Часть 1

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

Шифр: **21200806**

ID профиля: **279009**

Вариант 2

Чистовик лист 1

Задача №1

Дано:

$\cos\alpha = \frac{4}{5}$ $(\sin\alpha = \frac{3}{5})$

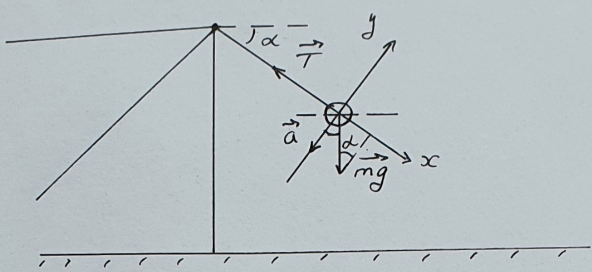
$\alpha = const.$

H

1) β - ? 2) $a_к$ - ?

3) $\frac{m}{M}$ - ? 4) τ - ?

1)



$$\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

на Ox:

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

$$a_x = -a_{цс} = -\omega^2 r = -\left(\frac{\Delta\alpha}{\Delta t}\right)^2 r = 0$$

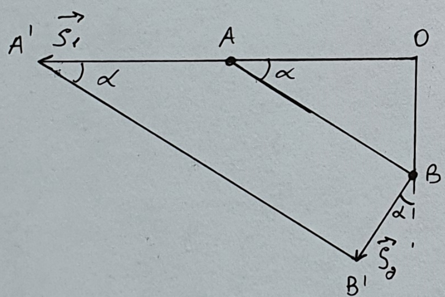
т.к. $\alpha = const.$

$$mg\sin\alpha - T = 0$$

$a_x = 0$, след. $\vec{a}$ направлено вдоль Oy

Тогда $\beta = \alpha$; $\cos\beta = \cos\alpha = \frac{4}{5}$

2) Рассмотрим перемещения шара и клина



$\vec{S_2}$ сонаправленный с $\vec{a}$, поэтому составляет угол α с вертикалью

Тогда $\angle ABB' = 180° - \alpha - (90° - \alpha) = 90°$

Значит BB' - высота трапеции $ABB'A'$

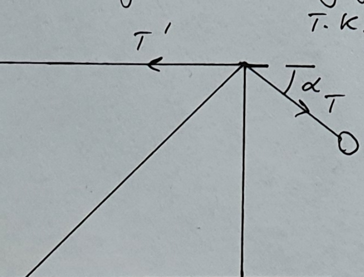
Тогда $S_2 = S_1 \cdot \sin\alpha$

$$S_1 = \frac{S_2}{\sin\alpha}$$

Из пункта 1:

$$a = g \cdot \cos\alpha = const.$$

Клин движется под действием сил T и T', а также $M\vec{g}$ и $\vec{N}$, однако т.к. по условию клин не отрывается от стола (т.е. ускорение $\vec{a}_к$ горизонтально), его ускорение обусловлено только векторной суммой $\vec{T} + \vec{T'}$



$$\left.\begin{array}{l} T' = T = mg\sin\alpha = const. \\ \alpha = const. \end{array}\right\} \vec{T} + \vec{T'} = const.$$

Продолжение на листе №2

Чистовик лист №2

Продолжение задачи №1

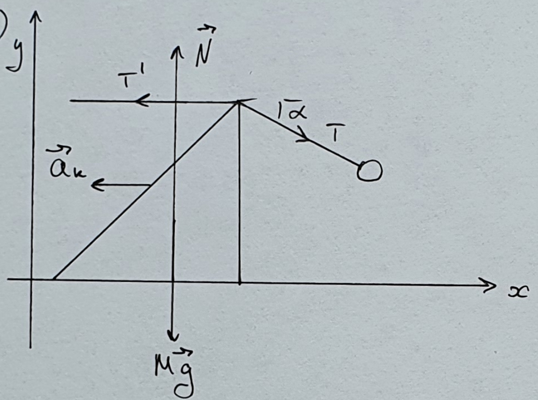
Таким образом, $\vec{a}, \vec{a}_к$ имеют постоянное направление и модуль

~~Зна~~ Тогда $S_1 = \frac{a_к t^2}{2}$ $S_2 = \frac{a t^2}{2}$

$$\frac{a_к t^2}{2} = \frac{a t^2}{2\sin\alpha}$$

$$a_к = \frac{a}{\sin\alpha} = \frac{g\cos\alpha}{\sin\alpha} = g \cdot \frac{\frac{4}{5}}{\frac{3}{5}} = \frac{4}{3} g$$

