0 947749 040006

94-77-49-04
(4.2)

1755

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2 ; класс 11

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Хайтиной Александры Юрьевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

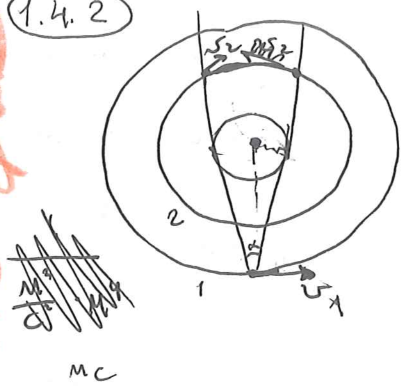
«09» февраля 2024 года

Подпись участника
Ха

94-77-49-04
(4.2)

Черновик

(1.4.2)



мс

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2}$$

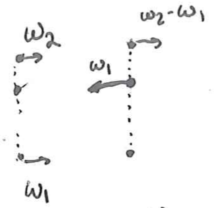
$$\omega_1 = \frac{v_1}{R_1} \qquad \omega_2 = \frac{v_2}{R_2}$$

$$\omega_{отн} \overset{?}{=} \omega_2 + \omega_1$$

$$\frac{\alpha}{2} \approx \frac{R}{R_1} \Rightarrow \alpha = \frac{D}{R_1}$$

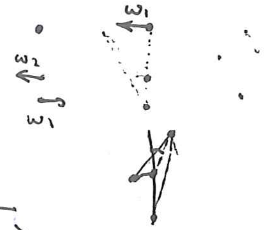
$$t = \frac{\alpha}{\omega_{отн}} =$$

(по mod $(\omega_2 + |\omega_1|)$



измен угла $\Delta\varphi = \Delta t(\omega_1 + \omega_2)$

$(\omega_2 - \omega_1)\Delta t + \omega_1 \Delta t$



ξ – угол уменьшается быстро $\Rightarrow$

$\omega_{отн} = \omega_1 + \omega_2$

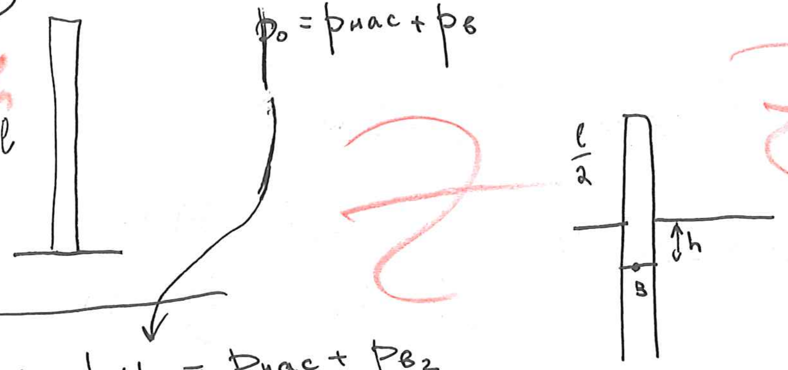
$$\frac{a_ц^2}{R} = \omega R =$$

$$g = G\frac{M}{R^2}$$

$$g_{R_1} = G\frac{M}{R_1^2}, \quad v = \frac{a_ц^2}{R} \Rightarrow v$$

(2.5.2)

~~10^5 Па = 10~~



$$p_0 = p_{нас} + p_в$$

$$95 \,|\, \frac{5}{19}$$

$$45 \times 19 = 405 + 45 = 855$$

$$p_{тв} = p_в g h + p_0 = p_{нас} + p_{в2}$$

$$p_в \cdot S l = p_{в2} S\left(\frac{l}{2} + h\right)$$

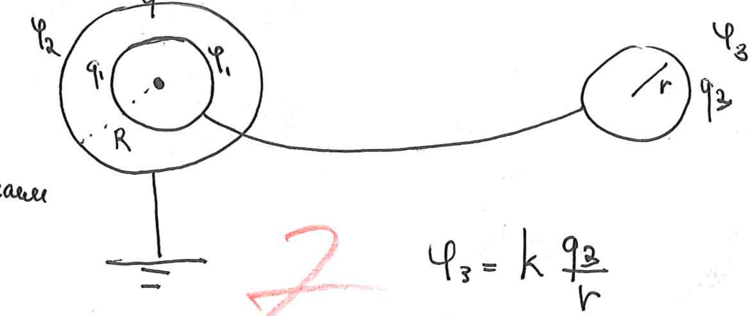
$$p_{в2} = \frac{l}{\frac{l}{2} + h} p_в$$

