Часть 1

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

Шифр: **21200936**

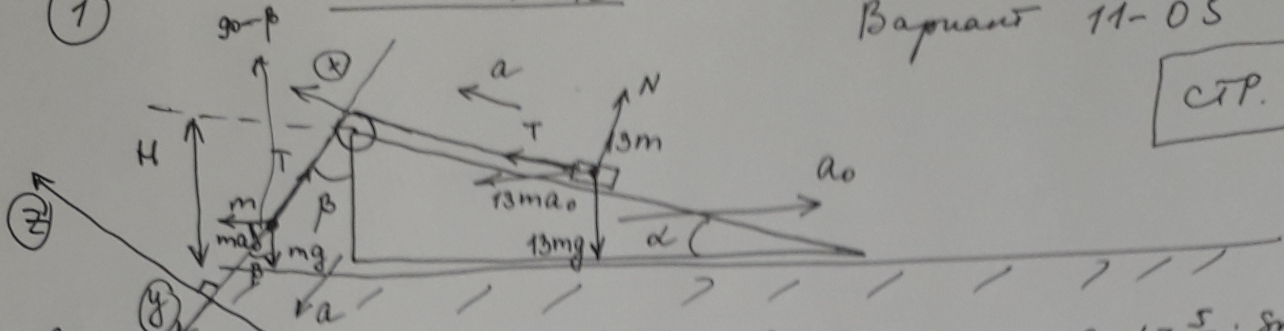
ID профиля: **153165**

Вариант 5

Чистовик

① Вариант 11-05

СТР. 1



ИЗ основ. триг. тождества $(\sin^2 x + \cos^2 x = 1)$, очевидно, $\sin\alpha = \frac{5}{13}$; $\sin\beta = \frac{3}{5}$

Перейдем в НеИСО клина (a_0) с учетом сил инерции.

Расставим силы на m и $13m$ с её учетом (см. рис.)

Нить натянута всюду одинаково в силу её невесомости.

m дв-ся вдоль оси y (см. рис) по условию — т.к. нить отн-но клина не изменяет своей конфигурации.

Тогда по оси z $(\perp oy)$, тело m не дв-ся, значит

$$\sum F_z = 0 : \quad ma_0 \sin(90^\circ - \beta) = mg \sin\beta$$

Ответ 1) $$\boxed{a_0 = g\frac{\sin\beta}{\cos\beta} = g\frac{3/5}{4/5} = \frac{3}{4}g}$$ ускорение клина

Запишем II зн в этой НеИСО

Для m на oy: $ma = mg\cos\beta + ma_0\sin\beta - T$ (1)

Для $13m$ на ox: $13ma = T + 13ma_0\cos\alpha - 13mg\sin\alpha$ (2)

ускор. одинаковы, т.к. нить нерастяж.

Сложим (1)+(2):

$$14ma = mg\cos\beta + ma_0\sin\beta + 13ma_0\cos\alpha - 13mg\sin\alpha$$

$$14a = g\frac{4}{5} + \frac{3}{4}g\frac{3}{5} + 13\cdot\frac{3}{4}g\cdot\frac{12}{13} - 13g\frac{5}{13}$$

$$14a = \frac{5}{4}g + 4g$$

$$14a = \frac{21}{4}g$$

$$a = \frac{\cancel{21}^{\,3}}{\cancel{14}_{\,2}\cdot 4}g$$

Ответ 2) $a = \frac{3}{8}g$ ускорение бруска отн-но клина

21200936 (U153165 M1268114)

