Часть 1

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

Шифр: **21200491**

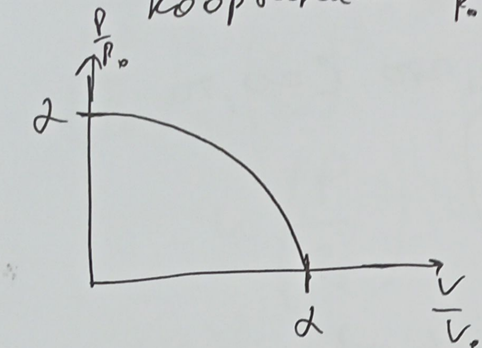
ID профиля: **382010**

Вариант 5

Чистовик

с осями $\frac{V}{V_0}$ и $\frac{P}{P_0}$

(2) Обозначим точки пересечения графика в координатах $\frac{P}{P_0}\left(\frac{V}{V_0}\right)$ за α (α - безразмерная величина)



α - радиус окружности.
Тогда координаты всех точек, принадлежащих дуге этой окружности задаются уравнением:

$$(0)\quad \left(\frac{P}{P_0}\right)^2+\left(\frac{V}{V_0}\right)^2=\alpha^2$$ ур-ние окр-ти с центром (0;0)

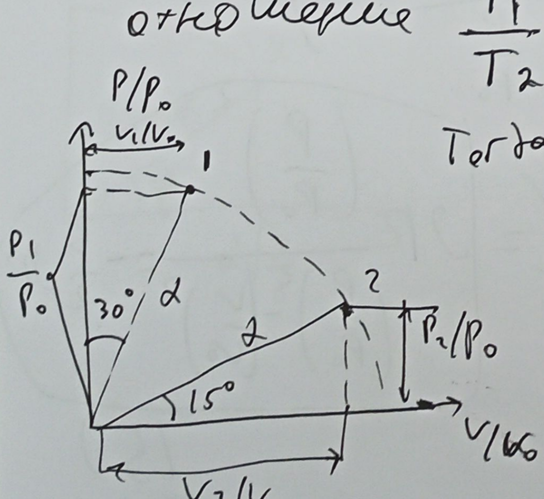
Считая расширение газа в процессе 1-2 равновесным, ~~ка в любо~~ для любой точки на графике (принадлежащей дуге окр-ти) выполняется ур-ние Менделеева-Клапейрона:

$PV=\nu RT$ (1) — ν - число молей в-ва

Т.к. газ одноатомный, то число степеней свободы $\boxed{i=3}$

Ответим на вопросы задачи

1) Пусть в точках 1,2 давление газа*, объем и температура равны $P_{1,2}$; $V_{1,2}$; $T_{1,2}$ соответственно. Тогда искомое отношение $\frac{T_1}{T_2}=\frac{P_1V_1}{P_2V_2}$ (из (1)) (2)



Тогда ясно, что $\frac{V_1}{V_0}=\alpha\sin30^\circ$; $\frac{P_1}{P_0}=\alpha\cos30^\circ$

$\frac{P_2}{P_0}=\alpha\sin15^\circ$; $\frac{V_2}{V_0}=\alpha\cos15^\circ$

и $$\boxed{\frac{T_1}{T_2}=\frac{P_0V_0\alpha^2\sin30^\circ\cos30^\circ}{P_0V_0\alpha^2\sin15^\circ\cdot\cos15^\circ}=2\cos30^\circ}$$

$$\boxed{\frac{T_1}{T_2}=\sqrt{3}}$$

Чистовик

2) Пл..тл.х

15 2) Теплоемкость газа по определению (полная)

Чистовик

$$C = \frac{\delta Q}{dT} = \frac{dA + dU}{dT} = p\frac{dV}{dT} + \frac{i}{2}\frac{\nu R dT}{dT} = p\frac{dV}{dT} + \frac{3}{2}\nu R$$

Если есть такая точка на графике, что $C=0$, то в этой точке $\boxed{p\frac{dV}{dT} = -\frac{3}{2}\nu R}$ (3)

Используя (0) и (1) получаем

$$p = \frac{\nu RT}{V} \Rightarrow \frac{p}{p_0} = \frac{\nu RT}{p_0 V} \text{ и } \left(\frac{\nu RT}{p_0 V}\right)^2 + \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 = \alpha^2$$

$$\Rightarrow \frac{\nu RT}{p_0 V} = \sqrt{\alpha^2 - \frac{V^2}{V_0^2}} \text{ и } \boxed{T = \frac{p_0}{\nu R}\left(V\sqrt{\alpha^2 - \frac{V^2}{V_0^2}}\right)} \ (4)$$

$$\Rightarrow \frac{dT}{dV} = \frac{p_0}{\nu R}\left(\sqrt{\alpha^2 - \frac{V^2}{V_0^2}} + \frac{-\frac{2V^2}{V_0^2}}{2\sqrt{\alpha^2 - \frac{V^2}{V_0^2}}}\right) =$$

$$= \frac{p_0}{\nu R}\left(\frac{p}{p_0} - \frac{\left(\frac{V}{V_0}\right)^2}{\frac{p}{p_0}}\right) = \frac{p_0}{\nu R}\left(\frac{\left(\frac{p}{p_0}\right)^2 - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2}{\frac{p}{p_0}}\right) \Rightarrow$$

$$\frac{dV}{dT} = \frac{\nu R}{p_0} \cdot \frac{\frac{p}{p_0}}{\left(\frac{p}{p_0}\right)^2 - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2} \text{ и } p\frac{dV}{dT} = \boxed{\nu R\frac{\left(\frac{p}{p_0}\right)^2}{\left(\frac{p}{p_0}\right)^2 - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2} = -\frac{3}{2}\nu R}$$

(5)

Чистовик

г) Продолж.

(5): $\dfrac{\left(\frac{P}{P_0}\right)^2}{\left(\frac{P}{P_0}\right)^2-\left(\frac{V}{V_0}\right)^2}=-\dfrac{3}{2} \Rightarrow \dfrac{5}{2}\left(\dfrac{P}{P_0}\right)^2=\dfrac{3}{2}\left(\dfrac{V}{V_0}\right)^2$

и $\left(\dfrac{P}{P_0}\right)^2=0{,}6\left(\dfrac{V}{V_0}\right)^2 \longrightarrow$ подставим в (0)

$1{,}6\left(\dfrac{V}{V_0}\right)^2=\alpha^2 \Rightarrow \left(\dfrac{V}{V_0}\right)^2=\dfrac{5}{8}\alpha^2$ и $\boxed{\dfrac{V}{V_0}=\alpha\sqrt{\dfrac{5}{8}}}$

т.е. $C=0$ в точке с $\dfrac{V}{V_0}=\alpha\sqrt{\dfrac{5}{8}}$.

