Часть 1

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

Шифр: **21200507**

ID профиля: **68984**

Вариант 7

Задача 1.

Дано:

$\cos_\alpha = \frac{5}{13}$

~~$\sin\alpha =$~~

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

$m,\ \frac{m}{2}$

$a - ?$

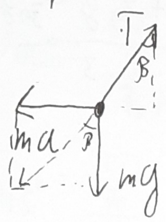
$a_1 - ?$

$\Delta t - ?$

Решение:

Перейдём в систему отсчёта клина, тогда на шарик будет действовать сила инерции ma, a – уск. клина.

Шарик.



~~Т~~ β постоянен, следовательно сумма сил $m\vec{a}$, $m\vec{g}$ направлена вдоль линии действия силы T, иначе равнодействующая всех сил имела бы составляющую, перпендикулярную T и нить вместе шариком бы отклонилась

$$tg_\beta = \frac{ma}{mg} = \frac{a}{g} \qquad \sin_\beta = \sqrt{1-\cos_\beta^2} = \sqrt{1-\frac{9}{25}} = \frac{4}{5} \qquad tg_\beta = \frac{\sin\beta}{\cos\beta} = \frac{\frac{4}{5}}{\frac{3}{5}} =$$

по осн. триг. тождеству

$$= \frac{4}{3} \qquad \frac{4}{3} = \frac{a}{g} \qquad a = \frac{4}{3}g = \frac{4}{3}\cdot 9{,}81\,м/с^2 = 13{,}08\,м/с^2$$

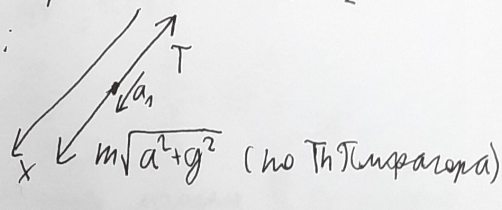
Относительно клина и брусок, и шарик движутся по прямым.

a_1 – ускорение шарика

a_2 – ускорение бруска.

Нить не растяжима $\Rightarrow V_1 = V_2$ в каждый момент времени $\Rightarrow a_1 = a_2$

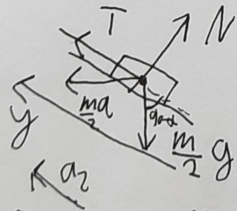
По II закону Ньютона для шарика:



$$\vec{T} + m\vec{a} + m\vec{g} = m\vec{a_1}$$

$$0x:\ -T + m\sqrt{a^2+g^2} = ma_1 \quad (1)$$

для бруска:



$$\vec{T} + \vec{N} + \frac{m\vec{a}}{2} + \frac{\vec{m}}{2}g = \frac{m}{2}\vec{a_2} = \frac{m}{2}\vec{a_1}$$

$$0y:\ T + 0 + \frac{m}{2}a\cos_\alpha - \frac{m}{2}g\cdot\sin_\alpha = \frac{m}{2}a_1 \quad (2)$$

$$\sin_\alpha = \sqrt{1-\cos_\alpha^2} = \sqrt{1-\frac{25}{169}} = \frac{12}{13}$$ по осн. триг. тождеству.

Продолжение на стр. 2

Задача 1 (начало на стр. 1)

$(1)+(2):\ m\sqrt{a^2+g^2}+\frac{m}{2}a\cos\alpha-\frac{m}{2}a\sin\alpha=1{,}5ma_1 \ \Big| \cdot\frac{2}{m}$

$\cancel{2m}\ 2\sqrt{\frac{25}{9}g^2}+\frac{4}{3}\cos\alpha g-g\sin\alpha=3a_1 \qquad a_1=\dfrac{\frac{10}{3}g+\frac{20}{39}g-\frac{38}{39}g}{3}=\frac{114g}{3\cdot 39}=\frac{38}{39}g\approx$

$\approx 9{,}81\,м/с^2\cdot\frac{38}{39}\approx 9{,}56\,м/с^2 \qquad a_2=a_1\approx 9{,}56\,м/с^2$

$\cos\beta=\frac{H}{L}$, L – ~~расстояние, которое пройдет шарик~~, смещение шарика к моменту удара относительно клина.

