0 637665 420005

63-76-65-42
(4.10)

+1 лист
+1 лист

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант №2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Мухаметшина Ильдана Ильнуровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

выход 14:26
вход 14:30

Дата
«09» февраля 2024 года

Подпись участника

63-76-65-42 (4:10)

Беловик.

1.4.2.

Дано:

R_1; R_2; g

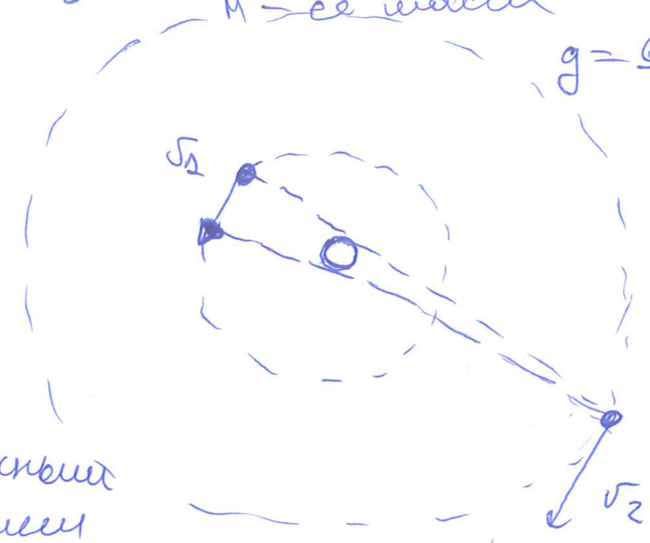
Найти:

τ - ?

Пусть: r — радиус планеты

M — её масса

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

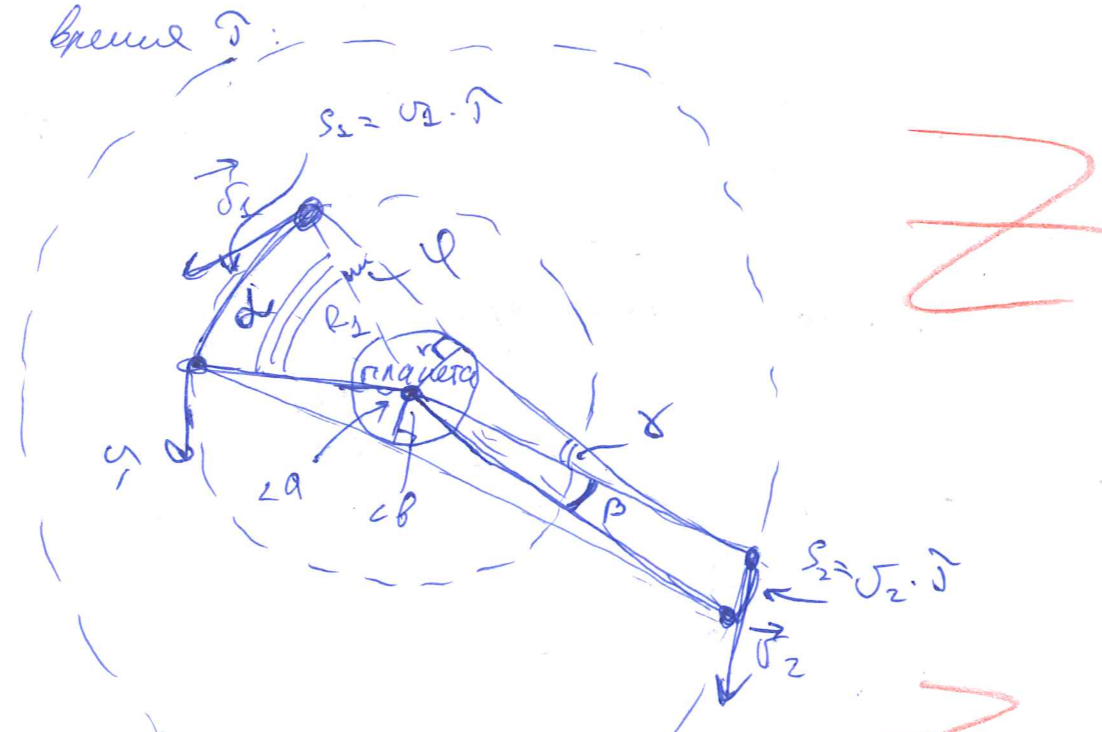


Гравитационным взаимодействием кораблей друг с другом пренебрежём, т.к. расстояние между ними очень велико, а массы явно много меньше массы планеты, тогда по второму закону Ньютона:

