0}\left(\frac{5}{4}\cdot\frac{6^2}{5^2}T_0^2 - \frac{3\cdot 6}{5}T_0^2 + \frac{7T_0^2}{4}\right) = \frac{\nu R}{2T_0}\left(\frac{36T_0^2}{20} - \frac{18}{5}T_0^2 + \frac{7T_0^2}{4}\right)}$

$\cancel{A_{min} = \frac{\nu R}{2}\left(\frac{36T_0}{20} - \frac{72T_0}{20} + \frac{35T_0}{20}\right) = \frac{\nu R}{2}\left(\frac{-T_0}{20}\right) = -\frac{\nu R T_0}{40}}$

Расчет A_{min} на листе 3.

Ответ: $Q_1 = \frac{15\nu RT_0}{16}$; $T_{min} = \frac{3T_0}{5}$; $A_{min} = -\frac{\nu RT_0}{10}$

Дано	Решение
$\cos\alpha = \frac{4}{5}$	
H, g	
β - ?	
$a_{кл}$ - ?	
$\frac{m}{M}$ - ?	
τ - ?	



Клин сдвинулся на x влево. Т.к. $\alpha = const$, то нить остаётся $\parallel$ сама себе и FEDB - это параллелограмм, $FE = BD = x$. Тогда видно, что шар сдвинулся на $x\sin\alpha$ вниз и на $x - x\cos\alpha$ влево.

Точка G - это точка, в которой находится шар, после смещения клина на x. Тогда ускорение шара направлено вдоль DG.

$$tg\beta = \frac{x - x\cos\alpha}{x\sin\alpha} = \frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha} \qquad \sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1 \Rightarrow \sin\alpha = \frac{3}{5}.$$

$$\boxed{tg\beta = \frac{1-\frac{4}{5}}{\frac{3}{5}} = \frac{\frac{1}{5}}{\frac{3}{5}} = \boxed{\frac{1}{3}}}.$$

Клин может двигаться только влево, т.к. является направляющей поверхностью.

Вдоль нити действует сила натяжения T. Тогда 2й з-н Ньютона на ось x для клина: $Ma_{кл} = T - T\cos\alpha$ (1)

для шара: $ma_x = T\cos\alpha$ (2)

Т.к. ускорения - это вторые производные смещений по времени, то $a_{кл}(1-\cos\alpha) = a_x$. Подставим в (1):

$$\begin{cases} M\frac{a_x}{1-\cos\alpha} = T(1-\cos\alpha) \\ m a_x = T\cos\alpha \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{M}{m(1-\cos\alpha)} = \frac{1-\cos\alpha}{\cos\alpha}; \quad \frac{M}{m} = \frac{(1-\cos\alpha)^2}{\cos\alpha}$$

$$\frac{m}{M} = \frac{\cos\alpha}{(1-\cos\alpha)^2}; \quad \boxed{\frac{m}{M} = \frac{\frac{4}{5}}{(1-\frac{4}{5})^2} = \frac{\frac{4}{5}}{\frac{1}{5^2}} = 4\cdot 5 = 20.}$$

2й з-н Ньютона для шара вдоль оси y (вертикальной)

$ma_y = mg - T\sin\alpha \Rightarrow T\sin\alpha = m(g - a_y)$. Поделим это ур-е на ур-е (2) $\Rightarrow \frac{T\sin\alpha}{T\cos\alpha} = \frac{m(g-a_y)}{ma_x} \Rightarrow tg\alpha = \frac{g-a_y}{a_x}$ (3).

