Часть 1

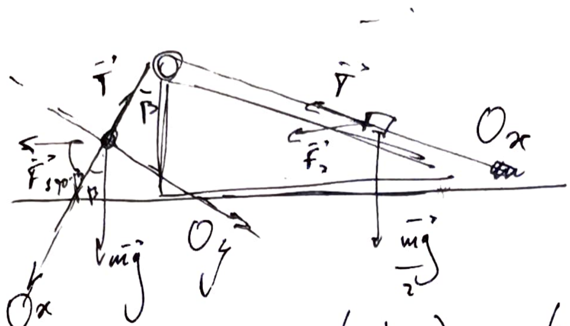
Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21202057**

ID профиля: **322997**

Вариант 7

№1



Перейдём в СО, связанную с клином. Тогда на шарик и брусок будут действовать наряду с силой тяж. силы $\vec F_1$ и $\vec F_2$

($|F_1| = ma$) ($|F_2| = \frac{ma}{2}$)

соотв.; $\vec F_1 = -m\vec a$; $\vec F_2 = -\frac{m\vec a}{2}$ — силы инерции, где $\vec a$ — уск. клина. Введём также ось x, связанную с нитью (во всех её точках такая "ломаная" ось совп. с нитью). Обратим внимание, что оба объекта движутся вдоль этой оси с одинаковыми (т.к. нить нерастяжима) уск. $\vec a_0$. Проведём также через шарик ось y, $\perp$ оси x. $\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \frac{12}{13}$; $\sin\beta = \sqrt{1-\cos^2\beta} = \frac{4}{5}$

II з. Ньютона для шарика в проекции на Oy:

$mg\sin\beta = F_1\cos\beta \Rightarrow F_1 = \frac{mg\sin\beta}{\cos\beta} \Rightarrow ma = \frac{mg\sin\beta}{\cos\beta}$

(шарик уск. вдоль Ox, поэтому проекция $\vec a_0$ на Oy = 0)

$\Rightarrow a = \frac{g\sin\beta}{\cos\beta} = \boxed{\frac{4g}{3}}$ Ответ 1

II з. Ньютона для шарика и бруска на Ox:

$$\begin{cases} ma_0 = mg\cos\beta + F_1\sin\beta - T \\ \frac{m}{2}a_0 = T + F_2\cos\alpha - \frac{m}{2}g\sin\alpha \end{cases}$$

№1 (продолжение)

$$\Rightarrow \begin{cases} ma_0 = \frac{3}{5}mg + \frac{4}{5}ma - T \\ \frac{ma_0}{2} = T + \frac{ma}{2}\cdot\frac{5}{13} - \frac{mg}{2}\cdot\frac{12}{13} \end{cases} \Rightarrow T = \frac{3mg}{5} + \frac{4ma}{5} - ma_0$$

$$\Rightarrow \frac{ma_0}{2} = \frac{3mg}{5} + \frac{4ma}{5} - ma_0 + \frac{5ma}{26} - \frac{12mg}{26}$$

$$65ma_0 = 78mg + 104ma - 130ma_0 + 25ma - 60mg$$

$$195ma_0 = 18mg + 129ma$$

$$195a_0 = 18g + 172g$$

$$195a_0 = 190g$$

$$a_0 = \frac{190}{195}g = \boxed{\frac{38}{39}g}$$ Ответ 2

Все вышеприв. вычисления верны на всём пути шарика. Путь его в этой СО $S' = \frac{H}{\cos\beta} = \frac{5H}{3}$. Движ. равноуск..

$$\Rightarrow S' = \frac{a_0 t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S'}{a_0}} = \sqrt{\frac{10H}{3a_0}} = \boxed{\sqrt{\frac{60H}{19g}}}$$ Ответ 3