$$\Rightarrow p_в \Rightarrow p_0$$

$$a = \frac{v^2}{R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{aR}$$

(3.10.2)



q_1 и q_3 – знаем

$$\varphi_3 = k\frac{q_3}{r}$$

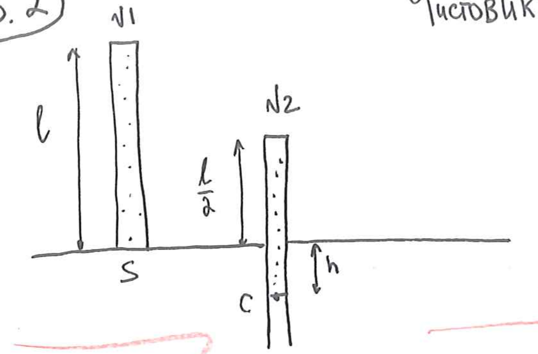
$$\varphi_2 = 0 = k\frac{q_1}{R} + k\frac{q_2}{R} = \frac{k}{R}(q_2 + q_1)$$

$$\varphi_1 = \varphi_3 = k\frac{q_1}{r} + k\frac{q_2}{R}$$

1	2	3	4	5	Σ
12	20	20	20	20	92

Никонов
Панкин И.М
Харитонов В.

25.2



Чистовик

1) $p_0 = p_{нас} + p_{в1}$, где $p_{в1}$ – давление воздуха в ситуац. №1

2) $p_c = \rho_0 g h + p_0$

$p_c = p_{нас} + p_{в2}$, где $p_{в2}$ – давление воздуха в ситуации №2

(Объем уменьшился, поэтому давление водяного пара осталось насыщенным)

$$\left.\begin{aligned} p_{в1}\cdot lS &= \nu RT \\ p_{в2}\cdot\left(\frac{l}{2}+h\right)S &= \nu RT \end{aligned}\right\} \Rightarrow p_{в1}\, l = p_{в2}\left(\frac{l}{2}+h\right) \Rightarrow p_{в2} = \frac{l}{\left(\frac{l}{2}+h\right)} p_{в1}$$

$$\rho_0 g h + p_0 = p_{нас} + \frac{l}{\left(\frac{l}{2}+h\right)} p_{в1}$$

$$\rho_0 g h + p_{в1} = \frac{l}{\frac{l}{2}+h} p_{в1} \Rightarrow p_{в1} = \frac{\rho_0 g h}{\frac{l}{\frac{l}{2}+h} - 1} = \frac{\rho_0 g h\left(\frac{l}{2}+h\right)}{\frac{l}{2}-h}$$

$$p_0 = p_{нас} + p_{в1} = p_{нас} + \frac{\rho_0 g h\left(\frac{l}{2}+h\right)}{\frac{l}{2}-h}$$

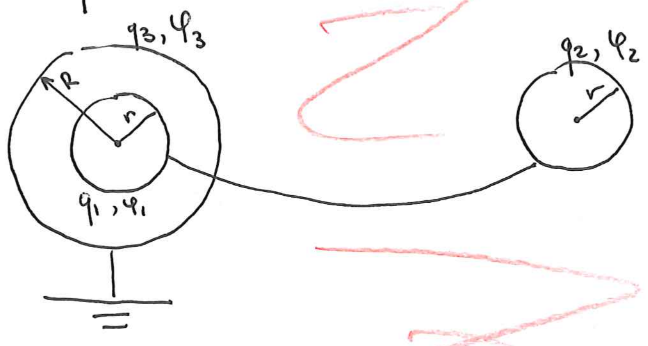
$$p_0 = 14{,}5\cdot 10^3 + \frac{10^3\cdot 10\cdot 0{,}45\,(0{,}5+0{,}45)}{0{,}5-0{,}45} = 14{,}5\cdot 10^3 +$$

