Часть 1

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

Шифр: **21203328**

ID профиля: **213163**

Вариант 8

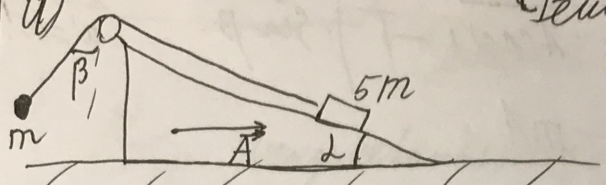
№1 (чистовик 1)

Дано:
$\cos\alpha = \frac{3}{5}$
$\cos\beta = \frac{5}{13}$
m
H

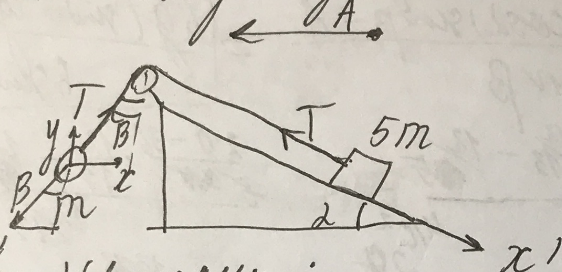
а) $A_{кл}$ – ?
б) $a_{относит.клин}$ – ?
с) T – ?

Решение:

а)



Перейдем в неинерциальную систему отсчета связанную с клином.



По 2 закону Ньютона:

Ox': для бруска.

$$5ma = 5mg\sin\alpha - T - 5mA\cos\alpha.$$

шарик:

Ox:

$$ma_x' = T\sin\beta - mA$$

Oy: $$ma_y' = T\cos\beta - mg$$

т.к. они связаны нитью, то ускорения по ней равны.
шарик будет двигаться под углом β все время т.к. это равновесное положение для него.

$$a_x'^2 + a_y'^2 = a^2$$

(1) $$\frac{a_x'}{a_y'} = tg\,\beta = \frac{T\sin\beta - mA}{T\cos\beta - mg} \Rightarrow T\sin\beta - mg\,tg\,\beta = T\sin\beta - mA$$

$$\boxed{A = g\,tg\,\beta} = \frac{\sqrt{1-\cos^2\beta}}{\cos\beta}g = \frac{12\cdot 13}{13\cdot 5}\cdot g = \frac{12}{5}\cdot 10 \text{ м/с}^2 = 24 \text{ м/с}^2$$

б) чистовик 2

$$\begin{cases} 5ma = 5m(g\sin\alpha - A\cos\alpha) - T \quad \Big| \cdot \sin\beta \\ \cancel{m}\dfrac{ma}{\cancel{\sin\beta}}\cancel{\sin\beta}\sin\beta = T\sin\beta - mA \end{cases}$$

$a'_x = a\sin\beta$. $a' = a$!

сложим уравнения.

$$a\sin\beta\, 6\cancel{m} = 5\cancel{m}\sin\beta(g\sin\alpha - A\cos\alpha) - \cancel{m}A$$

$\sqrt{1-\cos^2\beta}$ $\quad \sqrt{1-\cos^2\alpha}$

$$a = \frac{5(g\sin\alpha - A\cos\alpha)\sin\beta - A}{6\sin\beta} = \boxed{\frac{5g(\sin\alpha - \mathrm{tg}\beta\cos\alpha)\sin\beta - g\,\mathrm{tg}\beta}{6\sin\beta}} =$$

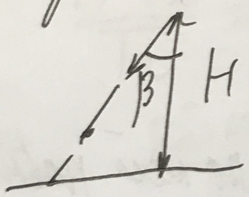
$$= \frac{\frac{5}{\cancel{10}}\cancel{10}\left(\frac{4}{5} - \frac{12}{5}\cdot\frac{3}{5}\right)\cdot\frac{12}{13} - \frac{12}{\cancel{5}}}{\cancel{6}\cdot\frac{12}{13}} \text{ м/с}^2 = \frac{\frac{20-36}{5}\cdot\frac{12}{13} - \frac{12}{5}}{\frac{12}{13}}\cdot\frac{5}{3} \text{ м/с}^2 =$$

$$= -\frac{16\cdot 12 + \cancel{13}\cdot 12}{12\cdot 3}\cdot\frac{13}{3} \text{ м/с}^2 = -\frac{29}{3} \text{ м/с}^2 = -\frac{29}{3} \text{ м/с}^2.$$