Чистовик   Лист 3

№2

Поскольку точки 1 и 2 расп. на окружности (С ц.в(0;0)), для них верно следующее:

$$\sin 30^\circ = \frac{V_1}{r}; \quad \cos 15^\circ = \frac{V_2}{r}; \quad \cos 30^\circ = \frac{p_1}{r}; \quad \sin 15^\circ = \frac{p_2}{r}$$

Пусть p_1, p_2 – давления в состояниях, делённые на p_0. V_1, V_2 – ~~давления~~ объёмы в состояниях, делённые на V_0. Тогда по ф. Клапейрона:

$$\begin{cases} p_1 p_0 \cdot V_1 V_0 = \nu R T_1 \\ p_2 p_0 \cdot V_2 V_0 = \nu R T_2 \end{cases}$$

T_1, T_2 → Темп. в 1 и 2 сост.

$$\Rightarrow \frac{T_1 - T_2}{T_2} = \frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{p_2 V_2} \quad (\nu, R, p_0, V_0 \text{ сократились}) \Rightarrow \frac{T_2 - T_1}{T_2} = \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} - 1 =$$

$$= \frac{\cos 30^\circ}{\sin 15^\circ} \cdot \frac{\sin 30^\circ}{\cos 15^\circ} - 1 = \frac{\frac{1}{2}\sin 60^\circ}{\frac{1}{2}\sin 30^\circ} - 1 = \frac{\sqrt{3}/2}{1/2} - 1 = \boxed{\sqrt{3} - 1}$$ Ответ 1

I з. Термодинамики для первого (12) и второго (21) процессов:

~~$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$ → $\Delta U_{12} > 0$, т.к. T_2~~

~~$Q_{21} = \Delta U_{21} + A_{21}$, $Q_{21} \to 0$, $\Delta U_{21} \to -\Delta U_{12}$ (по конечным температурам)~~

$$\begin{cases} Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} \\ Q_{21} = \Delta U_{21} + A_{21} \end{cases} \Rightarrow A_{21} = \Delta U_{12}$$

$Q_{21} \to 0$, $\Delta U_{21} \to -\Delta U_{12}$ (по конечным температурам)

$\Rightarrow$ Если $Q_{12} > 0$, то

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{21}}{Q_{12}} = \frac{\Delta U_{12} + A_{12}}{Q_{12}} = \frac{Q_{12}}{Q_{12}} = 100\%$$ – это невозможно

№2 (продолжение)

Если $Q_{52} < 0$, то I з. Термодинамики не выполняется для данного процесса, т.к. система не получает тепло.

=> Вопрос 3 некорректен, т.к. такого двигателя не может быть.

Теплоёмкость процесса в точке равна $\frac{dQ}{\nu dT} = \frac{Q'}{\nu T'} = C$.

I з. Термодинамики: $Q = A + \Delta U$ => $Q' = A' + \Delta U' =$

$= \frac{3}{2}\nu RT' + \nu RT' = \frac{5}{2}\nu RT'$

=> $C = \frac{5\nu RT'}{\nu T'} = 5R$

Черновик Лист 1

$$\frac{H}{\cos\beta} = S' \qquad S' = \frac{a_0^2 \alpha}{2}$$

$$\alpha = \frac{2S'}{a_0^2} = \frac{2H}{a_0^2\cos\beta}$$

$$\nu RT = pV = V^2 \operatorname{tg}\alpha$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)$$

$$\Delta U_{21} = -\frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)$$

$$dQ = dU + dA$$

$$dU = \frac{3}{2}\nu R\, dT \qquad A$$

$$dA = p\,dV$$

$$p = V \operatorname{tg}\alpha$$

$$Q = \frac{3}{2}\nu RT + \int_0^{V_1} p\,dV$$

$$\frac{dQ}{\nu dT} = \frac{\frac{3}{2}\nu R\,dT + p\,dV}{\cancel{\nu dT}} = 0$$

$$p(V + dV) - pV$$

$$Q_{12} = \Delta U_{132} + A_{12} \qquad A_{21} = -\Delta U_{21} = \Delta U_{12}$$