Осталось проверить, лежит ли эта точка на дуге!

в точке 2: $\dfrac{V_2}{V_0}=\alpha\cos 15^\circ$ $\quad \dfrac{1}{2}<\sqrt{\dfrac{5}{8}}<\cos 15^\circ$

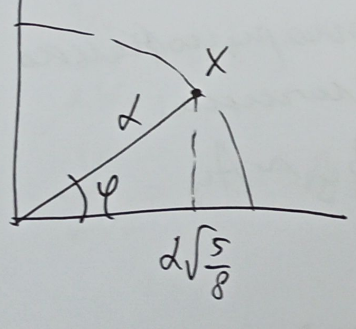
$\qquad 0{,}7<\sqrt{\dfrac{5}{8}}<0{,}8 \qquad \cos 15^\circ > 0{,}9$

в точке 1: $\dfrac{V_1}{V_0}=\alpha\sin 30^\circ=\dfrac{\alpha}{2}$

$\Rightarrow$ Такая точка есть на дуге 1-2;

Легко найти искомый угол:

$\boxed{\alpha\cos\varphi=\alpha\sqrt{\dfrac{5}{8}}} \Rightarrow \cos\varphi=\sqrt{\dfrac{5}{8}}$



Чистовик

(3) Т.к. сжатие газа 2–1 характеризуется пренебрежимо малым теплообменом, то можно считать, что

$$\underbrace{Q_{2-1} = \Delta U_{21} + A_{21} \approx 0}_{}\ (6)$$ первое начало термодинамики

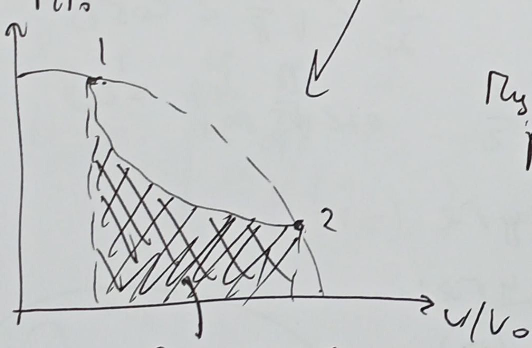
изменение внутр. энергии газа ~~при сжатии~~ 2-1.

$\Rightarrow A_{21} \approx -\Delta U_{21}$. ~~Также воспользуемся~~

~~Тем, что $A_{12} \Rightarrow A_{21}$ (7)~~ ~~$\Rightarrow A_{12} = \Delta U_{12} = \ldots$ (8)~~

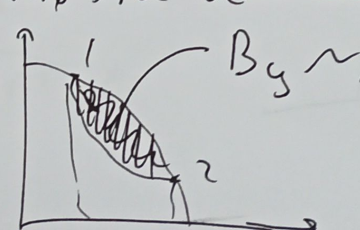
~~работа газа при расширении 1–2~~ ~~A газа при сжатии 2–1~~

Работа газа A_{21} прямопропорциональна площади 2-1 под графиком (если изменить оси, т.е. рисовать в координатах $P(V)$, а не $\frac{P}{P_0}\left(\frac{V}{V_0}\right)$, то это будет в точности A_{2-1})



$B_{21} \sim A_{21}$

Пусть ~~полная~~ работа газа за цикл равна $A_ц$. Тогда на графике в $\frac{P}{P_0}\left(\frac{V}{V_0}\right)$ координатах ей пропорциональна эта величина:



$B_ц \sim A_ц$

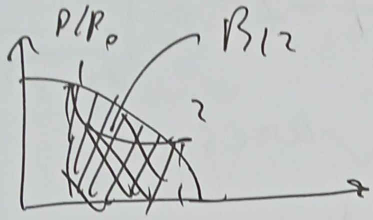
При этом работа газа на участке 1–2 (расширение) равна $A_{12} = A_ц - A_{21}$, т.к. $A_{21} < 0$ (газ сжимается)

$A_{12} > 0$ (газ расширяется) и $A_ц = |A_{12}| - |A_{21}| > 0$.

Чистовик

3) Продолж.!

Работа A_{12} соотв. величина $B_{12} \sim A_{12}$!



Тогда искомое отношение равно

$$\boxed{\beta = \frac{A_4}{A_{12}}} \quad (8)$$

Найдем A_{12} как

$$\int_{V_1}^{V_2} p\,dV \qquad p(V) = p_0\sqrt{\alpha^2 - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2} \quad (\text{из } (0))$$

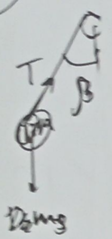
$$A_{12} = \int_{V_1}^{V_2} p(V)\,dV = V_0 \int_{\frac{V_1}{V_0}}^{\frac{V_2}{V_0}} p_0\sqrt{\alpha^2 - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2}\, d\left(\frac{V}{V_0}\right) =$$

$$= p_0 V_0 \int_{\frac{V_1}{\alpha V_0}}^{\frac{V_2}{\alpha V_0}} \alpha^2 \sqrt{1 - \left(\frac{V}{\alpha V_0}\right)^2}\, d\left(\frac{V}{\alpha V_0}\right) = p_0 V_0 \alpha^2 \int_{\frac{V_1}{\alpha V_0}}^{\frac{V_2}{\alpha V_0}} \sqrt{1 - \left(\frac{V}{\alpha V_0}\right)^2}\, d\frac{V}{\alpha V_0}$$

$$\frac{V_2}{\alpha V_0} = \cos 15^\circ \qquad \frac{V_1}{\alpha V_0} = \sin 30^\circ = \frac{1}{2}$$

$$\frac{V}{\alpha V_0} = t \Rightarrow A_{12} = p_0 V_0 \alpha^2 \int_{\frac{1}{2}}^{\cos 15^\circ} \sqrt{1 - t^2}\, dt$$