$$+ \frac{10^4\cdot 0{,}45\cdot 0{,}95}{0{,}05} = 14{,}5\cdot 10^3 + \frac{45\cdot 95\cdot 100}{5} = 14{,}5\cdot 10^3 +$$

$$+ 855\cdot 10^2 = (14{,}5 + 85{,}5)\cdot 10^3 = 10^5 \text{ (Па)}$$

Ответ: $p_0 = 10^5$ Па

3.10.2



$\varphi_1 = \varphi_2$ +

$\varphi_2 = k\frac{q_2}{r}$

$\varphi_3 = 0 = k\frac{q_1}{R} + k\frac{q_3}{R}$

$\varphi_1 = k\frac{q_1}{r} + k\frac{q_3}{R}$

94-77-49-04 (4.2)

Чистовик

$$\begin{cases} \frac{q_2}{r} = \frac{q_1}{r} + \frac{q_3}{R} \\ q_1 = -q_3 \end{cases} \Rightarrow \frac{q_2}{r} = q_1\left(-\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right)$$

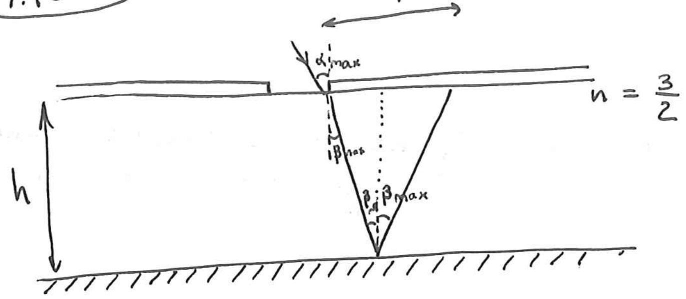
+

$$q_2 = q_1\left(1 \cancel{+} - \frac{r}{R}\right) \Rightarrow 1 - \frac{r}{R} = \frac{q_2}{q_1} \Rightarrow \frac{r}{R} = 1 - \frac{q_2}{q_1} \Rightarrow r = \left(1 - \frac{q_2}{q_1}\right)R$$

$$r = \left(1 - \frac{2,5\cdot 10^{-10}}{7,5\cdot 10^{-10}}\right)\cdot 3 = \left(1 - \frac{1}{3}\right)\cdot 3 = 2 \text{ (см)}$$

Ответ: $r = 2$ см +

4.10.2



$\sin\alpha = n \sin\beta$

~~$\sin\alpha \in [0;1]$~~

угол α может быть от 0° до 90°.

Чем больше α, тем больше β.

Тогда: ~~β_{max}~~ $\sin\beta_{max} = \frac{1}{n}$

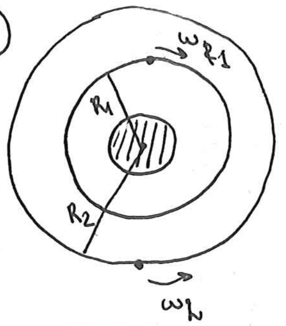
$R = 2h\cdot tg\,\beta_{max}$ $\qquad tg\,\beta_{max} = \sqrt{\frac{\sin^2\beta_{max}}{1-\sin^2\beta_{max}}}$

$$h = \frac{R}{2tg\,\beta_{max}} = \frac{R}{2\sqrt{\frac{\frac{1}{n^2}}{1-\frac{1}{n^2}}}} = \frac{8}{2\sqrt{\frac{\frac{4}{9}}{\frac{5}{9}}}} = \frac{8}{2\sqrt{\frac{4}{5}}} =$$