$$Q_{21} = 0 = \Delta U_{21} + A_{21} \qquad p'V + V'p = \nu RT'$$

$$A = A_{12} + A_{21} \qquad Q' = U' + A' = \frac{3}{2}\nu RT' + p'V + V'p =$$

$$Q = Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} \qquad = 0 \qquad \frac{3}{2}p'V + \frac{3}{2}pV' + p'V + V'p =$$

$$\frac{A}{Q} = A_{12} + \Delta U$$

$$= 0 \qquad \frac{5}{2}(p'V + V'p) = 0$$

Черновик

Лист 2

$\sin 30° = \frac{V_1}{V}$

$\cos 15° = \frac{V_2}{V}$

$\cos 30° = \frac{p_1}{p}$

$\sin 15° = \frac{p_2}{p}$

$p_1 p_0 \cdot V_1 \cdot V_0 = \nu R T_1$

$p_1 V_1 p_0 V_0 = \nu R T_1$

$p_2 V_2 p_0 V_0 = \nu R T_2$

$$\frac{T_1 - T_2}{T_2} = \frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{p_2 V_2} = \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} - 1$$

$Q_{21} =$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\cos 30°}{\sin 15°}; \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{\sin 30°}{\cos 15°}$$

$$\Rightarrow \frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{V_1}{V_2} = \frac{\cos 30 \cdot \sin 30°}{\sin 15° \cdot \cos 15°} = \frac{\frac{1}{2}\sin 60°}{\frac{1}{2}\sin 30°} = \frac{\sqrt{3}/2}{1/2} =$$

$= \sqrt{3} - 1$

~~Ответ~~

Ответ 1

$$\frac{dQ}{\nu dT} = 0$$

Адиабата $dA = -dU$

$$p\,dV = -\frac{3}{2}\nu R\,dT$$

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

$= -\frac{3}{2}\nu R (T_1 - T_2) =$

$= \frac{3}{2}\nu R (T_2 - T_1)$

$Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R (T_2 - T_1) + A_{12}$

$A = A_{12} + A_{21}$

Черновик

Лист 3

C

$$\frac{T_1 - T_2}{T_2} = ?$$

$$x^2 + y^2 = C$$

$$p^2 + V^2 = C$$

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

$$Q_{21} = 0$$

$$\frac{\frac{p_1 V_1}{\nu R} - \frac{p_2 V_2}{\nu R}}{\frac{p_2 V_2}{\nu R}} =$$

$$\cancel{\mathrm{tg}\, 30^\circ = \frac{V_1}{p_1}}$$

$$\cancel{\mathrm{tg}\, 15^\circ = \frac{p_2}{V_2}}$$

$$\frac{p_0}{V_0} = k$$

$$= \frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{p_2 V_2} =$$

$$= \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} - 1$$

$$\mathrm{tg}\, 30^\circ = \frac{V_1 / V_0}{p_1 / p_0} = \frac{V_1}{p_1} \cdot \frac{p_0}{V_0} = \frac{k V_1}{p_1}$$

$$\mathrm{tg}\, 15^\circ = \frac{p_2 / p_0}{V_2 / V_0} = \frac{p_2}{V_2} \cdot \frac{V_0}{p_0} = \frac{p_2}{k V_2}$$