$L=\frac{H}{\cos\beta}=\frac{5}{3}H$

$L=\frac{a_1 t^2}{2} \qquad \Delta t=\sqrt{\frac{2L}{a_1}}=\sqrt{\frac{10H\cdot 39}{3\cdot 38g}}=\sqrt{\frac{130H}{38g}}=\sqrt{\frac{65}{19}\frac{H}{g}}\approx$ – шарик движется равноускоренно, без начальной скорости.

$\approx 1{,}85\sqrt{\frac{H}{g}}$

Ответ: $a=\frac{4}{3}g=13{,}08\,м/с^2$ – ускорение клина

$a_2=\frac{38}{39}g$ – ускорение бруска отн. клина $\Delta t=\sqrt{\frac{65H}{19g}}$ – время до падения шарика.

$\approx 1{,}85\sqrt{\frac{H}{g}}$

Чистовик стр. 3 Вариант 11.07.

Задача 2 (продолжение на стр. 4)

Дано:

$\gamma_1 = 30^\circ$

$\gamma_2 = 15^\circ$

$\dfrac{T_1 - T_2}{T_2} - ?$

$\alpha - ?$

$\eta - ?$

Решение:

1) P_1, V_1, T_1 ; P_2, V_2, T_2 — параметры точек 1 и 2 соответственно. r — радиус окружности на графике.

$\sin 30^\circ = \dfrac{\frac{V_1}{V_0}}{r}$ $\qquad \cos 30^\circ = \dfrac{\frac{P_1}{P_0}}{r}$

$\dfrac{\sin 30^\circ}{\cos 15^\circ} = \dfrac{V_1}{V_2}$ $\qquad \cancel{\dfrac{\sin 15^\circ}{\cos 30^\circ}} =$

$\sin 15^\circ = \dfrac{\frac{P_2}{P_0}}{r}$ $\qquad \cos 15^\circ = \dfrac{\frac{V_2}{V_0}}{r}$ $\qquad \dfrac{\cos 30^\circ}{\sin 15^\circ} = \dfrac{P_1}{P_2}$

По закону Менделеева–Клапейрона: $PV = \nu RT$

$P_1V_1 = \nu R T_1 \quad P_2V_2 = \nu R T_2 \quad (T_1 - T_2)\nu R = P_1V_1 - P_2V_2$

$$\frac{(T_1 - T_2)\nu R}{T_2 \nu R} = \frac{P_1V_1 - P_2V_2}{P_2V_2} = \frac{P_1}{P_2}\cdot\frac{V_1}{V_2} - 1 = \frac{\cos 30^\circ \cdot \sin 30^\circ}{\cos 15^\circ \cdot \sin 15^\circ} - 1 = \frac{\frac{\sin 60^\circ}{2}}{\frac{\sin 30^\circ}{2}} - 1 =$$

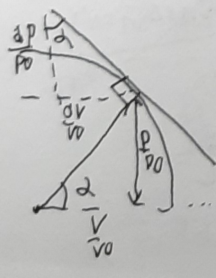
$$= \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} - 1 = \sqrt{3} - 1 \approx 0{,}73$$

2) ~~Предположим, что такая точка есть.~~ По закону сохранения энергии: в этой точке $C = 0 \Rightarrow dQ = 0$

$dQ = dA + dU. \quad dA + dU = 0 \quad dA = PdV \quad dU = \frac{3}{2}d(PV) = \frac{3}{2}PdV + \frac{3}{2}VdP$

$\frac{5}{2}PdV + \frac{3}{2}VdP = 0 \qquad \dfrac{P}{V} = -\dfrac{3}{5}\dfrac{dP}{dV} \;\Big|\cdot \dfrac{V_0}{P_0} \qquad \dfrac{\frac{P}{P_0}}{\frac{V}{V_0}} = -\dfrac{3}{5}\dfrac{\frac{dP}{P_0}}{\frac{dV}{V_0}}$

Возьмем т. на окружности ~~цикла~~ процесса 1-2. В этот момент касательная к этой точке имеет угол наклона $\beta = \operatorname{arctg}\left(-\dfrac{\frac{dP}{P_0}}{\frac{dV}{V_0}}\right)$



касательная.