3)



$$M\vec{g} + \vec{N} + \vec{T}' + \vec{T} = M\vec{a}_к$$

$$oy: \quad N - Mg - T\cdot\sin\alpha = 0$$

$$ox: \quad T\cdot\cos\alpha - T' = -Ma_к$$

$$Ma_к = T(1-\cos\alpha)$$

$$Ma_к = mg\sin\alpha(1-\cos\alpha)$$

$$\frac{4}{3}Mg = mg\sin\alpha(1-\cos\alpha)$$

$$\frac{m}{M} = \frac{4}{3\sin\alpha(1-\cos\alpha)} =$$

$$= \frac{4}{3\cdot\frac{3}{5}\cdot\frac{1}{5}} = \frac{4\cdot 25}{9} = \frac{100}{9}$$

4) $H = \frac{a_y \tau^2}{2}$

$$a_y = g\cos^2\alpha$$

$$\tau = \sqrt{\frac{2H}{a_y}} = \sqrt{\frac{2H}{g\cos^2\alpha}} = \sqrt{\frac{25H}{8g}}$$

Ответ: $\cos\beta = \frac{4}{5}$; $a_к = \frac{4}{3}g$; $\frac{m}{M} = \frac{100}{9}$; $\tau = \sqrt{\frac{25H}{8g}}$

Чистовик лист №3

Задача №2

Дано:

ν

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

$i = 3$

1) $Q_1 \ (T_0 \to \frac{T_0}{2})$ – ?

2) $A = A_{MIN}$ T_1 – ?

3) A_{MIN} – ?

$\cancel{Q = \frac{5}{2} R \frac{T}{T_0} \cdot dT}$

$$Q = \int_{T_н}^{T_к} \nu \frac{5}{2} R \frac{T}{T_0} \, dT =$$

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

$$= \nu \frac{5R}{2T_0} \cdot \frac{T_к^2 - T_н^2}{2}$$ – полученное газом тепло

$$Q_1 = \frac{5\nu R}{2T_0} \cdot \frac{T_0^2 - \frac{T_0^2}{4}}{2} =$$

$$= \frac{5\nu R}{2T_0} \cdot \frac{3T_0^2}{8} = \frac{15\nu R T_0}{16}$$

$$\Delta U = Q - A$$

$$A = Q - \Delta U = \frac{5\nu R (T^2 - T_0^2)}{4T_0} - \frac{3}{2}\nu R (T - T_0)$$

$$A = \frac{5\nu R}{4T_0} \cdot T^2 - \frac{5\nu R}{4} T_0 - \frac{3}{2}\nu R T + \frac{3}{2}\nu R T_0$$

$$A = \frac{5\nu R}{4T_0} \cdot T^2 - \frac{3\nu R}{2} \cdot T + \frac{\nu R}{4} T_0$$

квадратичная ф-я, гр. парабола ветви ↑

Тогда A_{MIN} достигается в вершине параболы

$$T_1 = \frac{3\nu R}{2} \cdot \frac{4T_0}{2 \cdot 5\nu R} = \frac{3}{5} T_0$$

$$A_{MIN} = \frac{5\nu R}{4T_0} \cdot \frac{9}{25} T_0^2 - \frac{3\nu R}{2} \cdot \frac{3}{5} T_0 + \frac{\nu R}{4} T_0 =$$

$$= \nu R T_0 \left(\frac{5}{4} \cdot \frac{9}{25} - \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{5} + \frac{1}{4} \right) =$$

$$= -\frac{1}{5} \nu R T_0$$

Ответ: $Q_1 = \frac{15}{16} \nu R T_0$; $T_1 = \frac{3}{5} T_0$; $A_{MIN} = -\frac{1}{5} \nu R T_0$

Черновик

Задача № 1

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

$\alpha = const.$

H

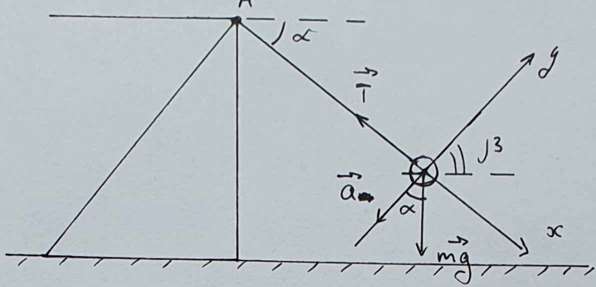
1) β - ?

2) $a_м$ - ?

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

4) τ - ?