$$= \frac{8\sqrt{5}}{4} = 2\sqrt{5} \text{ (см)}$$

Ответ: $h = 2\sqrt{5}$ см

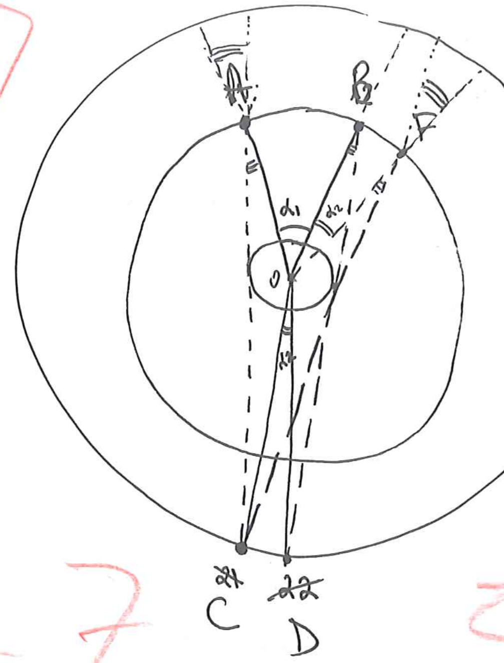
1.4.2



Пусть тот, кто вращ по радиусу R_1 имеет угловую скорость ω_2, а тот, кто по ~~ра~~ R_2 имеет угловую скорость ω_2.

Пусть радиус планеты R

Чистовик



$\angle AOB = \alpha_1 = \omega_1 \tau$

$\angle COD = \alpha_2 = \omega_2 \tau$

(За τ первый из ~~т.11→т.12~~ $A \to B$,
за τ второй из ~~т.21→т.22~~ C D)

из ~~т.22~~ 21 т.C проведем касательные к планете и поставим т. F (пересечение орбит 1-ого и второй касательной

$\angle OCF = \angle ODB$ (т.к это угол м/у кас и прямой через центр)
($CO = OD$, $CC' = DD'$, $OC' = OD' = R$)
точки касания

Аналогично $\angle OBD = \angle OFC$

$$\left.\begin{aligned} &\angle OCF = \angle ODB \\ &\angle OFC = \angle OBD \\ &OF = OB \\ &OC = OD \end{aligned}\right\} \Rightarrow \triangle COF = \triangle DOB \Rightarrow \angle COF = \angle DOB \Rightarrow$$

$\Rightarrow \angle COD = \angle BOF$ ($\angle FOD$ у углов $\angle COF$ и $\angle DOB$ - общий)

$\angle ACF = 2\cancel{R_2}\arcsin\left(\frac{R}{R_2}\right) \approx 2\frac{R}{R_2}$

$\angle COD = \angle BOF = \alpha_2$

~~Тогда:~~ $\cancel{\alpha_1 + \alpha_2 = 2 \cdot \angle ACF = 2 \cdot 2 R_2 \arcsin\left(\frac{R}{R_2}\right) \approx 4\frac{R}{R_2}}$

см. продолжение

$\cancel{(\omega_1 + \omega_2)\tau = 4\frac{R}{R_2}}$

$$g = G\frac{M}{R^2} \Rightarrow a_1 = G\frac{M}{R_1^2} = g\frac{R^2}{R_1^2}, \quad a_2 = g\frac{R^2}{R_2^2}$$

$$\cancel{\omega_1 = v_1 R_1 = \omega_1 = \frac{v_1}{R_1} = \frac{a_1^2}{R_1^2} \neq g^2\frac{R^4}{R_1^6}}$$

$$\cancel{\omega_2 = v_2 R_2 \frac{v_2}{R_2} = \frac{a_2^2}{R_2^2} = g^2\frac{R^4}{R_2^6}}$$

$$\cancel{\tau = 4\frac{R}{R_2}\frac{1}{g^2 R^4\left(\frac{1}{R_2^6} + \frac{1}{R_1^6}\right)} = 4\frac{(R_2 R_1)^6}{R_2 g^2 R^3 (R_1^6 + R_2^6)} =}$$

Чистовик

$$\cancel{= \frac{4 \cdot 64^4 \cdot 10^{32}}{10^5 \cdot 9}}$$

$\cancel{v=}$ $a = \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{aR}$

$$\omega_1 = \frac{v_1}{R_1} = \sqrt{\frac{a_1}{R_1}} \quad ; \quad \omega_2 = \frac{v_2}{R_2} = \sqrt{\frac{a_2}{R_2}}$$

$$\omega_1 = \frac{R}{R_1}\sqrt{\frac{g}{R_1}} \quad ; \quad \omega_2 = \frac{R}{R_2}\sqrt{\frac{g}{R_2}}$$

