Часть 1

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

Шифр: **21201591**

ID профиля: **376474**

Вариант 4

Задача 1.

Дано:

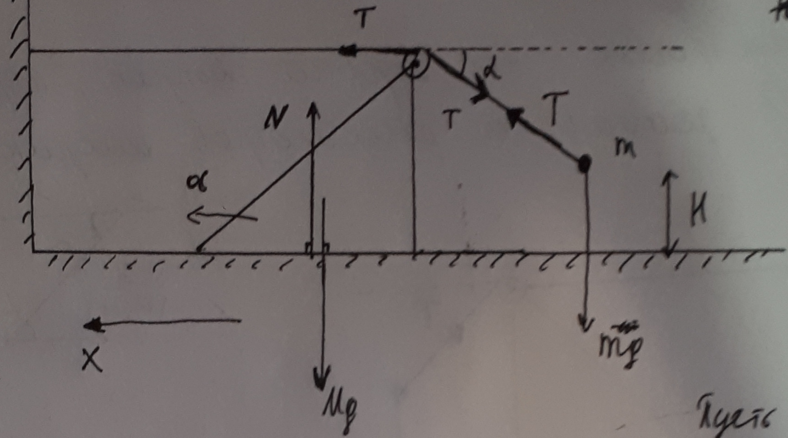
$\cos\alpha = \frac{8}{17}$;

H;

1) $\beta = ?$
2) $a = ?$
3) $\frac{m}{M} = ?$
4) $t = ?$

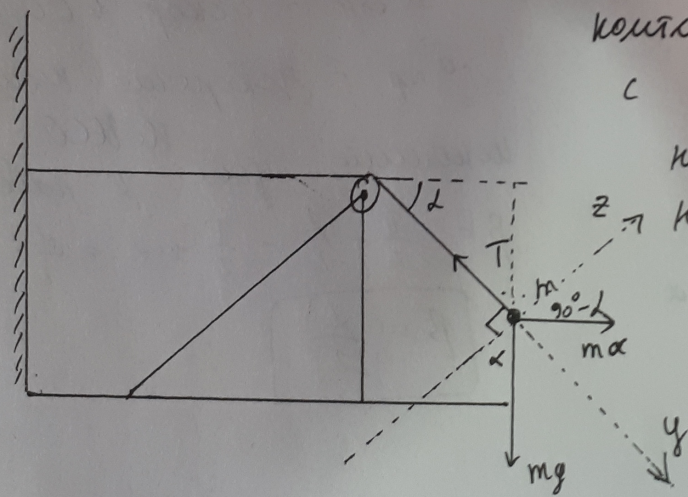
Решение:

СО земли:



1) Рассмотрим силы, действующие на клин и на шарик и отметим их на рисунке. Пусть масса клина M, а масса шарика m.

Пусть клин едет влево с ускорением a. Перейдём в систему отсчёта, связанную с клином: в этой системе отсчёта клин покоится, а стена едет вправо с ускорением a. Также на шарик действует дополнительная сила инерции ma, направленная вправо. Так как стена едет вправо с ускорением a, нить натянута и нерастяжима, то и сама нить „едет вдоль самой себя" с ускорением a. Причём оно всегда смотрит „вдоль нити", и сама нить по условию не меняет угол наклона к горизонту.



Напишем втор. зак. Ньютона для шара:

Oz: $ma\cos(90^\circ - \alpha) - mg\cos\alpha = 0$; $\Rightarrow ma\sin\alpha = mg\cos\alpha$.

$\Rightarrow a\sin\alpha = g\cos\alpha$.

$\Rightarrow \boxed{a = g\,\mathrm{ctg}\,\alpha} = const$.

(Чистовик стр2)

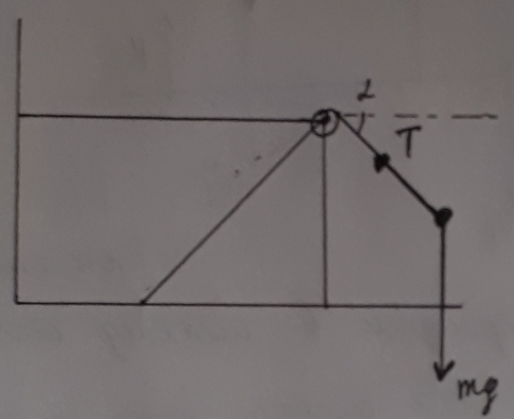
Теперь напишем 2ЗН для шарика в проекции на ось y:

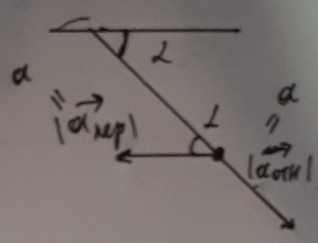
$mg\sin\alpha + ma\cos\alpha - T = ma; \quad \Rightarrow T = mg\sin\alpha + ma\cos\alpha - ma$

$a = g\,ctg\alpha$: $\quad T = mg\sin\alpha + mg\,ctg\alpha\cos\alpha - mg\,ctg\alpha.$

$$\boxed{T = mg(\sin\alpha + ctg\alpha\cos\alpha - ctg\alpha)}.$$

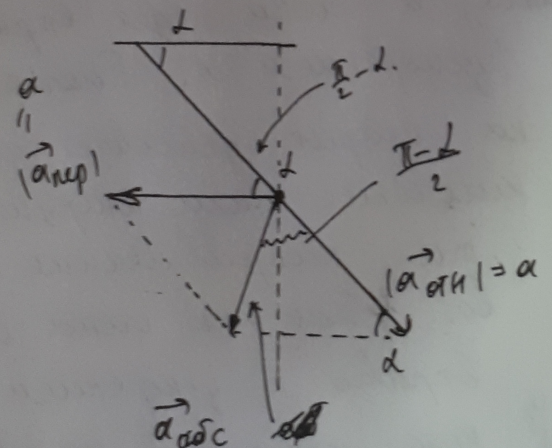
2) Дадим ответ на первый вопрос, перейдя обратно в СО земли и рассмотрев шарик:





Применим закон сложения ускорений: $\vec a_{абс} = \vec a_{отн} + \vec a_{пер}$

где $\vec a_{абс}$ – искомое ускорение в СО земли.
$\vec a_{отн}$ – ускор. в СО клина.
$\vec a_{пер}$ – ускорение нашей НеИСО.



Искомый угол β равен:

$\beta = \frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2} - \frac{\pi}{2} + \alpha = \frac{\alpha}{2}.$

$$\boxed{\beta = \frac{\alpha}{2}}$$

3) Найдём отношение масс: Запишем 2ЗН для клина в СО земли Ox: $T - T\cos\alpha = Ma$.

$T(1-\cos\alpha) = Ma$;

$mg(\sin\alpha + ctg\alpha\cos\alpha - ctg\alpha)(1-\cos\alpha) = Mg\,ctg\alpha.$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{m}{M} = \frac{ctg\alpha}{(\sin\alpha + ctg\alpha\cos\alpha - ctg\alpha)(1-\cos\alpha)}}$$

$\cos\alpha = \frac{8}{17}$; $\sin\alpha = \frac{15}{17}$; $\mathrm{ctg}\,\alpha = \frac{8\cdot 17}{17\cdot 15} = \frac{8}{15}$.

$$\frac{m}{M} = \frac{8}{15\left(\frac{15}{17} + \frac{8}{15}\cdot\frac{8}{17} - \frac{8}{15}\right)\left(1-\frac{8}{17}\right)} = \frac{8}{\left(\frac{15\cdot 15}{17} + \frac{8\cdot 8}{17} - 8\right)\cdot\frac{9}{17}}$$

$$\frac{m}{M} = \frac{8}{(17-8)\cdot\frac{9}{17}} = \frac{8\cdot 17}{9\cdot 9} = \frac{136}{81} ;$$

$a = g\,\mathrm{ctg}\,\alpha = g\cdot\frac{8}{15}$.

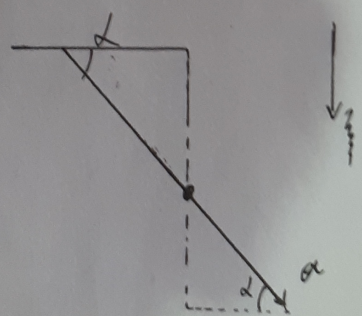
$\sin\beta = \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$; $\cancel{\cos\beta}$

$\cos\beta = \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$.

$$\cos\alpha = \cos\left(2\cdot\frac{\alpha}{2}\right) = 2\cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) - 1 \Rightarrow 2\cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 1 + \frac{8}{17} = \frac{25}{17}$$

$$\Rightarrow \cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{25}{17\cdot 2} \Rightarrow \boxed{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{5}{\sqrt{34}} = \cos\beta}$$

4). Найдём время. Будем рассуждать в СО клина:



В этой СО ускорение шарика a направлено вдоль нити. Проекция ускорения на ось ξ равна $a\sin\alpha = g\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}\cdot\sin\alpha =$

$= g\cos\alpha$.