1)



$$\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

Ox:

$$mg\sin\alpha - T = -ma_{цс}$$

$a_{цс} = \omega^2 \cdot r$; $\omega = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t} = 0$, т.к. $\alpha = const.$

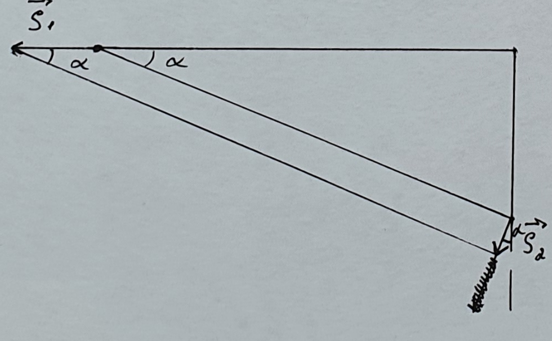
$$mg\sin\alpha - T = 0$$

~~Oy:~~ Т.к. на Ox силы компенсируются, очевидно ускорение a направлено вдоль Oy

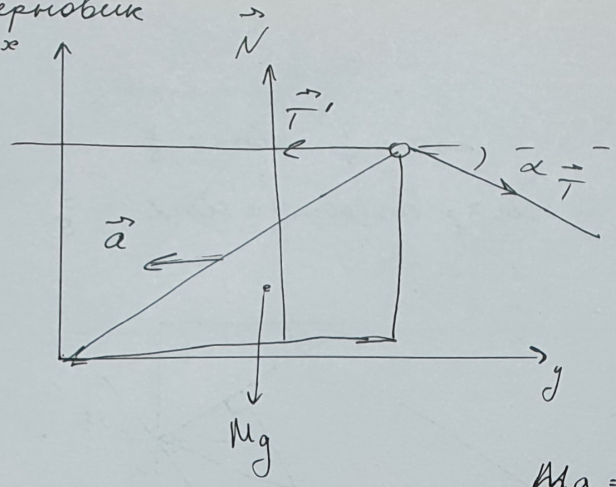
Тогда $\angle\beta = 90° - \angle\alpha$

$\sin\beta = \sin(90° - \alpha) = \cos\alpha = \frac{4}{5}$

2) Рассмотрим траектории движения точек A и O (шар)



Черновик

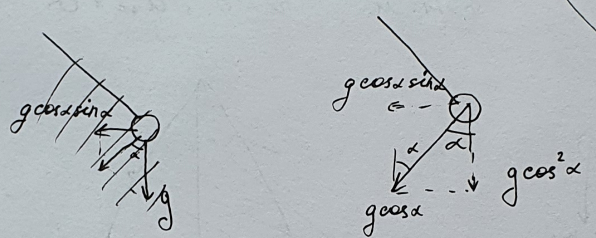


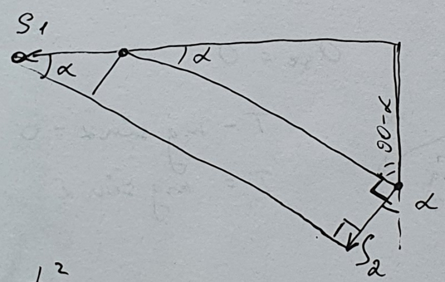
$$\vec{T}' + \vec{T} + \vec{N} + M\vec{g} = M\vec{a}$$

$$T' = T = mg\sin\alpha$$

$$Ma = T' - T\cos\alpha =$$
$$= T(1-\cos\alpha) =$$
$$= mg\sin\alpha(1-\cos\alpha)$$

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





$$S_1 = \frac{S_2}{\sin\alpha}$$

$$S_1 = \frac{at^2}{2} \qquad S_2 = \frac{(g\cos\alpha)t^2}{2}$$

$$a = g\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}$$

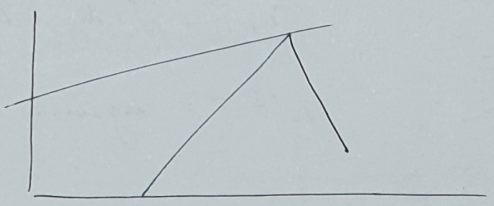
$$H = \frac{g\cos^2\alpha\, t^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g\cos^2\alpha}}$$

21200806 (U279009 M1268422)