1: $$\frac{G m_1 M}{R_1^2} = m_1 \frac{v_1^2}{R_1} \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{g r^2}{R_1}} = \sqrt{\frac{g}{R_1}} \cdot r$$

2: $$\frac{G m_2 M}{R_2^2} = m_2 \frac{v_2^2}{R_2} \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{g r^2}{R_2}} = \sqrt{\frac{g}{R_2}} \cdot r$$

За время τ:



1	2	3	4	5	Σ
18	20	20	20	9	87

восемьдесят семь

Оценка не изменена

Заметим, что:

$$\alpha+\beta+2\angle a+2\angle b=360^\circ$$

$$\angle a=90^\circ-\varphi$$

$$\angle b=90^\circ-\gamma$$

$$\Rightarrow \frac{\alpha+\beta}{2}=180^\circ-(90^\circ-\varphi)-(90^\circ-\gamma)=\varphi+\gamma$$

$$\alpha=\frac{S_1}{R_1}=\frac{v_1 T}{R_1};\ \beta=\frac{S_2}{R_2}=\frac{v_2 T}{R_2}$$

$$\varphi\simeq\sin\varphi=\frac{r}{R_1};\ \gamma\simeq\sin\gamma=\frac{r}{R_2},$$ т.к φ и γ — малые углы из-за того, что $r \ll R_1$

$$\Rightarrow \frac{v_1}{R_1}T+\frac{v_2 T}{R_2}=2r\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$$

$$\left(\sqrt{\frac{g}{R_1}}\frac{T}{R_1}+\sqrt{\frac{g}{R_2}}\frac{T}{R_2}\right)\lambda=2\lambda\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$$

×

$$\Rightarrow T=\frac{2\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)}{\sqrt{\frac{g}{R_1}}\frac{1}{R_1}+\sqrt{\frac{g}{R_2}}\frac{1}{R_2}}=$$

(+) 18 ?

$$=\frac{2\cdot\frac{16{,}4\cdot10^4}{6{,}4\cdot10^9\text{ км}}}{\frac{3}{6{,}4\cdot10^4\cdot2{,}5\cdot10^2}+\frac{3}{10\cdot10^4\cdot\cancel{3{,}2}\cdot10^2}} \approx \frac{328}{6{,}4\cdot9}\text{ с}\ \cancel{\text{ч}}=$$

3,2

$$=\frac{328}{576}\text{ с}.$$

$$\approx \cancel{\frac{1600}{9}\text{ с}}\quad \cancel{\approx \frac{328}{576}\text{ ч}}$$

Ответ: $\frac{328}{576}$ с.

