Часть 1

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

Шифр: **21200883**

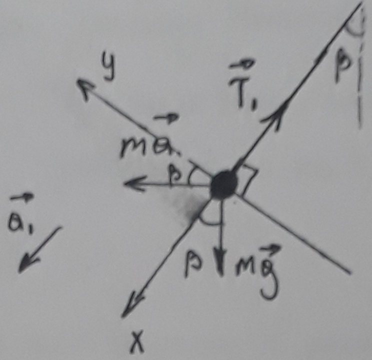
ID профиля: **370757**

Вариант 6

Чистовик

№1

1) Рассмотрим силы, действующие на шарик в системе отсчёта, связанной с клином:



Из условия следует, что шарик имеет один и тот же угол наклона β (к вертикали) на ~~протяжении~~ всего движения =>

ускорение шарика a_1 относительно клина всё время направлено вдоль нити ($\vec{a}_1 \parallel \vec{T}_1$)

T_1 - сила натяжения нити, действующая на шарик.

Тогда в проекциях на Oy по 2-ому закону Ньютона:

$ma\cos\beta - mg\sin\beta = 0$; $a = g\,tg\beta$, где a - ускорение клина.

$1 + tg^2\beta = \frac{1}{\cos^2\beta}$; $tg\beta = \sqrt{\frac{1-\cos^2\beta}{\cos^2\beta}} = \sqrt{\frac{1-\frac{144}{169}}{\frac{144}{169}}} = \sqrt{\frac{\frac{25}{169}}{\frac{144}{169}}} = \sqrt{\frac{25}{144}} = \frac{5}{12}$

$a = 10\,м/с^2 \cdot \frac{5}{12} = \frac{25}{6}\,м/с^2$

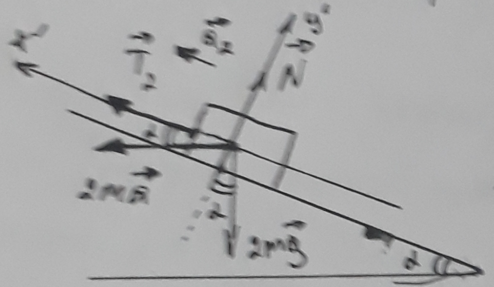
2) ~~Рассм~~ По 2-ому закону Ньютона для шарика в проекциях на Ox: $ma\sin\beta + mg\cos\beta - T_1 = ma_1$ (предположим, что $\vec{a}_1 \uparrow\downarrow \vec{T}_1$)

$T_1 = ma\sin\beta + mg\cos\beta - ma_1$

1

Чистовик (№1)

Рассмотрим силы, действующие на брусок в системе отсчёта, связанной с клином:



a_2 - искомое ускорение бруска относительно клина.

Так как нить лёгкая и нерастяжимая, то: а) по 3-ему закону Ньютона:

$T = T_1 = T_2$; T_2 - сила натяжения нити, действующая на брусок.

б) $a_1 = a_2 = a'$.

Запишем 2-ой закон Ньютона для бруска в проекциях на Ox': $T_2 + 2ma\cos\alpha - 2mg\sin\alpha = 2ma_2$

(По аналогичным рассуждениям $\vec a_2 \parallel \vec T$ и предположим, что $\vec a_2 \uparrow\uparrow \vec T$)

Подставляем в это ур-е найденное значение T_1:

$$ma\sin\beta + mg\cos\beta - ma_1 + 2ma\cos\alpha - 2mg\sin\alpha = 2ma_2$$

$$a\sin\beta + g\cos\beta + 2a\cos\alpha - 2g\sin\alpha = 3a'$$

$$a' = \frac{a(\sin\beta + 2\cos\alpha) + g(\cos\beta - 2\sin\alpha)}{3}$$

$$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \sqrt{1-\frac{16}{25}} = \frac{3}{5}\ ;\ \sin\beta = \sqrt{1-\frac{144}{169}} = \frac{5}{13}$$

$$a' = \frac{\frac{25}{6}\cdot\left(\frac{5}{13} + 2\cdot\frac{4}{5}\right) + 10\left(\frac{12}{13} - 2\cdot\frac{3}{5}\right)}{3} = \frac{\frac{25}{6}\cdot\frac{(25+104)}{5\cdot 13} + 10\cdot\frac{60-78}{5\cdot 13}}{3} =$$