9,67

от проекции на ось x'

в) движение шарика - равноускоренное прямолинейное.



$$\frac{H}{\cos\beta} = \frac{a\cdot\tau^2}{2} \Rightarrow \boxed{\tau = \sqrt{\frac{2H}{a\cos\beta}}} = \sqrt{}$$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

Ответ: $A = \dfrac{\sqrt{1-\cos^2\beta}}{\cos\beta}g = \dfrac{12}{5}g = 24 \text{ м/с}^2$; $\quad a = g\dfrac{\mathrm{tg}\beta - 5\sin\beta(\sin\alpha - \mathrm{tg}\beta\cos\alpha)}{6\sin\beta} = 9{,}67 \text{ м/с}^2$

$$\tau = \sqrt{\frac{2H}{a\cos\beta}} = \sqrt{\frac{12H}{g\,\mathrm{ctg}\beta(\mathrm{tg}\beta - 5\sin\beta(\sin\alpha - \mathrm{tg}\beta\cos\alpha))}}$$

№2 (чистовик 3)

Дано:

$i = 5$

$\varphi_1 = 22{,}5^\circ$

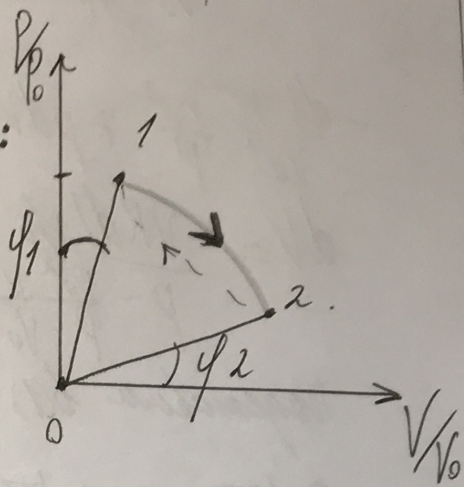
$\varphi_2 = 15^\circ$

ⓐ $\frac{T_1 - T_2}{T_2}$?

ⓑ φ, где $C = 0$

ⓒ $\eta = ?$

Решение:



ⓐ По ур. Менделеева-Клапейрона:

$pV = \nu RT$

$\left(\frac{p}{p_0}\right)^2 + \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 = r^2$.

$\cancel{p = p_0\sqrt{r^2 - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2}}$

①

$\cancel{p_0\sqrt{r^2 - \left(\frac{V_1}{V_0}\right)^2}\, V_1 = \nu RT}$

$p_0 \cdot \cos\varphi_1\, r\, V_0\, r \sin\varphi_1 = \nu R T_1$.

②

$p_0 V_0 \sin\varphi_2 \cos\varphi_2 = \nu R T_2$.

$$\frac{T_1 - T_2}{T_2} = \frac{\frac{p_0 V_0}{2\nu R}(\sin 2\varphi_1 - \sin 2\varphi_2)}{\frac{p_0 V_0}{2\nu R}\cdot \sin 2\varphi_2} = \frac{\sin 2\varphi_1 - \sin 2\varphi_2}{\sin 2\varphi_2}$$

$$= \frac{\sin 45^\circ - \sin 30^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} = \boxed{\sqrt{2} - 1} = 0{,}414.$$

ⓑ По 1з-ну Т.Д.

$dQ = C_V \nu\, dT + p\,dV$.