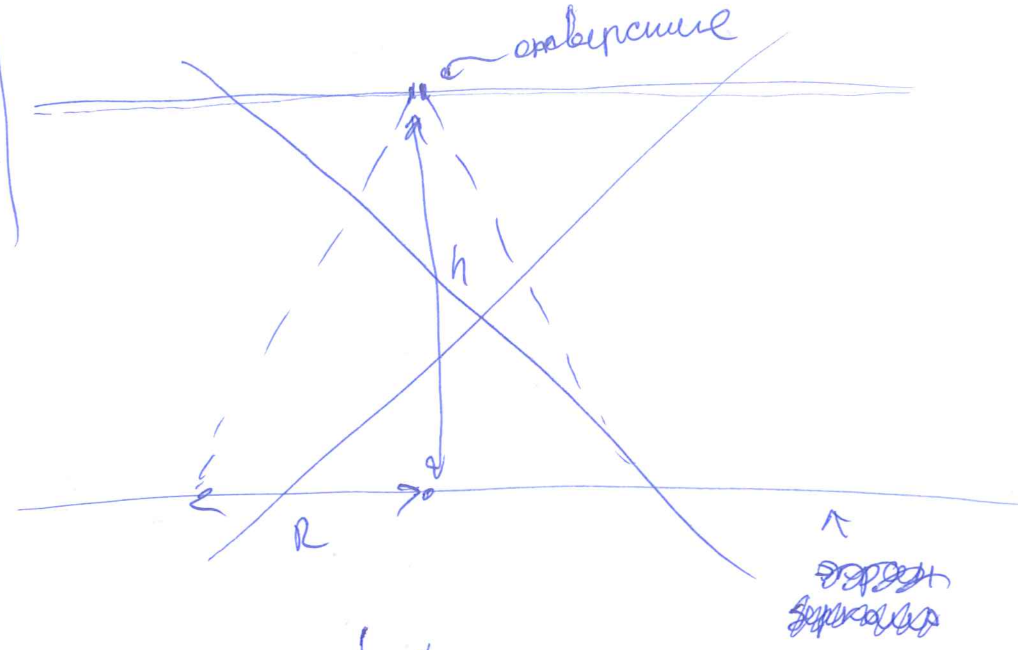
Беловик

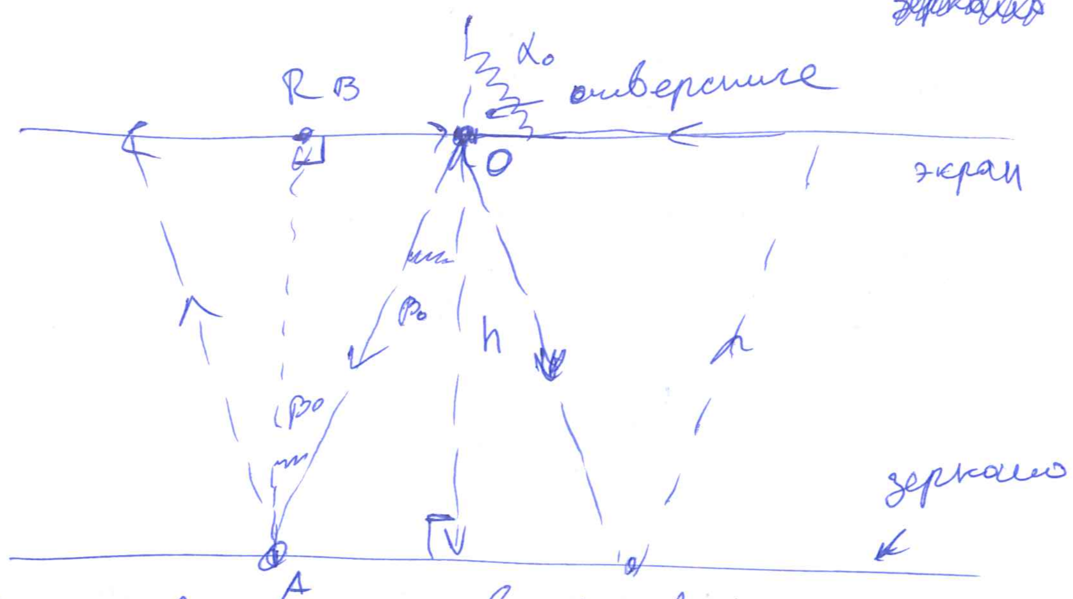
4.10.2.

$R = 8$ см

$n = 1.5$

h – ?