① продолжение: **чистовик**

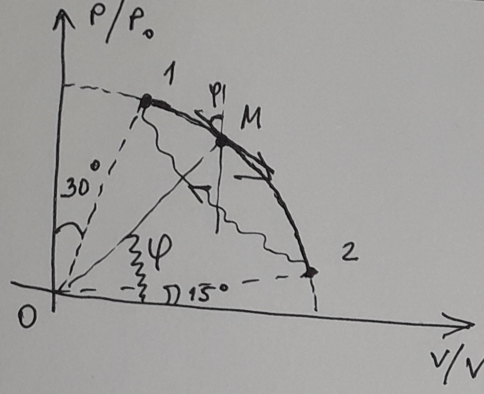
Вертикальная компонента ускорения т равна

$$a_{верт} = a\cos\beta = \frac{3}{8}g\cdot\frac{4}{5} = \frac{3}{10}g$$

Нач. ск-ть $=0$, поэтому ур-ие дв-ия

Ответ 3) $$\boxed{H = \frac{a_{верт}\tau^2}{2} \Rightarrow \tau = \sqrt{\frac{2H}{a_{верт}}} = \sqrt{\frac{2H\cdot 10}{3g}} = \sqrt{\frac{20H}{3g}}}$$

②



Из графика

$$P_1 = P_0\cos 30^\circ$$
$$V_1 = V_0\sin 30^\circ$$
$$P_2 = P_0\sin 15^\circ$$
$$V_2 = V_0\cos 15^\circ$$

Из ур-ия Менд-Клап $PV = \nu RT$ видно что $T \sim PV$, т.е.

Ответ 1) $$\boxed{\frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1V_1}{P_2V_2} = \frac{\sin 30^\circ\cos 30^\circ}{\sin 15^\circ\cos 15^\circ} = \frac{\frac{\sin 60^\circ}{2}}{\frac{\sin 30^\circ}{2}} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}}$$

Для искомой точки M ; $\underbrace{dQ}_{0} = \underbrace{dU}_{\frac{3}{2}d(PV)} + \underbrace{dA}_{PdV}$

т.к. $C=0$

$$\frac{3}{2}PdV + \frac{3}{2}VdP + PdV = 0$$

$$5PdV + 3VdP = 0$$

$$\frac{dP}{dV} = \frac{-5P}{3V}$$

$\frac{dP}{dV}$ пропорционально тангенс угла наклона, т.е. в данных обозначениях (см. рис)

$(-\operatorname{ctg}\varphi)$ (минус, т.к. убывание)

$$-\operatorname{ctg}\varphi\frac{P_0}{V_0} = \frac{-5P_M}{3V_M}$$

Для т. M, $P_M = P_0\sin\varphi$; $V_M = V_0\cos\varphi$

$$\frac{P_0}{V_0\operatorname{tg}\varphi} = \frac{5P_0\sin\varphi}{3V_0\cos\varphi}$$

$$\operatorname{tg}^2\varphi = \frac{3}{5}$$

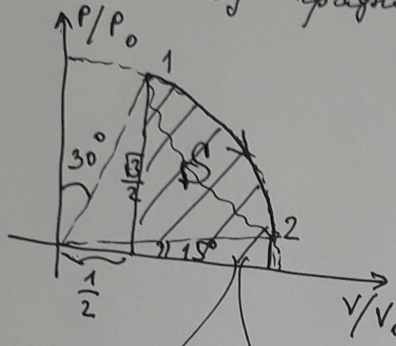
Ответ 2) $$\boxed{\operatorname{tg}\varphi = \sqrt{\frac{3}{5}}}$$

21200936 (U153165 M1268114)

② продолжение:

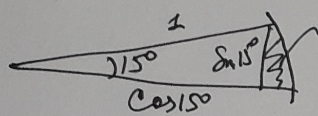
Чистовик $\boxed{\text{стр. 3}}$

Работу газа при расширении проще найти как площадь под графиком линии 1–2.



$$A_{1-2} = P_0V_0 \cdot S$$

$$S = \underbrace{\frac{\pi}{4}}_{\text{четверть окр-ти}} - \underbrace{\frac{30^\circ}{360^\circ}\pi}_{} - \underbrace{\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}}_{\Delta} - \underbrace{\left(\frac{\pi}{24}-\frac{1}{8}\right)}_{\Delta S} =$$



$$\Delta S = \frac{15^\circ}{360^\circ}\pi - \frac{\sin 15^\circ \cos 15^\circ}{2} = \frac{\pi}{24} - \frac{\sin 30^\circ}{4} = \frac{\pi}{24} - \frac{1}{8}$$