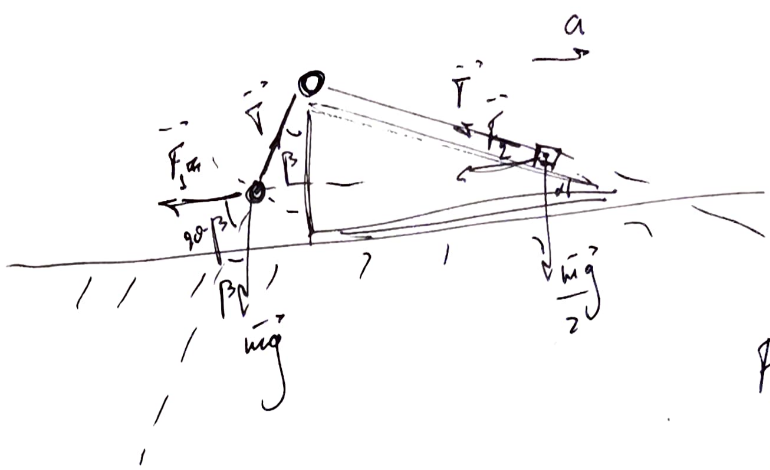
$$\frac{p_1^2}{p_0^2} + \frac{V_1^2}{V_0^2} = \frac{p_2^2}{p_0^2} + \frac{V_2^2}{V_0^2}$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

Черновик

Лист 4



$F_1 = ma$

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

~~$T\cos(90-\beta) = F_1$~~

~~$T\sin(90-\beta) = mg$~~

$\sin\alpha = \sqrt{1-\frac{25}{169}} = \frac{12}{13}$

$\sin\beta = \sqrt{1-\frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$

$mg\sin\beta =$

$= F_1 \cdot \cos\beta$

$mg \cdot \frac{4}{5} = ma \cdot \frac{3}{5}$

$a = \frac{4g}{3}$

Ответ!

$ma_1 = mg\cos\beta + F_1\sin\beta - T$

$\frac{ma_2}{2} = T + F_2\cos\alpha - \frac{mg}{2}\sin\alpha$

$a_1 = a_2 = a_0$

$ma_1 = mg\cdot\frac{3}{5} + ma\cdot\frac{4}{5} - T$

$\frac{ma_2}{2} = T + \frac{ma}{2}\cdot\frac{5}{13} - \frac{mg}{2}\cdot\frac{12}{13}$

$ma_0 = 0{,}6mg + 0{,}8ma - T \rightarrow T = 0{,}6mg + 0{,}8ma - ma_0$

$ma_0 = 2T + \frac{5}{13}ma - \frac{12}{13}mg$

$ma_0 = 1{,}2mg + 1{,}6ma - 2ma_0 + \frac{5}{13}ma - \frac{12}{13}mg$

$3a_0 = \frac{6g}{5} + \frac{8g}{5} + \frac{5g}{13} - \frac{12g}{13}$

$\frac{10H}{3\cdot\frac{38}{39}g}$

$\frac{390H}{114g}$ $\frac{180H}{57g}$ $\frac{60H}{19g}$

4

Часть 2

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

Шифр: **21202057**

ID профиля: **322997**

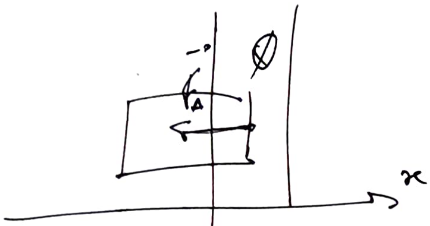
Вариант 7

№4

В момент прохождения стороны d через поле в рамке возникает ЭДС индукции $\mathcal{E}$, по з. Фарадея: $\mathcal{E} = \Phi' = d \cdot V_0 \cdot B$ → В первый момент $V = V_0$

По з. Ома: $I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{dV_0B}{R}$. Тогда сила ~~Лоренца~~ Ампера (по пр. левой руки напр. влево) $F_A = IBd\sin 90° =$

$= \frac{B^2d^2V_0}{R}$. По II з. Ньютона



ускорение рамки $a_0 = \frac{F_A}{m} =$

$= \boxed{\frac{B^2d^2V_0}{Rm}}$ Ответ 1. Введём ось x (см. рис.). Пусть $t=0$ — момент вхождения правой стороны рамки в поле. В проекции на Ox,

$a(t) = -\frac{B^2d^2V(t)}{Rm}$ — пока правая сторона движется в поле.