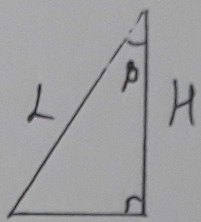
$$= \frac{\frac{5}{6}\cdot\frac{129}{13} - \frac{2\cdot 18}{13}}{3} = \frac{5\cdot 43}{26} - \frac{72}{26} = \frac{215-72}{26\cdot 3} = \frac{143}{78} = \frac{11}{6}\ (м/с^2)$$

Чистовик (№ 1)

3) В системе отсчёта, связанной с клином шарик тоже движется с ускорением $a' = \frac{11}{6}$ м/с²

Из условия задачи =>

что шарику нужно пройти путь $L = \frac{H}{\cos\beta}$



так как $a' = const$, то по формулам равноускоренного движения: $L = V_0 t + \frac{a' t^2}{2}$, где V_0 - начальная скорость шарика

t - искомое время.

(Из условия $V_0 = 0$ м/с)

$$L = \frac{a' t^2}{2} \; ; \; t^2 = \frac{2L}{a'} = \frac{2H}{a' \cos\beta} \; ; \; t = \sqrt{\frac{2H}{a' \cos\beta}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2H}{\frac{11}{6} \cdot \frac{12}{13}}} = \sqrt{\frac{13H}{11}} \text{ (с)}$$

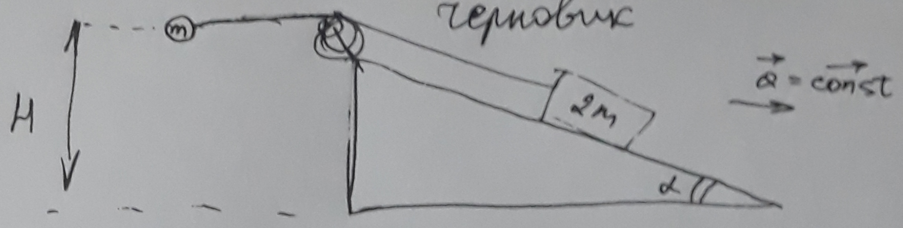
Ответ: 1) $a = g \frac{\sqrt{1-\cos^2\beta}}{\cos\beta}$; $a = \frac{25}{6}$ м/с²

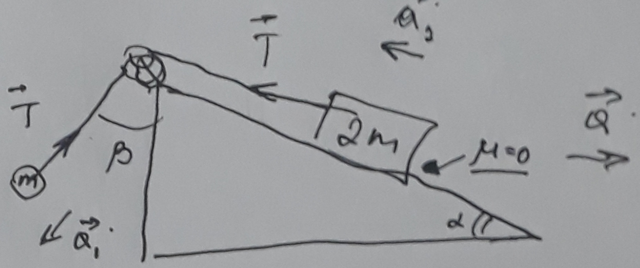
2) $a' = \frac{11}{6}$ м/с² ; $a' = \frac{a(\sqrt{1-\cos^2\beta} + 2\cos\alpha) + g(\cos\beta - 2\sqrt{1-\cos^2\alpha})}{3}$

3) $t = \sqrt{\frac{2H}{a' \cos\beta}}$; $t = \sqrt{\frac{13H}{11}}$ с.

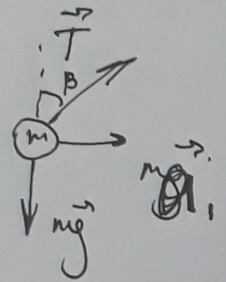
21200883 (U370757 M1268402)

