Часть 1

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

Шифр: **21200401**

ID профиля: **807090**

Вариант 6

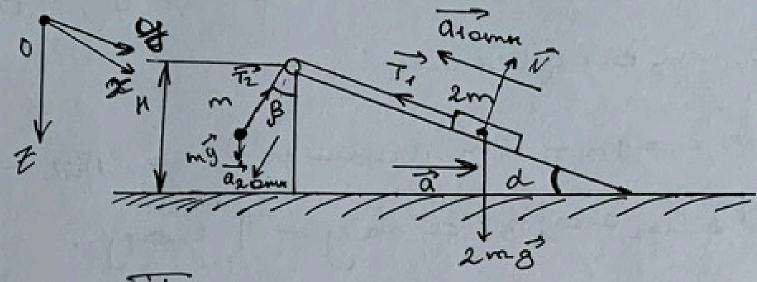
(чистовик)

№1

Дано:
$\cos\alpha = \frac{4}{5}$
$\cos\beta = \frac{12}{13}$

Найти: $a, a_{отн}, T$

решение



Пусть ускорение клина будет $\vec{a}$, ~~уск~~ ускорение бруска относительно клина будет $\vec{a_{1отн}}$, ускорение шарика отн-о клина будет $\vec{a_{2отн}}$; $\vec{T_1}$ - сила нат-я нити, действующая на ~~~~ брусок, $\vec{T_2}$ - на ~~~~ шарик, $\vec{N}$ - сила р-ии опоры, действующая на брусок.

1) 2-й закон Ньютона для шарика: $m\vec{g} + \vec{T_2} = m(\vec{a} + \vec{a_{2отн}})$ (1)

~~Т.к.~~ Ускорение клина и ускорение шарика отн-о клина векторно суммируются (как и для бруска)

Спроецируем (1) на ось OX:

$ma\cos\beta = mg\sin\beta$ (OX перпендик. нити)

Откуда $a = g\,tg\beta = \frac{5}{12}g$, $a \approx 4{,}17\frac{м}{с^2}$

2) 2-й закон Ньютона для бруска:

$2m\vec{a} + 2m\vec{a_{1отн}} = 2m\vec{g} - \vec{T_1}$ (2)

Т.к. нить натянута, то $T_1 = T_2$, $a_{1отн} = a_{2отн}$

(чистовик)

Тогда пусть $T_1 = T_2 = T$, $a_{1\,отн} = a_{2\,отн} = a_{отн}$

Проецируя (2) на ось OY, а (1) – на ось OZ, получим:

$$\begin{cases} 2ma\cos\alpha - 2m a_{отн} = 2mg\sin\alpha - T \\ m a_{отн}\cos\beta = mg - T\cos\beta \end{cases}$$

$$\begin{cases} T = 2m(g\sin\alpha + a_{отн} - a\cos\alpha) \\ T = m(g - a_{отн}\cos\beta)\cdot\frac{1}{\cos\beta} \end{cases}$$

Откуда: ~~2mg sinα − 2m aотн − 2ma sinα~~

$$2mg\sin\alpha + 2m a_{отн} - 2ma\cos\alpha = \left(\frac{g}{\cos\beta} - a_{отн}\right)m$$

$$2g\sin\alpha\cos\beta + 2a_{отн}\cos\beta - 2g\cos\alpha\sin\beta = g - a_{отн}\cos\beta$$

$$a_{отн}(3\cos\beta) = g\,(1 + 2\cos\alpha\sin\beta - 2\sin\alpha\cos\beta)$$

$$a_{отн} = g\,\frac{1 + 2\cos\alpha\sin\beta - 2\sin\alpha\cos\beta}{3\cos\beta}$$

$$a_{отн} = g\,\frac{1 + 2\cdot\frac{4}{5}\cdot\frac{5}{13} - 2\cdot\frac{3}{5}\cdot\frac{12}{13}}{3\cdot\frac{12}{13}}$$

$$a_{отн} = \frac{11}{60}g \approx 0{,}183\,g$$

$$a_{отн} \approx 1{,}83\ \frac{м}{с^2}$$

3) Из формул кинематики:

$$H = \frac{a_{отн}\cos\beta}{2}\tau^2,$$ τ – время, за которое шарик достигнет стола