Проинтегрируем обе части: $V(t) = -\frac{B^2d^2S(t)}{Rm} + C$.

При $t=0$ $V(t) = V_0$ => $C = V_0$, Пусть $S(t_1) = H$. (выход правой стороны)

=> $V(t_1) = -\frac{B^2d^2H}{Rm} + V_0 = \boxed{V_0 - \frac{B^2d^3}{5Rm}}$ Ответ 2

~~Пока~~ Между выходом правой стороны и входом левой $\mathcal{E} = 0$ => $V = const = V_1$.

Подсчёт изменения скорости рамки при прохождении левой стороны через поле ~~производится~~ производится аналогично, с одним отличием: $C = V_1$ ($t=0$ — момент вхождения левой стороны в поле). $S(t_2) = H$ => $V(t_2) = V_1 - \frac{B^2d^3}{5Rm} =$

$= \boxed{V_0 - \frac{2B^2d^3}{5Rm}}$ Ответ 3

№5

Если у глаза околонулевой предел а~~д~~ккомодации, его расслабленное состояние почти не отличается от полностью напряжённого. ~~Пусть~~

=> Можно считать, что даже в очках глаз сохраняет ту же оптич. силу, характерную для предельной аккомодации D_0.

F_0 - фокусн. расст. хрусталика в этом состоянии. Пусть D_1 и D_2 - опт. силы первых и вторых очков соотв. (точнее, ~~их~~ линз в них). Пусть f - диаметр глаза человека. Хрусталик формирует на сетчатке действит. изображение. Ф. тонкой линзы:

$$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d_0} \Rightarrow D_0 = \frac{1}{f} + \frac{1}{d_0}$$

↳ Расст., на котором человек видит без очков

При плотном расположении линз их опт. силы складываются.

Ф. тонких линз:

$$\begin{cases} D_0 + D_1 = \frac{1}{f} & \left(\frac{1}{d} \to \infty \text{ при } d \text{ большом}\right) \\ D_0 + D_2 = \frac{1}{f} + \frac{1}{0{,}25} \end{cases}$$

~~$D_1 > D_2$, т.к. опт. сила очков на даль, очевидно, больше - ведь при увеличении d расст. до изобр. ...~~

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{1}{d_0} + \cancel{\frac{1}{f}} + D_1 = \cancel{\frac{1}{f}} \\ \frac{1}{d_0} + \cancel{\frac{1}{f}} + D_2 = \cancel{\frac{1}{f}} + \frac{1}{0{,}25} \end{cases}$$

Чистовик

Лист 3

№5 (продолжение)

$\frac{D_1}{D_2} = 3$, ведь чем дальше объект, тем сильнее нужно "отодвинуть" от ~~хр~~ хрусталика изображение, а рассеивающие линзы увеличивают расст. до изобр. тем эффективнее, чем больше модуль их опт. силы.

$$\Rightarrow -2D_2 = \frac{1}{0{,}25} \Rightarrow D_2 = -2\ \text{Дптр} \Rightarrow \boxed{D_1 = -6\ \text{Дптр}}$$

Ответ 1.2

~~При $d = 0{,}5$ м используем очки с линзами опт.~~

~~силы D:~~

$$\Rightarrow \frac{1}{d_0} = 6 \Rightarrow d_0 = \frac{1}{6}\text{м} \approx 0{,}167\text{м} = \boxed{16{,}7\text{см} = x}$$