(при расширении)

$$= \frac{\pi}{8} - \frac{\sqrt{3}}{8} + \frac{1}{8} = \frac{\pi - \sqrt{3} + 1}{8} \Rightarrow A_{12} = \frac{\pi - \sqrt{3} + 1}{8} P_0 V_0$$

4 процесс 2–1 (неквазист.): $\underbrace{Q_{21}}_{0 \text{ по усл}} = A_{21} + \underbrace{\Delta U_{21}}_{\frac{3}{2}(P_1V_1 - P_2V_2)}$

$$A_{21} = -\Delta U_{21} = \frac{3}{2}(P_2V_2 - P_1V_1) = \frac{3}{2}P_0V_0\left(\frac{\sin 30^\circ}{2} - \frac{\sin 60^\circ}{2}\right) =$$

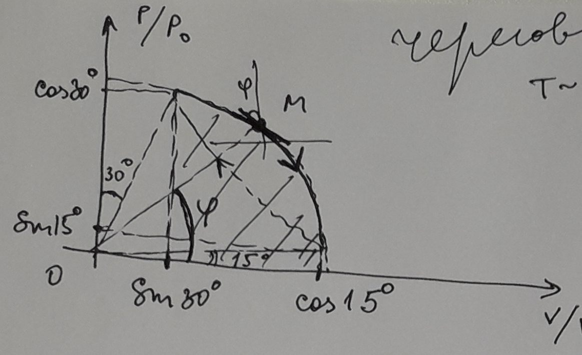
$$= \frac{3}{4}P_0V_0\left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \frac{3}{8}P_0V_0(1-\sqrt{3}) < 0$$ — что очевидно

Работа за цикл $A = A_{12} + A_{21} = \frac{P_0V_0}{8}\left(\pi - \sqrt{3} + 1 + 3 - 3\sqrt{3}\right) = \frac{P_0V_0}{8}\left(\pi + 4 - 4\sqrt{3}\right)$

Искомое $\frac{A}{A_{12}} = \frac{\frac{P_0V_0}{8}(\pi + 4 - 4\sqrt{3})}{\frac{P_0V_0}{8}(\pi + 1 - \sqrt{3})} = \frac{\pi + 4 - 4\sqrt{3}}{\pi + 1 - \sqrt{3}} \approx \frac{0,214}{2,41} \approx 0,089 \approx$

$\approx 0,09$

черновик



$T \sim PV$

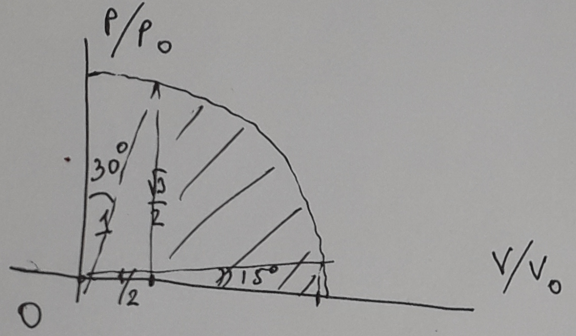
$T_1 \sim \cos 30^\circ \sin 30^\circ \sim \sin 60^\circ$

$T_2 \sim \sin 15^\circ \cos 15^\circ \sim \sin 30^\circ$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}$$

$$C\,dT = P\,dV + \frac{3}{2}(P\,dV + V\,dP) = \frac{5}{2}P\,dV + \frac{3}{2}V\,dP = 0$$

$$= \quad \cancel{\frac{dP}{P}} \quad \frac{dP}{dV} = \frac{-5P}{3V}$$



$$-\operatorname{ctg}\varphi \frac{P_0}{V_0} = \frac{-5P_0 \sin\varphi}{3V_0\cos\varphi}$$