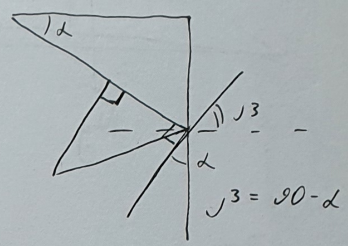
Черновик

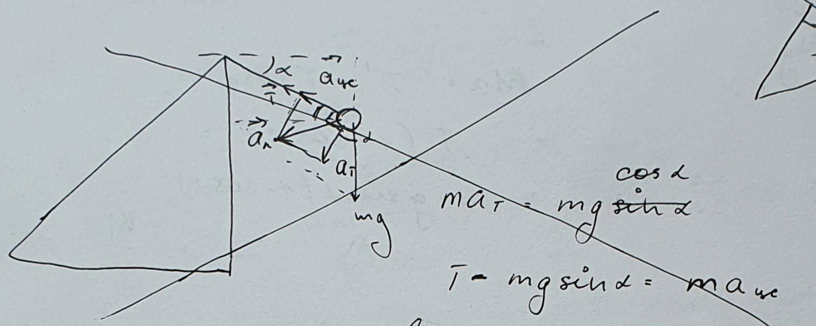
Черновик



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

$\cos\beta = \cos(90-\alpha) = \sin\alpha = \frac{3}{5}$

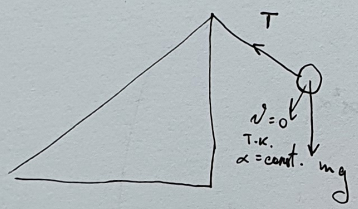


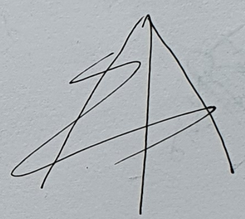


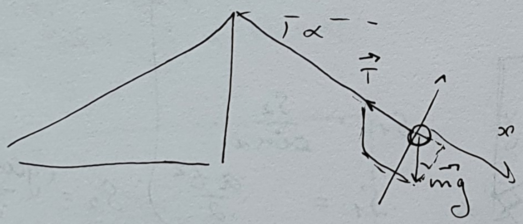
$ma_\tau = mg\,\cancel{\sin\alpha}\ \cos\alpha$

$T - mg\sin\alpha = ma_{цс}$

в н.м. $\vartheta = 0$, $a_{цс} = 0$



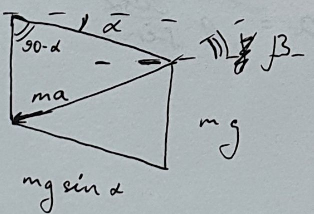




$a_{цс} = 0$

$T - mg\sin\alpha = 0$

$T = mg\sin\alpha$



$m^2a^2 = m^2g^2 + m^2g^2\sin^2\alpha - 2m^2g^2\sin^2\alpha =$

$= m^2g^2(1-\sin^2\alpha) = m^2g^2\cos^2\alpha$

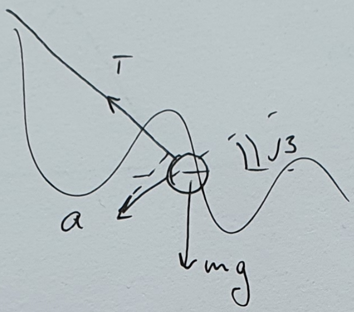
$a = g\cos\alpha$

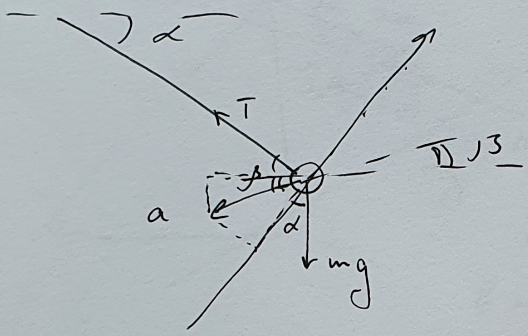
$\frac{mg}{\sin\gamma} = \frac{ma}{\cos\alpha} = mg$

$\sin\gamma = 1 \quad \gamma = 90°$

$\beta = \gamma - (90-(90-\alpha)) = \gamma - \alpha = 90 - \alpha$

Черновик

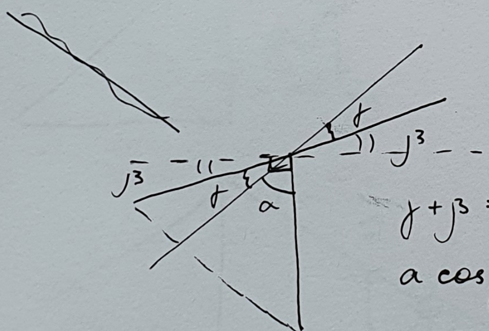




$$\begin{cases} T\cdot\cos\alpha = ma\cdot\cos\beta \\ \cancel{mg = ma\sin\beta} \\ \cancel{T\sin\alpha -} \\ mg - T\sin\alpha = ma\sin\beta \end{cases}$$

$$ma = \frac{mg - T\sin\alpha}{\sin\beta}$$

$$T\cdot\cos\alpha = (mg - T\sin\alpha)\cdot ctg\beta$$



$\gamma + \beta = 90 - \alpha$

$a\cos\gamma = g\cdot\cos\alpha$

Черновик

$$\int \frac{5}{2} R \frac{T}{T_0} dT = \quad \frac{5}{\cancel{2}} R \quad \frac{5R}{2T_0}$$

$$\bar{C}(T) = \frac{5}{2} R \quad \frac{T+T'}{2T_0}$$

$$Q = (T'-T) \cdot \frac{5}{2} R \frac{T+T'}{2T_0} = \frac{5}{2} R \frac{T'^2 - T^2}{2T_0}$$

$$\int_{T_н}^{T_к} \frac{5}{2} R \frac{T}{T_0} dT = \frac{5R}{2T_0} \cdot \left(\frac{T^2}{2} \right) \Big|_{T_н}^{T_к} =$$