$\beta = 90^\circ - \alpha$

$\operatorname{tg}\alpha = \dfrac{\frac{P}{P_0}}{\frac{V}{V_0}} \qquad \operatorname{ctg}\alpha = \dfrac{-\frac{dP}{P_0}}{\frac{dV}{V_0}} \qquad \operatorname{ctg}\alpha = \dfrac{1}{\operatorname{tg}\alpha}$

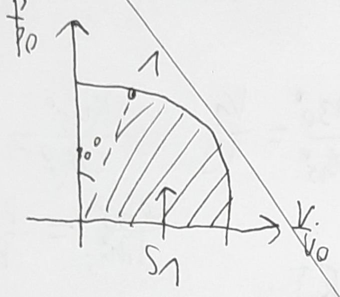
$\operatorname{tg}\alpha = \dfrac{3}{5}\cdot\dfrac{1}{\operatorname{tg}\alpha}$

$\operatorname{tg}^2\alpha = \dfrac{3}{5} \qquad \operatorname{tg}\alpha > 0 \qquad \operatorname{tg}\alpha = \sqrt{\dfrac{3}{5}} \approx 0{,}775 \quad \alpha \approx 37{,}8^\circ \Rightarrow$ принадлежит процессу 1-2

Вариант 11-07. Чистовик стр. 4

~~Дано~~: Задача 2 (начало на стр. 3)

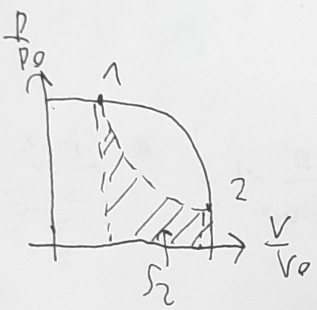
Работа над газом ~~pdV~~ – площадь под графиком в координатах PV ⇒ это площадь под графиком $\frac{P}{P_0}$ $\frac{V}{V_0}$, домноженная на P_0V_0



$$r = \frac{P_1}{P_0 \cdot \cos 30} \qquad r = \frac{V_1}{V_0 \cdot \sin 30}$$

$$r^2 = \frac{P_1 V_1 \cdot 4}{\sqrt{3} P_0 V_0}$$

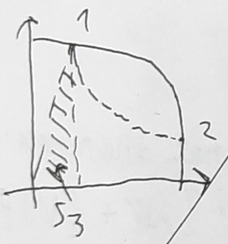
$$S_1 = \pi r^2 \cdot \frac{60^\circ}{360^\circ} = \frac{\pi r^2}{6} = \frac{2\pi P_1 V_1}{3\sqrt{3} P_0 V_0}$$



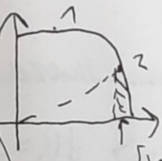
$$dA_2 = -dU$$

$$A_2 = -\Delta U \qquad A_2 = -\frac{3}{2}(P_1V_1 - P_2V_2)$$

$$\cancel{S_2} = \frac{A}{P_0V_0}$$



$$S_3 = \frac{V_1 \cdot P_1}{V_0 P_0 \cdot 2}$$



S_4 – пренебрежимо мал

$$A_{цикла} = \cancel{(S_1 + S_3) P_0V_0 + S_2} = S_1 P_0 V_0 - A_2 - S_3 P_0 V_0 = \frac{2\pi P_1 V_1}{3\sqrt{3}} + \frac{3}{2}(P_1V_1 - P_2V_2) - \frac{V_1 P_1}{2}$$

$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$ подводят тепло

$$Q_{21} = 0 = A_{21} + \Delta U_{21} \qquad \eta = \frac{A_{12} + A_{21}}{Q_{12}} = \cancel{\frac{A_{12} + A_{21} + \Delta U_{12} + \Delta U_{21}}{Q_{12}}} = 1$$

$$= \frac{Q_{12} - \Delta U_{12} - \Delta U_{21}}{Q_{12}} = \frac{Q_{12}}{Q_{12}} = 1$$