(1) $dQ = C \cdot dT = C_V \nu\, dT = p\,dV$

$p \cdot V = \nu RT$ (диф)

(2) $dp\,V + p\,dV = \nu R\,dT$

$\left(\frac{p}{p_0}\right)^2 + \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 = r^2$.

(3) $dp\,\frac{p}{p_0^2} + dV\frac{V}{V_0^2} = 0$.

$dp = -\frac{dV\,V}{V_0^2}\frac{p_0^2}{p}$. подставим в (2) | чистовик 4 |

$$-\frac{dV\,V^2}{V_0^2}\frac{p_0^2}{p} + p\,dV = \nu R\,dT$$

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

подставим в (1)

$$C\,dT = c_V \nu\,dT + \frac{p \cdot \nu R\,dT}{\frac{p_0^2}{p}\left(\frac{p^2}{p_0^2} - \frac{V^2}{V_0^2}\right)}; \quad \overset{\text{подел.}}{C = 0}! \Rightarrow$$

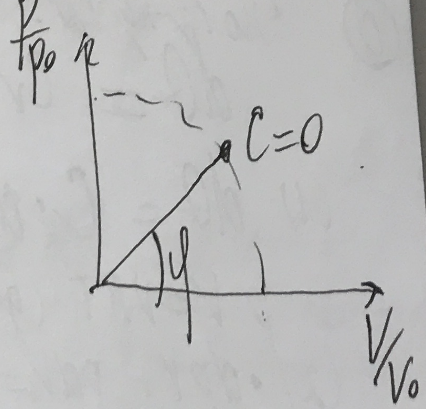
$$\overset{\frac{5}{2}R}{c_V} + \frac{R}{\frac{p_0^2}{p^2}\left(\frac{p^2}{p_0^2} - \frac{V^2}{V_0^2}\right)} = 0. \quad \cancel{\left(\frac{V}{V_0}\right)^2 = r^2 - \left(\frac{p}{p_0}\right)^2}.$$

• отсчитывая угол от оси V/V_0.

$$\frac{5}{2} = \frac{(p/p_0)^2}{(V/V_0)^2 - (p/p_0)^2} = \frac{r^2 \sin^2\varphi}{r^2\cos^2\varphi - r^2\sin^2\varphi} = \frac{\sin^2\varphi}{\cos^2\varphi - \sin^2\varphi}.$$

$$5\cos^2\varphi = 7\sin^2\varphi$$

$$tg^2\varphi = \frac{5}{7}; \Rightarrow \boxed{tg\,\varphi = \sqrt{\frac{5}{7}}}$$



б)

$$\eta = \frac{A}{Q_+}$$

в процессе 2-1: [чистовик 5]

$Q = 0$ (подел) $\Rightarrow A = -\Delta U = -C_V \nu (T_1 - T_2)$

$= (T_2 - T_1) C_V \nu = \frac{C_V \nu}{\nu R} r^2 V_0 p_0 (\sin\varphi_2 \cos\varphi_2 - \sin\varphi_1 \cos\varphi_1)$

в процессе 1-2:

~~$dQ = \left(C_V \nu + \frac{\frac{p}{p_0}^2 \nu R}{\frac{p^2}{p_0^2} - \frac{V^2}{V_0^2}} \right) dT$~~ иу

как в (3)

$dQ = pdV + \frac{C_V \nu}{\nu R} \cdot \frac{p_0^2}{p} \left(\left(\frac{p}{p_0}\right)^2 - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 \right) dV =$

$= \frac{dV}{p} \left(p^2 + C_V p_0^2 \left(\left(\frac{p}{p_0}\right)^2 - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 \right) \right) = \frac{dV}{p} p_0^2 \left(\frac{R + C_V}{R} \left(\frac{p}{p_0}\right)^2 - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 \frac{C_V}{R} \right)$

перейдем к φ.

$\frac{V}{V_0} = r \cos\varphi$; $dV = -V_0 r \sin\varphi \, d\varphi$.