Нам свет „ограничивает" явление полного внутреннего отражения (углы α_0 и β_0) $\alpha_0 = 90°$

$\underbrace{\sin\alpha_0}_{=1} = n \cdot \sin\beta_0 \Rightarrow \sin\beta_0 = \frac{1}{n}$. С другой стороны в $\triangle ABO$ (см. рис): $\sin\beta_0 = \frac{BO}{AO} = \frac{R/2}{\sqrt{\left(\frac{R}{2}\right)^2 + h^2}}$

$\Rightarrow \frac{1}{n} = \frac{\frac{R}{2}}{\sqrt{\frac{R^2}{4} + h^2}}$, откуда

$\cancel{h = \frac{R}{2}\sqrt{(n-1)}}$

$h = \frac{R}{2}\sqrt{n^2 - 1} = \frac{8\text{см}}{2}\sqrt{2.25 - 1} = 4\text{см} \cdot \sqrt{1{,}25} \approx 4\text{ см} \cdot 1.1 = 4{,}4\text{ см}.$

Ответ: $h \approx 4{,}4$ см.

Беловик.

2.5.2.

$l = 1м$

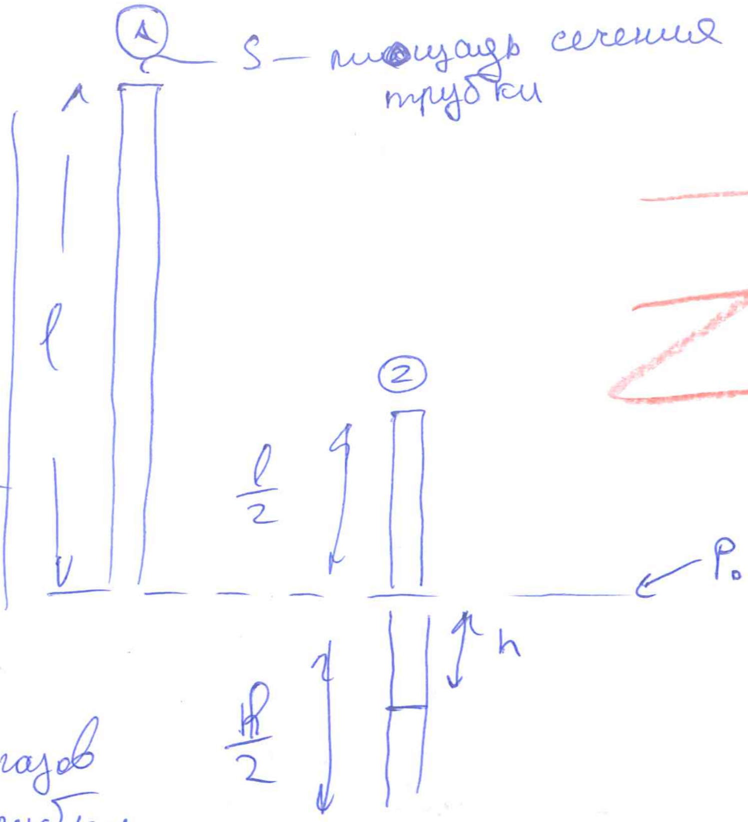
$h = 0{,}45м$

$g = 10\frac{м}{с^2}$

$\rho_0 = 10^3\frac{кг}{м^3}$

$P_{\substack{нас\\пар}} = 14{,}5кПа$

P_0



Для смеси газов внутри трубки по закону Дальтона для состояния

$$1: \quad P_0 = P_{возд.} + P_{\substack{нас.\\пар.}} \quad (1)$$

$$2. \quad P_0 + \rho_0 g h = P_{\substack{возд\\2}} + P_{\substack{нас.\\пар}} \quad (2)$$

$\nu_{возд} = const \Rightarrow$ $\left.\begin{aligned} P_{возд}\cdot S\cdot l &= \nu_{возд} RT_0 \\ P_{\substack{возд\\2}}\cdot S\left(\frac{l}{2}+h\right) &= \nu_{возд} RT_0 \end{aligned}\right\} \Rightarrow P_{\substack{возд\\2}} = P_{возд}\frac{l}{\left(\frac{l}{2}+h\right)}$

Подставляем

(1) в (2):

$$P_{возд} + \cancel{P_{\substack{нас\\пар}}} + \rho_0 g h = P_{возд}\frac{l}{\left(\frac{l}{2}+h\right)} + \cancel{P_{\substack{нас\\пар}}}$$