$\Rightarrow H = \frac{g\cos\alpha\, t^2}{2}$ (т.к. начальной скорости нет).

$$\frac{2H}{g\cos\alpha} = t^2 \Rightarrow \boxed{t = \sqrt{\frac{2H}{g\cos\alpha}}} ; \quad t = \sqrt{\frac{2H\cdot 17}{g\cdot 8}} = \sqrt{\frac{H\cdot 17}{4g}}$$

Ответ:

1) $\beta = \frac{\alpha}{2}$; $\cos\beta = \frac{5}{\sqrt{34}}$

2) $a = g\,\mathrm{ctg}\,\alpha = g\cdot\frac{8}{15}$

3) $\frac{m}{M} = \frac{\mathrm{ctg}\,\alpha}{(\sin\alpha + \mathrm{ctg}\,\alpha\cos\alpha - \mathrm{ctg}\,\alpha)(1-\cos\alpha)} = \frac{136}{81}$.

4) $t = \sqrt{\frac{2H}{g\cos\alpha}} = \sqrt{\frac{17H}{g}}\cdot\frac{1}{2}$

Задача 2.

Дано:

Не; $i=3$;

ν; T_0;

$c(T) = \frac{9}{5} R \frac{T}{T_0}$

1) $Q_1 = ?$

2) $T_1 = ?$

3) $A_{max} = ?$

Решение:

1) Найдём Q_1, кол-во теплоты, которое отдаст газ при ум-ии темп. от T_0 до $\frac{3}{4} T_0$.

$$\delta Q = \nu c(T)\, dT = \nu \frac{9}{5} R \frac{T}{T_0}\, dT$$

$$\Rightarrow \quad Q = \int_{T_{нач}}^{T_{кон}} \nu \cdot \frac{9}{5} R \frac{T}{T_0}\, dT = \frac{9}{5} \frac{R\nu}{T_0} \int_{T_{нач}}^{T_{кон}} T\, dT$$

$$\boxed{Q = \frac{9\nu R}{5 T_0} \cdot \frac{T_{кон}^2 - T_{нач}^2}{2}}.$$

от T_0 до $\frac{3}{4} T_0$: $\quad -Q_1 = \frac{9\nu R}{5 T_0} \cdot \frac{\left(\frac{9}{16} - 1\right) T_0^2}{2}$;

$$-Q_1 = -\frac{9\nu R T_0}{10} \cdot \frac{7}{16} = -\frac{63 \nu R T_0}{160} \quad \Rightarrow \quad \boxed{Q_1 = \frac{63 \nu R T_0}{160}}.$$

2) Запишем первое начало термодинамики:

$$Q = A + \Delta U \quad \Rightarrow \quad A = Q - \Delta U; \qquad \Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_{кон} - T_{нач}).$$

$$\Rightarrow A = \frac{9\nu R}{10 T_0} (\underbrace{T_{кон}^2 - T_{нач}^2}_{\Delta T}) - \frac{3}{2} \nu R (\underbrace{T_{кон} - T_{нач}}_{\Delta T}).$$

$\cancel{A = \frac{9\nu R}{10 T_0} (\Delta T)^2}$

$T_{нач} = T_0$:

$$A = \frac{9\nu R}{10 T_0} T_{кон}^2 - \frac{9\nu R T_0}{10} - \frac{3}{2} \nu R T_{кон} + \frac{3}{2} \nu R T_0$$

$$\boxed{A = \frac{9\nu R T_{кон}^2}{10 T_0} - \frac{3}{2} \nu R T_{кон} + \frac{6 \nu R T_0}{10}}$$

Чистовик стр 5

как видно работа - квадратичная функция от $T_{кон}$. $\Rightarrow$ минимум при $T_{кон} = T_{вершины} = T_1$ (вершина параболы).