Ответ: $\frac{T_1 - T_2}{T_2} = \sqrt{3} - 1 \approx 0{,}73$ $\quad tg\alpha = \sqrt{\frac{3}{5}} \approx 0{,}775$ $\quad \eta = 1$

Черновик. стр. 1

$\frac{P}{V} =$

$PdV = 3Vd$

$0{,}5PdV = -1{,}5VdP$

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

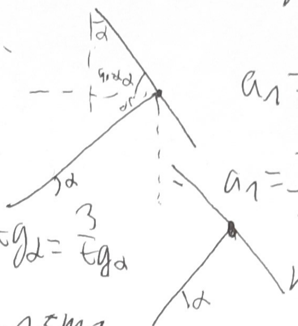
$tg_{13} = \frac{a}{g} = \frac{4}{3}$ $a = \frac{4}{3}g$

$\frac{P_1}{\frac{P_0}{\cos_{30}}}$ $\frac{\pi R^2}{6}$ πP_1^2

$\frac{m\sqrt{a^2+g^2} - T}{m} = a_1$

$T = m(\sqrt{a^2+g^2} - a_1$

$a_1 =$



$\frac{P_1}{P_0}\frac{2}{\sqrt{3}}$ N2

$tg\alpha$ $ctg_\alpha = \frac{\Delta P}{\Delta V}$

$a_1 = \frac{T - (\cos_\alpha ma - \sin_\alpha mg}{m}$

$tg_\alpha = 3ctg_\alpha$ $tg_\alpha = \frac{3}{tg_\alpha}$

$\frac{\frac{V_1}{V_0}}{\sin_{30}} =$

$ma_1 = T + \frac{5}{13}ma - \frac{12}{13}mg$

$m\sqrt{\frac{25}{9}g^2} + \frac{m}{2}a\cos_\alpha - \frac{m}{2}g\sin_\alpha = 1{,}5ma_1$

a^2+g^2

$tg_\alpha^2 = 3$ $ma_1 = m\sqrt{a^2+g^2} - T$

$tg_\alpha = \sqrt{3}$

$\frac{10}{3}g + \cancel{m}\frac{4}{3}\cdot\frac{5}{13}g - g\cdot\frac{12}{13} = 3a_1$ $2\cancel{m}a_1 = \cancel{m}\frac{5}{3}g + \frac{20}{39}mg - \frac{12}{39}mg$

P меньше

PdV

$\alpha = 30^\circ$

$\frac{20}{39} - \frac{12}{13}$ $\frac{38}{39}$ $\frac{65}{39} + \frac{8}{39}$

$-\frac{16}{39}$

$\frac{73}{39}$

$\frac{2V_1}{V_0} = V$ $\frac{V_2}{V_0}$ $\cos_{15}$ $tg_{15} = \frac{\frac{P_2}{P_0}}{\frac{V_2}{V_0}} = \frac{P_2V_0}{P_0V_2}$ $\frac{130-16}{39}$ $\frac{114}{39}$ $\frac{73}{78}g$

$\frac{P_1V_1}{P_0V_0}\frac{4}{\sqrt{3}}$ $\frac{2P_1V_1}{3\sqrt{3}P_0V_0}$

28 38

$tg_{30} = \frac{\frac{V_1}{V_0}}{\frac{P_1}{P_0}} = \frac{V_1}{P_1}\frac{P_0}{V_0}$

$tg_{15}\,tg_{30} = \frac{P_2V_1}{P_1V_2}$ $Q = A + \Delta U.$ $\frac{38}{13}$ $\frac{38}{39}a.$

$2{,}5PdV$

$P_2V_2 = \nu RT_2$ $P_1V_1 = \nu RT_1$

$\frac{5}{3}tg_\alpha = \frac{1}{tg_\alpha}$ $tg_\alpha^2 = \sqrt{\frac{3}{5}}$ $(T_1 - T_2)\nu R = P_1V_1 - P_2V_2$ $\frac{T_1 - T_2}{T_2} = \frac{P_1V_1}{P_2V_2} - 1$