$tg\beta = \frac{a_x}{a_y} \Rightarrow a_x = a_y\, tg\beta$ или $a_y = a_x\, ctg\beta$. (4)

(Продолжение на след. листе)

№1. (продолжение). Чистовик. Лист 3

Совмещая (3) и (4) => $a_x \operatorname{tg}\alpha = g - a_x \operatorname{ctg}\beta$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{\frac{3}{5}}{\frac{4}{5}} = \frac{3}{4}$$

$$a_x = \frac{g}{\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta}; \quad a_x = \frac{g}{\frac{3}{4}+3} = \frac{4g}{3+12}$$

$$a_x = \frac{4g}{15}.$$

Т.к. $a_{кл} = \frac{a_x}{1-\cos\alpha}$, то $\boxed{a_{кл} = \frac{\frac{4g}{15}}{1-\frac{4}{5}} = \frac{\frac{4g}{15}}{\frac{1}{5}} = \frac{4g}{3}}$

из (4) $a_y = a_x \operatorname{ctg}\beta = \frac{3\cdot 4g}{15} = \frac{4g}{5}$;

Движение вдоль оси уравноускоренное, а значит

$\cancel{H = g}$ $H = \frac{a_y \tau^2}{2}$ или $\tau = \sqrt{\frac{2H}{a_y}} = \sqrt{\frac{2H}{\frac{4g}{5}}} = \sqrt{\frac{10H}{4g}}$

$$\boxed{\tau = \sqrt{\frac{5H}{2g}}}$$

Ответ: $\beta = \operatorname{arcctg}\frac{1}{3}$; $a_{кл} = \frac{4g}{3}$; $\frac{m}{M} = 20$; $\tau = \sqrt{\frac{5H}{g}}$

№2 (Расчёт A_{min})

$$A_{min} = A(T_{min}) = \frac{\nu R}{2T_0}\left(\frac{5}{4}\cdot\frac{3^2}{5^2}T_0^2 - \frac{3T_0}{2}\cdot\frac{3}{5}T_0 + \frac{T_0^2}{4}\right) = \frac{\nu R}{2}\left(\frac{9T_0}{20} - \frac{9T_0}{10} + \frac{T_0}{4}\right)$$

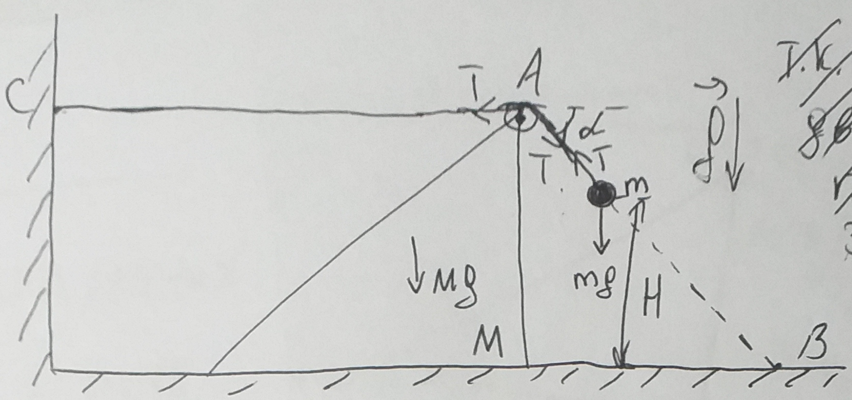
$$A_{min} = \frac{\nu R}{2}\left(-\frac{9T_0}{20} + \frac{T_0}{4}\right) = \frac{\nu R}{2}\left(-\frac{9T_0}{20} + \frac{5T_0}{20}\right) = \frac{\nu R}{2}\left(-\frac{4T_0}{20}\right) = -\frac{4\nu R T_0}{40}$$

$$A_{min} = -\frac{\nu R T_0}{10}.$$

21203636 (U367885 M1270286)

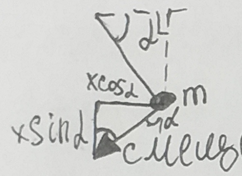
№1. ~~[illegible]~~

Дано	Решение Черновик
$\cos\alpha = \frac{4}{5}$ H, g	
$a_{кл}$ - ? $\frac{m}{M}$ - ? τ - ?	