Ответ 1.1

При $d = 0{,}5$м используем очки с линзами опт. силы D:

$$D_0 + D = \frac{1}{f} + \frac{1}{0{,}5}$$

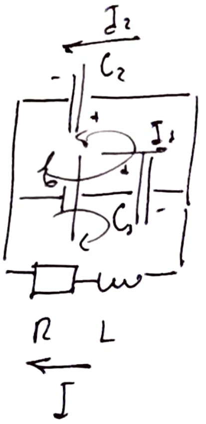
Из предыдущих уравнений: $D_0 = \frac{1}{f} - D_1$

$$\Rightarrow \cancel{\frac{1}{f}} - D_1 + D = \cancel{\frac{1}{f}} + 2 \Rightarrow D = D_1 + 2 = \boxed{-4\ \text{Дптр}}$$

Ответ 2

Чистовик Лист 4

№3



Сразу после замыкания ключа заряд на конденсаторах ещё нулевой, ток через резистор = 0 а падение напряжения на нём = 0

Как, соответственно, и напряжения.

II правило Кирхгофа для нижней половины цепи:

(Напр. всех напряжений, токов и напр. обхода на рис.; § также все переменные токов)

$\mathcal{E} = \dot{I} L$

I - ток через катушку (см. рис.)

$\Rightarrow \dot{I} = \boxed{\frac{\mathcal{E}}{L}}$ Ответ 1

§ I - ток через L и R;

После замыкания ключа:

Любые колебания токов/зарядов (если они будут) из-за резистора, последовательно подключённого к катушке, будут затухающими (ведь источник лишь смещает точку равновесия колебаний, а энергия системы уходит через резистор в тепло) $\Rightarrow$ § Система рано или поздно установится; $I = 0$; $\dot{I} = 0$; $I_1 = I_2 = 0$ (Токи через конденсаторы § C_1 и C_2 соотв.). II правило Кирхгофа для установившейся цепи:

$$\begin{cases} \mathcal{E} = \frac{q_1}{C} + \frac{q_2}{4C} \\ \mathcal{E} = \underbrace{\cancel{IR}}_{0} + \underbrace{\cancel{\dot{I}L}}_{0} + \frac{q_1}{C} \end{cases}$$

→ Где q_1, q_2 - заряды на соотв. конденсаторах, распределённые предположительно как на рис.

№3 (продолжение)

$\Rightarrow \frac{q_2}{4C} = 0 \Rightarrow q_2 = 0 \Rightarrow q_1 = C\mathcal{E}$

Т.к. $q_2 = 0$ и $I = 0$, энергия конд. C_2 и катушки $= 0$.

Энергия $W_{C_1} = \frac{q_1^2}{2C} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$. Поскольку на среднем участке цепи только конд. C_1 и источник, полное изменение заряда на конд. C_1 равно ~~сумме всех зарядов протекших через источник~~ ~~которая же~~ разности полного заряда, протёкшего через источник в напр. его действия и заряда, протёкшего против.

$\Rightarrow$ Полная работа источника $A_{ист.} = q_1 \mathcal{E} = C\mathcal{E}^2$

З. сохр. энергии:

$A_{ист.} = Q + W_{C_1} \Rightarrow \boxed{Q = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}}$ Ответ 2

Запишем оба правила Кирхгофа для состояния из пункта 3:

$$\begin{cases} \mathcal{E} = \frac{q_1}{C} + \frac{q_2}{4C} \\ \mathcal{E} = \frac{q_1}{C} + \dot{I}L + IR \\ I_1 = I + I_2 \\ \underline{I_1 = +\dot{q}_1}; \ \underline{I_2 = +\dot{q}_2} \end{cases}$$

$\xRightarrow{\text{Дифф.}} 0 = \dot{q}_1 + \frac{\dot{q}_2}{4} \Rightarrow I_1 + I_2/4 = 0$