Отсюда: $T = \sqrt{\dfrac{2H}{a_{отн} \cos\beta}}$, $T = \sqrt{\dfrac{2H}{\frac{11}{60} g \cdot \frac{12}{13}}}$

$T = \sqrt{\dfrac{2H \cdot 13}{\frac{11}{5} g}}$, $T = \sqrt{\dfrac{26H}{\frac{11}{5} g}}$

$T = \sqrt{\dfrac{130H}{11g}}$

чистовик

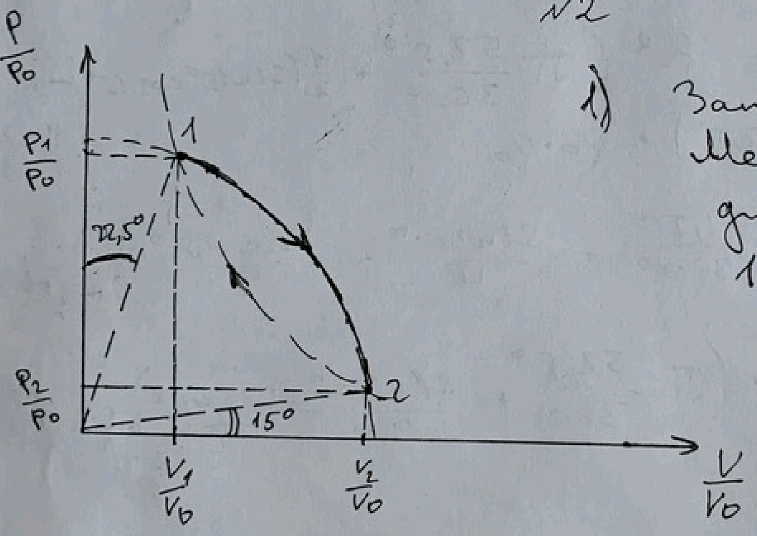
Ответ:

1) $a = g \operatorname{tg}\beta = \frac{5}{12} g \approx 4{,}17 \frac{м}{с^2}$

2) $a_{отн} = \frac{11}{60} g \approx 1{,}83 \frac{м}{с^2}$

3) $T = \sqrt{\dfrac{130H}{11g}}$

№2



1) Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для состояний 1 и 2:

$p_1 V_1 = \nu R T_1$

$p_2 V_2 = \nu R T_2$,

где T_1, p_1, V_1 – температура, давление и объём в состоянии 1, а T_2, p_2, V_2 – в состоянии 2; ν – количество в-ва

Тогда: $\dfrac{T_1}{T_2} = \dfrac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \dfrac{\frac{p_1}{p_0} \frac{V_1}{V_0}}{\frac{p_2}{p_0} \cdot \frac{V_2}{V_0}}$

$\dfrac{T_1}{T_2} = \dfrac{R\cos(22{,}5^\circ) \cdot R\sin(22{,}5^\circ)}{R\cos(15^\circ) \cdot R\sin(15^\circ)}$, где R – радиус дуги,

(чистовик)
которую представляет собой процесс 1-2

~~Ответ~~ Значит, $\frac{T_1}{T_2} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{2}$

3). Работа газа в процессе 1-2 может быть найдена как площадь под графиком в ~~процессе~~ координатах P-V:

$$A_{12} = S_{тр} = S^б_{тр} \cdot p_0 V_0,$$ где $S^б_{тр}$ – площадь под графиком процесса 1-2 в координатах $\frac{P}{P_0} - \frac{V}{V_0}$