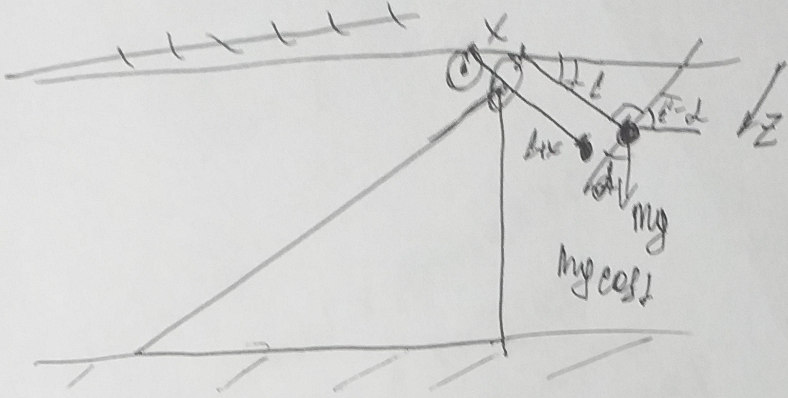
~~Т.к. α = const, то шар движется вдоль прямой AB, α знач~~

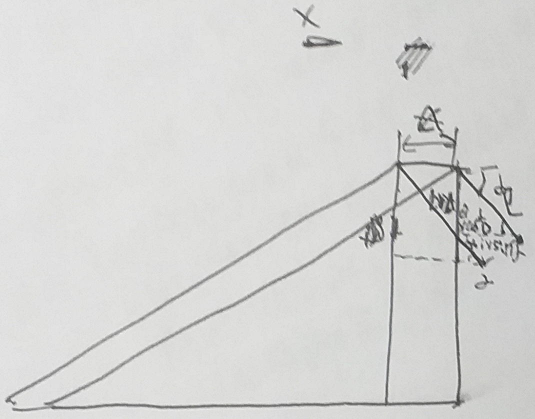
] клин сдвинулся на x. Часть нити длиной x, равная $x\cos\alpha$ пойдет на горизонтальную часть участка нити от т. A до шара, и аналогично $x\sin\alpha$ на вертикальную. Т.е. шар сдвинулся на $x\sin\alpha$ вниз и на $x\cos\alpha$ влево. Из рисунка видно, что шар



движется под углом α к вертикали. Также видно, что шарик движется $\perp$ нити.

Черновик





$a^2+b^2=l^2$

$(l+\Delta)^2=(a+y)^2+(b-x)^2$

$\Delta^2=x^2+y^2$

опустился на $x\sin\alpha$

$+(1-\cos\alpha)$

$ma_x=T(1-\cos\alpha)^2$

$mg-T\sin\alpha=ma_y$

$\frac{a_y}{a_x}=\operatorname{ctg}\beta=3$

$ma_x=T\cos\alpha$

$mg-ma_y=T\sin\alpha$

$\frac{a_x}{g-a_y}=\operatorname{ctg}\alpha$

$a_y=g\operatorname{ctg}\alpha-a_x\operatorname{ctg}\beta$

21203636 (U367885 M1270286)

Часть 2

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

Шифр: **21203636**

ID профиля: **367885**

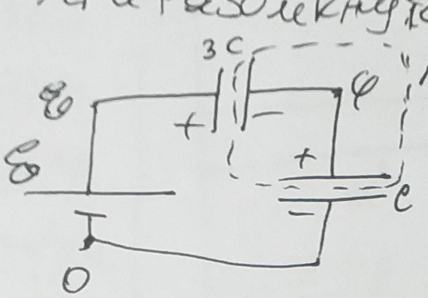
Вариант 2

(в 1й части также вариант 2) Вариант 11-02. Чистовик. Лист 1

№3.