$$\operatorname{ctg}^2\varphi = \frac{5}{3}$$

$$\operatorname{tg}^2\varphi = \frac{3}{5}$$

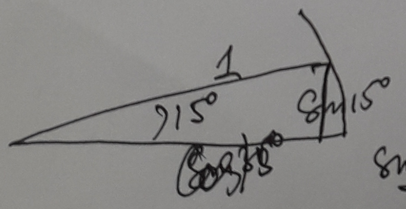
$$\operatorname{tg}\varphi = \sqrt{\frac{3}{5}}$$

$$A_{ст} = \underbrace{\Delta U}_{\text{в неравновесном}} = \frac{3}{2}\Delta(PV) = -\frac{3}{2}\left(P_0V_0\left(\frac{\sin 60^\circ - \sin 30^\circ}{2}\right)\right) =$$

$$= -\frac{3}{4}P_0V_0\left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2}\right) = -\frac{3}{8}P_0V_0(\sqrt{3}-1)$$

$$A_{расш} = \frac{\pi}{4} - \underbrace{\frac{30^\circ}{360^\circ}}_{\frac{1}{12}}\pi - \frac{\sqrt{3}}{8} - \left(\underbrace{\frac{15^\circ}{360^\circ}}_{\frac{1}{24}}\pi - \frac{1}{8}\right) = \left(\frac{1}{8}\pi - \frac{\sqrt{3}-1}{8}\right)P_0V_0$$

$$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{1}{3} - \frac{1}{6}\right) = \underbrace{\frac{6-2-1}{6}}_{\frac{1}{2}}$$



$$\frac{\sin 15^\circ \cos 15^\circ}{2} = \frac{1}{4}\sin 30^\circ = \frac{1}{8}$$

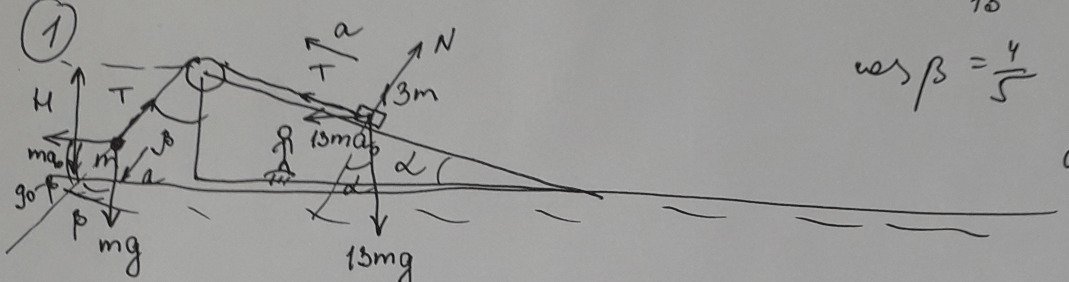
$$\frac{A_{цикл}}{A_{расш}} = \frac{\cancel{8}\left(\pi - \sqrt{3} + 1 - 3\sqrt{3} + 3\right)}{(\pi - \sqrt{3} + 1)} = \frac{\pi - 4\sqrt{3} + 4}{\pi - \sqrt{3} + 1} \approx \frac{0{,}22}{2{,}41} \approx 0{,}09$$

21200936 (U153165 M1268114)

черновик

11 – 05

1



$\cos\alpha = \frac{12}{13}$

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

a_0 – ?

a – ?

τ – ?

$\cancel{m}a_0 \sin(90^\circ - \beta) = \cancel{m} g \sin\beta$

$$\boxed{a_0 = g\frac{\sin\beta}{\cos\beta} = g\,tg\beta = \frac{3}{4}g}$$

если $\cos\beta = \frac{4}{5}$, $tg\beta = \frac{3}{4}$

$\frac{\pi}{4} - \frac{\pi}{12} - \frac{\pi}{24} =$

$= \frac{6\pi - 2\pi - \pi}{24} = \frac{\pi}{8}$

$ma = mg\cos\beta + ma_0 \sin\beta - T$

$13ma = 13ma_0\cos\alpha - 13mg\sin\alpha + T$

$14ma = mg\cos\beta + ma_0\sin\beta + 13ma_0\cos\alpha - 13mg\sin\alpha$

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

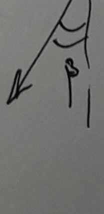
$14ma = mg\frac{4}{5} + m\frac{3}{4}g\frac{3}{5} + 13m\cdot\frac{3}{4}g\cdot\frac{12}{13} - 13mg\frac{5}{13}$