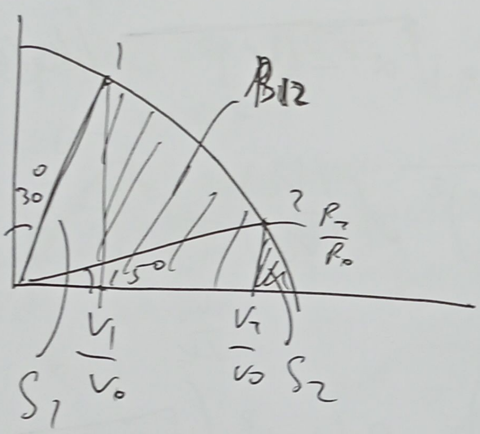
①



$$\int^{\cancel{\cos 15°}} \sqrt{1-t^2}\,dt = \overset{\text{число}}{(1-t^2)t} - \int t\, d\left(\sqrt{1-t^2}\right) =$$

$$= (1-t^2)t - \int t\,\frac{-t}{\sqrt{1-t^2}}\,dt = t - t^3 + \int \frac{t^2\,dt}{\sqrt{1-t^2}}$$

$$\int \frac{t^2\,dt}{\sqrt{1-t^2}} = \int \frac{t^2-1}{\sqrt{1-t^2}}\,dt + \int \frac{dt}{\sqrt{1-t^2}}$$ arcsin t.



$$S_1 + S_2 + B_{12} = \frac{\pi}{3\pi}\cdot\frac{\pi\alpha^2}{4} = \frac{\pi\alpha^2}{6}$$

$\frac{60°}{90°}$ 	$\frac{1}{4}$ часть круга

$$S_1 = \frac{P_1V_1}{2P_0V_0} = \frac{\alpha^2}{2}\sin 30°\cos 30° =$$
$$= \frac{\alpha^2\sqrt{3}}{8}$$

Z_k

Q_1

$$S_2 = \frac{\pi\alpha^2}{4}\cdot\frac{1}{6} - \frac{P_2V_2}{2P_0V_0} = \frac{\pi\alpha^2}{24} - \frac{\alpha^2\sin 30°}{4} =$$
$$= \frac{\pi\alpha^2}{24} - \frac{1}{8}\alpha^2$$

$$\Rightarrow \boxed{B_{12} = \frac{3}{24}\pi\alpha^2 + \frac{\alpha^2}{8} - \frac{\alpha^2\sqrt{3}}{8}}$$

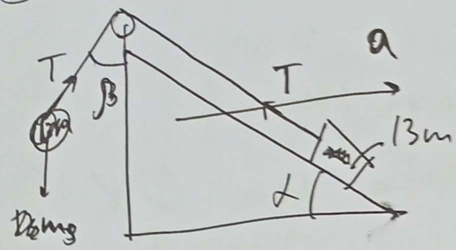
$$B_y = B_{12} - |B_{21}| = B_{12} +$$

$$\boxed{|B_{21}| = \frac{U_1}{P_0V_0} - \frac{U_2}{P_0V_0} = \frac{3}{2}\alpha^2\left(\sin 30°\cos 30° - \sin 15°\cos 15°\right)}$$

Продолжение (стр 11)

Чистовик

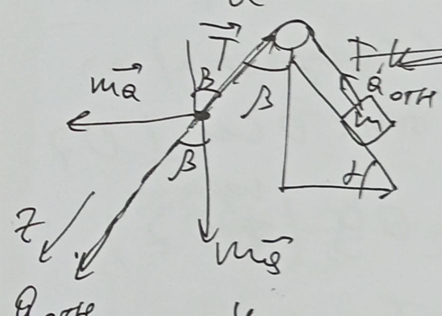
①



0) т.к нить легкая и нерастяжима, то на шарик и груз действуют одинаковые силы натяжения T.

1) Угол β постоянен и не меняется.

Перейдем в НИСО клина, в этой НИСО на шарик действует сила инерции, по модулю равная $F_{ин} = ma$, где a — искомое ускорение клина (сила направлена влево отн. рисунка)



~~т.к в этой НИСО шарик в равновесии, то~~

$\cancel{T\cos\beta = mg}$ ~~и~~ $\cancel{T\sin\beta = ma}$

$\cancel{\frac{ma}{mg} = tg\beta}$

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

$\sin\beta = \frac{3}{5}$

$tg\beta = \frac{3}{5}$

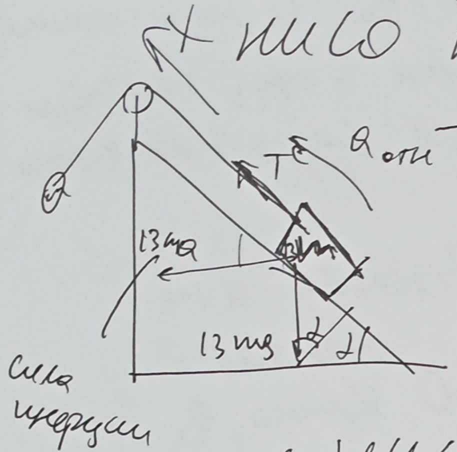
В этой НИСО шарик, как и брусок движутся с одинаковым ускорением $a_{отн}$ (нить нерастяжима!) на Oz!

Тогда для шарика II з-н Ньютона в НИСО клина имеет вид:

$$\boxed{ma_{отн} = mg\cos\beta + ma\sin\beta - T} \quad (1)$$

Чистовик

Рассмотрим силы действующие на брусок в НИСО клина:

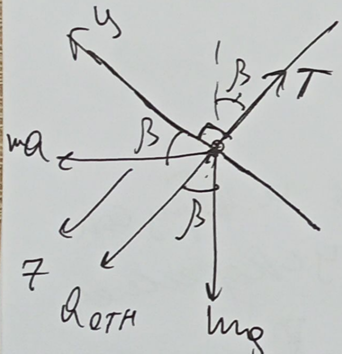


— из нерастяжимости нити!

II з-н Ньютона на OX! для бруска:

$$13 m a_{отн} = T + 13 m a \cos\alpha - 13 m g \sin\alpha \quad (2)$$

Также в НИСО клина ускорение шарика вдоль оси, перпендикулярной OZ равно 0 (он вдоль этой оси никак не смещается) => сумма сил в НИСО клина вдоль оси ⊥ OZ равна 0!



II з-н Ньютона вдоль Oy (перп. OZ) имеет вид:

$ma \cos\beta - mg \sin\beta = 0$ (проекция T на Oy равна 0)

$$=> \boxed{a = g \operatorname{tg}\beta = \frac{3}{5} g}$$

ответ на 1 вопрос: ускорение клина.

Чистовик

Объединим ур-ния (1) и (2):

$$\begin{cases} m a_{отн} = mg\cos\beta + ma\sin\beta - T \quad (1) \\ 13 m a_{отн} = T + 13 ma\cos\alpha - 13 mg\sin\alpha \quad (2) \end{cases}$$

$\cos\alpha = \frac{12}{13} \Rightarrow \sin\alpha = \frac{5}{13}$; $\sin\beta = \frac{3}{5}$; $\cos\beta = \frac{4}{5}$.