С учётом всех направлений

$\Rightarrow I = I_1 - I_2$

Т.к. $I_1 = \pm I_0$

$\Rightarrow I_2 = \mp 4I_0$

~~$I_2 = \pm I_0 + 4I_0$~~

$\Rightarrow I = \pm I_0 - (\mp 4I_0) =$

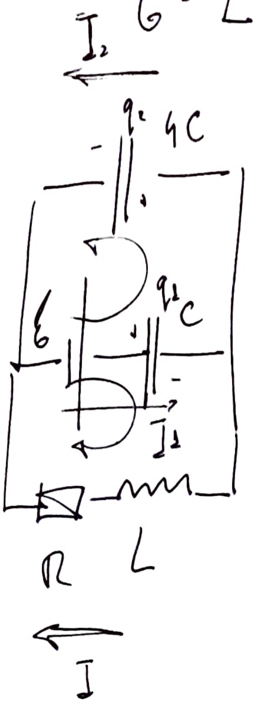
$= \pm I_0 \pm 4I_0 = \pm 5I_0$

$\Rightarrow |I| = \boxed{5I_0}$ Ответ 3

Черновик

Лист 3

$$\mathcal{E} = L\dot{I} \Rightarrow \dot{I} = \frac{\mathcal{E}}{L}$$



$$\mathcal{E} = \frac{q_1}{C} + \frac{q_2}{4C}$$

$$\mathcal{E} = \frac{q_1}{C} + \cancel{\dot{I}L + IR}$$

$$\cancel{\frac{q_2}{4C} = \dot{I}L + IR}$$

$$I_1 = \dot{q}_1$$

$$\mathcal{E}_i = \dot{\Phi} = d \cdot V_0 \cdot B \Rightarrow I = \frac{d \cdot V_0 \cdot B}{R}$$

$$F_л = IBd = \frac{d^2 B^2 V_0}{R} \qquad a = \frac{d^2 B^2 V_0}{Rm}$$

$$F_л(t) = \frac{d^2 \cdot B^2 \cdot V(t)}{R} \qquad a(t) = -\frac{d^2 B^2 V(t)}{Rm}$$

$$V(t) = -\frac{d^2 B^2 S'(t)}{Rm} + \cancel{C} \; V_0$$

при $t = t_1$ $S'(t_1) = H$

$$\Rightarrow V(t_1) = -\frac{d^2 B^2 H}{Rm} + V_0$$

Черновик

Лист 2

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

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

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

f -

- диаметр глаза

$D_0 = \frac{1}{f} + \frac{1}{d_0}$

$D_0 - D_{гл2} = \frac{1}{f} + \frac{1}{25}$

$D_0 - D_{гл1} = \frac{1}{f}$

$\cancel{\frac{1}{f}} + \frac{1}{d_0} - D_1 = \cancel{\frac{1}{f}}$

$\cancel{\frac{1}{f}} + \frac{1}{d_0} - D_{гл2} = \cancel{\frac{1}{f}} + \frac{1}{25}$

$\frac{1}{d_0} - \frac{1}{25} = D_2$; $\frac{1}{d_0} = 3D_2$

$2D_2 = \frac{1}{0{,}25}$

$\cancel{50 D_2 = 1}$ $0{,}5 D_2 = 1$

$D_2 = -2$ Дптр.

$D_1 = -6$ Дптр.

$D_2 =$

$= \frac{1}{1} +$

Черновик

Лист 3

$$\mathcal{E} = \frac{q_1}{C} + \frac{q_2}{4C}$$

$$\mathcal{E} = \frac{q_1}{C} + \dot{I}L + IR$$

$I_1 = I + I_2$

$I_1 = \dot{q}_1$; $I_2 = \dot{q}_2$

$I_1 = \pm I_0$

$I = I_1 - I_2$

$I_2 = \pm 4 I_0$

$$q_1 + \frac{q_2}{4} = C\mathcal{E}$$

$$0 = \dot{q}_1 + \frac{\dot{q}_2}{4}$$

$I = \pm I_0 \mp 4 I_0$

$\Rightarrow I = \pm 3 I_0$

$$\pm I_0 + \frac{I_2}{4} = 0$$

$\pm 4 I_0 = -I_2$

$\Rightarrow I_2 = \mp 4 I_0$