черновик

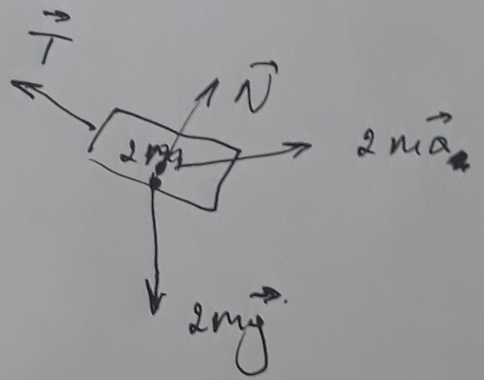


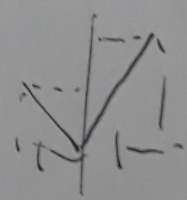


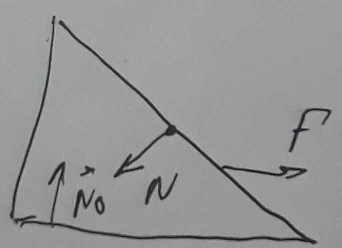
$1 + tg^2\beta = \frac{1}{\cos^2\beta}$

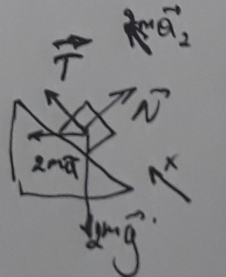


$169 - 144 = 25 = \frac{5}{13}$



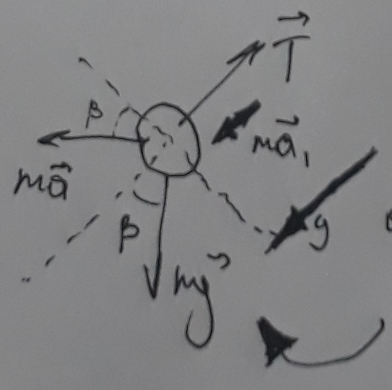






ox: $T + 2ma\cos\alpha -$
$- 2mg\sin\alpha = 2ma_2$

$a_1 = a_2$



oy: $-T + mg\cos\beta + ma\sin\beta = m a_1$

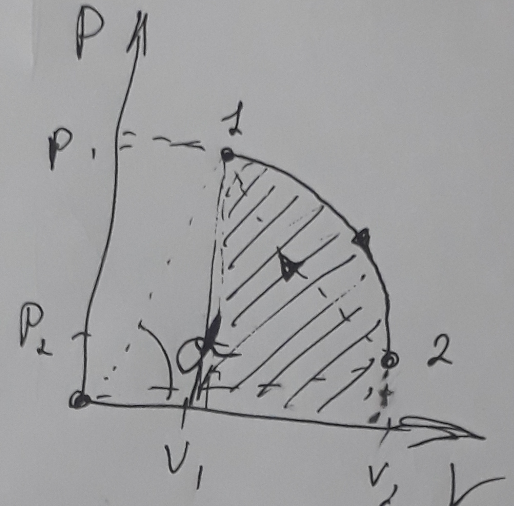
$ma\cos\beta = mg\sin\beta$

$a = g\,tg\beta$

Черновик

$i = 5$

$C_V = \frac{5}{2}R$



$\alpha = 90^\circ - 22{,}5^\circ - 15^\circ = 90^\circ - 37{,}5^\circ = 52{,}5^\circ$

$A = P_2V_2 - P_1V_1 = \nu R T_2 - \nu R T_1 = \nu R(T_2 - T_1) = S_{гр.}$

$Q_{121} = Q_{12} = A_{12} + \Delta u_{12} = A_{121} = A_{12} + A_{21}$ $\quad Q = \nu C T$

$0 = Q_{21} = A_{21} + \Delta u_{21} = A_{21} - \Delta u_{12}$

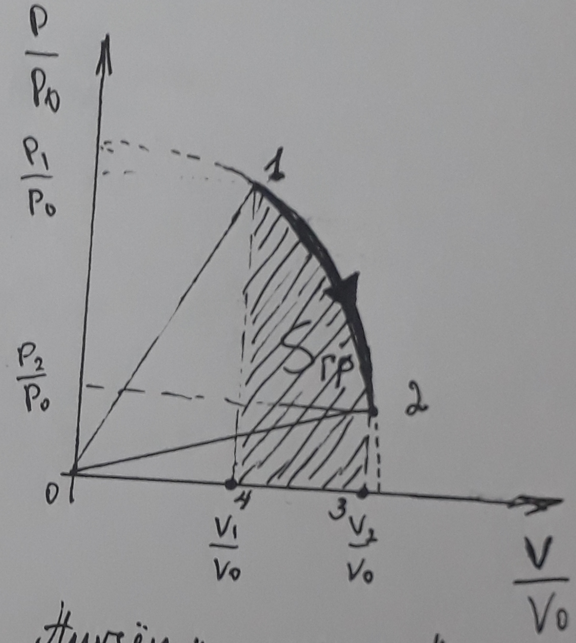
$\sum P(V)\Delta V = \frac{P_2^2}{2} - \frac{P_1^2}{2}.$

$A = \Delta u$

Чистовик

№ 2.