$\Downarrow$

$$m a_{отн} = \frac{4}{5}mg + m\cdot\frac{3}{5}g\cdot\frac{3}{5} - T = \frac{mg}{5}\left(4 + \frac{9}{5}\right) - T$$

$$13 m a_{отн} = T + 13m\cdot\frac{12}{13}\cdot g\cdot\frac{3}{5} - 13mg\cdot\frac{5}{13} =$$

$$= T + \frac{36}{5}mg - 5mg = T + \frac{11}{5}mg$$

$$\begin{cases} m a_{отн} = \frac{29}{25}mg - T \\ 13 m a_{отн} = T + \frac{11}{5}mg \end{cases} \Rightarrow 14 m a_{отн} = \frac{40}{5}mg = 8mg$$

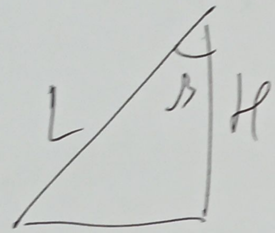
$$\Rightarrow \boxed{a_{отн} = \frac{4}{7}g}$$

ответ на 2 вопрос: ускорение бруска отн-но клина

3) Воспользуемся тем, что время, за которое шарик достигнет стола одинаково в НИСО клина и в лабораторной СО!

Чистовик

В НИСО клина шарик движется равноускоренно с ускорением $\boxed{a_{отн} = \frac{4}{7} g}$



Путь, который пройдет шарик равен $L = \frac{H}{\cos\beta} = \frac{5}{4} H$

с другой стороны

$L = \frac{a_{отн}\tau^2}{2}$, где τ – искомое время

$\frac{5}{4} H = \frac{4}{7} g \cdot \frac{1}{2} \tau^2 \Rightarrow \tau^2 = \frac{35}{8} \frac{H}{g}$ и $\boxed{\tau = \sqrt{\frac{35H}{8g}}}$ ответ на 3 вопрос

время, за кот. шарик достигнет стола!

Ответ: 1) $a = \frac{3}{5} g$

2) $a_{отн} = \frac{4}{7} g$

3) $\tau = \sqrt{\frac{35H}{8g}}$

Продолж 2: ← чистовик

$B_y = B_{12} - |B_{21}| =$

$|B_{21}| = \frac{3}{2} r^2 (\sin 30° \cos 30° - \sin 15° \cos 15°)$

искомое отношение

$$\beta = \frac{\cancel{A}_y}{\cancel{A}_{12}} = \frac{B_y}{B_{12}} = \frac{B_{12} - |B_{21}|}{B_{12}} =$$

$$= 1 - \frac{\frac{3}{2}(\sin 30° \cos 30° - \sin 15° \cos 15°)}{\frac{3}{24}\pi + \frac{1}{8} - \frac{\sqrt{3}}{8}}$$

Ответ: 1) $\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{3}$

2) $\cos \varphi = \sqrt{\frac{5}{8}}$

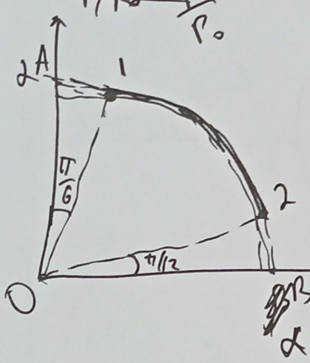
3) $\beta = 1 - \frac{\frac{3}{2}(\sin 30° \cos 30° - \sin 15° \cos 15°)}{\frac{3}{24}\pi + \frac{1}{8} - \frac{\sqrt{3}}{8}}$

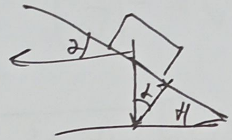
Черновик

(2)

$OA = OB = \alpha \cdot 2R$.

$\frac{P}{P_0}$





~~$1.\ \frac{V_1}{V_0} = \alpha \sin\frac{\pi}{6} = \frac{\alpha}{2}$~~

~~$\frac{P_1}{P_0} = \alpha\cos\frac{\pi}{6} = \frac{\alpha\sqrt{3}}{2}$~~

~~$2.\ \frac{V_2}{V_0} =$~~

$\frac{V}{V_0}$

$\frac{V_1}{V_0} = \alpha \sin\frac{\pi}{6}$

$\frac{P_1}{P_0} = \alpha\cos\frac{\pi}{6}$

$\frac{V_2}{V_0} = \alpha\cos\frac{\pi}{12}$

$\frac{P_2}{P_0} = \alpha\sin\frac{\pi}{12}$

1) $\frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1V_1}{P_2V_2} = \frac{\sin\frac{\pi}{6}\cos\frac{\pi}{6}}{\sin\frac{\pi}{12}\cos\frac{\pi}{12}} =$

$= \frac{2\cos\frac{\pi}{12}\cos\frac{\pi}{6}}{\cos\frac{\pi}{12}} = 2\cos\frac{\pi}{6} = \sqrt{3}$

(2)

2) $C = \frac{\delta Q}{dT} = \frac{p\,dV}{dT} + \frac{3}{2}\nu R$ (dA)

$m a_{отн} = mg\cos\beta - T + ma\sin\beta$

~~$13 m a_{отн} = T + 13 ma\cos\alpha - 13$~~

$13 m a_{отн} = T + 13 ma\cos\alpha - 13 mg\sin\alpha$

$P^2 + V^2 = A^2$

$\left(\frac{\nu RT}{V}\right)^2 + V^2 = A^2$

$T = \frac{\sqrt{A^2 - V^2}}{\nu R} \cdot V$

$\frac{dT}{dV} = \frac{1}{\nu R}\left(\sqrt{A^2 - V^2} + \frac{-2V^2}{2\sqrt{A^2 - V^2}}\right) = \frac{1}{\nu R}\,\frac{2A^2 - 4V^2}{2\sqrt{A^2 - V^2}}$

$\frac{dV}{dT} = \frac{2\sqrt{A^2 - V^2}}{2A^2 - 4V^2}\nu R = \frac{2P^2\nu R}{}$