и продолжение

$$\tau = \cancel{4}\,2\frac{R}{R_2}\frac{1}{R\sqrt{g}\left(\frac{1}{R_1\sqrt{R_1}}+\frac{1}{R_2\sqrt{R_2}}\right)} = \cancel{4}\cancel{R}\cancel{4}\,2\frac{R_1R_2\sqrt{R_1R_2}}{R_2\sqrt{g}\left(\sqrt{R_1^3}+\sqrt{R_2^3}\right)} =$$

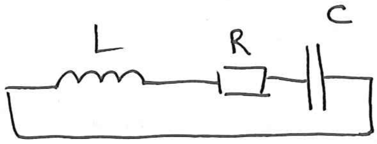
$$= \cancel{4}\,2\frac{64\cdot10^8\cdot8\cdot10^4}{10^5\cdot3\left(\sqrt{8^6\cdot10^9}+\sqrt{10^{15}}\right)}\ (c) =$$

$$= 2\frac{8^3\cdot10^7}{3\left(8^3\cdot10^4\sqrt{10}+10^7\sqrt{10}\right)} = 2\frac{8^3\cdot10^7}{3\sqrt{10}\left(8^3\cdot10^4+10^2\right)} =$$

$$= 2\frac{8^3\cdot10^3}{3\sqrt{10}\left(8^3+10^3\right)}\ (c)$$

Ответ: $\tau =$

5.4.2



$$\mathcal{E}_i = -L\frac{dI}{dt}$$

При I_{max}: $\frac{dI}{dt}=0 \Rightarrow \mathcal{E}_i=0 \Rightarrow U_{C_m} = I_{max}R$

$\mathcal{E}_i = IR - U_C$

$-L\dot{I} = IR - \frac{q}{C}$ $\qquad dq = I\,dt \Rightarrow I = \frac{dq}{dt} = \dot{q}$

Запишем ЗСЭ:

$\frac{LI^2}{2} - \frac{q^2}{2C} = Q_R$, но т.к Q_R – мало, то $\frac{LI^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \Rightarrow$

$\Rightarrow \cancel{\omega_0^2 =}\ \frac{L}{2}\dot{q} = \frac{q^2}{2C} \Rightarrow \omega_0^2 = \frac{1}{LC}$, где ω_0 - частота колебаний

Чистовик

Тогда период колебаний:

$$T=\frac{2\pi}{\omega_0}=2\pi\sqrt{LC}=2\cdot 3{,}14\cdot\sqrt{9\cdot 10^{-6}}=6\cdot 3{,}14\cdot 10^{-3}\approx 18{,}84\cdot 10^{-3}\,c$$

Запишем ЗСЭ м/у двумя этими колебаниями

$$\frac{q_1^2}{2C}-\frac{q_2^2}{2C}=Q \quad ; \quad U=\frac{q_1}{C}\Rightarrow q_1=UC$$

$$q_1^2-q_2^2=2CQ\Rightarrow q_2^2=q_1^2-2CQ=U^2C^2-2CQ$$

$$q_2=\sqrt{U^2C^2-2CQ}$$

~~На резистор~~ из-за резистора ~~потерялось $\Delta q=$~~ заряд изменился на $\Delta q=q_2-q_1$

$$dQ=I^2R\,dt$$

$$q=q_1\cos(\omega_0 t)$$

$$I=-q_1\omega_0\sin(\omega_0 t)\Rightarrow I_{max}=q_1\omega_0$$

$$\cancel{\frac{U}{R}=\frac{UC}{\sqrt{LC}}\Rightarrow R=\sqrt{\frac{C}{L}}}$$

Т.к колебания слабо затухающие, то:

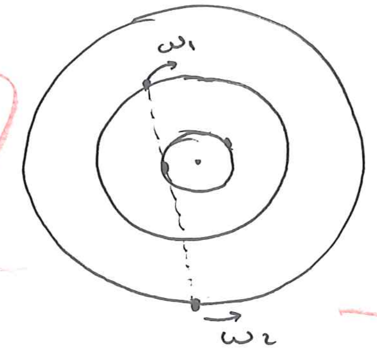
$$Q=\frac{I_{max}^2R}{2}T=\frac{U^2}{2R}T\Rightarrow 2R=\frac{U^2}{Q}\cdot T\Rightarrow R=\frac{U^2T}{2Q}=$$

$$=\frac{0{,}2^2\cdot 18{,}84\cdot 10^{-3}}{2\cdot 0{,}38\cdot 10^{-3}}=\frac{0{,}2^2\cdot 9{,}42}{0{,}38}=\frac{4\cdot 10^{-2}\cdot 942}{38}\approx 0{,}99\approx 1\,(Ом)$$

Ответ: $R\approx 1$ Ом

Чистовик.