$$\frac{3}{2} = \frac{6}{4}$$

$$\frac{3 \cdot \cancel{4}}{\cancel{2 \cdot 2} \cdot 5} \qquad \frac{\cancel{5} \cdot 9}{4 \cdot \cancel{25} 5} = \frac{9}{20}$$

$$\frac{9}{10} \qquad \frac{1}{4}$$

$$\frac{9}{20} - \frac{9}{10} = \frac{9-18}{20} = -\frac{9}{20}$$

$$\frac{1}{4} - \frac{9}{20} = \frac{5-9}{20} = -\frac{4}{20} \quad -\frac{1}{5}$$

$$\frac{5\nu R}{2T_0} T - \frac{3\nu R}{2} = 0$$

$$\frac{5T}{\cancel{2}T_0} = \frac{3}{\cancel{2}}$$

$$T = \frac{3}{5} T_0$$

21200806 (U279009 M1268422)

$J3 = \gamma - (90-$

Часть 2

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

Шифр: **21200806**

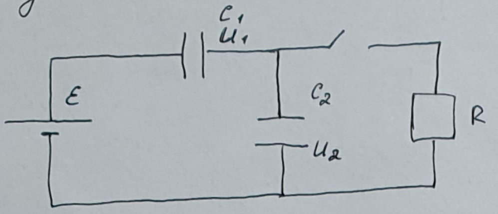
ID профиля: **279009**

Вариант 2

Чистовик лист 1

$I - ?$
$Q - ?$
$U' - ?$

Задача №3

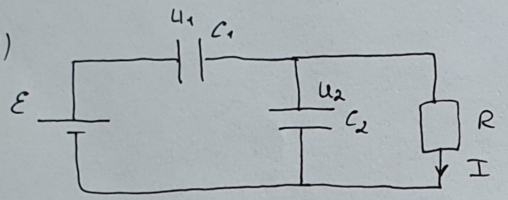


$C_1 = 3C \quad I_0$
$C_2 = C$

$$\begin{cases} \mathcal{E} = U_1 + U_2 \\ C_1U_1 - C_2U_2 = 0 \quad (\text{из ЗСЗ}) \end{cases}$$

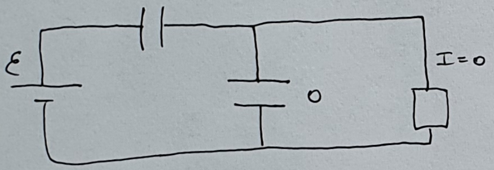
$$C_1U_1 = C_2U_2$$
$$U_1 = \frac{C_2}{C_1}U_2 = \frac{C}{3C}U_2 = \frac{U_2}{3}$$
$$\frac{4U_2}{3} = \mathcal{E}\ ; \quad U_2 = \frac{3}{4}\mathcal{E}$$
$$U_1 = \frac{1}{4}\mathcal{E}$$

1)



$$IR = U_2 = \frac{3}{4}\mathcal{E}$$
$$I = \frac{3\mathcal{E}}{4R}$$

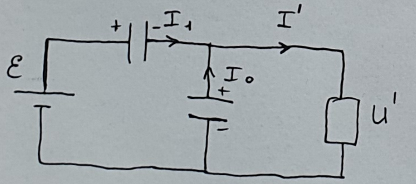
2) Конечное состояние



$$W_н = \frac{C_1U_1^2}{2} + \frac{C_2U_2^2}{2} = \frac{3}{8}C\mathcal{E}^2$$
$$W_к = \frac{C_1U^2}{2}$$
$$U = \mathcal{E}$$
$$W_к = \frac{3C\mathcal{E}^2}{2}$$

$$W_к - W_н = A_\mathcal{E} - Q$$
$$A_\mathcal{E} = \mathcal{E}\cdot\Delta q = \mathcal{E}(C_1U_1 + C_2U_2 - C_1U) = \mathcal{E}\left(3C\mathcal{E} - \frac{3}{4}C\mathcal{E}\cdot 2\right) = \frac{3}{2}C\mathcal{E}^2$$
$$Q = A_\mathcal{E} - W_к + W_н = \frac{3}{2}C\mathcal{E}^2 - \frac{3}{2}C\mathcal{E}^2 + \frac{3}{8}C\mathcal{E}^2 = \frac{3}{8}C\mathcal{E}^2$$

3)