$dQ = -\frac{V_0 r \sin\varphi \, d\varphi}{r \sin\varphi} p_0 \left(\frac{C_p}{R} (r \sin\varphi)^2 - (r \cos\varphi)^2 \frac{C_V}{R} \right) =$

$= -\frac{V_0 p_0 r^2}{R} \left((C_V + C_p) (\sin\varphi)^2 - C_V \right) d\varphi$. $\geq \frac{5}{12}$

тепло подводится, пока $dQ > 0$; пока т.к. $d\varphi < 0$

т.е. пока $\sin\varphi \geq \sqrt{\frac{C_V}{C_p + C_V}}$

$Q_+ = -\frac{V_0 p_0 r^2}{R} \int \left(\frac{R}{2} - \frac{(C_V + C_p)}{2} \cos 2\varphi \right) d\varphi = \frac{V_0 p_0 r^2}{2} \left(\varphi - \frac{1}{2} \sin 2\varphi \right) \Big|_{\operatorname{asin}\frac{1}{\sqrt{3}}}$

$\frac{C_V + C_p}{2} - C_V = \frac{R}{2}$; $-\frac{(C_V + C_p)}{2} \cos 2\varphi$

$Q_+ = -\frac{V_0 p_0 r^2}{R} \int_{\frac{\pi}{2} - \varphi_1}^{\operatorname{asin}\sqrt{\frac{C_V}{C_p + C_V}}} \left(\frac{R}{2} - \frac{C_V + C_p}{2} \cos 2\varphi \right) d\varphi = -\frac{V_0 p_0 r^2}{R} \left(\frac{R\varphi}{2} - \frac{C_V + C_p}{4} \sin 2\varphi \right) \Big|_{\frac{\pi}{2} - \varphi_1}^{\operatorname{asin}\sqrt{\frac{C_V}{C_p + C_V}}}$

21203328 (U213163 M1267288)

$dA_{12} = pdV = -r\sin\varphi\, p_0 \cdot V_0\, r\sin\varphi\, d\varphi =$ чистовик 6

$= -r^2 p_0 V_0 \frac{1-\cos 2\varphi}{2}\, d\varphi$

$A_{12} = -\frac{r^2 p_0 V_0}{2}\left(\varphi - \frac{\sin 2\varphi}{2}\Big|_{\frac{\pi}{2}-\varphi_1}^{\varphi_2}\right) =$

$= -\frac{r^2 p_0 V_0}{2}\left(\varphi_2 - \frac{\pi}{2} + \varphi_1 - \frac{\sin 2\varphi_2 - \sin(\pi - 2\varphi_1)}{2}\right) =$

$= -\frac{r^2 p_0 V_0}{2}\left(\varphi_1 + \varphi_2 - \frac{\pi}{2} - \frac{\sin 2\varphi_2 - \sin 2\varphi_1}{2}\right)$

$$\eta = \frac{-\frac{r^2 p_0 V_0}{2}\left(\varphi_1+\varphi_2-\frac{\pi}{2} - \frac{\sin 2\varphi_2 - \sin 2\varphi_1}{2}\right) + \frac{C_V}{2R} r^2 V_0 p_0 (\sin 2\varphi_2 - \sin 2\varphi_1)}{-\frac{V_0 p_0 r^2}{R}\left(\frac{R}{2}\left(\operatorname{asin}\frac{\sqrt{5}}{\sqrt{12}} - \frac{\pi}{2} + \varphi_1\right) - \frac{C_V + C_p}{4R}\left(\sin\left(2\operatorname{asin}\frac{\sqrt{5}}{\sqrt{12}}\right) - \sin(\pi - 2\varphi_1)\right)\right)}$$

$$= \frac{\frac{5}{4}\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) + \frac{1}{4}\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) + \left(\frac{\pi}{2} - \varphi_1 - \varphi_2\right)}{\frac{7+5}{8\cdot 2}\cdot 3\left(2\frac{1}{\sqrt{3}}\cdot\sqrt{\frac{2}{3}} - \sin 2\varphi_1\right) + \frac{\frac{\pi}{2} - \varphi_1 - \operatorname{asin}\frac{1}{\sqrt{3}}}{2}} =$$