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

$$= \rho_0 g h \cdot \frac{\frac{l}{2}+h}{\frac{l}{2}-h} = \rho_0 g h \cdot \frac{0{,}5м + 0{,}45м}{0{,}05м} = 19\rho_0 g h$$

~~Бело~~ Беловик

Тогда $P_0 = 19\rho_0 g h + P_{\text{нас пар}} = 19\cdot 1000\cdot 10\cdot 0{,}45 + 14{,}5\,кПа =$

$= (190\cdot 0{,}45 + 14{,}5)\,кПа = 100\,кПа.$

$\times$ 190
0,45
950
760
000
085,50

Ответ: 100 кПа

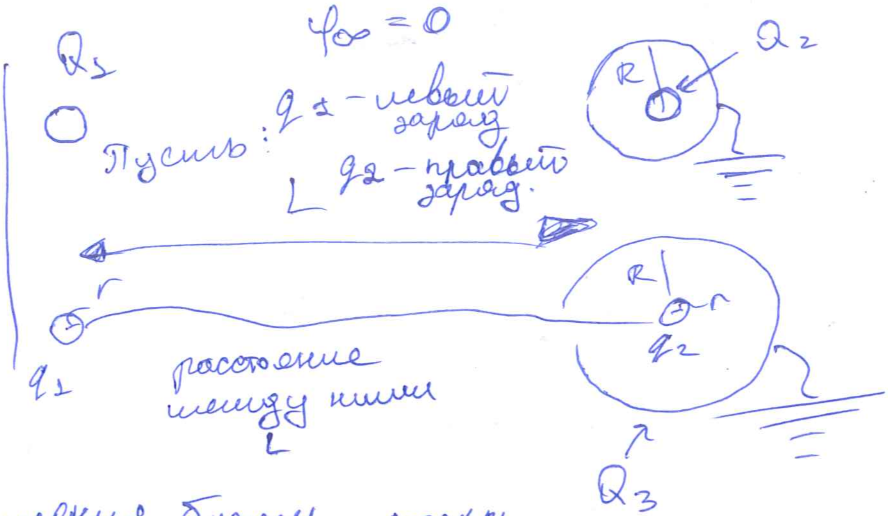
3.10.2.

R = 3 см

$q_1 = 7{,}5\cdot 10^{-10}$ Кл

$q_2 = 2{,}5\cdot 10^{-10}$ Кл

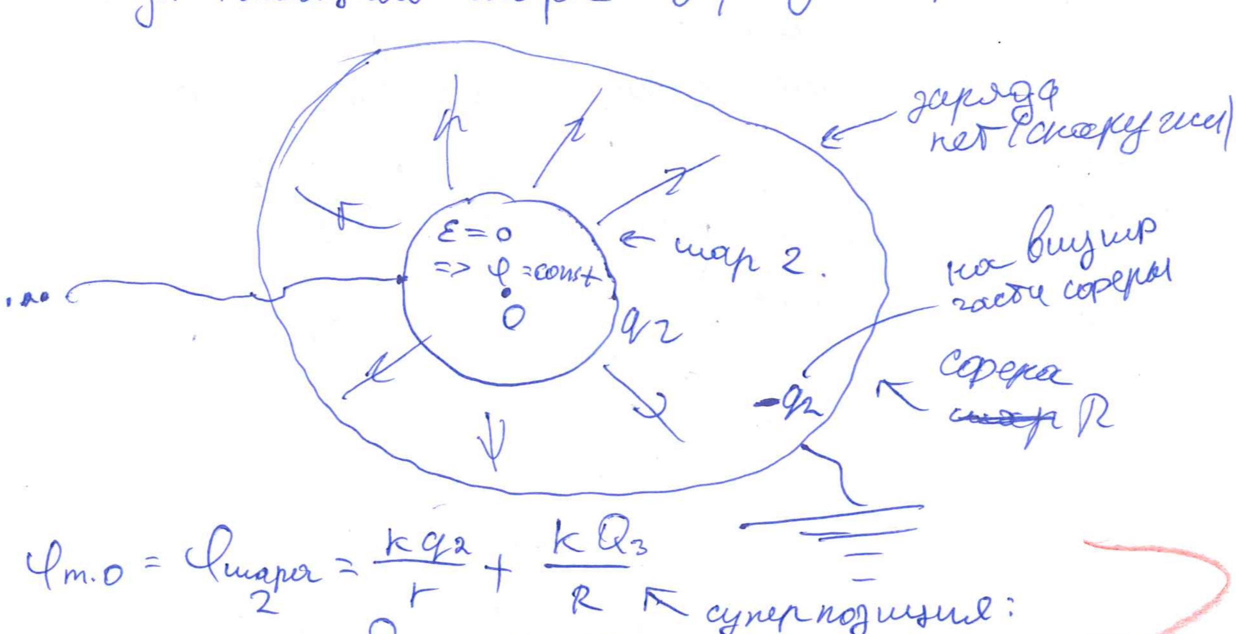
r – ?