$P\frac{dV}{dT} = \int\sqrt{1 - x^2}\,d\cancel{x}$

$A_0 = K \cdot \pi \alpha^2$

Черновик

$$\left(\frac{P}{P_0}\right)^2 + \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 = \alpha^2$$

$$\frac{P}{P_0} = \sqrt{\alpha^2 - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2} \qquad \nu R T = P_0 V \sqrt{\alpha^2 - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2}$$

$$T = \frac{P_0}{\nu R}\left(V\sqrt{\alpha^2 - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2}\right)$$

$$\frac{dT}{dV} = \frac{P_0}{\nu R}\left(\sqrt{\alpha^2 - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2} + \frac{-\frac{2V}{V_0^2}\cdot V}{2\sqrt{\alpha^2 - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2}}\right) =$$

$$= \frac{P_0}{\nu R}\left(\frac{2\alpha^2 - 4\left(\frac{V}{V_0}\right)^2}{2\sqrt{\alpha^2 - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2}}\right) \Rightarrow \frac{dV}{dT} = \frac{\nu R}{P_0} \cdot 2\frac{P}{P_0} \cdot \frac{1}{2\alpha^2 - 4\left(\frac{V}{V_0}\right)^2}$$

$$P\frac{dV}{dT} = 2\nu R \cdot \left(\frac{P}{P_0}\right)^2 \cdot \frac{1}{2\left(\frac{P}{P_0}\right)^2 - 2\left(\frac{V}{V_0}\right)^2} = \cancel{\nu R}\frac{\left(\frac{P}{P_0}\right)^2}{\left(\frac{P}{P_0}\right)^2 - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2} = -\frac{3}{2}\cancel{\nu R}$$

$$\left(\frac{P}{P_0}\right)^2 = -\frac{3}{2}\left(\frac{P}{P_0}\right)^2 + \frac{3}{2}\left(\frac{V}{V_0}\right)^2$$

$$\frac{5}{\cancel{2}}\left(\frac{P}{P_0}\right)^2 = \frac{3}{\cancel{2}}\left(\frac{V}{V_0}\right)^2$$

$$\left(\frac{P}{P_0}\right)^2 = 0{,}6\left(\frac{V}{V_0}\right)^2 \Rightarrow 1{,}6\left(\frac{V}{V_0}\right)^2 = \alpha^2$$

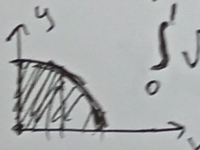
$$\frac{5}{8}\alpha^2 = \left(\frac{V}{V_0}\right)^2$$

$$\boxed{\alpha\cos\varphi = \alpha\sqrt{\frac{5}{8}}} \Rightarrow V = \alpha V_0\sqrt{\frac{5}{8}}$$

$$\int_0^1 \sqrt{1-x^2}\,dx = \qquad = \arcsin x$$

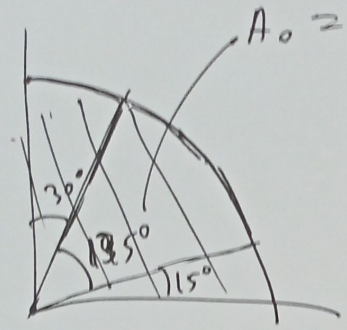
$$\sqrt{1-x^2}\,dx \qquad \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}}$$

$$\int_0^1 \sqrt{1-x^2}\,dx = \frac{\pi}{2} = \arcsin$$



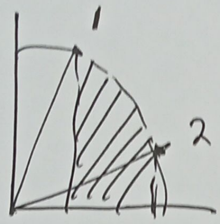
$x^2 + y^2 = 1$

3)



$A_0 = K \cdot \pi \alpha^2$ Чернови

$\cancel{A_1 = \frac{135^\circ}{180^\circ} K\pi\alpha^2 = \frac{3}{4} K\pi\alpha^2}$



$A_{21} + \Delta U_{21} = 0$

$\boxed{A_{12} = \Delta U_{21} = U_1 - U_2}$

$\int \sqrt{1-x^2}\,dx = x(1-x^2) -$

$\int v\,du = uv - \int u\,dv$

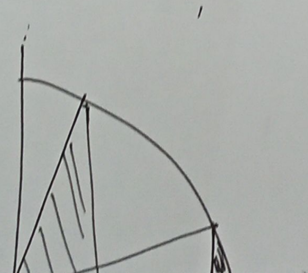
$u = x$ $\quad \frac{dv}{dx} = \frac{-2x}{2\sqrt{1-x^2}} = -\frac{x}{\sqrt{1-x^2}}$

$v = \sqrt{1-x^2}$

$\int u\,dv = -\int \frac{x^2\,dx}{\sqrt{1-x^2}} = -\int$

$\int \frac{x^2\,dx}{\sqrt{1-x^2}}$

$\int \sqrt{1+t^2}\,dt = t(1+t^2) - \int t \frac{t}{\sqrt{1+t^2}}\,dt$



Часть 2

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

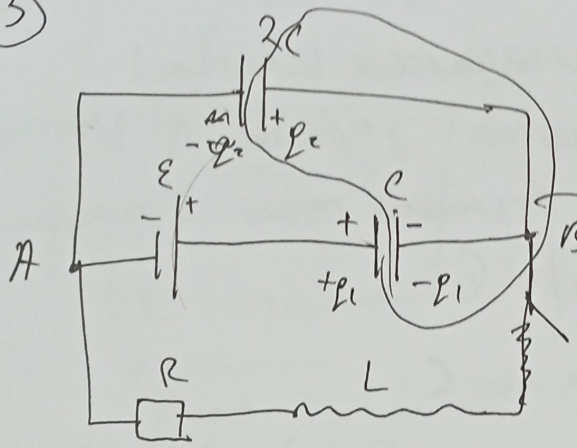
Шифр: **21200491**

ID профиля: **382010**

Вариант 5

Чистовик

3



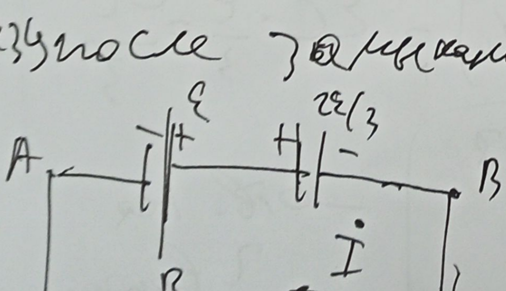
Найти напряжения на 2C и C в уст. режиме! Из ЗСЗ для этих обкладок следует, что $q_2 + (-q_1) = 0$ (1)

$\Rightarrow q_1 = q_2 = q.$

Из з-на Ома для верхнего контура следует что $\mathcal{E} = \frac{q}{C} + \frac{q}{2C} = \frac{3q}{2C} \Rightarrow \frac{q}{C} = \boxed{\begin{matrix} U_1 = \frac{2}{3}\mathcal{E} \\ U_2 = \frac{q}{2C} = \frac{\mathcal{E}}{3} \end{matrix}}$ (2)

Это значит, что разность потенциалов между точками ~~B~~ и ~~A~~ B и A равна $\boxed{\Delta\varphi = \mathcal{E} - U_1 = \frac{\mathcal{E}}{3}}$