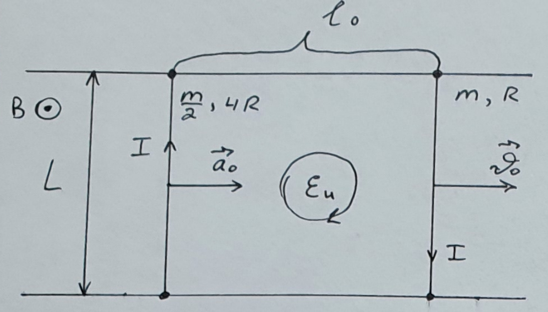


$$\mathcal{E} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2}\ ; \quad q_1 = \mathcal{E}C_1 - q_2\frac{C_1}{C_2}$$
$$q_1 = 3\mathcal{E}C - 3q_2$$
$$(\dot{q}_1)' = (3\mathcal{E}\dot{C} - 3q_2)' \Rightarrow I_1 = -3I_0$$
$$\cancel{I_1 + I_0 + I' \neq 0}$$
(C_2 - разряжается
C_1 - заряжается)
$$I' = |I_1| + I_0 = 4I_0$$
$$U' = I'R = 4I_0R$$

Ответ: $I = \frac{3\mathcal{E}}{4R}$; $Q = \frac{3}{8}C\mathcal{E}^2$; $U' = 4I_0R$

Чистовик лист 2

Задача № 4



1) a_0 - ?
2) $\vartheta_к$ - ?
3) Δl - ?

Дано:
$\frac{m}{2}$, m, R, L
B, ϑ_0

1) В н.м. времени в контуре возникает ~~$|\mathcal{E}_и| = |-\Phi'|$~~
$\mathcal{E}_и = -\dot{\Phi}$

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos(0) = B \cdot S$$
$$\dot{\Phi} = B \cdot \dot{S} = B\vartheta_0 L$$
$$|\mathcal{E}_и| = B\vartheta_0 L$$
$$I = \frac{|\mathcal{E}_и|}{R+4R} = \frac{B\vartheta_0 L}{5R}$$
$$\frac{m}{2} \cdot a_0 = BIL = \frac{B^2L^2\vartheta_0}{5R}$$
(сила тяжести здесь компенсируется силой реакции опоры реек, поэтому не даёт вклада в ускорение)
$$a_0 = \frac{2B^2L^2\vartheta_0}{5Rm}$$

2) Через длительный период времени система статична, т.е. $\vartheta_{1к} = \vartheta_{2к} = \vartheta_к$
$S = S' = const.$, $\mathcal{E}_и = 0$

Тогда запишем ЗСИ: $\frac{m}{2}(\vartheta_к - 0) + m(\vartheta_к - \vartheta_0) = 0$
$$\frac{\vartheta_к}{2} + \vartheta_к = \vartheta_0$$
$$\vartheta_к = \frac{2}{3}\vartheta_0$$

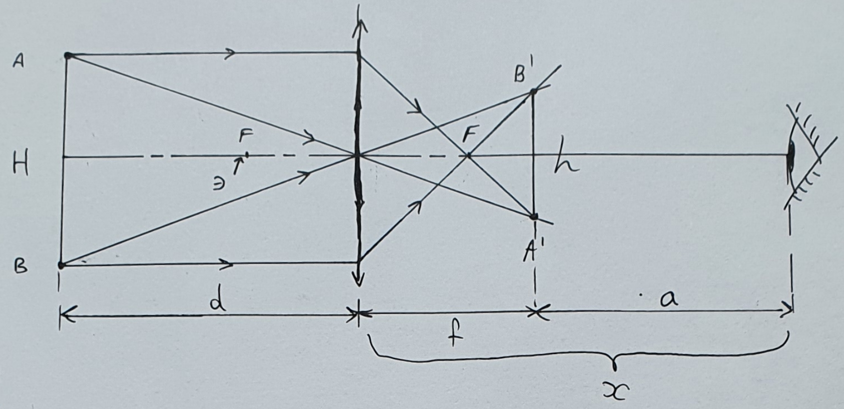
3) По закону сохранения магнитного потока $\Phi' = \Phi_0$
$$BS' = BS_0$$
$$BLl' = BLl_0$$
$$l' = l_0; \ \Delta l = 0$$

Ответ: $a_0 = \frac{2B^2L^2\vartheta_0}{5Rm}$; $\vartheta_{к1} = \vartheta_{к2} = \frac{2}{3}\vartheta_0$
$\Delta l = 0$

21200806 (U279009 M1268423)

Чистовик лист №3

Задача №5



Дано:
$a = 24$ см
$d = 48$ см
$F = 12$ см
$H = 9$ см
1) x – ?
2) D_m – ?