Дано	Решение
$\mathcal{E}_0, C_1=3C$	
$C_2=C$	
R, I_0	
$I_{ср}-?$	
$Q-?$	
$U_R-?$	

При разомкнутом ключе расставим потенциалы. Для изолированной области A:



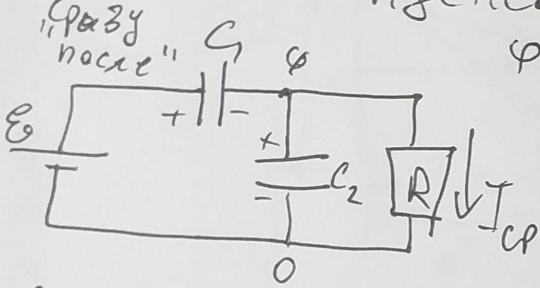
$-3C(\mathcal{E}_0-\varphi)+C(\varphi-0)=0$

$C\varphi=3C(\mathcal{E}_0-\varphi)\ |:C$

$\varphi=3\mathcal{E}_0-3\varphi \Rightarrow \varphi=\frac{3\mathcal{E}_0}{4}$.

В момент сразу после замыкания ключа напряжения на конденсаторах не меняются.

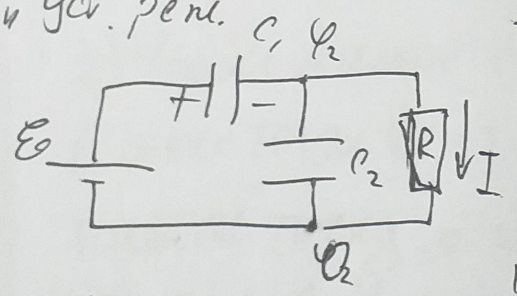
"сразу после"



$\varphi-0=I_{ср}R \Rightarrow I_{ср}=\frac{3\mathcal{E}_0}{4R}$.

~~R~~ Уст. реж. будет при нулевом токе ч/з резистор

"уст. реж."



$I=0\Rightarrow IR=0$.

$\varphi_2-0=U_{C_2}=IR\Rightarrow\varphi_2=0$.

Тогда заряд на 2м конденсаторе равен нулю ($q_{C_2}=C_2U_{C_2}$)

На левой пластине 1го конденсатора заряд был ~~3C~~ ~~3ℰ~~ $3C\frac{\mathcal{E}_0}{4}$, стал $3C\mathcal{E}_0$ ⇒ ч/з ист. $\mathcal{E}$ прошёл заряд $3C\mathcal{E}_0-\frac{3C\mathcal{E}_0}{4}=\frac{9C\mathcal{E}_0}{4}$. Запишем ЗСЭ от момента "сразу после" до "уст. реж".

(Продолжение на след листе)

Вариант 11-02. Чистовик. Лист 3.

№4.

Дано

B, L, m, R

$\frac{m}{2}$; $4R$

V_0

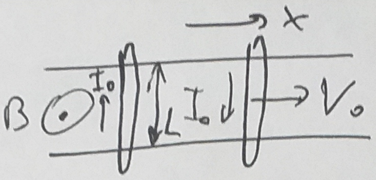
---

a_0 - ?

v_1, v_2 - ?

Δ - ?

Решение

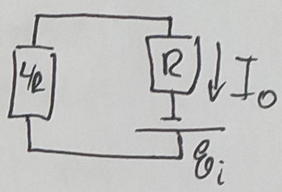


В начальный момент времени сила Ампера направлена против нач. скорости 1й перемычки по правилу левой руки.

2й з-н Ньютона на ось x для перемычки 1: $ma_x = -I_0BL$

ЭДС индукции в движущемся проводнике

$\mathcal{E}_i = BV_0L$. У нас получается эл. цепь



по з-ну Ома для полн. цепи $\mathcal{E}_i = 5R\cdot I_0$

$I_0 = \frac{\mathcal{E}_i}{5R}$. Подставим в 2й з-н Ньютона: $ma_x = -\frac{\mathcal{E}_i}{5R}BL = -\frac{B^2L^2V_0}{5R}$

$a_x = -\frac{V_0B^2L^2}{5mR}$; т.е. $a_{01} = \frac{V_0B^2L^2}{5mR}$ влево. 2й з-н Ньютона для второй перемычки: $\frac{m}{2}a_0 = IBL \Rightarrow a_0 = 2a_{01} \Rightarrow a_0 = \frac{2B^2L^2V_0}{5mR}$ вправо по прав. левой руки.