$$A = \nu R \left(\frac{9T_{кон}^2}{10T_0} - \frac{3}{2}T_{кон} + \frac{6T_0}{10} \right);$$

$$\boxed{T_{вершины} = \frac{3 \cdot 10T_0}{2 \cdot 2 \cdot 9} = \frac{T_0 \cdot 5}{3 \cdot 2} = \frac{5T_0}{6} = T_1}$$

$$A_{min} = \nu R \left(\frac{9 \cdot 25\, T_0}{36 \cdot 10} - \frac{3}{2} \cdot \frac{5T_0}{6} + \frac{6T_0}{10} \right);$$

$$A_{min} = \nu R \left(\frac{3 \cdot 25T_0}{12 \cdot 10} - \frac{3 \cdot 5T_0}{12} + \frac{6T_0}{10} \right);$$

$$A_{min} = \nu R T_0 \left(\frac{3 \cdot 25 - 15 \cdot 10 + 6 \cdot 12}{12 \cdot 10} \right) = \left(\frac{75 - 150 + 72}{12 \cdot 10} \right) \nu R T_0.$$

$3 \cdot 25 = 75$;
$6 \cdot 12 = 72$

$$\boxed{A_{min} = -\frac{3}{12 \cdot 10}\nu R T_0 = -\frac{\nu R T_0}{40}}.$$

Ответ:

1) $Q_1 = \dfrac{63 \nu R T_0}{160}$

2) $T_1 = \dfrac{5T_0}{6}$

3) $A_{min} = -\dfrac{\nu R T_0}{40}$

21201591 (U376474 M1269956)

Часть 2

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

Шифр: **21201591**

ID профиля: **376474**

Вариант 4

Задача 3.

Дано:

$C_2 = C$;

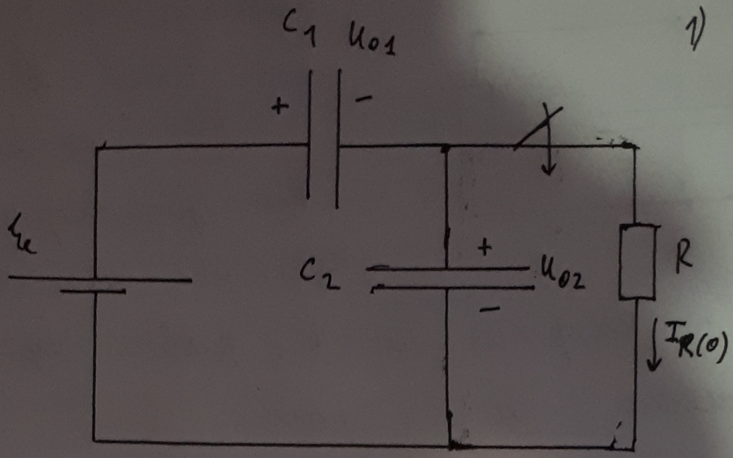
$C_1 = 5C$;

1) $I_R(0) = ?$

2) $Q = ?$

3) $I_R(\tau) = ?$ если ток через C_2 равен I_0

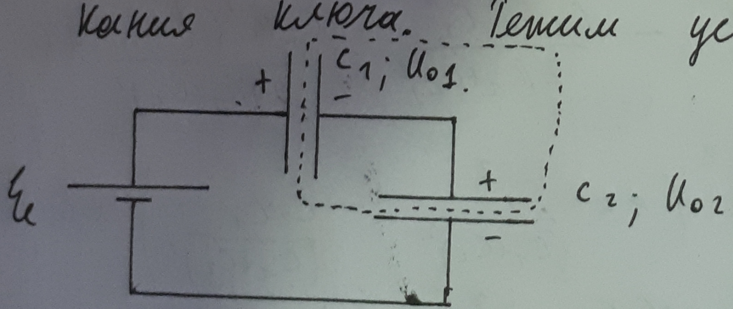
Решение:



1) Рассмотрим цепь сразу после замыкания ключа. Сразу после заряд на конденсаторах скачком не изменился и остался прежним $\Rightarrow$ напряжения на конденсаторах остались прежними и они равны U_{01} и U_{02}. Значит ток через резистор R будет выражаться как:

$$\boxed{I_R(0) = \frac{U_{02}}{R}}$$

2) Найдём U_{01} и U_{02}: Рассмотрим цепь до замыкания ключа. Режим установ-ся, токов нет.