$$= \frac{\frac{3}{2}\cdot\frac{\sqrt{2}-2}{2\sqrt{2}} + \left(\frac{\pi}{2} - \varphi_1 - \varphi_2\right)}{\frac{\sqrt{2} - \frac{3}{2\sqrt{2}} + \frac{\pi}{2} - \varphi_1 - \operatorname{asin}\frac{1}{\sqrt{3}}}{2}} = \frac{-\frac{\sqrt{2}-1}{4}\cdot 3 + \left(\frac{\pi}{2} - \varphi_1 - \varphi_2\right)}{\frac{-\frac{1}{2\sqrt{2}} + \frac{\pi}{2} - \varphi_1 - \operatorname{asin}\frac{1}{\sqrt{3}}}{2}}$$

$-0{,}549$ $\quad 0{,}916$

$-0{,}354$ $\quad 0{,}2999$

Ответ: 5 $\frac{T_1 - T_2}{T_2} = \frac{\sin 2\varphi_1 - \sin 2\varphi_2}{\sin 2\varphi_2} = \sqrt{2} - 1 = 0{,}414$; 6 $\operatorname{tg}\varphi = \sqrt{\frac{5}{7}}$; 6

Часть 2

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

Шифр: **21203328**

ID профиля: **213163**

Вариант 8

№3

чистовик 1

Дано:

L

$C_1 = C$

$\mathcal{E}$

$C_2 = 5C$

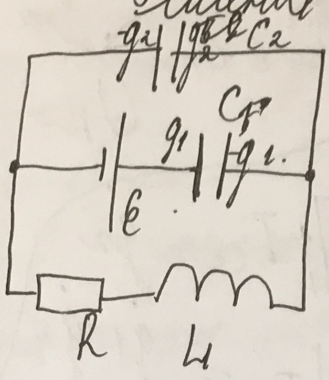
R

1) $\frac{dI_L}{dt}$ - ?

2) Q - ?

3) Если $I_{C_2} = I_0$, U_R - ?

Решение:



$U_{C_1} + U_{C_2} = \mathcal{E} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2}$

1) в начальный момент ~~тока заряда нет~~

По правилу Кирхгофа:

$$\mathcal{E} = U_L + U_{C_1} + U_R = \frac{dI_L}{dt}L + \cancel{IR} + \frac{q_1}{C_1}$$

тока в начале нет в этом контуре, т.к. есть катушка. поэтому $q_1 = q_2$.

$q_1\left(\frac{1}{C} + \frac{1}{5C}\right) = \mathcal{E}$ — по закону сохр. заряда.

$$\boxed{\frac{dI_L}{dt} = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}\left(\frac{1}{C} + \frac{1}{5C}\right)^{-1} \cdot \frac{1}{C}}{L}} = \frac{\mathcal{E}\left(1 - \frac{5}{6}\right)}{L} = \boxed{\frac{\mathcal{E}}{6L}}$$

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

2) ~~через~~

По ЗСЭ: , весь заряд перешел на конденсаторы.

$$\mathcal{E} \cdot (q_1' + q_2') = Q_R + \frac{I_L^2 L}{2} + \frac{q_1'^2}{2C_1} + \frac{q_2'^2}{2C_2} - \frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{2C_2}$$

Тока через катушку в уст. сост. нет т.к. иначе заряжался бы C_1. $q_2' = 0$ т.к. иначе на участке $\mathcal{E}$, C_1 сумма напряжений не равнялась бы 0. (оттуда ток должен был бы течь через резистор)