Запишем 2й з-н Ньютона в случ. момент времени для обеих перемычек:

$$\begin{cases} m\frac{dv_1}{dt} = -I_1BL \quad (1) \\ \frac{m}{2}\frac{dv_2}{dt} = I_2BL \quad (2) \end{cases}$$

$I_1 = I_2$, т.к. в цепи течёт один и тот же ток. Сложим (1) и (2) $\Rightarrow m\frac{dv_1}{dt} + \frac{m}{2}\frac{dv_2}{dt} = 0 \Rightarrow dv_1 + \frac{dv_2}{2} = 0$

$dv_1 = -\frac{dv_2}{2}$. Проинтегрируем это выраж-е до уст. скоростей

$$\int_{v_0}^{v_1} dv_1 = -\frac{1}{2}\int_0^{v_2} dv_2 \Rightarrow v_1 - v_0 = -\frac{v_2}{2} \Rightarrow v_1 + \frac{v_2}{2} = v_0.$$

ЭДС индукции в контуре между перемычками

$|\mathcal{E}_i| = \frac{d\Phi}{dt} = B\frac{dS}{dt} = BL\frac{dx_{отн}}{dt} = BLv_{отн}$, где $v_{отн}$ - относительная скорость перемычек. $I=0$, если $\mathcal{E}_i = 0 \Rightarrow V_{отн} = 0 \Rightarrow v_1 = v_2 = v$

(Продолж. на след. листе)

Вариант 11-02. №4. (продолжение). Чистовик. Лист 4

Тогда $v + \frac{v}{2} = v_0 \Rightarrow \frac{3v}{2} = v_0 \Rightarrow v = \frac{2v_0}{3} = v_1 = v_2$.

Используем ур-е (1): $m dv_1 = -IBL dt$

$I = \frac{\mathcal{E}_i}{5R} = \frac{BL}{5R}\frac{dx_{отн}}{dt} \longrightarrow m dv_1 = -\frac{B^2L^2}{5R} dx_{отн}$

проинтегрируем выраж-е от начала до уст. реж.

$m\int_{v_0}^{\frac{2v_0}{3}} dv_1 = -\frac{B^2L^2}{5R}\int_0^{\Delta} dx_{отн}$; $\frac{mv_0}{3} = \frac{B^2L^2}{5R}\Delta \Rightarrow \Delta = \frac{5mv_0R}{3B^2L^2}$.

Ответ: $a_0 = \frac{2B^2L^2V_0}{5mR}$ вправо ~~влево~~, $v_1 = v_2 = \frac{2v_0}{3}$; $\Delta = \frac{5mv_0R}{3B^2L^2}$

21203636 (U367885 M1270287)

Дано.

$F = 12$ см

$H = 9$ см

$d = 48$ см

$L = 24$ см

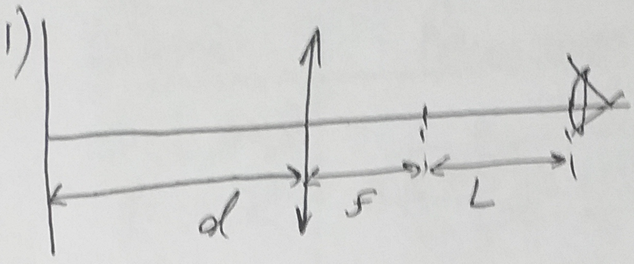
$x - ?$

$D_м - ?$

$\Delta - ?$

Решение

1)