$5PdV = -3VdP$

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

$\frac{5}{3}ctg\alpha =$

$0{,}5P$ $PdV = -3VdP$

$A = \Delta U.$

$PdV = 1{,}5(PdV + VdP)$

$\frac{P}{V} = -\frac{3\Delta P}{\Delta V}$

$\frac{\sin_{30}\cdot\sin_{15}}{\cos_{15}\cos_{30}}$

$\sqrt{\frac{V_2^2}{V_0^2} + \frac{P_2^2}{P_0^2}}$ $\sqrt{V_2^2 + P_2^2}$ $\frac{V_2^2}{V_0^2} + \frac{P_2^2}{P_0^2} = \frac{V_1^2}{V_0^2} + \frac{P_1^2}{P_0^2}$

$V_2 - V_1$

$\frac{P_1}{P_0\cdot\cancel{\sin_{30}}} = \frac{P_2}{P_0}$ $\frac{V_1}{V_0\cdot\sin_{30}} = \frac{V_2}{V_0\cos_{15}}$ $\frac{V_1}{V_2} = \frac{\sin_{30}}{\cos_{15}}$ $\frac{P_1}{P_2} = \frac{\sin_{15}}{\cos_{30}}$

21200507 (U68984 M1269528)

Часть 2

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

Шифр: **21200507**

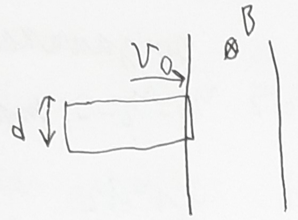
ID профиля: **68984**

Вариант 7

Вариант 11-07 Чистовик стр. 1

Решение:

Задача 4
Дано:
$m, d, v_0, R, B, M = \frac{d}{5}$
$a_0 - ?$
$v_1 - ?$
$v_2 - ?$

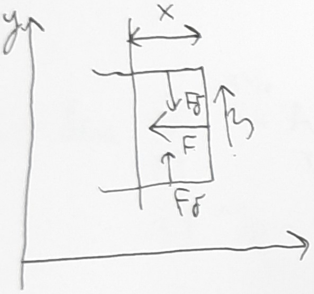


При вхождении в поле начинает меняться поток через рамку

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{d(BS)}{dt} = \frac{BdS}{dt} \qquad dS = d \cdot v \cdot dt$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{B \cdot d \cdot v \cdot dt}{dt} = B \cdot d \cdot v \qquad \mathcal{E} = \frac{d\varphi}{dt} = B d v$$

По закону Ома: $\mathcal{E} = I \cdot R \qquad I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{B \cdot v d}{R}$



$F_A = B I \cdot \ell \cdot \sin\alpha = B I \ell$

на боковые стороны действуют силы $F_б = B I \cdot x$, направленные противоположно

• По II закону Ньютона:

ox: $ma_x = -F_A = -B I \ell \cdot d$ $\qquad v_x = v$, т.к. ~~пластинка~~ рамка проходит через поле.

oy: $ma_y = F_б - F_б = 0 \qquad a_y = 0$

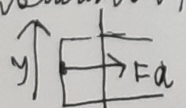
$$ma_x = -B \cdot d \cdot I = -B \cdot d \cdot \frac{B \cdot v d}{R} \qquad a_x = \frac{-B^2 d^2}{mR} \cdot v \qquad \frac{dv_x}{dt}$$

$$a_0 = \frac{B^2 \cdot d^2}{mR} \cdot v_0 \qquad a_x = -\frac{B^2 d^2}{mR} \cdot v \qquad \frac{dv_x}{dt} = -\frac{B^2 d^2}{mR} \cdot \frac{dx}{dt}$$

$$dv_x = -\underbrace{\frac{B^2 d^2}{mR}}_{const} \cdot dx \qquad \Delta v_x = -\frac{B^2 d^2}{mR} \cdot M = -\frac{B^2 d^3}{5mR}$$

$$v_1 = v_0 + \Delta v_x = v_0 - \frac{B^2 d^3}{5mR}$$

На выходе пластины (между входом и выходом равнодействующая сил на рамку была равна 0) ~~Площадь~~ Поток сквозь рамку будет уменьшаться, ~~так же~~ $\Rightarrow$ сила тока будет направлена в другую сторону ~~т.к.~~