Значит, $A_{12} = R^2\left(\pi \frac{52{,}5^\circ}{360^\circ} + \frac{1}{2}(\sin 15^\circ \cos 15^\circ) - \frac{1}{2}\sin 27{,}5^\circ \cos 27{,}5^\circ\right) \cdot p_0 \cdot V_0$

$$A_{12} = R^2\left(\pi \frac{52{,}5^\circ}{360^\circ} + \frac{\sin 30^\circ}{4} - \frac{\sin 45^\circ}{2}\right) \cdot p_0 V_0$$

$$A_{12} = \frac{\frac{P_1}{P_0} \cdot \frac{V_1}{V_0}}{\frac{1}{2} \cdot \sin 45^\circ} \cdot \left(\pi \frac{52{,}5^\circ}{360^\circ} + \frac{\sin 30^\circ}{4} - \frac{\sin 45^\circ}{2}\right) p_0 V_0$$

$A^б_{21}$ – работа в пр-се 2-1 над газом

$$A^б_{21} = \Delta U_{21} = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_2),$$ (т.к $Q_{21} = 0$)

$$\Rightarrow A^б_{21} = \frac{5}{2} \frac{P_1 V_1}{P_0 V_0}\left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) \cdot p_0 V_0$$

работа газа за цикл равна:

$A_0 = A_{12} - A_{21}$

$$\Rightarrow \frac{A_0}{A_{12}} = \frac{2\sqrt{2}\left(\pi \frac{52,5^\circ}{360^\circ} + \frac{1}{3} - \frac{1}{2\sqrt{2}}\right) - \frac{5}{2} + \frac{5}{2\sqrt{2}})}{2\sqrt{2}\left(\pi \frac{52,5^\circ}{360^\circ} + \frac{1}{3} - \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)}$$

$$\frac{A_0}{A_{12}} = \frac{\pi \frac{52,5^\circ}{360^\circ} - \frac{19}{3} + \sqrt{2}}{\pi \frac{52,5^\circ}{360^\circ} + \frac{1}{3} - \frac{1}{2\sqrt{2}}}$$

чистовик

Ответ: 1) $\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{2}$

3) $$\frac{A_0}{A_{12}} = \frac{\pi \frac{52,5^\circ}{360^\circ} - \frac{19}{3} + \sqrt{2}}{\pi \frac{52,5^\circ}{360^\circ} + \frac{1}{3} - \frac{1}{2\sqrt{2}}}$$

Часть 2

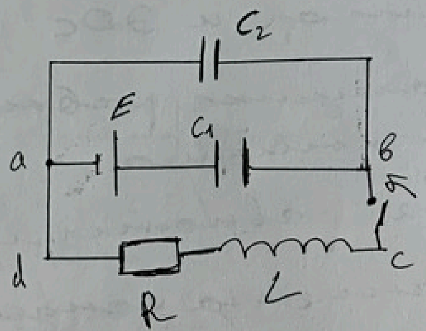
Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21200401**

ID профиля: **807090**

Вариант 6

№3 $\boxed{\text{чистовик 1}}$



1) До замыкания ключа заряды на конденсаторах C_1 и C_2 были равны.

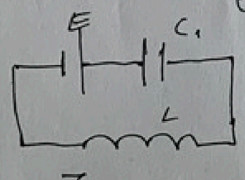
$$q_{1,2} = q = E\frac{C_1 \cdot C_2}{C_1+C_2} = \frac{3}{4}CE$$

Напряжение на к-ре C_1 было равно

$$U_1 = \frac{q}{C_1} = \frac{3}{4}E.$$

В момент замыкания ключа заряды на к-рах не успели измениться, а ток через катушку (и через резистор) не успел потечь.

Построим цепь, эквивалентную контуру abcd в начальный момент (сразу после замыкания).



$I = 0$

~~Поясним~~

По 2-му пр-лу Кирхгофа:

$$E + \mathcal{E}_i = U_{C_1} = \frac{3}{4}E$$

$$\Rightarrow \mathcal{E}_i = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -\frac{1}{4}E \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{E}{4L}$$

2) заметим, что заряд, протёкший через ЭДС, равен изменению заряда на конденсаторе C_1.

чистовик 2

В установившемся режиме ток через резистор и ЭДС самоиндукции на катушке равны нулю $\Rightarrow$ напряжение на конденсаторе C_2 равно нулю.