$14a = \frac{4}{5} + \frac{9}{20} + 9 - 5 = 4 + \frac{9+16}{20} = 4\frac{25}{20} = 5\frac{1}{4}g$

$14a = \frac{21}{4}g$

$a = \frac{\cancel{21}\,3}{\cancel{14}\cdot 4 \cdot 2}g$

$a = \frac{3}{8}g$



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

$a_y = a\cos\beta$

$\sqrt{3} = 1{,}732$

$\pi = 3{,}142$

$\tau = \sqrt{\frac{2H}{a\cos\beta}} = \sqrt{\frac{2H}{\frac{3}{8}g\frac{4}{5}}} =$

$= \sqrt{\frac{20H}{3g}}.$

Часть 2

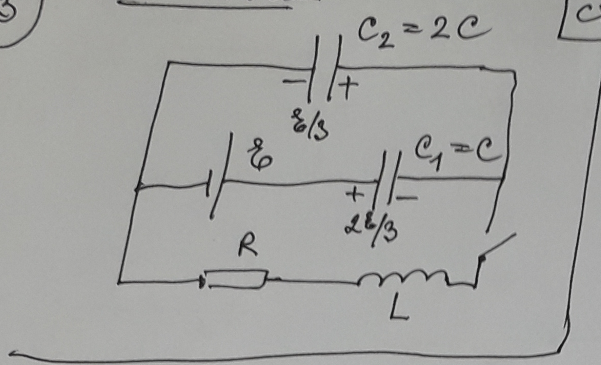
Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21200936**

ID профиля: **153165**

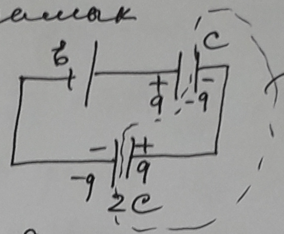
Вариант 5

③ Чистовик | стр. 1 | Вариант 11-05



До замык.

послед. соед.



заряды равны по модулю из з.с.з.

$$\mathcal{E} = \frac{q}{C} + \frac{q}{2C} = \frac{3q}{2C} \Rightarrow q = \frac{2}{3}C\mathcal{E}$$

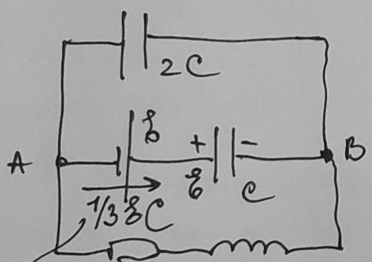
$$U_{2C} = \frac{\frac{2}{3}C\mathcal{E}}{2C} = \frac{\mathcal{E}}{3}$$

Сразу после замык., $I_L = 0 \Rightarrow I_R = 0 \Rightarrow U_R = 0$

$$U_L = U_{2C} = \frac{\mathcal{E}}{3}, \text{ но } U_L = L\frac{dI_L}{dt}$$

$$\left(U_C = \frac{2\mathcal{E}}{3}\right) \quad \boxed{\frac{dI_L}{dt} = \frac{U_L}{L} = \frac{\mathcal{E}}{3L}}$$

После замык. в уст. реж., токи ч/з C_1 и C_2 не идут, а значит и $I_L = I_R = 0$



$\varphi_A = \varphi_B$ (видно из нижней ветви)

$\Downarrow$

$U_{C_2} = 0$, $U_{C_1} = \mathcal{E}$ (C_2 разряж.; C_1 заряж.)