Найдём работу, совершённую газом в процессе 1-2, для этого найдём площадь под графиком, т.к. $A = S_{гр}$.



Пусть $O1 = R$, тогда

$$S_{гр} = S_{O12} + S_{O23} - S_{O14}$$

$$S_{O12} = \frac{180^\circ R^2}{360^\circ} \cdot (90^\circ - 22{,}5^\circ - 15^\circ) = \frac{R^2}{2} \cdot 52{,}5$$

$$= \frac{\pi R^2}{2\pi} \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{8} - \frac{\pi}{12}\right) = \frac{R^2}{2} \cdot \frac{8\pi - 3\pi - 2\pi}{24} = \frac{3R^2}{2 \cdot 24} = \frac{R^2}{16}$$

$$S_{O23} = \frac{1}{2} \frac{P_2}{P_0} \cdot \frac{V_2}{V_0} \quad ; \quad S_{O14} = \frac{1}{2} \frac{P_1}{P_0} \cdot \frac{V_1}{V_0}$$

$$S_{гр} = A = \frac{R^2}{16} + \frac{P_2 V_2}{2P_0 V_0} - \frac{P_1 V_1}{2P_0 V_0}$$

По ур-ю Клапейрона-Менделеева:

$P_1 V_1 = \nu R T_1$; $P_2 V_2 = \nu R T_2$, где

ν – кол-во вещества газа.

Причём из теоремы Пифагора:

$$\left.\begin{aligned} R^2 &= \frac{P_1^2}{P_0^2} + \frac{V_1^2}{V_0^2} \\ R^2 &= \frac{P_2^2}{P_0^2} + \frac{V_2^2}{V_0^2} \end{aligned}\right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{P_1^2}{P_0^2} + \frac{V_1^2}{V_0^2} = \frac{P_2^2}{P_0^2} + \frac{V_2^2}{V_0^2}$$

$$R^2 = \frac{P_1^2}{2P_0^2} + \frac{V_1^2}{2V_0^2} + \frac{P_2^2}{2P_0^2} + \frac{V_2^2}{2V_0^2}$$

$$\Downarrow$$

$$S_{гр} = \frac{P_2}{4P_0}\left(\frac{P_2}{8P_0} + \frac{V_2}{V_0}\right) + \frac{P_1}{4P_0}\left(\frac{P_1}{8P_0} - \frac{V_1}{V_0}\right) +$$

$$+ \frac{V_2}{4V_0}\left(\frac{V_2}{8V_0} + \frac{P_2}{P_0}\right) + \frac{V_1}{4V_0}\left(\frac{V_1}{8V_0} - \frac{P_1}{P_0}\right)$$

Чистовик (№2)

Из условия задачи $\Rightarrow Q_{21} = 0$, тогда по первому началу термодинамики: $Q_{21} = A_{21} + \Delta U_{21}$

$A_{21} = -\Delta U_{21}$

Так как процесс циклический, то $\Delta U_{121} = 0$

$\Delta U_{121} = \Delta U_{12} + \Delta U_{21} \Rightarrow \Delta U_{12} = -\Delta U_{21} = A_{21}$

Т.к. процесс $\overset{2-1}{-}$ ~~неравно~~ весный $\Rightarrow T_2 = T_1 \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = 1$

$\Downarrow$

$A_{21} = -\Delta U_{21} = -\nu R(T_1 - T_2) = 0$

$\Downarrow$

$\cancel{Q_{12} = \Delta U_{21}}$

3) т.к. $A_{21} = 0 \Rightarrow \frac{A_{12}}{A_{121}} = 1$

Ответ: 1) $\frac{T_1}{T_2} = 1$.