Значит, напряжение на конденсаторе C_1 будет равно ЭДС:

$$E = U_1^{\Gamma} = \frac{q_1^{\Gamma}}{C} \Rightarrow q_1^{\Gamma} = CE$$

По ЗСЭ: $A_{ист} + W_{нач} = W_{конечн} + Q$,

где $A_{ист}$ – работа ЭДС,

$W_{нач}$ – начальная энергия конд.

$W_{конечн}$ – конечная энергия конд.

Q – кол-во выделившейся теплоты.

Значит, $\mathcal{E}(q_1^{\Gamma} - q_1) + \frac{3C\mathcal{E}^2}{8} = \frac{CE^2}{2} + Q$

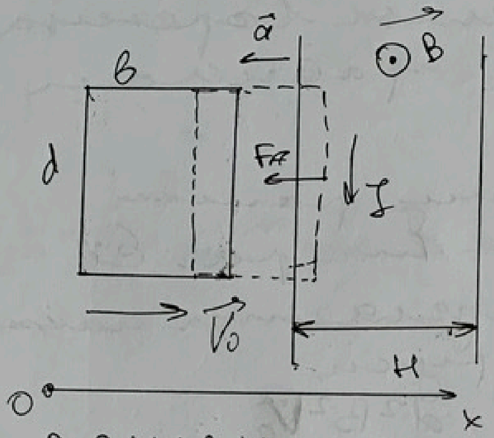
$$E \cdot C\frac{E}{4} + \frac{3}{8}CE^2 = \frac{CE^2}{2} + Q$$

$$Q = \frac{CE^2}{8}$$

$$\boxed{\text{Ответ: 1) } \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{E}{4L} \quad \text{2) } Q = \frac{CE^2}{8}}$$

Чистовик 3

№4



Дано: m, d, V_0, R, B

Найти:
1) a_0
2) V_1
3) V_2

Решение

1) В момент вхождения в поле в рамке возникнет ЭДС индукции, обусловленная продольной составляющей силы Лоренца, действующей на ~~зар~~ носители заряда в правой стороне рамки.

$\mathcal{E}_i = B d V_0 \sin\alpha$, α – угол между векторами $\vec{V_0}$ и $\vec{B}$, $\alpha = 90^\circ$

$\Rightarrow \mathcal{E}_i = B d V_0$

По з-ну Ома для полной цепи: $I = \dfrac{\mathcal{E}_i}{R} = \dfrac{B d V_0}{R}$

Направление тока совпадает с направлением действия силы Лоренца

Направление силы Лоренца определяется правилом левой руки.

На правую сторону рамки действует сила Ампера. Её направление определяется также правилом левой руки.

$$F_A = BI\cancel{a}\sin 90^\circ = \frac{d^2B^2V_0}{R}$$

По 2-му з-ну Ньютона:

$$ma = F_A = \frac{d^2B^2V_0}{R}$$

Откуда: $a = \frac{d^2B^2V_0}{mR}$

~~2) Сила Ампера линейно зависит от скоро~~

2) Сила Ампера прямо пропорциональна скорости (см. пункт 1)).

$$F_A = \frac{d^2B^2v}{R} \Rightarrow a = \frac{d^2B^2}{mR}v$$

Умножая на Δt, получим:

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

Заметим, что $a\Delta t = \Delta v$, $v\Delta t = \Delta x$ — изменения скорости и координаты за малый промежуток времени

Тогда получим:

$\Delta v = \frac{d^2B^2}{mR} \Delta x$, $\quad \Sigma \Delta v = \left(\frac{d^2B^2}{mR}\right) \Sigma \Delta x$

Т.к. $b < H$, то: $(V_0 - V_1) = \frac{d^3B^2}{4mR}$

V_1 – скорость движения рамки в однородном магнитном поле, такая же скорость будет при выходе правой стороны рамки из поля.

$$V_1 = V_0 - \frac{d^3B^2}{4mR}.$$

3) Ур-е движения рамки при выходе из поля имеет такую же форму, как и при входе в поле:

$$V_1 - V_2 = \frac{d^3B^2}{4mR} \Rightarrow V_2 = V_0 - \frac{d^3B^2}{2mR}$$

Ответ:

1) $a = \frac{d^2B^2V_0}{mR}$

2) $V_1 = V_0 - \frac{d^3B^2}{4mR}$

3) $V_2 = V_0 - \frac{d^3B^2}{2mR}$

№5 | чистовик | 6 |

1) Пусть D_0 – оптическая сила хрусталика, при которой человек может смотреть, не напрягаясь, a_0 – р-е от хрусталика до рецепторов глаза.