1) Сразу (не может также быстро измениться напряжение на C и 2C) после замыкания ключа ток через резистор не может ~~измениться~~ вырасти с 0 до какого-то значения, поэтому сразу после замыкания ключа $U_R = I_R \cdot R = 0.$



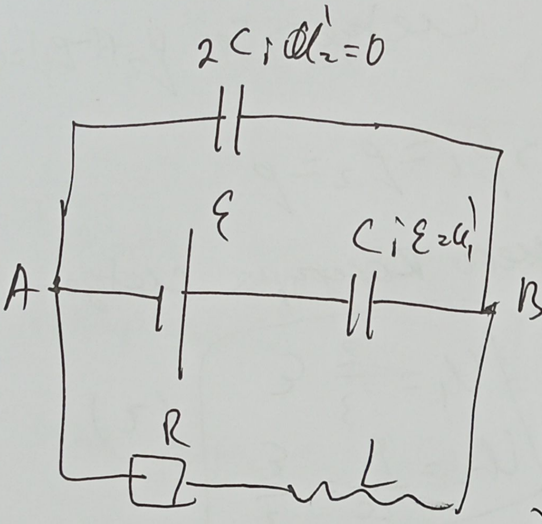
Тогда из з-на Ома:

$\Delta\varphi_{AB} = \varphi_B - \varphi_A = \frac{\mathcal{E}}{3} = L \cdot \dot{I}$

$\Rightarrow \boxed{\dot{I} = \frac{\mathcal{E}}{3L}}$ — Ответ на 1 вопрос

2) К тому моменту, когда в цепи установится равновесие (после замыкания ключа) не будет перераспределения зарядов, а значит, и токов в цепи. Это возможно только в том случае, если $\Delta\varphi_{AB}=0$, т.е. $|U_1'|=\mathcal{E}$

напряж. на C



Запишем ЗСЭ для системы

$$W_{нач}+A_{ист}=W_{конеч}+Q$$

$W_{нач}$ — W системы до замык. ключа

$A_{ист}$ — работа источника

$W_{конеч}$ — W системы после замыкания ключа

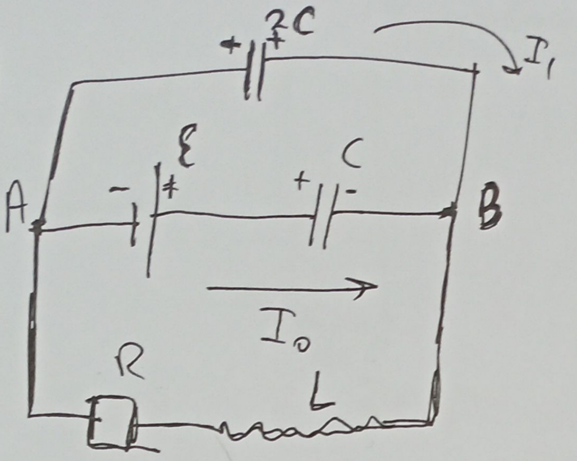
$$W_{нач}=\frac{CU_1^2}{2}+\frac{2CU_2^2}{2}=\frac{C}{2}\cdot\frac{4}{9}\mathcal{E}^2+C\cdot\frac{\mathcal{E}^2}{9}=\boxed{\frac{C\mathcal{E}^2}{3}}$$

$$W_{конеч}=\underbrace{\frac{2CU_2'^2}{2}}_{=0}+\frac{CU_1'^2}{2}=\frac{C\mathcal{E}^2}{2}$$

$$A_{ист}=\mathcal{E}\Delta q=\mathcal{E}(CU_1'-CU_1)=\mathcal{E}C\cdot\frac{\mathcal{E}}{3}=\frac{C\mathcal{E}^2}{3}$$

$$\Rightarrow \boxed{Q=\left(\frac{2}{3}-\frac{1}{2}\right)C\mathcal{E}^2=\frac{C\mathcal{E}^2}{6}}$$ — отв. на 2 вопрос

3)



чистовик

За время Δt заряд на C увеличится на $\Delta q_1 = I_0 \Delta t$ => разность потенциалов между B и A упадет на $\frac{\Delta q_1}{C}$.

$\cancel{I_0 + I_1}$ $I_2 = I_0 + I_1$ – ЗСЗ для узла B

Точно на такую же величину должно уменьшится напряжение на $2C$. Пусть заряд $2C$ уменьшился на $\Delta q_2 = I_1 \Delta t$ за Δt. Тогда $\frac{\Delta q_1}{C} = \frac{\Delta q_2}{2C}$ =>

=> $I_0 = \frac{I_1}{2}$ => ток в катушке $\boxed{I_2 = I_1 + I_0 = 3I_0}$

отв на 3 вопрос

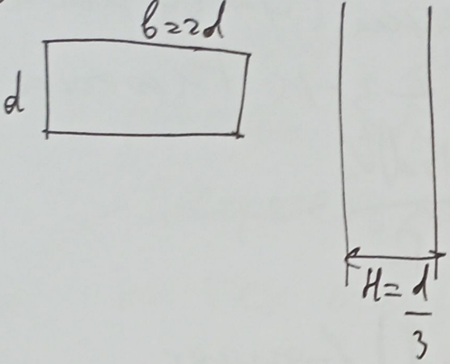
Ответ: 1) $\dot{I} = \frac{\mathcal{E}}{3L}$

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

3) $I_L = 3I_0$

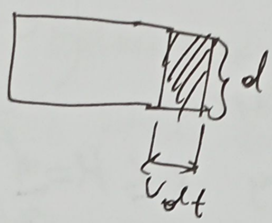
4

Чистовик

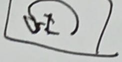


1) Как только рамка вошла в поле со скоростью V_0 возникнет ток в рамке из-за изменения потока через рамку.

За время dt рамка войдет в поле на величину $V_0 dt$



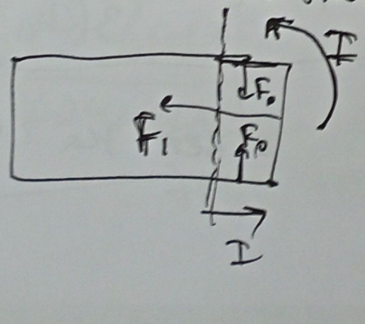
Тогда изменение потока $d\Phi = B d V_0 dt$ и направлено оно в плоскость рисунка от нас.

Из правила Ленца следует, что возникающая ЭДС самоиндукции создаст ток, текущий в рамке против часовой стрелки . И $|\mathcal{E}| = \left|-\frac{d\Phi}{dt}\right| = B d V_0$.