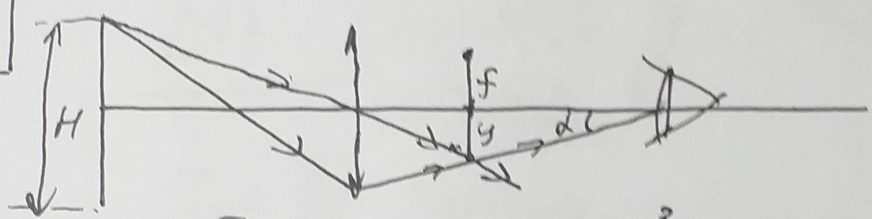


по ф-ле тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{dF}{d-F}$$

$$f = \frac{12 \cdot 48}{48-12} = 16 \text{ (см)}; \; x = f + L; \; \underline{x = 40 \text{ (см)}}$$

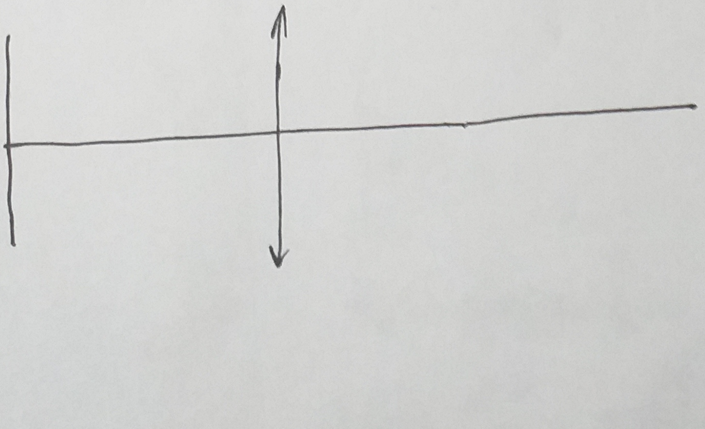
2) Критическая ситуация



$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{y}{\frac{H}{2}} \Rightarrow y = \frac{Hf}{2d}; \; y = \frac{9 \cdot 16}{2 \cdot 48} = \frac{3}{2} \text{ (см)}.$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{y}{L} = \frac{\frac{D_м}{2}}{x} \Rightarrow D_м = 2x\frac{y}{L}; \; D_м = 2 \cdot 40 \cdot \frac{\frac{3}{2}}{24} = 5 \text{ (см)}.$$

3) Чтобы малым экраном перекрыть всё изображение (только тогда глаз не увидит изображения), необходимо найти точку, в которую собираются все лучи, испущенные от часов. Но такой точки нет.



Ответ: $X = 40$ см, $D_м = 5$ см.

Черновик.

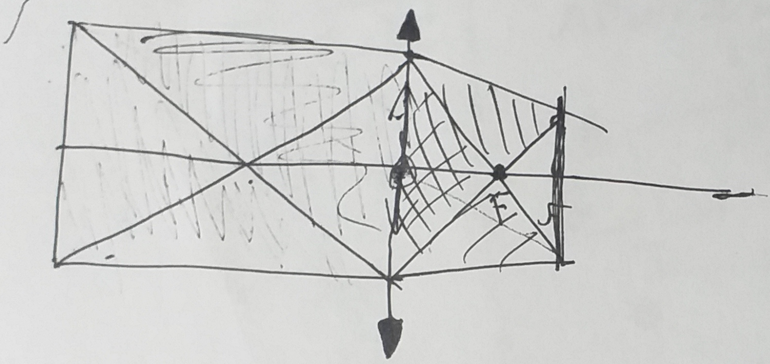
$$I_0 = C\frac{dU_2}{dt}$$

$$I_R - I_0 = 3C\frac{dU_1}{dt} = \frac{3C}{dt}\frac{I_0 dt}{C}(-1)$$

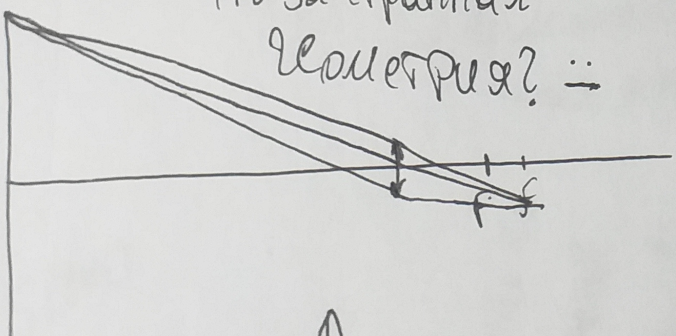
$$\mathcal{E}_0 - U_1 = U_2 ; -dU_1 = dU_2$$