1)
$$x = f + a$$
$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$
$$f = \frac{F \cdot d}{d - F}$$
$$x = \frac{F \cdot d}{d - F} + a = 40 \text{ см}$$

2)
$$D_m = h$$
$$\frac{h}{H} = \frac{f}{d} = \frac{F}{d - F}$$
$$D_m = h = H \cdot \frac{F}{d - F} = 3 \text{ см}$$

Ответ: 1) 40 см
2) 3 см
3) чуть левее левого фокуса

3) Чтобы экран полностью закрывал циферблат, диаметр его изображения (в точке аккомодации) должен быть равен h

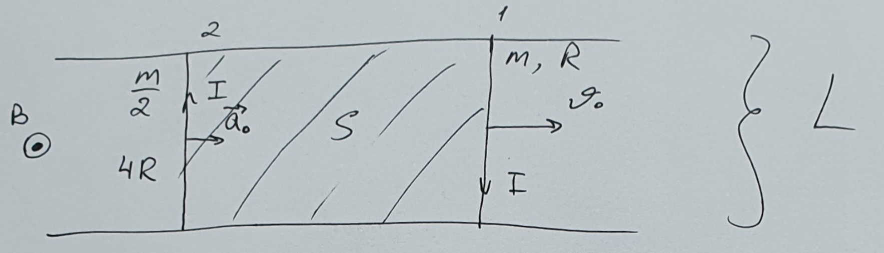
$$\frac{h}{l} = \frac{f}{d_э}$$, где l – диаметр экрана

$$\frac{h}{l} = \frac{F}{d_э - F}$$ $l \to 0$, тогда $d_э - F \to 0$, $d_э \to F$

Значит нужно поставить экран чуть левее фокуса слева

21200806 (U279009 M1268423)

Черновик



$$\mathcal{E}_и = -\Phi' = -BS' = -BL\vartheta_0$$

$$I = \frac{\mathcal{E}_и}{4R+R} = \frac{\mathcal{E}_и}{5R} = \frac{-BL\vartheta_0}{5R}$$

$$F_a = BIL\sin\alpha = \frac{B^2L^2\vartheta_0}{5R}$$

$$a_0 = \frac{2F_a}{m} = \frac{2B^2L^2\vartheta_0}{5mR}$$

$$\vartheta_{1к} = \vartheta_{2к} = \vartheta'$$

$$\frac{\cancel{m}}{2}(\vartheta' - 0) = \cancel{m}(\vartheta_0 - \vartheta')$$

$$\frac{\vartheta'}{2} = \vartheta_0 - \vartheta'$$

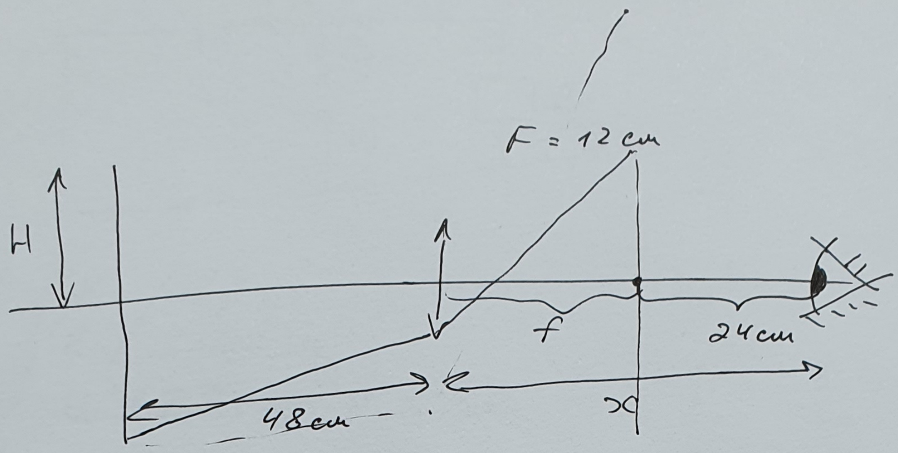
$$\frac{3\vartheta'}{2} = \vartheta_0 \qquad \vartheta' = \frac{2}{3}\vartheta_0$$

$$\frac{\frac{m}{2}\vartheta'^2}{2} + \frac{m\vartheta'^2}{2} = \frac{m\vartheta_0^2}{2}$$

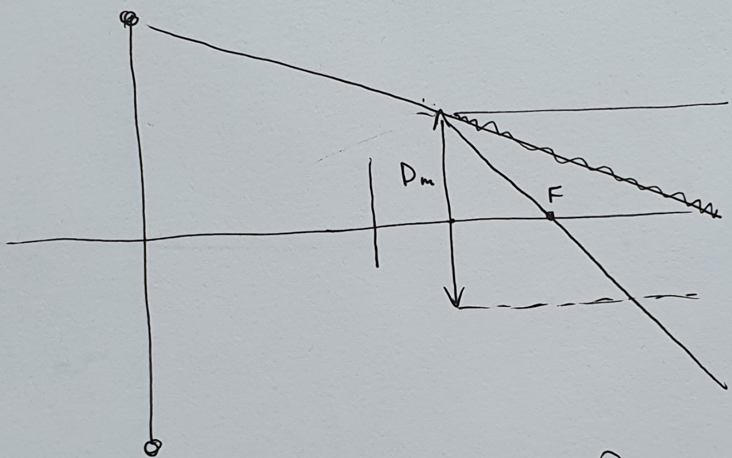
$$\cancel{m}\vartheta'\left(\frac{1}{2}\vartheta' + \vartheta'\right) = \cancel{m}\vartheta_0^2$$