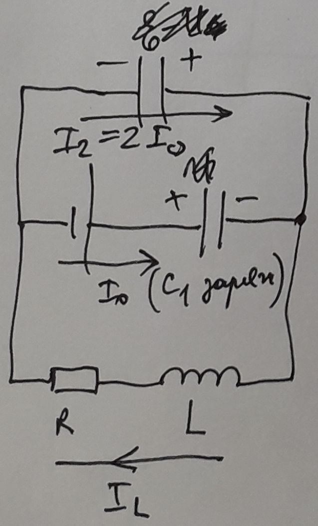
т.к. у C_1 было $\frac{2\mathcal{E}}{3}$, а стало $\mathcal{E}$

З.С.Э.

$$\underbrace{\frac{2C\left(\frac{\mathcal{E}}{3}\right)^2}{2}}_{C_2} + \underbrace{\frac{C\left(\frac{2\mathcal{E}}{3}\right)^2}{2}}_{C_1} + \underbrace{\mathcal{E}\frac{1}{3}C\mathcal{E}}_{A_{ист}} = \underbrace{\frac{C\mathcal{E}^2}{2}}_{C_1 \text{ в конце}} + \underbrace{Q}_{\text{тепло}}$$

$$\boxed{Q = \frac{1}{6}C\mathcal{E}^2}$$

Энергия катушки и в начале, и в конце $= 0$.



~~Пусть $U_{C_1} = U \Rightarrow U_{C_2} = \mathcal{E} - U$~~

~~$\mathcal{E} = U + U_L + R$~~

$$\mathcal{E} = \underbrace{U_{C_1}}_{\text{заряж}} + \underbrace{U_{C_2}}_{\text{разряж}}$$

ч/з dt

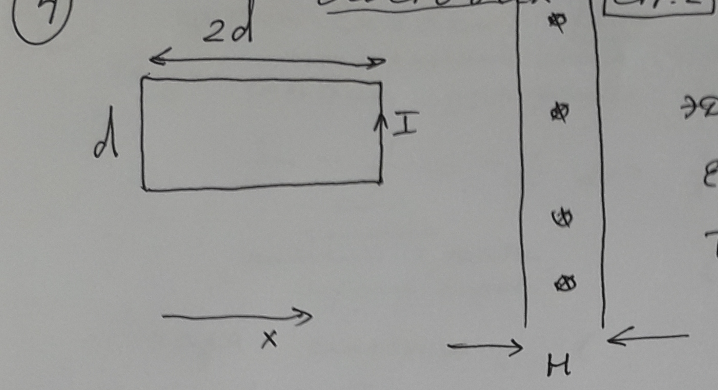
$$\mathcal{E} = U_{C_1} + \frac{I_0\,dt}{C} + U_{C_2} - \frac{I_2\,dt}{2C} \Rightarrow \boxed{I_2 = 2I_0}$$

$$I_L = I_0 + 2I_0 \text{ (из з.с.з)}$$

$$\boxed{I_L = 3I_0}$$

Ответ: $\dot{I}_L = \frac{\mathcal{E}}{3L}$; $Q = \frac{1}{6}C\mathcal{E}^2$; $3I_0$

(4) Чистовик |стр. 2|



при вход. в поле возникает ЭДС индукции $\mathcal{E}_i$ (по пр. Ленца и буравчика)

$$\mathcal{E}_i = B\frac{dS}{dt} = Bd\frac{v_0\,dt}{dt} = Bv_0 d$$

Ток в рамке $I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{Bv_0 d}{R}$

по правилу левой руки, сила ~~Лоренца~~ Ампера направлена влево

$$F_x = -IBd = -\frac{Bv_0 d}{R}Bd = -\frac{B^2d^2v_{0x}}{R}$$

(на верх. и ниж. стороны F_A скомпенс.)

$$ma_{0x} = -\frac{B^2d^2v_{0x}}{R}$$

$$a_{0x} = -\frac{B^2d^2v_{0x}}{mR} \quad (*)$$

$$\boxed{a_0 = \frac{B^2d^2v_0}{mR}}$$ → ускорение в самом начале

Для ∀ момента вр. можно записать $a_x = -\frac{B^2d^2V_x}{Rm}$ (из *)