(чистовик 2)

$$q_1'\mathcal{E} = \frac{q_1'^2}{2C_1} + Q_R \Rightarrow \cancel{Q_R = q_1\left(\mathcal{E} - \frac{q_1}{2C_1}\right) = \frac{\mathcal{E}^2 C}{2}}$$

$$-\frac{q_1^2}{2C_1} - \frac{q_2^2}{2C_2}$$

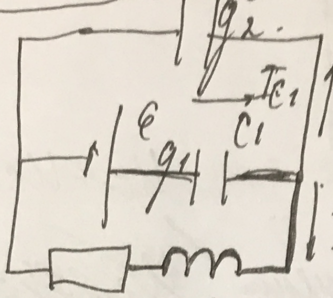
$$\mathcal{E} - \frac{q_1'}{C_1} = 0 \Rightarrow q_1' = \mathcal{E}\cdot C_1$$

$$Q_R = \mathcal{E}^2 C_1 - \frac{\mathcal{E}^2 C_1}{2} + \frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{2C_2}$$

$$q_1 = q_2 = \mathcal{E}\cdot\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}.$$

$$\frac{\mathcal{E}^2 C_1}{2} + \frac{\mathcal{E}^2}{2}\frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\left(\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}\right)^2 = \boxed{\frac{\mathcal{E}^2}{2}\left(C_1+\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}\right)} = \frac{\mathcal{E}^2 C}{2}\cdot\frac{11}{6}$$

3)



$$I_{C_2} = \dot q_2$$

$$I_L = \dot q_1 - \dot q_2$$

Записываем Кирхгофа для 2 контуров:

- $\mathcal{E} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} \Rightarrow \frac{\dot q_1}{C_1} = -\frac{\dot q_2}{C_2} \Rightarrow \dot q_1 = -\frac{C_1}{C_2}\dot q_2$
- $\mathcal{E} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{dI_L}{dt}L + RI_L.$
- $I_L = \dot q_1 - \dot q_2 = -\frac{C_1}{C_2}\dot q_2 - \dot q_2 = -\frac{C_1+C_2}{C_2}\dot q_2$

$$I_L = I_R = -\dot q_2\frac{C_1+C_2}{C_2} = \pm\frac{6}{5}\cdot I_0 \Rightarrow U_R = \frac{6}{5}I_0R.$$

знак т.к. неизвестно направление тока через конденсатор.

Ответ: $\cancel{\dot I_L = \frac{\mathcal{E}}{L}\left(\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}\right)\cdot\frac{1}{C_1} = \frac{\mathcal{E}}{6}}$

$$\dot I_L = \frac{\mathcal{E}}{L}\left(\frac{C_1^2}{(C_1+C_2)C_1}\right) = \frac{\mathcal{E}}{6L}$$

$$U_R = R\frac{C_1+C_2}{C_2}I_0 = \frac{6}{5}I_0R$$

$$Q = \frac{\mathcal{E}^2}{2}\left(C_1+\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}\right) = \frac{\mathcal{E}^2 C\cdot 11}{12}$$

№4

(чистовик 3)

Дано

m

d

v_0

R

B

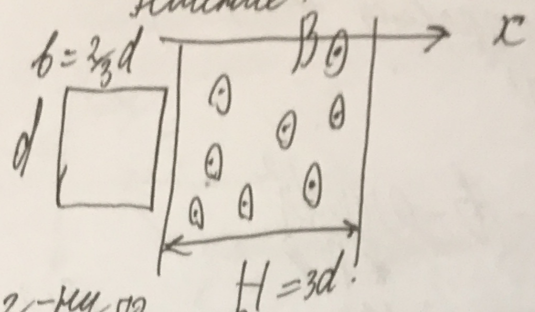
1) a_0 - ?

2) v_1 - ?

3) v_3 - ?

Решение:

1)



По правилу з-ну Фарадея: $x(t)$ - коорд правого края.

$$\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d(x\, d \cdot B)}{dt} = v_0 dB.$$

По правилу Ленца рамка будет замедлятся силой ампера:

$$F_A = IBd = \frac{\mathcal{E}}{R} Bd = \frac{(Bd)^2 v_0}{R}.$$

$$ma = F_A = \frac{(Bd)^2 v_0}{R} \Rightarrow \boxed{a_0 = \frac{(Bd)^2 v_0}{R}}$$ против скорости.