Второе правило Кирхгофа:

$$\mathcal{E} = U_{01} + U_{02};$$

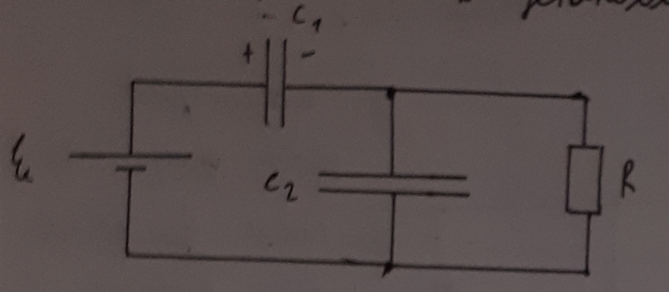
Закон сохранения заряда для области : $-C_1 U_{01} + C_2 U_{02} = 0$.

$$\Rightarrow C_1 U_{01} = C_2 U_{02} \Rightarrow U_{01} = \frac{C_2 U_{02}}{C_1}; \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{C_2 U_{02}}{C_1} + U_{02}$$

$$\mathcal{E} = \frac{U_{02}(C_1 + C_2)}{C_1} \Rightarrow \boxed{U_{02} = \frac{\mathcal{E} C_1}{C_1 + C_2}} \Rightarrow \boxed{I_{R(0)} = \frac{\mathcal{E} C_1}{(C_1 + C_2) R}}$$

Чистовик стр2

3) Найдём кол-во теплоты: Рассмотрим цепь в уст. режиме: В установившемся режиме токи через конденсаторы не текут.



$\Rightarrow$ токов в цепи вообще нет. $\Rightarrow$ напряжение на резисторе равно нулю, но оно же напряжение на C_2 $\Rightarrow$ напр-ие на C_2 равно нулю.

$\Rightarrow$ напряжение на C_1 равно $\mathcal{E}$

ЗСЭ от момента замыкания до уст. реж:

$A_{ист} = \Delta W + Q$; $\quad A_{ист} = q_{ист}\mathcal{E}$; $\quad q_{ист} = \mathcal{E} C_1 - C_1 U_{01}$

$$\Delta W = \frac{C_1\mathcal{E}^2}{2} - \frac{C_1 U_{01}^2}{2} - \frac{C_2 U_{02}^2}{2}$$

$$\Rightarrow \mathcal{E}(\mathcal{E}C_1 - C_1 U_{01}) = \frac{C_1\mathcal{E}^2}{2} - \frac{C_1 U_{01}^2}{2} - \frac{C_2 U_{02}^2}{2} + Q$$

$$U_{01} = \frac{\mathcal{E}C_2}{C_1+C_2}; \quad U_{02} = \frac{\mathcal{E}C_1}{C_1+C_2};$$

$$\mathcal{E}\left(\mathcal{E}C_1 - \frac{C_1 C_2 \mathcal{E}}{C_1+C_2}\right) = \frac{C_1\mathcal{E}^2}{2} - \frac{C_1\mathcal{E}^2 C_2^2}{2(C_1+C_2)^2} - \frac{C_2\mathcal{E}^2 C_1^2}{2(C_1+C_2)^2} + Q.$$

$$\mathcal{E}^2 C_1\left(1 - \frac{C_2}{C_1+C_2}\right) = \frac{C_1\mathcal{E}^2}{2}\left(1 - \frac{C_2^2}{(C_1+C_2)^2} - \frac{C_2 C_1}{(C_1+C_2)^2}\right) + Q$$

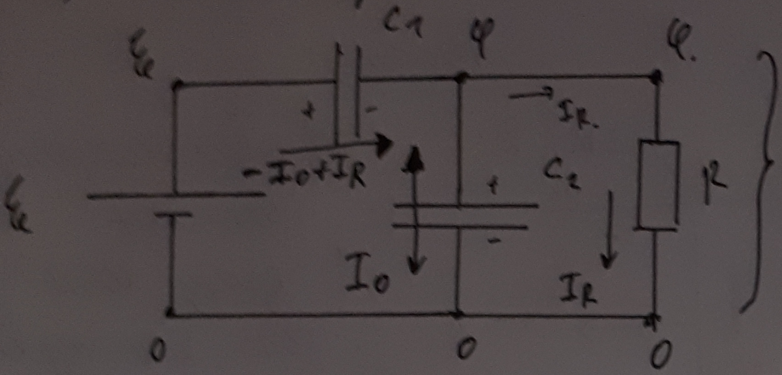
$$\frac{\mathcal{E}^2 C_1^2}{C_1+C_2} = \frac{C_1\mathcal{E}^2}{2}\frac{(C_1^2 + C_2^2 + 2C_1C_2 - C_2^2 - C_2C_1)}{(C_1+C_2)^2} + Q.$$

$$\frac{\mathcal{E}^2 C_1^2}{(C_1+C_2)} = \frac{C_1^2\mathcal{E}^2}{2}\frac{(C_1+C_2)}{(C_1+C_2)^2} + Q = \frac{C_1^2\mathcal{E}^2}{2(C_1+C_2)} + Q.$$

$$\Rightarrow \boxed{Q = \frac{C_1^2\mathcal{E}^2}{2(C_1+C_2)}}$$

Чистовик стр3

4) Рассмотрим цепь когда ток через C_2 равен I_0:



метод потенциалов.