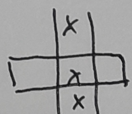
$$a_x\,dt = -\frac{B^2d^2}{Rm}\cdot V_x\,dt$$

$$dV_x = -\frac{B^2d^2}{Rm}dx \quad (\Sigma\ уем)$$

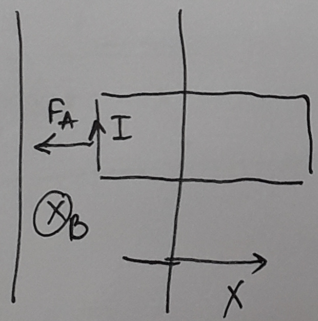
при ~~входе~~ выходе правой стороны рамки

$$V_1 - V_0 = -\frac{B^2d^2}{Rm}\cdot\frac{d}{3}$$

$$\boxed{V_1 = V_0 - \frac{B^2d^3}{3Rm}} > 0 \text{ (по усл)}$$

В промеж. положениях  рамка дв-ся равномерно, т.к. ч/з неё не изм. магнитный поток.

при выходе всей рамки $\mathcal{E}_i$; сила Ампера опять тормозит рамку



$$ma_x = -\frac{BV_xd}{R}Bd$$

$$a_x\,dt = -\frac{B^2d^2}{Rm}V_x\,dt$$

$$dV_x = -\frac{B^2d^2}{Rm}dx$$

$$V_2 - V_1 = \frac{-B^2d^3}{3Rm}$$

$$V_2 = V_1 - \frac{B^2d^3}{3Rm}$$

$$\boxed{V_2 = V_0 - \frac{2B^2d^3}{3Rm} > 0}$$ по усл

Ответ: $a_0 = \frac{B^2d^2V_0}{mR}$; $V_1 = V_0 - \frac{B^2d^3}{3mR}$; $V_2 = V_0 - \frac{2B^2d^3}{3mR}$

(5) Обозначим $\ell = 25$ см | стр. 3 |

очки = рассеив. линза (отриц. линза ; изобр — мнимое)

Когда смотрим удаленные предметы

$$\boxed{\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = -\frac{1}{F}}$$

Формула т. линзы для расс линзы

$$\frac{1}{\infty} - \underbrace{\frac{1}{X}}_{} = -\frac{1}{F} \Leftrightarrow \frac{1}{X} = \frac{1}{F}$$

должны получить X, чтобы хорошо видеть

$(X = F)$

Когда смотрим с ℓ:

$$\frac{1}{\ell} - \frac{1}{X} = -\frac{1}{F_0} \Leftrightarrow \frac{1}{\ell} = \frac{1}{F} - \frac{1}{F_0}$$

, т.к. $\ell > 0$ то $F < F_0$

значит $F_0 = 2F$ (по усл-ю опт. силы отлич. в 2 раза)

$$\frac{1}{\ell} = \frac{1}{F} - \frac{1}{2F} = \frac{1}{2F}$$

$$\ell = 2F$$

$$\ell = 2X$$

$$X = \frac{\ell}{2} = 12{,}5 \text{ см}$$

$$\boxed{D = \frac{-1}{F} = \frac{-1}{X} = -\frac{2}{\ell} = -8 \text{ дптр}} < 0, \text{ т.к. линза отриц.}$$

Для компьютера

$$\frac{1}{\underset{50\text{см}}{2\ell}} - \left(\frac{1 \cdot 2}{\ell}\right)_{=1/X} = D_{комп}$$

$$\boxed{D_{комп} = \frac{-3}{2\ell} = -6 \text{ дптр}}$$

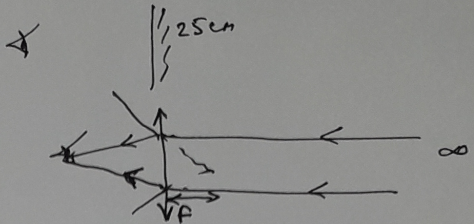
Ответ: $X = 12{,}5$ см, $D = -8$ дптр (8 дптр по модулю); $D_{комп} = -6$ дптр (6 дптр по модулю)