Из ~~ал~~ з-на Ома находим ток в рамке в этот момент $IR = \mathcal{E} \Rightarrow I = \frac{B d V_0}{R}$.

Рассмотрим силы, действ. на рамку. На рамку со сторон поля действуют только силы Ампера. Две из них „гасятся", т.к. действуют на параллельные участки рамки, и направлены в противоп. стороны, одинаковой длины. Нескомпенсиров. остается только сила F_1, тормозящая рамку.

Это так всегда? зачем их не рассматриваем

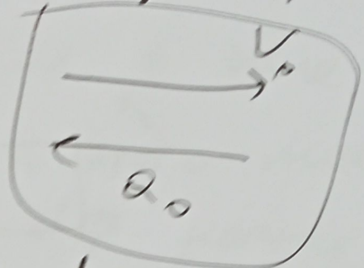


$$F_1 = IBd = \frac{B^2 d^2 V_0}{R}$$

Чистовик

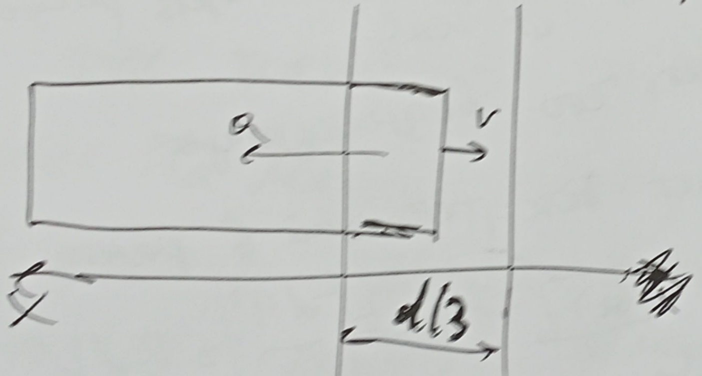
В начальный момент времени (сразу после вхождения рамки в поле) II з-н Ньютона принимает вид: $ma_0 = F_1 = \frac{(Bd)^2 V_0}{R} \Rightarrow$

$$\boxed{a_0 = \frac{(Bd)^2 V_0}{mR}}$$ — ответ на 1) вопрос



$\vec{a}_0$ направл. против $\vec{V}_0$

2) Пусть рамка находится в поле на величину $X \le H = \frac{d}{3}$ и имеет какую-то скорость V и ускорение a:



Тогда, повторяя действия, описанные выше, можно записать II з-н Ньютона на Ox

$$+ma = -\frac{(Bd)^2}{R} V$$

$$\Rightarrow -a = \frac{(Bd)^2}{mR} V$$

$$-\frac{dV}{dt} = \frac{(Bd)^2}{mR}\frac{dX}{dt} \Rightarrow -\sum_i dV_i = \frac{(Bd)^2}{mR}\sum_i dX_i$$

$$\Rightarrow \underbrace{-(V_1 - V_0)}_{} = \frac{(Bd)^2}{mR}\Big(\underset{\frac{d}{3}}{H} - 0\Big) \Rightarrow \boxed{V_1 = V_0 - \frac{B^2 d^3}{3Rm}}$$

т.к. просят найти V_1 при выходе новой стороны рамки из поля

ответ на 2 вопрос

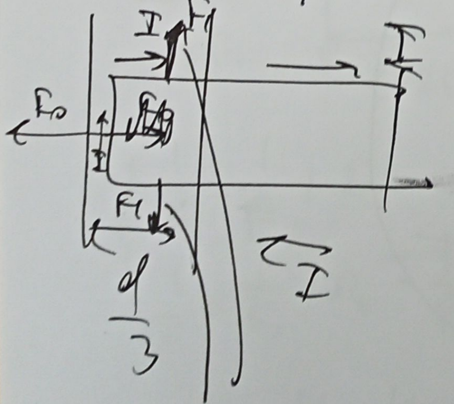
Чистовик

3) Заметим, что после выхода правой стороны рамки какое-то время рамка будет двигаться с той же скоростью V_1. Это будет происходить до тех пор, пока левая сторона рамки не въедет в поле.

т.к. $\Phi = const$ и $\dot{\Phi} = 0$ ($F_{Ампера} = 0$, $I = 0$)

Начиная с этого момента величина $d\Phi$ начнет изменяться, при этом возникающая ЭДС самоиндукции из-за Ленца создаст ток ~~текущий~~ по часовой стрелке (теперь $d\Phi$ направлено на нас (из плоскости рисунка) $\sigma(-d\Phi)$ — от нас) ~~Аот~~ На левую сторону рамки, наход. в области магнитного поля начнет действовать сила Ампера, ~~которая~~

~~разворачивая, так как ток теперь течет в другую сторону~~

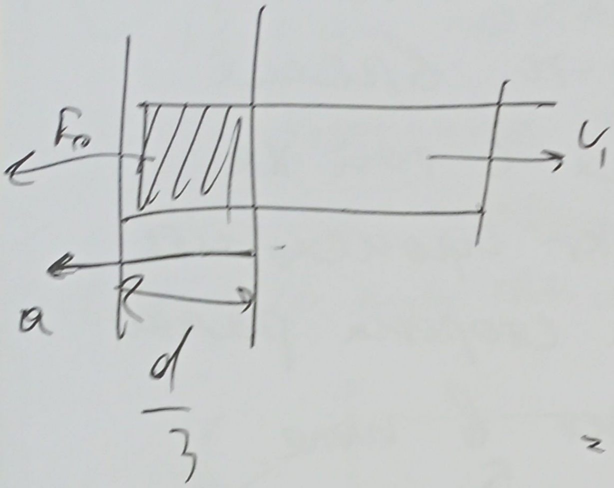


При этом F_0 направлена в ту же сторону, что и раньше. т.е. в итоге $V_2 \le V_1 \le V_0$.