3) $= 1$.

5

21200883 (U370757 M1268402)

Часть 2

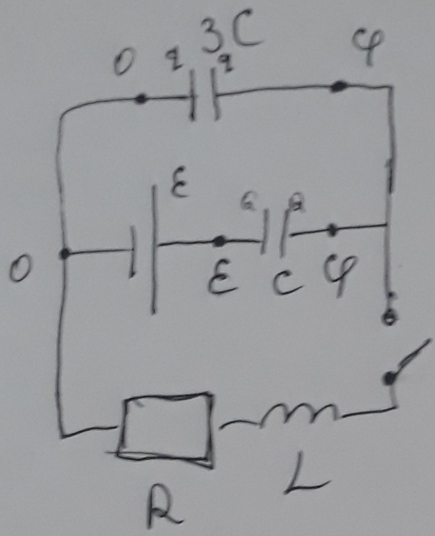
Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21200883**

ID профиля: **370757**

Вариант 6

Черновик.



$$q = 3C\varphi$$

$$Q = C(\varepsilon - \varphi)$$

$$3C\varphi + C\varepsilon + C\varphi = 0$$

$$2C\varphi = -C\varepsilon$$

$$\varphi = -\frac{\varepsilon}{2}$$

$$\left(-\frac{\varepsilon}{2} - 0\right)\cdot 3C = q$$

$$-\frac{3}{2}\varepsilon C = q$$

$$\varepsilon + \frac{1}{2}\varepsilon C = Q = \frac{3}{2}\varepsilon C$$

$F_A = BIl$

$v = v_0 + a\Delta t$

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

$$\varepsilon = L\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right) = LI'$$

$$I' = \frac{\varepsilon}{L}$$

$v = v_0 + a\Delta t$

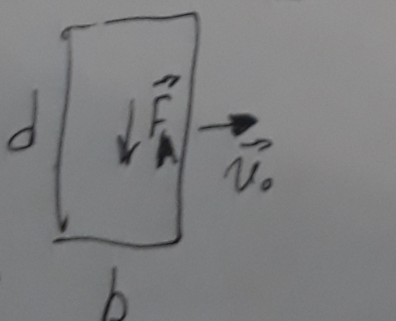
$Q = IUt$

$A = \Delta\varphi\, \Delta q$ $\quad \sum \Delta q = q$

$\sum = v\Delta q$

$v_0 = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

$a = \frac{B^2 d^2 (\Delta x)}{mR\Delta t}$ $a\Delta t$.



$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$

$$\varepsilon = L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$RI = U$

$F_A = B\cdot I\cdot l$

$$\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = B\frac{\Delta S}{\Delta t} = Bv_0 = IR$$

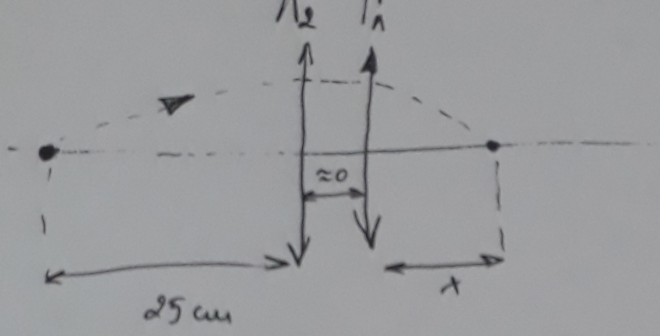
$S_{max} = b\cdot d$. $\quad \Delta S = v_0 \Delta t$. $\quad I = \frac{Bv_0}{R}$

21200883 (U370757 M1268403)

Черновик.