Из-за заземления будем считать, что потенциал сферы ~~шара~~ R равен 0.

$\Rightarrow 0 = \frac{kQ_3}{R} + \frac{kq_2}{R} \Rightarrow Q_3 + q_2 = 0. \Rightarrow Q_3 = -q_2$

Тогда потенциал шара с зарядом q_2:



$\varphi_{т.O} = \varphi_{шара\ 2} = \frac{kq_2}{r} + \frac{kQ_3}{R}$ суперпозиция:

$Q_3 = -q_2 \; R + r \; q_2$

Решение

Из-за соединения проводом:

$$\varphi_{шара_2} = \varphi_{шара_3}; \quad \varphi_{шара_1} = \frac{kq_1}{r}$$

$$\Rightarrow \frac{kq_1}{r} = \frac{kq_2}{r} + \frac{kQ_3}{R}$$

$$\frac{\cancel{k}q_1}{r} = \frac{\cancel{k}q_2}{r} - \frac{\cancel{k}q_2}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{r}(q_1 - q_2) = \frac{-q_2}{R}$$

$$\Rightarrow r = \frac{q_2 - q_1}{q_2}\cdot R < 0$$ — значит мы перепутали местами q_1 и q_2 (наше изначальное предположение не верно)

$$\Rightarrow r = \frac{q_1 - q_2}{q_1}\cdot R = \frac{7,5-2,5}{7,5}\cdot 3см =$$

$$= \frac{5}{7,5}\cdot 3см = 2см.$$ +

~~Стоит~~ сказать, что по условию $L \to \infty$ $\Rightarrow$ мы пренебрегаем действием шаров друг на друга в плане потенциалов. Ответ: $r = 2$см.

5.4.2.

$L = 0,3$ Гн

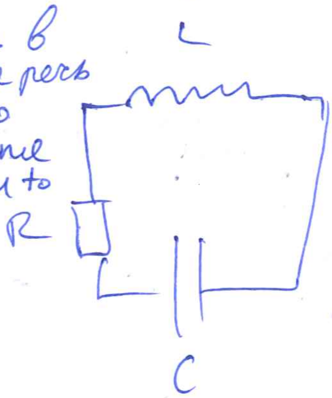
$C = 30$ мкФ

$U = 0,2$ В

$Q = 0,38$ мДж

$R - ?$

Пусть в задаче речь идет о моменте времени t_0



Раз $I(t_0) = I_{max}$

$\Rightarrow \dot{I} = 0$

$\Rightarrow |U_L| = 0 = |L\dot{I}|$ 1

Тогда в момент времени t_0 на конденсаторе максимальное ~~...~~ значение заряда (в данном случае оно и есть ампли-

Беловик:

$$= \frac{CU^2R}{2L} \cdot \underbrace{\int_0^{\frac{T}{2}} \left(\cos(2\omega t) + 1\right) dt}_{G}.$$ Посчитаем