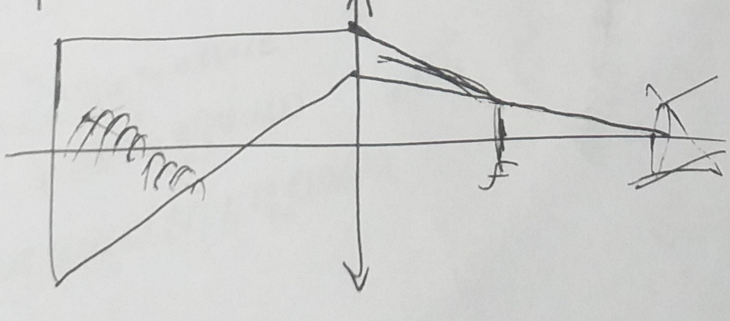
$$I_R - I_0 = -3I_0$$

$$I_R = 4I_0.$$



Что за странная геометрия? :-

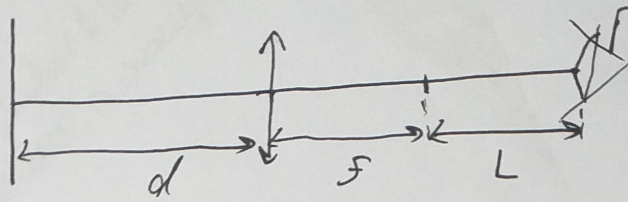




21203636 (U367885 M1270287)

№5. Вариант 11-02. ~~Чистовик~~ Черновик

Дано	Решение
$F=12$ см $H=9$ см $d=48$ см $L=24$ см	
X-? $D_м$-? Δ-?	

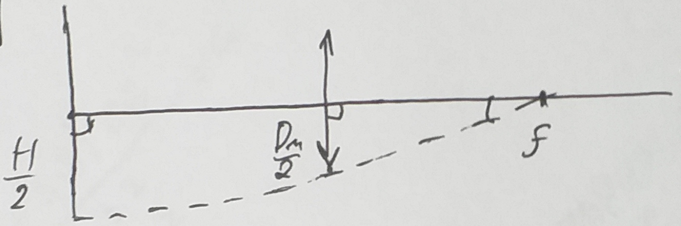


по ф-ле тонкой линзы

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f} \Rightarrow f=\frac{Fd}{d-F}.$$

$f=\frac{12\cdot 48}{48-12}=\frac{12\cdot 48}{36_3}=16$ (см). $X=f+L$; $X=40$ см.

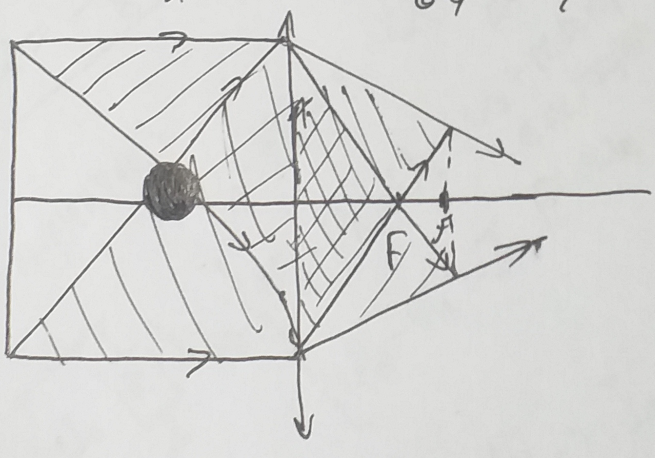
Критическая ситуация



$$\frac{\frac{D_м}{2}}{\frac{H}{2}}=\frac{f}{f+d}$$

$D_м=H\frac{f}{f+d}$; $D_м=9\cdot\frac{16}{64}=\frac{9}{4}=2,25$ (см)