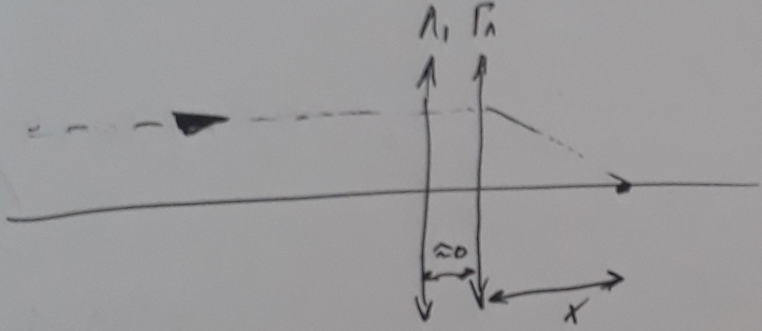
$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{7}{3}$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{7}{3}$$



$$D_2 + D = \frac{1}{25} + \frac{1}{x}$$

$$D_1 + D = \frac{1}{\approx\infty} + \frac{1}{x} = 0 + \frac{1}{x} = \frac{1}{x}$$



$$D_2 - D_1 = \frac{1}{25}$$

$$-\frac{4}{3} D_2 = \frac{1}{25}$$

$$D_2 = -\frac{3}{100} \text{ дптр}$$

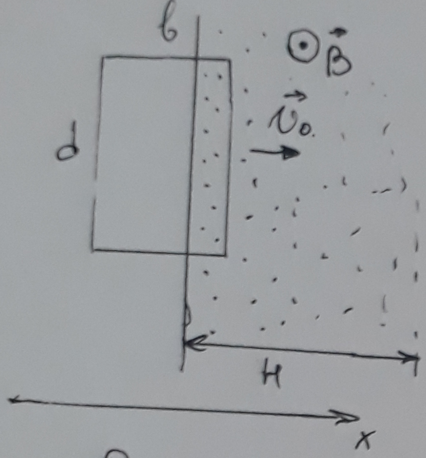
$$D_1 = -\frac{7}{100}$$

$$\frac{1}{x} = D - \frac{7}{100}$$

0,07

Чистовик

1) В промежуток времени t_4, когда рамка „входит" (сразу после вхождения) в магнитное поле:



По з-ну Фарадея:

$\mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$, где $\mathcal{E}$ – эдс, возникающая в контуре (в рамке), $\Delta \Phi = B \cdot \Delta S$

Т.к. как рамка движется со скоростью v_0, то

$\Delta S = \Delta l \cdot d$, где Δl – расстояние, пройденное рамкой за Δt; $\Delta l = v_0 \Delta t$ =>

$$\mathcal{E} = B \frac{d \cdot v_0 \cdot \Delta t}{\Delta t} = B \cdot d \cdot v_0$$

По закону Ома для однородного участка цепи:

$\mathcal{E} = I \cdot R$, I – ток в рамке; $I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{B \cdot d \cdot v_0}{R}$

В магнитном поле на проводник с током действует сила Ампера: по 2-ому з-ну Ньютона для рамки:

$$\vec{F}_A = m\vec{a} \; ; \quad F_A = B \cdot I \cdot d = \frac{B^2 d^2 v_0}{R} =>$$

на Ox: $a = \frac{F_A}{m} = \frac{B^2 d^2 v_0}{mR}$

2). Силы с которой поле действует на стороны рамки, длины которых равны $b = \frac{d}{4}$, компенсируют друг друга и не сообщают рамке ускорения.

Рамка движется ~~равноускорено~~ ускорено лишь до того момента, когда вся не окажется в поле $\vec{B}$ т.к. $\Delta \Phi$ после этого окажется равным нулю => $\mathcal{E} = 0$ => $I = 0$ => $F_A = 0$.

Чистовик (№ 4)

В том момент, когда рамка движется равноускоренно имеем: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ — скорость рамки. =>

$$a = \frac{B^2 d^2}{mR}\frac{\Delta x}{\Delta t} \qquad \frac{a = \frac{\Delta v}{\Delta t}}{\Downarrow}$$

$$a\Delta t = \frac{B^2 d^2}{mR}\Delta x \qquad \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{B^2 d^2}{mR}\frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow$$

Просуммируем за время t — за которое рамка полностью оказалась в поле $\vec{B}$:

$$\sum a\Delta t = \sum \frac{B^2 d^2}{mR}\Delta x$$, т.к. $a_0 = 0$ (т.к. $v_0 = const$), то

$$\frac{a_1^2 - a_0^2}{2} = \frac{B^2 d^2}{mR}\sum \Delta x$$, но $\sum \Delta x = b = \frac{d}{4}$ =>

$$\frac{a_1^2}{2} = \frac{Bd^3}{4mR}$$

$$a_1 = \sqrt{\frac{Bd^3}{2mR}}$$ — ускорение рамки после „полного" „входа" в магнитное поле $\vec{B}$.