аналогично $\Delta v_x = -\frac{B^2 d^3}{5mR} \qquad v_2 = v_1 + \Delta v_x = v_0 - 2\frac{B^2 d^3}{5mR}$

Ответ: $a_0 = \frac{B^2 d^2}{mR} \cdot v_0 \qquad v_1 = v_0 - \frac{B^2 d^3}{5mR} \qquad v_2 = v_0 - \frac{2B^2 d^3}{5mR}$

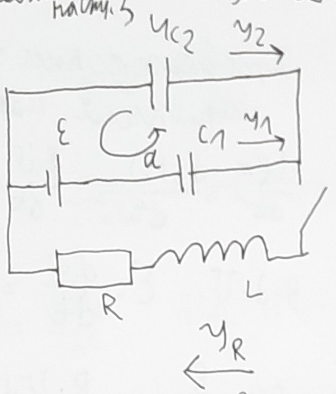
21200507 (U68984 M1269529)

Вариант 11.07 Чистовик стр. 2

Задание 3 (продолжение на стр. 3)

Дано:
$C_1 = C$
$C_2 = 4C$
$\frac{dI}{dt}$ - ?

Решение:



до замыкания: режим уст. ⇒ $I_1 = I_2 = 0$, также

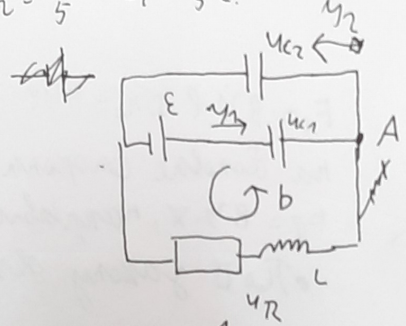
$q_1 = q_2$

$C U_1 = 4C U_2$ $U_1 = 4U_2$

По закону Ома для контура a:

$\varepsilon = U_1 + U_2 = 5U_2$ $U_2 = \frac{\varepsilon}{5}$ $U_1 = \frac{4}{5}\varepsilon$.

После замыкания:



Обход по контуру b:

$I_R \cdot R + U_L + U_{C1} = \varepsilon$

в $t=0$: $U_{C1} = \frac{4}{5}\varepsilon$; $I_R = 0 \Rightarrow U_L = \varepsilon - U_{C1} = \frac{1}{5}\varepsilon$

$U_L = L\frac{dI}{dt}$ $\frac{dI}{dt} = \frac{U_L}{L} = \frac{1\varepsilon}{5L}$

$U_{C1} + U_{C2} = \varepsilon \Rightarrow dU_{C1} + dU_{C2} = 0$ $dU_{C1} = -dU_{C2}$ тогда $\frac{dq_1}{C} = -\frac{dq_2}{4C}$

$4dq_1 = -dq_2$ $\frac{4dq_1}{dt} = -\frac{dq_2}{dt}$ $4I_1 = -I_2 = 4I$

по I правилу Кирхгофа для узла A: $\cancel{I_1 + (}$ $\cancel{I_1 + (-I_2)}$ $I_1 + I_2 = I_R$

$5I_1 = I_R$ Когда ток через C_1 равен I_0, то через резистор $5I_0$

Когда вся теплота выделится (т.е. система будет в равновесии) ток через резистор течь не будет, напряжение на катушке 0 ⇒

⇒ напряжение $U_{C1} = \varepsilon$

$\frac{dU_{C1}}{dt} = \frac{\frac{dq}{C}}{dt} = \frac{I_1}{C}$ $\frac{dU_R}{dt} = \frac{dI_R R}{dt}$

Вариант. 11.07. Чистовик стр. 3.