2)

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

замыла на всю x длину

$$m\frac{d\vec{v}}{\cancel{dt}} = -\frac{dx}{\cancel{dt}}\frac{(Bd)^2}{R} \Rightarrow m(v_1 - v_0) = -\frac{(Bd)^2}{R}(b - 0)$$

Когда рамка полностью в поле $\frac{d\Phi}{dt} = 0$ $(b < H)$

$$\boxed{v_1 = v_0 - \frac{2B^2d^3}{3Rm}}$$

3) Когда рамка начнет покидать поле вновь возникнет

~~Э~~ЭДС индукции. [Чистовик 4]

и вновь по правилу Ленца рамка будет замедляться.

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

$$m(v_2 - v_1) = -(b-0)\frac{(Bd)^2}{R}.$$

$$v_2 = v_1 - \frac{2B^2d^3}{3Rm} = v_0 - \frac{4B^2d^3}{3Rm}$$

Ответ: $a = \frac{v_0(Bd)^2}{Rm}$; $v_1 = v_0 - \frac{2}{3}\frac{B^2d^3}{Rm}$;

$$v_2 = v_0 - \frac{4B^2d^3}{3Rm}$$

21203328 (U213163 M1267289)

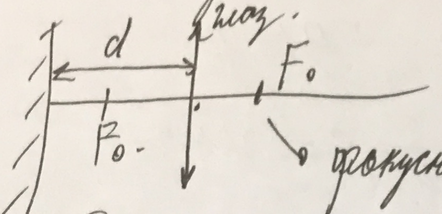
№5 | Чистовик 5 |

Дано:
$\ell_x = 50$ см
$\ell_1 = 25$ см.
$n = 5$

1) x_0 - ?
D_1 - ?
2) D_3 - ?

Решение:

1) глаз схематично состоит из экрана и собирающей линзы:



фокусное расст хрусталика.

изображение четкое, если оно попадает на экран.

По Ф. тонкой линзы.

$$\frac{1}{F_0} = D_0 = \frac{1}{d} + \frac{1}{d_0},$$ где d_0 - расст на которое настроен глаз. из-за 0-левых пределов человек не может менять. $F_0 \Rightarrow D_0 = const$ куда бы не смотрел.

удал предметы:

т.к. очки близко к глазу, то оптические -силы линз глаза и хрусталика складываются.

$$(D_0 + D_1) = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{d}.$$

25 см: $D_2 = \frac{D_1}{n}$ (когда $\frac{D_1}{D_2} = n$).

$$\left(D_0 + \frac{D_1}{5}\right) = \frac{1}{\ell_1} + \frac{1}{d}.$$

вычитаем.

$$D_1 - \frac{D_1}{5} = -\frac{1}{\ell_1} \Rightarrow \boxed{D_1 = -\frac{5}{4\ell_1}} = -5 \text{ дптр}.$$

т.к. предел аккомодации глаза $\to 0$, то человек сможет видеть текст четким если он будет $\to 0 \Rightarrow x \to 0$

2)
$$\left.\begin{aligned}(D_0 + D_3) &= \frac{1}{\ell_2} + \frac{1}{d}.\\ (D_0 + D_1) &= 0 + \frac{1}{d}\end{aligned}\right\} \Rightarrow D_3 - D_1 = \frac{1}{\ell_2} \Rightarrow D_3 = \frac{1}{\ell_2} - \frac{5}{4\ell_1} = -3 \text{ дптр}.$$

$\boxed{\text{чистовик 6}}$

Ответ: $x = 0$.

$D_1 = -\frac{5}{4}\frac{1}{l_1} = -5$ дптр.

$D_3 = \frac{1}{l_2} - \frac{5}{4l_1} = -3$ дптр