$$\Rightarrow \frac{v^2 - v_0^2}{2} = \frac{B^2 d^3}{4mR} ; \quad v = v_1$$ т.к. ускорение ~~равные~~ внутри поля отсутствует.

$$v_1 = \sqrt{\frac{B^2 d^3}{2mR} + v_0^2}$$

3) Аналогичными рассуждениями $v_2 = v_0$

процесс выхода рамки из поля симметричен процессу входа

т.к $|a_2| = |a|$; $\vec{a}_2 \uparrow\downarrow \vec{a}_1$

Ответ: 1) $a = \frac{B^2 d^2 v_0}{mR}$

2) $v_1 = \sqrt{\frac{B^2 d^3}{2mR} + v_0^2}$

3) $v_2 = v_0$

5

Чистовик (№5)

По ф-ле тонкой линзы для глаза без очков:

$D = \frac{1}{f} + \frac{1}{x}$, тогда из (*) => $x = \frac{1}{7}$ (м)

2) Пусть D' - оптическая сила очков для работы на компьютере, тогда по формуле тонкой линзы для случая: человек в очках с оптической силой D' имеем:

$D' + D = \frac{1}{f} + \frac{1}{0,5}$ (50 см = 0,5 м)

$D - \frac{1}{f} = \frac{1}{0,5} - D'$. Из (*) => $D - \frac{1}{f} = 7$ =>

$7 = 2 - D'$; $D' = -5$ (дптр).

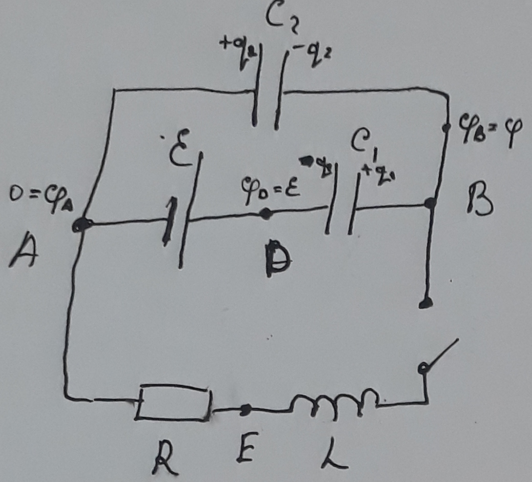
Ответ: 1) $x = \frac{1}{7}$ м; $D_1 = -7$ дптр.

2) $D' = -5$ дптр.

Чистовик

№3

1)



Рассмотрим цепь до замыкания ключа:

(Использую метод узловых потенциалов)

Пусть $\varphi_A = 0$, тогда $\varphi_D = \mathcal{E}$

Пусть $\varphi_B = \varphi$, тогда

$q_1 = C_1 \cdot (\varphi - \mathcal{E})$

$q_2 = C_2 \cdot (0 - \varphi)$

По закону сохранения заряда: $q_1 + q_2 = 0$

$C\varphi - C\mathcal{E} - 3C\varphi = 0$

$2C\varphi = -C\mathcal{E}$; $\underline{\varphi = -\frac{\mathcal{E}}{2}}$

сразу

После замыкания цепи ток идти в цепи не будет (т.к. препятствует этому катушка) $\Rightarrow I_R = 0 \Rightarrow \varphi_A = \varphi_E = 0$

Известно, что $\mathcal{E}_i = L\frac{\Delta I}{\Delta t}$ – напряжение на катушке.