Тогда, учитывая формулу тонкой линзы и оптической сил~~ы~~ двух сложенных вплотную линз, получим:

$$\begin{cases} \dfrac{1}{0{,}25\text{м}} + \dfrac{1}{a_0} = D_1 + D_0 & (1) \\ \dfrac{1}{a_0} = D_2 + D_0 & (2) \end{cases}$$

где D_1 – оптическая сила очков для рассмотрения предметов на расстоянии 25 см, а D_2 – для удалённых предметов.

$(1)-(2)$: $D_1 - D_2 = \dfrac{1}{0{,}25\text{м}} = 4$ дптр

По условию, $\dfrac{D_2}{D_1} = \dfrac{7}{3}$

Откуда: $D_1 = -3$ дптр, $D_2 = -7$ дптр.

2) Пусть D_3 – оптическая сила очков для рассмотрения предметов с расстояния 50 см

Тогда: $\dfrac{1}{0{,}5\text{м}} + \dfrac{1}{a_0} = D_3 + D_0$ (3)

чистовик | 7

Вычитая из (3) (1), получим:

$$D_3 - D_1 = \frac{1}{0{,}5\text{м}} - \frac{1}{0{,}25\text{м}} = -2\,\text{дптр}$$

Откуда $D_3 = D_1 - 2\,\text{дптр} = -5\,\text{дптр}$

Расстояние от предметов до глаза без очков определяется пределами аккомодации.

Т.к. он нулевой, то $0 < x < 25\,\text{см}$

Ответ:

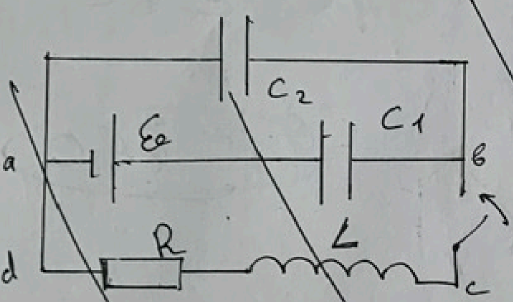
1) $0 < x < 25\,\text{см}$; $-7\,\text{дптр}$

2) $-5\,\text{дптр}$

~~черновик~~

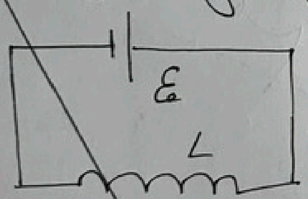
черновик

№3



1) сразу после замыкания ключа напряжение на конденсаторе1 будет равно нулю (т.к. заряд ещё не успел накопиться). При этом ток через катушку также не успел измениться и поэтому равен нулю.

Построим ~~экв~~ цепь, эквивалентную контуру abcd :



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

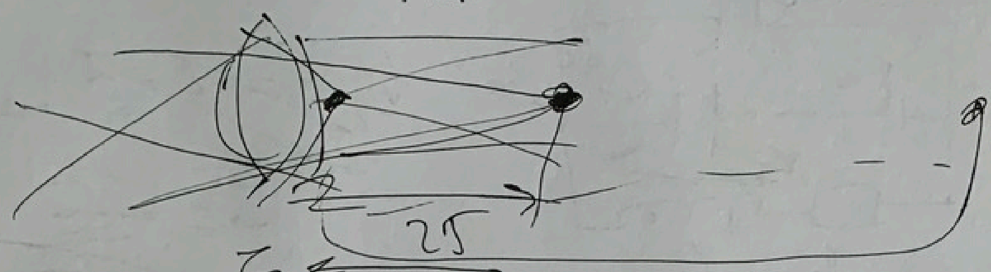
Откуда: $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\varepsilon}{L}$