$R I_R = \varphi$;

$I_0 = -C_2 \dot{\varphi}$; $\Rightarrow -\dot{\varphi} = \frac{I_0}{C_2}$.

$-I_0 + I_R = C_1(\dot{\mathcal{E}_e} - \dot{\varphi}) = -C_1 \dot{\varphi}$

$\Rightarrow -I_0 + I_R = +C_1 \cdot \frac{I_0}{C_2}$ $\Rightarrow$ $\cancel{I_R = I_0 +}$

$I_R = +I_0 + \frac{C_1 I_0}{C_2}$

$\Rightarrow \boxed{I_R = \frac{I_0(C_2+C_1)}{C_2}}$

Ответ: 1) $I_R(0) = \frac{\mathcal{E}_e C_1}{(C_1+C_2)R} = \frac{\mathcal{E}_e 5C}{(5C+C)R} = \frac{5\mathcal{E}_e}{6R}$.

2) $Q = \frac{C_1^2 \mathcal{E}_e^2}{2(C_1+C_2)} = \frac{25C^2\mathcal{E}_e^2}{2\cdot 6C} = \frac{25C\mathcal{E}_e^2}{12}$.

3) $I_R = \frac{I_0(C_2+C_1)}{C_2} = \frac{I_0(C+5C)}{C} = 6I_0$.

21201591 (U376474 M1269957)

(Чистовик стр5)

Также ~~[illegible]~~ отметим, что изменение расстояния между перемычками равно $(v_1 - v_2)dt$ за малое dt (связано с относительной скоростью).

$\Rightarrow \quad dl = (v_1 - v_2)dt.$

ЗСИ от начала до уст. скоростей: в конце скорости перемычек должны быть одинаковы, т.к. именно тогда не будет $E_{инд}$.

Ox: $2mv_0 = 2mv_{кон} + \frac{m}{2}v_{кон} = \frac{5m}{2}v_{кон}$

$\Rightarrow \quad 2v_0 = \frac{5}{2}v_{кон} \quad \Rightarrow \quad \boxed{v_{кон} = \frac{4v_0}{5}.}$

Ответ: 1) $a_1 = \frac{B^2l^2v_0}{12mR}.$

2) $v_{кон} = \frac{4v_0}{5}.$

(Чистовик, стр 6)

Задача 5.

Дано:

$F = 24$ см;

$H = 9$ см;

$d = 96$ см $= 4F$;

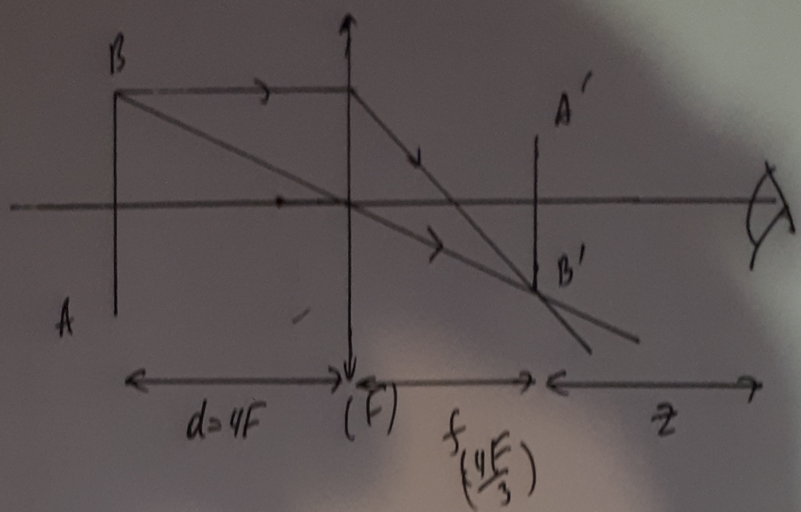
$z = 24$ см;

1) $x = ?$

2) $D_м = ?$

3) $l = ?$

Решение:



1) Найдём, где находится изображение циферблата: $d > 2F$: И: действ, перев, уменьш.