$$\frac{3}{2}\vartheta'^2 = \vartheta_0^2$$

Черновик

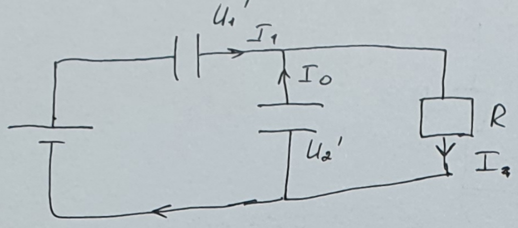


$$x = f + 24\text{ см}$$



$$D_m = H \cdot \frac{f}{d}$$

Черновик



$$\begin{cases} \mathcal{E} = U_1' + U_2' \\ \mathcal{E} = I_1 R + U_1' \\ \cancel{U_2' + I_1 R + 0 \quad U_2' = I_1 R} \end{cases}$$

$\cancel{U_2' = I_1 R = \mathcal{E}}$

$\frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} = \mathcal{E}$

$q_1 = \mathcal{E} C_1 - q_2 \frac{C_1}{C_2}$

$(q_1)' = (3 \mathcal{E} C - 3 q_2)'$

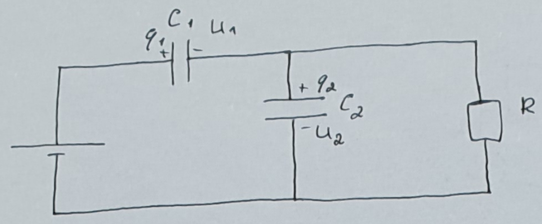
$I_1 = -3 I_0$

$I_0 + I_1 + I = 0$

$I = 0 - I_0 - I_1 = -I_0 + 3 I_0 = 2 I_0$

$U = 2 I_0 R$

Черновик



$C_1 = 3C$
$C_2 = C$

$q_2 - q_1 = 0 \qquad q_1 = q_2$

$$\frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} = \mathcal{E}$$

$$q_1 \frac{(C_1+C_2)}{C_1 C_2} = \mathcal{E}$$

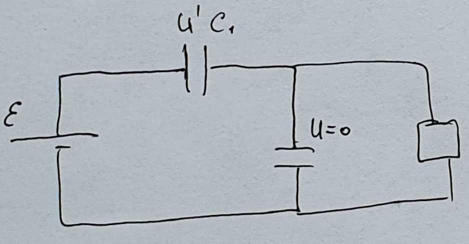
$$q_1 = \mathcal{E}\frac{C_1 C_2}{C_1+C_2}$$

$$U_1 = \mathcal{E}\frac{C_2}{C_1+C_2} \qquad U_2 = \mathcal{E}\frac{C_1}{C_1+C_2}$$

$$U_1 = \mathcal{E}\frac{C}{4C} = \frac{\mathcal{E}}{4}$$

$$U_2 = \frac{3\mathcal{E}}{4}$$

$$I = \frac{U_2}{R} = \frac{\mathcal{E} C_1}{R(C_1+C_2)} = \frac{3\mathcal{E}C}{R \cdot 4C} = \boxed{\frac{3\mathcal{E}}{4R}}$$



$\mathcal{E} = U' + 0$
$U' = \mathcal{E}$

$$W_H = \frac{C_1U_1^2}{2} + \frac{C_2U_2^2}{2} = \frac{3C\cdot\mathcal{E}^2}{2\cdot 16} + \frac{C\cdot 9\mathcal{E}^2}{2\cdot16} = \frac{\cancel{12}^{\cancel{6}\,3} C\mathcal{E}^2}{\cancel{32}_{\cancel{16}\,8}} = \frac{3}{8}C\mathcal{E}^2$$

$$W_K = \frac{C_1U'^2}{2} = \frac{3C\cdot\mathcal{E}^2}{2} = \frac{3}{2}C\mathcal{E}^2$$

$$W_K - W_H = A - Q$$

$$A = \mathcal{E}\,(C_1\mathcal{E} - C_1U_1 - C_2U_2) = \mathcal{E}\left(3C\mathcal{E} - \frac{3}{4}C\mathcal{E} - \frac{3}{4}C\mathcal{E}\right) =$$

$$= \mathcal{E}\left(\frac{12-6}{4}C\mathcal{E}\right) = 1{,}5\,C\mathcal{E}^2$$

$$Q = A - W_K + W_H = 1{,}5C\mathcal{E}^2 - 1{,}5C\mathcal{E}^2 + \frac{3}{8}C\mathcal{E}^2 = \boxed{\frac{3}{8}C\mathcal{E}^2}$$