1.4.2 (Продолжение).



Пересядем в СО 1-ого. Тогда планета поедет с ω_1, а 2-ой с ~~$\omega_2 - \omega_1$~~ $\omega_{отн}$

~~$\tau = \dfrac{2\frac{R}{R_2}}{\quad}$~~

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \quad , \; S \text{ - синодич. период} ; \quad \omega_{отн} = \frac{2\pi}{S}$$

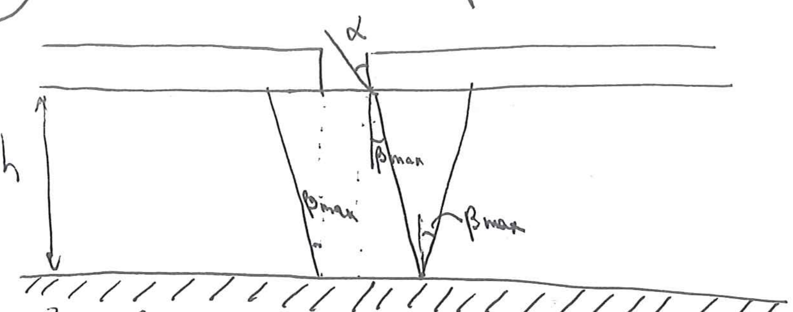
$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} \; , \; T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2}$$

$$\frac{1}{S} = \frac{\omega_1}{2\pi} + \frac{\omega_2}{2\pi} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2\pi} \Rightarrow \omega_{отн} = \omega_1 + \omega_2$$

$$\tau = \frac{2\frac{R}{R_2}}{\omega_1 + \omega_2} = \frac{2\frac{R}{R_2}}{R\sqrt{g}\left(\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} + \frac{1}{\sqrt{R_2^3}}\right)}$$

4.10.2

Черновик



α может быть до критичного

$\sin\alpha = n \sin\beta$

$\downarrow$

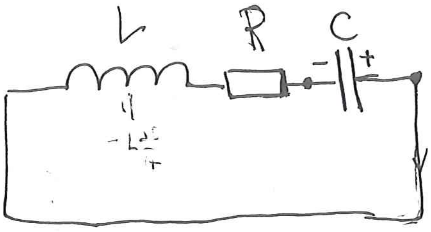
пусть α до 90°

$\Downarrow$

$\beta_{max} = \frac{1}{n}$

$tg^2 = \frac{\sin^2}{\cos^2} = \frac{\sin^2}{1-\sin^2} \Rightarrow \frac{1}{tg^2} = \frac{1}{\sin^2} - 1 \Rightarrow \frac{1}{\sin^2} = \frac{1}{tg^2} + 1$

5.4.2



R-?

$u = \frac{q}{C}$

$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{u^2 C}{2}$

$dQ = RI^2 \cdot dt = R\frac{dq^2}{dt}$

$\mathcal{E}_i = -L\frac{dI}{dt}$

При I_{max}: $\mathcal{E}_i = 0 \Rightarrow U_C = I_{max} R$

$W_L = \frac{LI^2}{2}$

$\mathcal{E}_i = IR - U_0$

$U_C = -\mathcal{E}_i + IR$

$\frac{q}{C} = U_C = L\frac{dI}{dt} + IR$

$dq = Idt \Rightarrow \frac{dq}{dt} = I \Rightarrow I = \dot{q}$

$\boxed{\frac{q}{C} - L\ddot{q}} - \dot{q}R = 0$

$\frac{LI^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = \cancel{const}$

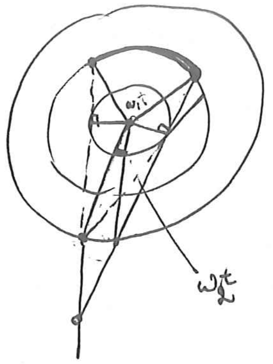
$\frac{L\dot{q}^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = 0$