Ф-ла тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{4F} + \frac{1}{f} \Rightarrow \boxed{f = \frac{4F}{3}} = \frac{4 \cdot 24}{3} = 32 \text{ см}.$$

Глаз аккомодирован на расстояние z

$$\Rightarrow \boxed{x = f + z = 32 \text{ см} + 24 \text{ см} = 56 \text{ см}}.$$

2) Чтобы увидеть изображение циферблата целиком нужно, чтобы размер линзы хотя бы совпадал с размером изображения

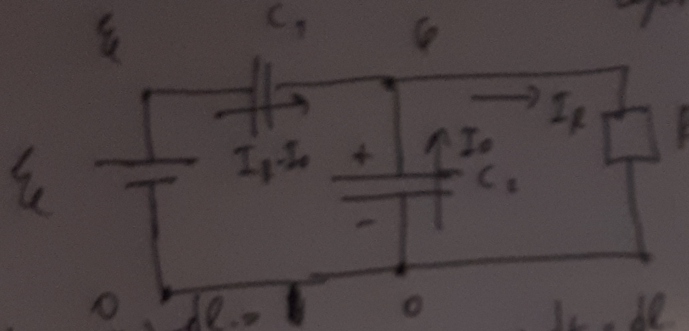
$$Г = \frac{f}{d}; \quad \Rightarrow A'B' = Г \cdot H = D_м = \frac{4F}{3 \cdot 4F} \cdot H = \frac{H}{3}.$$

$$\boxed{D_м = \frac{H}{3} = 3 \text{ см}}.$$

Ответ: 2) $D_м = \frac{H}{3} = 3$ см

1) $x = 56$ см

Черновик. $dv_2 = \frac{2BIL}{m}\frac{dl}{v_1-v_2}$



$I_0 = -C_2\dot\varphi$; $\Rightarrow -\dot\varphi = \frac{I_0}{C_2}$

$I_R - I_0 = -C_1\dot\varphi$ $(v_1 - v_2)$

$I_R - I_0 = \frac{C_1 I_0}{C_2}$ $v_1 dv_1 - v_2 dv_2 = \frac{2BIL}{m}dl$

$I_R = \frac{C_1 I_0}{C_2} + I_0$

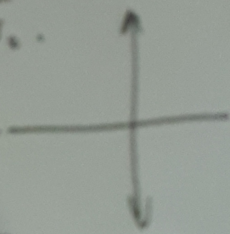
$dt = \frac{dl}{v_1 - v_2}$

$dt(v_1 - v_2) = dl$

$(v_1 - v_2)dt = dl$

$q = C_1\varphi$

v_1 a dt



$a = \frac{BIL}{2m} = \frac{dv_1}{dt}$

$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{BLvdt}{dt} = BLv = BvL$

$dv_1 = \frac{BIL}{2m}dt$ vdt

$\frac{dl}{dt} = (v_1 - v_2)$

F_A v_1 a F_A ~~$v_1 dt$~~

$\varepsilon_{инд} = B(v_1 - v_2)L$

$\varepsilon_{инд}dt = d\Phi$

dl

$\varepsilon_{инд}dt = LB(v_1 - v_2)dt = d\Phi$

СО ц.м.

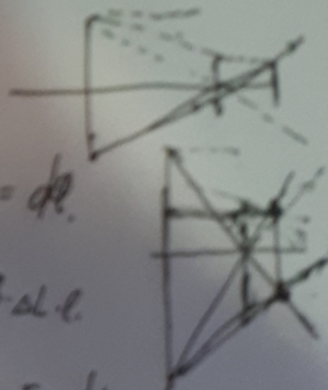
$\Phi = B\Delta l\, l$

$LB\Delta l = \Delta\Phi$

$v_0/2$ $v_0/2$

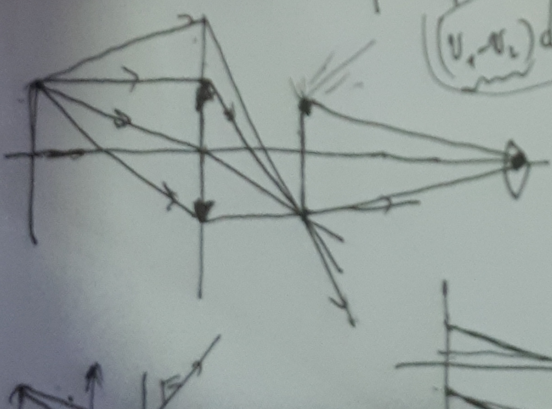
$dv_1 = \frac{BIL}{2m}\cdot\frac{dl}{v_1 - v_2}$