После замыкания $\mathcal{E}_i = 0 - \varphi = \frac{\mathcal{E}}{2} \Rightarrow$

$\frac{\Delta I}{t} = \frac{\mathcal{E}_i}{L} = \frac{\mathcal{E}}{2L}$; $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ – скорость возрастания тока в катушке

2) По закону сохранения энергии: $Q = W_1 + W_2$, где

W_1 ; W_2 – энергии на конденсаторах до замыкания ключа

$W_1 = \frac{C_1(\varphi - \mathcal{E})^2}{2} = \frac{C(\frac{3}{2}\mathcal{E})^2}{2} = \frac{9C\mathcal{E}^2}{8}$; $W_2 = \frac{C_2(0-\varphi)^2}{2} = \frac{3C\cdot(\frac{\mathcal{E}}{2})^2}{2} = \frac{3C\mathcal{E}^2}{8} \Rightarrow$

$Q = \frac{9C\mathcal{E}^2}{8} + \frac{3C\mathcal{E}^2}{8} = \frac{12C\mathcal{E}^2}{8} = \frac{3C\mathcal{E}^2}{2}$

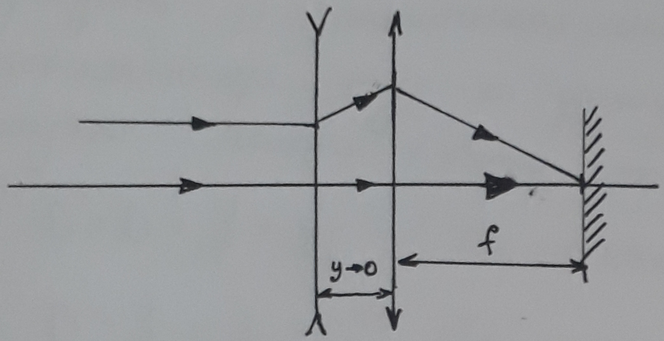
Ответ: 1) $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\mathcal{E}}{2L}$

2) $Q = \frac{3C\mathcal{E}^2}{2}$

Чистовик

№5

1) Человек в очках для рассматривания удалёных предметов:



Пусть D_1 - оптическая сила очков для рассмотрения удалённых объектов, а D_2 - оптическая сила очков для рассмотрения (для чтения) с 25 см, тогда из условия: $\frac{D_1}{D_2} = \frac{7}{3}$

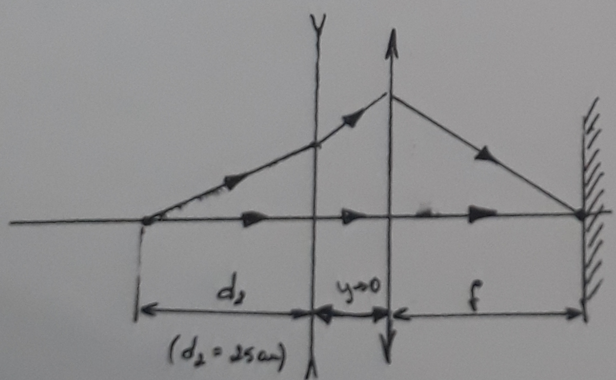
(25 см = 0,25 м)

Для этой системы оптическая сила равна $D + D_1$, где D - оптическая сила самого глаза.

По формуле тонкой линзы: $D + D_1 = \frac{1}{f} + \frac{1}{d_1}$, где $d_1 \to \infty \Rightarrow \frac{1}{d_1} \to 0$.

$D + D_1 = \frac{1}{f}$ (1)

Теперь рассмотрим систему: человек в очках для чтения текста с расстояния 25 см:



Для этой системы оптическая сила равна: $D + D_2$

По формуле тонкой линзы:

$D + D_2 = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f}$ (2)

Из (1) и (2) $\Rightarrow \begin{cases} D_2 - D_1 = \frac{1}{d_2} \\ D_1 = \frac{7}{3} D_2 \end{cases}$ $\begin{cases} -\frac{4}{3} D_2 = \frac{1}{0{,}25} \\ D_1 = \frac{7}{3} D_2 \end{cases}$ $\begin{cases} D_2 = \frac{-3}{1} = -3 \text{ (дптр)} \\ D_1 = \frac{7}{3} \cdot (-3) = -7 \text{ (дптр)} \end{cases}$

Подставим D_1 в ф-лу (1):

$D - 7 = \frac{1}{f}$; $D = \frac{1}{f} + 7$; $D = \frac{1}{f} + \frac{1}{\frac{1}{7}}$ (*)