21200936 (U153165 M1268115)

Черновик

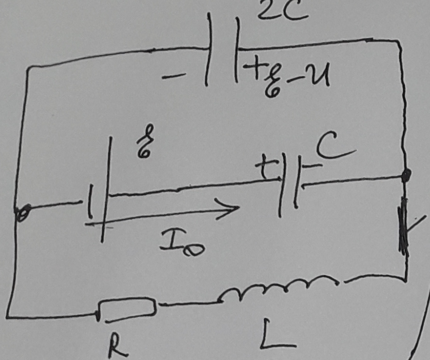
3

$$\underbrace{\frac{1}{9}+\frac{2}{9}+\frac{1}{3}}_{\frac{2}{3}} \qquad Q=\frac{2}{3}-\frac{1}{2}=\frac{1}{6}$$



$\mathcal{E}-U=$

предели аккомодации — пределы, на которых четко видим

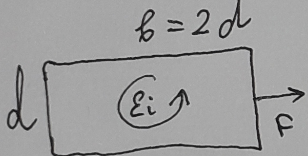


$$\frac{1}{25}-\frac{1}{b}= \qquad \frac{1}{\infty}-\frac{1}{b}=\frac{-1}{F} \quad b=F \text{ хор. работ.}$$

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{F} \qquad \frac{1}{\ell}-\frac{1}{F}=-\frac{1}{2F}$$

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

$$\mathcal{E}_i=\frac{d\varphi}{dt}=B\frac{dS}{dt}=B\frac{V_0\Delta\tau d}{\Delta\tau}=BV_0 d$$



m

V_0

R

B

$\frac{d}{3}$

$a_0-?$

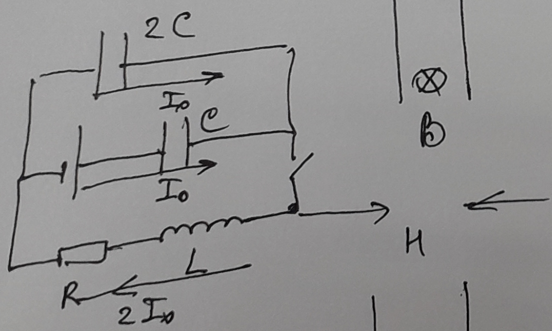
$V_1-?$

$V_2-?$

$\mathcal{E}_i \qquad I=\frac{\mathcal{E}_i}{R}=\frac{BV_0d}{R}$

$$F=IBd=\frac{B^2V_0d^2}{R}=ma_0$$

$$a_0=\frac{B^2V_0d^2}{mR}$$



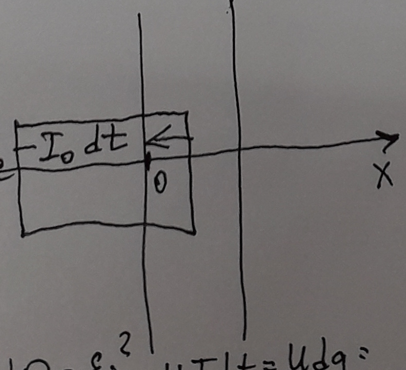
$$\mathcal{E}_i=BVd$$

$$a=\frac{B^2Vd^2}{mR}\,\Big|\cdot dt$$

$$\underbrace{a\,dt}_{dV}=\frac{B^2d^2}{mR}\underbrace{V\,dt}_{dx}$$

$\mathcal{E}=U_C+U_{2C}$

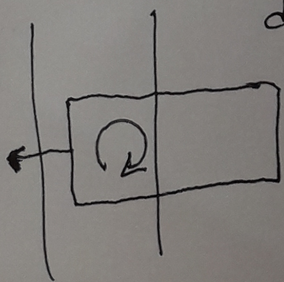
$\mathcal{E}=U_C+I_0dt+U_{2C}$



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

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

$dQ=\frac{\mathcal{E}_i^2}{R}= \quad UIdt=Udq=\mathcal{E}_i dq$



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

21200936 (U153165 M1268115)