$\frac{dv_1}{dt} = -\frac{F_A dt}{2m}$; $\frac{dv_2}{dt} = \frac{2F_A dt}{m}$



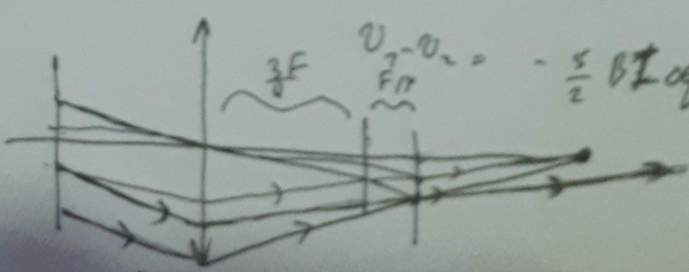
$(v_1 - v_2)dt = dl$

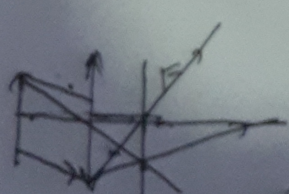
$\frac{d(v_1 - v_2)}{dt} = -\frac{F_A}{2m} - \frac{2F_A}{m} = -\frac{5F_A}{2m}$



$d(v_1 - v_2) = -\frac{5F_A dt}{2m} = -\frac{5BIL\,dt}{2m}$

$v_1 - v_2 = -\frac{5}{2}BLq$





$\delta A = 2m v_1 dv_1$

$\delta A = 2\cdot\frac{m}{2}v_2 dv_2$

$S_1 - S_2 = \Delta l$

$v_1 - v_2 = -\frac{5}{2}BLq$

21201591 (U376474 MI269957)

(Чистовик стр 4)

Задача 4.

Дано:

B; L;

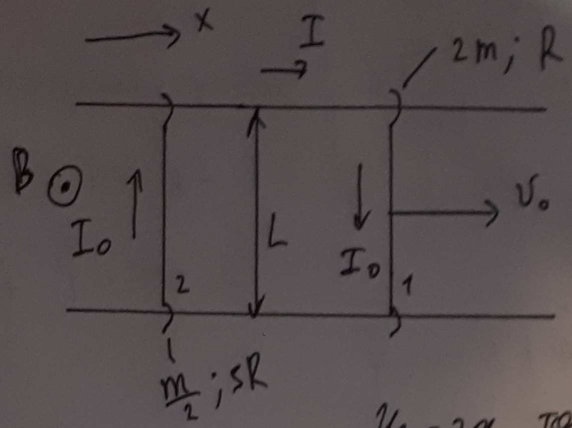
$2m$; R;

v_0;

1) $a_1 = ?$

2) скорости $= ?$

3) $\Delta l = ?$



Решение:

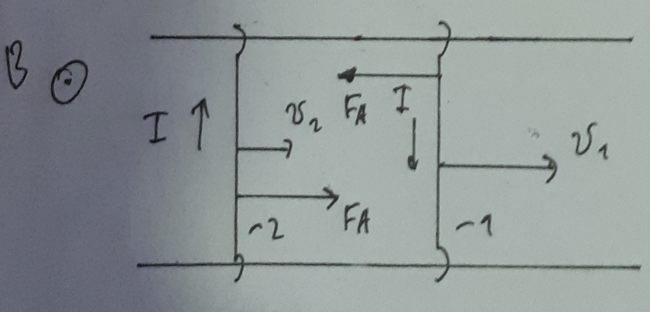
1) Рассмотрим систему сразу после того, как первой перемычке сообщили скорость v_0.

Из-за того, что первая перемычка приобрела скорость в контуре возникает $\mathcal{E}_{инд}$; $\mathcal{E}_{инд} = B v_0 L$.

И через проводники начинает течь ток $I_0 = \dfrac{\mathcal{E}_{инд}}{R + 5R} = \dfrac{B v_0 L}{6R}$; На первый проводник (перемычку) действует сила Ампера: $F_A = B I_0 L = \dfrac{BL \cdot BL v_0}{6R} = \dfrac{B^2 L^2 v_0}{6R}$.

$F_A = 2m a_1 \Rightarrow$ $\boxed{a_1 = \dfrac{B^2 L^2 v_0}{2m \cdot 6R} = \dfrac{B^2 L^2 v_0}{12 mR}}$.

2) Рассмотрим систему в произвольный момент времени: На перемычки действуют силы ампера, они равны по ~~направ~~ модулю и противоположны по направлению.



Значит для системы „две перемычки" работает зак. сохр. импульса.