пункт 3:



Чтобы перекрыть малым экраном всё изображение, надо найти такую точку, в которой собираются все лучи, испущенные источником. Точка, в которой собираются лучи, вошедшие ⊥ в линзу – фокус. Как видим из рисунка, такой точки нет, ведь некоторые лучи не идут ч/з фокус.

21203636 (U367885 M1270287)

(В 1б части также вариант 2. Я забыл написать.) Вариант 11-02. Чистовик. лист 2.

№3 (продолж.). (Простите, что забыл в 1б части написать вариант, пожалуйста)

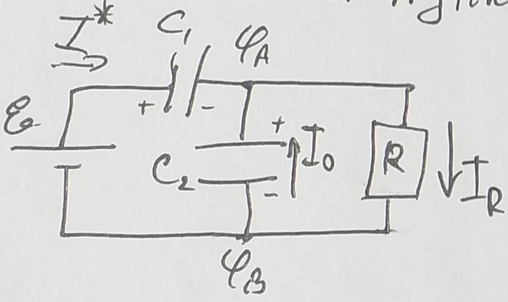
$$\frac{3C\left(\frac{\mathcal{E}_0}{4}\right)^2}{2} + \frac{C\left(\frac{3\mathcal{E}_0}{4}\right)^2}{2} + \mathcal{E}_0\frac{9C\mathcal{E}_0}{4} = \frac{3C\mathcal{E}_0^2}{2} + Q$$

$$\frac{3C\mathcal{E}_0^2}{32} + \frac{9C\mathcal{E}_0^2}{32} + \frac{9C\mathcal{E}_0^2}{4} - \frac{3C\mathcal{E}_0^2}{2} = Q$$

$$\frac{12C\mathcal{E}_0^2}{32} + \frac{3C\mathcal{E}_0^2}{4} = Q \Rightarrow \frac{(12+3\cdot 8)C\mathcal{E}_0^2}{32} = Q$$

$$\frac{36C\mathcal{E}_0^2}{32} = Q \Rightarrow \boxed{Q = \frac{9C\mathcal{E}_0^2}{8}}$$

искомый момент пункта 3.



$$\begin{cases} \varphi_A - \varphi_B = \mathcal{E}_0 - U_1; & U_1 \text{ — напряж. на конденсаторе } C_1 \\ \varphi_A - \varphi_B = U_2; & U_2 \text{ — напряж. на конденсаторе } C_2 \\ \varphi_A - \varphi_B = I_R R = U_R \end{cases}$$

$I^* + I_0 = I_R$;

$$q = CU \Rightarrow \frac{dq}{dt} = I = C\frac{dU}{dt} \Rightarrow I_0 = C\frac{dU_2}{dt};\ I^* = 3C\frac{dU_1}{dt}.$$

из системы выше $\mathcal{E}_0 - U_1 = U_2 \Rightarrow -dU_1 = dU_2 \Rightarrow I_0 = -C\frac{dU_1}{dt}$.

$$C\frac{dU_1}{dt} = \frac{I^*}{3} \Rightarrow I_0 = -\frac{I^*}{3} \Rightarrow I^* = -3I_0.$$

"−" означает, что напряжения на конденсаторах на одном увел., а на другом уменьш. Направления токов расставлены верно $\Rightarrow I_R = I_0 + 3I_0 = 4I_0 \Rightarrow U_2 = I_R R = 4I_0R$.

Ответ: $I_{cp} = \frac{3\mathcal{E}_0}{4R}$; $Q = \frac{9C\mathcal{E}_0^2}{8}$; $U_2 = 4I_0R$.