$\boxed{\text{все время}}$ компенсируют друг друга

Запишем II з-н Ньютона на OX:

Чистовик



$$m\vec{a} = -\frac{(Bd)^2}{R}\vec{V_1}$$

$$\Rightarrow \frac{dV}{dt} = -\frac{(Bd)^2}{mR}\frac{dx}{dt}$$

$$\Rightarrow V_2 - V_1 = -\frac{(Bd)^2}{mR}x = -\frac{(Bd)^2}{mR}\frac{d}{3}$$

т.к. надо найти V_2 с которой рамка выйдет из поля

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

<u>Ответ:</u>

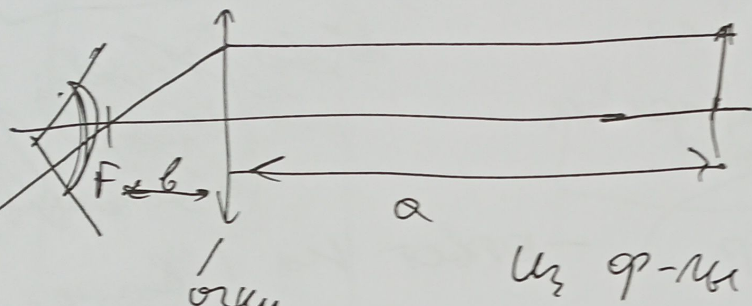
1) $|a_0| = \frac{(Bd)^2 V_0}{mR}$

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

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

(5) Чистовик

1) Очки представляют собой линзу. Свет проходит через очки и попадает на сетчатку глаза, формируя изображение (ну или куда там попадает, не знаю, простите)



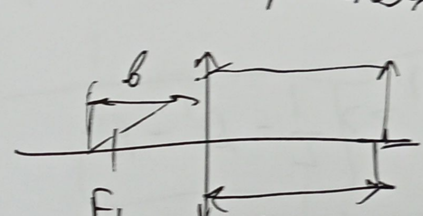
— предмет на очень большом расстоянии

Из ф-лы тонкой линзы

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{F}+D_0 \approx \frac{1}{b} \; (1) \Rightarrow$$

F — фокус очков для рассматривания удаленных предметов. D_0 — оптическая сила глаза человека. $b = const$ — расстояние от очков до того места, где в глазу человек получает изображение

F_1 — фокус очков для чтения текста с расстояния 25 см



Из ф-лы тонкой линзы: ~~найдем~~

$$\frac{1}{l}+\frac{1}{b}=\frac{1}{F_1}+D_0 \quad (2)$$

Оптические силы двух линз, прижатых друг к другу, складываются

$$\begin{cases} \frac{1}{b}=\frac{1}{F}+D_0 \\ \frac{1}{b}=\frac{1}{F_1}+D_0-\frac{1}{l} \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{F_1}>\frac{1}{F} \Rightarrow F>F_1$$

и по условию $\boxed{\frac{1}{F_1}:\frac{1}{F}=\frac{F}{F_1}=2}$

(8)

Чистовик

Тогда $F = 2F_1$

и $\left\{ \frac{1}{b} = \frac{1}{2F_1} + D_0 = \frac{1}{F_1} + D_0 - \frac{1}{\ell} \Rightarrow \frac{1}{2F_1} = \frac{1}{\ell} \right.$

и $\boxed{F_1 = \frac{\ell}{2} = 12{,}5\text{ см} \quad F = 2F_1 = 25\text{ см}}$

Оптич. сила очков для рассматр. удален/предм.

~~$D_0 = 0$ нулевой предел аккомодации~~

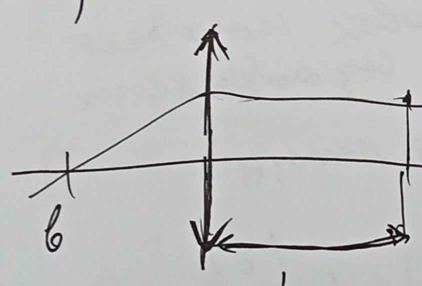
$\boxed{D = \frac{1}{F} = 4\text{ дптр}}$ — ответ на 1 вопрос

~~Поскольку $D_0 = 0$~~ $\frac{1}{x} + \frac{1}{b} = D_0 \Rightarrow \boxed{x = -2F_1 = -25\text{ см}}$

(т.е. нет такого расстояния x $\boxed{(x=0)}$ ответ на 1 вопрос)

2) $L = 50\text{ см} = L^{-1} = 2\text{ дптр}$

ф-ла тонкой линзы



$\frac{1}{L} + \frac{1}{b} = D_0 + D' \Rightarrow \boxed{\frac{1}{L} = D' - D}$

оптич. сила новых очков

$\Rightarrow \boxed{D' = 6\text{ дптр}}$ — ответ на 2 вопрос

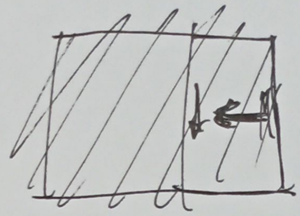
Ответ:

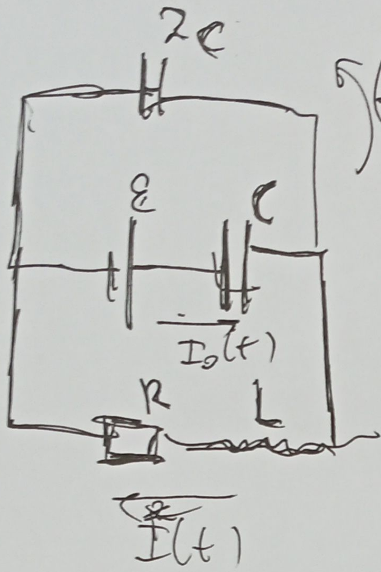
1) $\boxed{D = 4\text{ дптр}}$ $X = 0$ (он нужен не ~~может~~ прочитать текст)

2) $\boxed{D' = 6\text{ дптр}}$

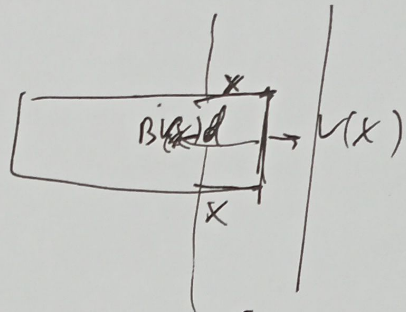
Черновик

(3)





$(I_0 - I)(t)$



$$-Q(x) = \frac{(Bd)^2}{mR} V(x)$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{dx}{dt} \cancel{A}$$

$$V_0 - V_1 = \frac{H}{3}.$$

$$\varepsilon \left| \frac{C\varepsilon}{3} \right.$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{b}$$

$$\frac{1}{F_1} > \frac{1}{F_2}$$

$$\frac{1}{F} + \frac{1}{F_0} = \frac{1}{b}$$

$$F_2 > F_1$$

$$\frac{1}{\ell} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_0}$$

$$\frac{F_2}{F_1} = 2$$

$$\frac{1}{2F_1} + \frac{1}{F_0} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_0} - \frac{1}{\ell}$$

$$\frac{1}{2F_1} = \frac{1}{\ell} \quad \boxed{F_1 = 12{,}5\text{ см}} \quad F_2 = 25\text{ см}$$

ℓ