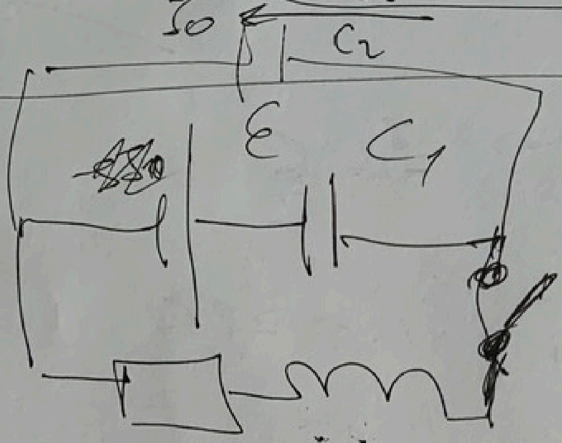
2)

черновик

Черновик

$$v_2 = v_0 - 2\frac{d^2\beta^2}{mR}B$$

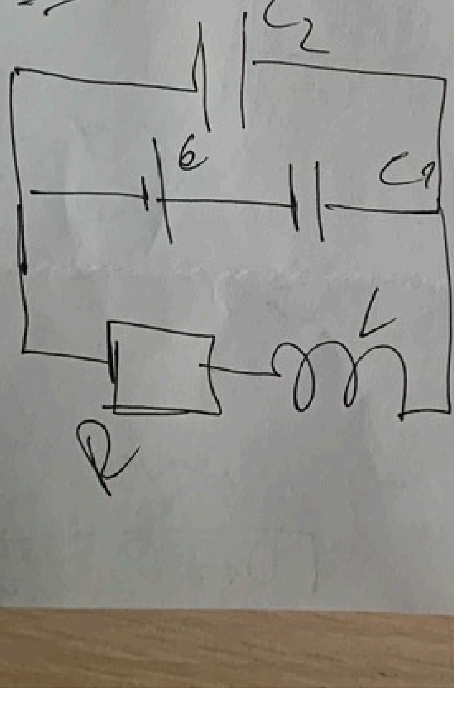




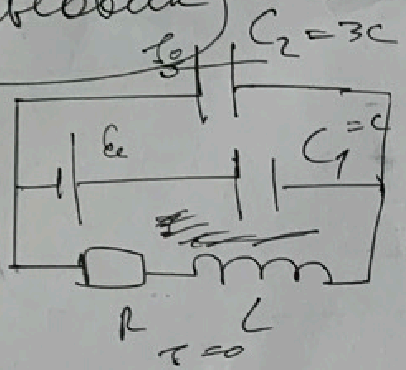
$$q_1 = \varepsilon C_1$$

$$\cancel{\varepsilon I = \left(\frac{q_2^2}{6C}\right)' + \left(\frac{q_1^2}{2C}\right)' +}$$

Черновик



Черновик



~~1) $\varepsilon = L\frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\varepsilon}{L}$~~

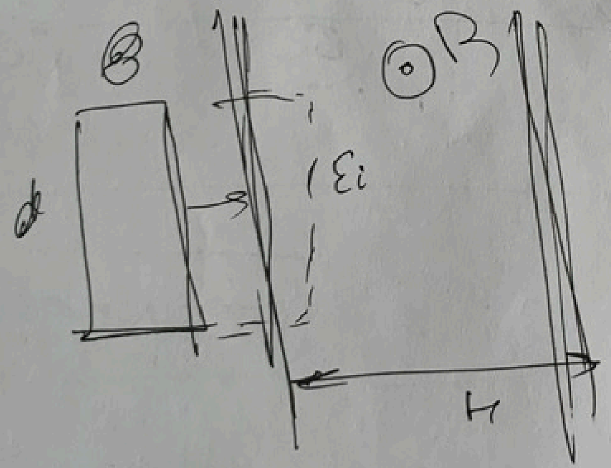
1) $\varepsilon = L\frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\varepsilon}{L}$