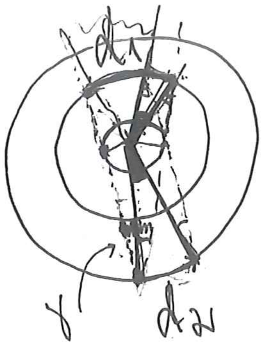
$\dot{q}^2 + \frac{q^2}{LC} = 0$

$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}$

$\frac{q^2}{2C} - \frac{q_2^2}{2C} = Q$ $q^2 - q_2^2 =$

Черновик





$\cancel{\tau \frac{\alpha_1-\alpha_2}{t}}$

$\cancel{\omega_1 - \omega_2}$

$\frac{\alpha_1}{\omega_1} - \frac{\alpha_2}{\omega_2}$

$\cancel{\frac{\alpha_1+\alpha_2}{\omega_1} = \tau}$

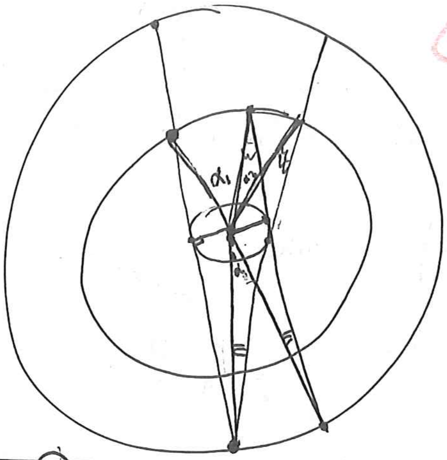
$\alpha_2 = \omega_2 \tau$

$\alpha_1 = \omega_1 \tau$

$\frac{\alpha_1}{\omega_1}$

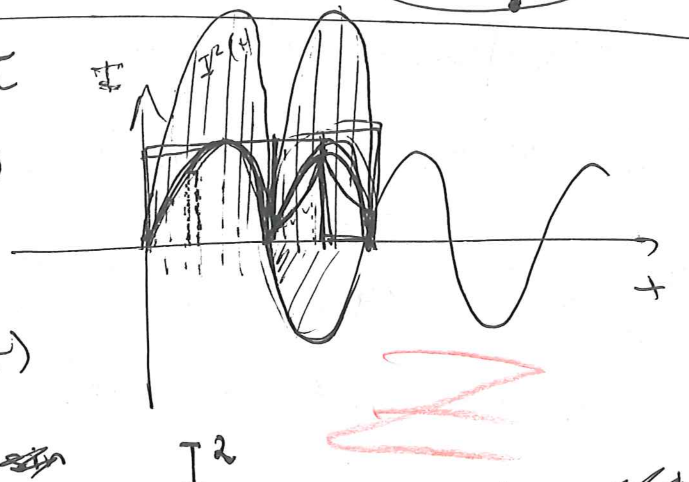
$\alpha_1 + \alpha_2 = 2\gamma = 2 \cdot \frac{R}{R_2}$

$\boxed{2\frac{R}{R_2} = \tau(\omega_1+\omega_2)}$



$Q = I^2 R \tau$

$Q \; \frac{I_{max}^2 R}{4}$



$I = A\sin(\omega_0 t)$

$A = \frac{U_{cm}}{R}$

I^2

$\int I^2 dt = \int \left(\frac{U_{cm}}{R}\right)^2 \sin^2(\omega t)\, dt = \frac{U_{cm}^2}{R^2} 2\sin(\omega t)\, \omega\cos(\omega t) =$

$= \frac{U^2}{R^2} \omega \sin(2\omega t)$

$q = q_1 \sin(\omega t)$

$I = I_{max}$

$q_1 \omega$

$3{,}14 \times 6 = 18{,}84$

$24{,}7 \times 4 = 98{,}8$

$3{,}14 \times 3 = 9{,}42$

$38 \times 7 = 266$

$38 \times 4 = 152$

$942 : 38 = 24{,}7$; -76; 182; -152; 300; -266; 34

24,7