Задание 3

$dy_R = 5\,dy_1.$ $\quad \frac{y_R}{5C} = \frac{du_{c1}}{dt} \quad \frac{dy_R R}{dt} = \frac{du_R}{dt}$

$\cancel{\frac{du_{c1}}{dt} + \frac{du_R}{dt} = \frac{du_L}{dt}} \quad \cancel{du_L = du_{c1} + du_R = \frac{y_1}{C}dt +}$

$\frac{du_{c1}}{dt} + \frac{du_R}{dt} = \frac{du_L}{dt} \quad du_L = du_{c1} + du_R = dy_R R + \frac{y_R}{5C}dt$

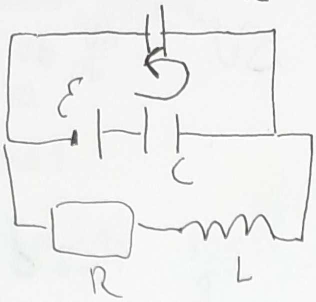
Ответ: 1) $\frac{dy_0}{dt} = \frac{\mathcal{E}}{5L}$

2)

3) $y_R = 5y_0$

к ЧС

Черновик



$\varepsilon =$ $u_L = L\frac{dy}{dt}$

$\frac{\varepsilon}{L} = \frac{dy}{dt}$

$a \cdot y =$

$y = 0$ $a_1 = \frac{y}{C}$ $\frac{Cu^2}{2}$ Cu^2 Cu^2 $\frac{Cu^2}{2}$

$y^2 R\, dt$

$u = yR$

$L\frac{dy}{dt} + yR$ $dyR =$ yR

$a_1 = a_2$.

a_1

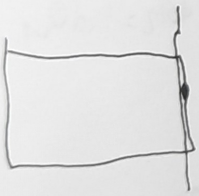
$\varepsilon = C_1 u^2$ $\varepsilon = Cu$. $C_1 u_1 = C_2 u_2$

$\frac{\varepsilon}{5}$

$\frac{4\varepsilon}{5}$

$\frac{C\left(\frac{4\varepsilon}{5}\right)^2}{2} + \frac{4C\left(\frac{1}{5}\right)\varepsilon^2}{2} = \frac{16}{25}$ $\frac{4}{25}$ $\frac{20}{25}\frac{C\varepsilon^2}{2}$

$\frac{B\,dS}{dt} = \varepsilon = yR$



$F = Byl$

$Bd \cdot v = yR$ $y = \frac{Bdv}{R}$

$F = Byl = Byd$

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

a $\frac{dv}{\cancel{dt}} = \frac{B^2 d^2}{mR} \cdot \frac{dx}{\cancel{dt}}$

$\Delta v = \frac{B^2 d^2}{mR} \cdot \Delta x$

Черновик стр.2.

ΔV $\frac{dV}{dt}$ dV ΔV

а а СИ

$v = \frac{dS}{dt}$

$BV \cdot d = \mathcal{E}$ $I = \frac{BVd}{R}$ $F = BId =$

a $a = \frac{Bd^2 V}{mR}$

$\frac{b}{a} = \Gamma$

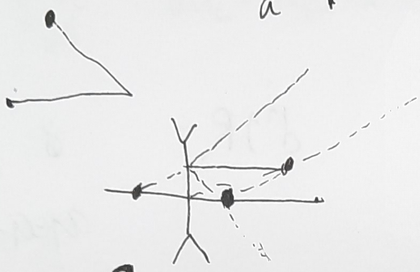
$a \sim V$ $a = kV$

B $\frac{dV}{dt} = kd$

$\Delta V = k\Delta X$

V_K $\Delta S = k\Delta a$

ΔV



$\frac{2}{5}\mathcal{E}$

$\frac{4\mathcal{E}}{5}$ $C\mathcal{E}^2$

$\mathcal{E}_1 +$ $U_1 + U_2$ $N = I$

$U_2 = \frac{q_2}{4C}$ $U_1 = \frac{q_1}{C}$ dU_2

$dQ = I_R^2 R\,dt$

$U_L = I_{C2}$

$\frac{dq_2}{4C} = -\frac{dq_1}{4C}$

$dq_2 = 4dq_1$

$4I$

$I\,4I$ $I^2 R$

$4I \rightarrow$ $4I \rightarrow$

$\leftarrow$ I

$I \rightarrow$ $\downarrow 3I$ $5I$

$\frac{dI_1}{dt} = \frac{U_L}{L}$ $dI = \frac{U_L}{L}$

$dI_1 = \frac{U_L}{5L}dt$ $I_1 =$

$dI_1 dt$

$dq_1 = \frac{U_L}{5L}(dt)^2$