2) $\varepsilon = q \quad \frac{3}{4}C = \frac{3qC}{4}$

$3C\ni$: εq

Черновик

4)



а) $I_0 = \frac{\varepsilon_i}{R}$

$I_0 = \frac{dvB}{R}$

$F = \frac{d^2B^2v}{R} = ma$

$a = \frac{d^2B^2v}{mR}$

б) $a = \frac{d^2B^2}{mR}v$

$\Delta v = \frac{d^2B^2}{mR}\Delta x \Rightarrow v_0 - v_1 = \frac{d^2B^2}{mR}b$

$\boxed{v_1 = v_0 - \frac{d^2B^2}{mR}b}$

черновик [чистовик 7]

Вычитая из (3) (1), получим:

$$D_3 - D_1 = \frac{1}{0{,}5\,м} - \frac{1}{0{,}25\,м} = -2\ дптр$$

Откуда $D_3 = D_1 - 2\ дптр = -5\ дптр$

Расстояние от предметов до глаза без очков опр-ся пределами аккомодации.

Ответ:

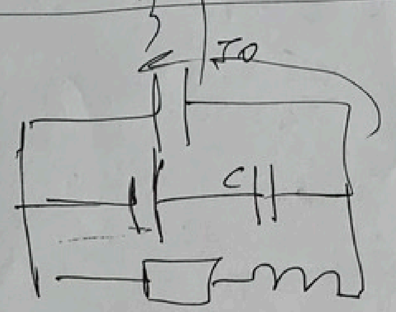
1) $0 < x < 25\ см$; $-7\ дптр$

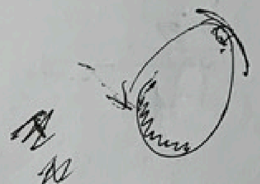
2) $-5\ дптр$

21200401 (U807090 M1266279)

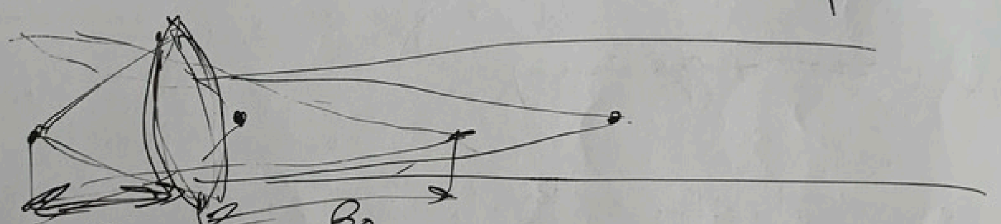
черновик

$$Q = \left(\frac{25}{4} - \frac{2}{4}\right) C\mathcal{E}^2 = \frac{1}{8} C\mathcal{E}^2$$





δ черновик



$a_я$ – наилучш. зрения

$$\begin{cases} \frac{1}{b_0} + \frac{1}{a} = \cancel{\frac{1}{D_0}}\, D_0 \\ \cancel{\frac{1}{b_0}+}\ \frac{1}{25} + \frac{1}{a} = D_1 + D_0 \\ \cancel{\frac{1}{\infty}}\, 0 + \frac{1}{a} = D_2 + D_0 \end{cases}$$

$$\frac{1}{25\,см} = D_1 - D_2 =$$

$$\Rightarrow \frac{1}{0{,}25\,м} = D_1 - D_2$$

черновик

$$\begin{cases} D_1 - D_2 = 4 \text{ дптр} \\ \dfrac{D_2}{D_1} = \dfrac{7}{3} \end{cases}$$

$$D_1 - \frac{7}{3} D_1 = 4 \text{ дптр}$$

$$D_1 = -3 \text{ дптр}$$

$$D_2 = -7 \text{ дптр}$$

2) $$\begin{cases} D_0 + D_3 = \dfrac{1}{a} + \dfrac{1}{50} \\ D_0 + D_2 = \dfrac{1}{a} \end{cases}$$

$$D_3 - D_2 = \frac{1}{50\text{см}} - \frac{1}{0{,}5\text{м}} = 2 \text{ дптр}$$

$$D = -5 \text{ дптр}$$