интеграл G отдельно:

$$G = \int_0^{\frac{T}{2}} \cos(2\omega t)\, dt + \int_0^{\frac{T}{2}} dt =$$

$$= \frac{1}{2\omega} \sin(2\omega t)\Big|_0^{\frac{T}{2}} + \frac{T}{2} = \cancel{\frac{1}{2\omega} \cdot \sin\left(\frac{2\omega T}{2}\right)} -$$

$$- \cancel{\frac{1}{2\omega} \sin 0} + \frac{T}{2} = \frac{T}{2}$$

$$\Rightarrow Q = \frac{\cancel{2}CU^2R}{2L} \cdot \frac{T}{\cancel{2}} = \frac{\cancel{2}CU^2R}{2L} \cdot \frac{2\pi\sqrt{LC}}{\cancel{2}} =$$

$$= \frac{CU^2R}{L} \cdot \sqrt{LC} \cdot \pi$$

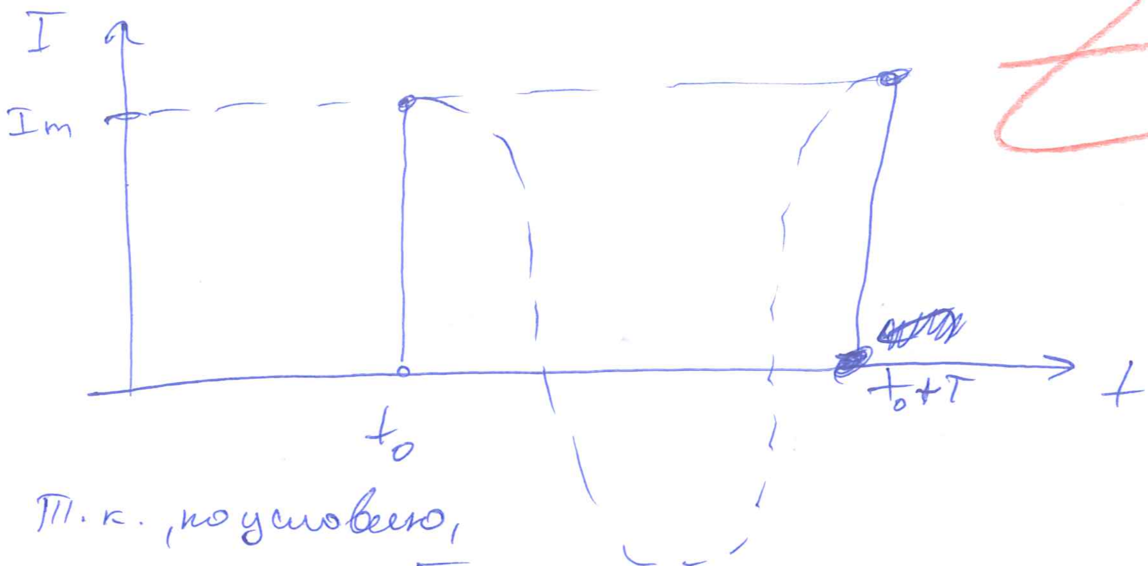
$$\Rightarrow R = \frac{Q}{CU^2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} \approx 10^5 \text{ Ом}.$$

Ответ: 10^5 Ом

Беловик

тушнся, т.к. нет источников напряжения)

$\Rightarrow q_C(t_0) = q_m = C \cdot U$.



Т.к., по условию,

колебания слабо затухающие, то

$T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$. На участке от t_0 до t_0+T:

$I(t) = I_m \cdot \cos \omega t$, где: $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$|I_m| = q_m \cdot \omega = \frac{CU}{\sqrt{LC}} = U \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$. по формулам гарм. колеб. (т.к. затухание мало.)

За малое время dt:

тепло выделившееся на резисторе:

$dQ = I(t)^2 \cdot R \cdot dt$;

$I^2(t) = I_m^2 \cdot \cos^2 \omega t$; $\cos^2 \omega t = \frac{\cos(2\omega t)+1}{2}$

$\Rightarrow I^2(t) = \frac{C}{L} \cdot U^2 \cdot \frac{\cos(2\omega t)+1}{2}$. Получаем:

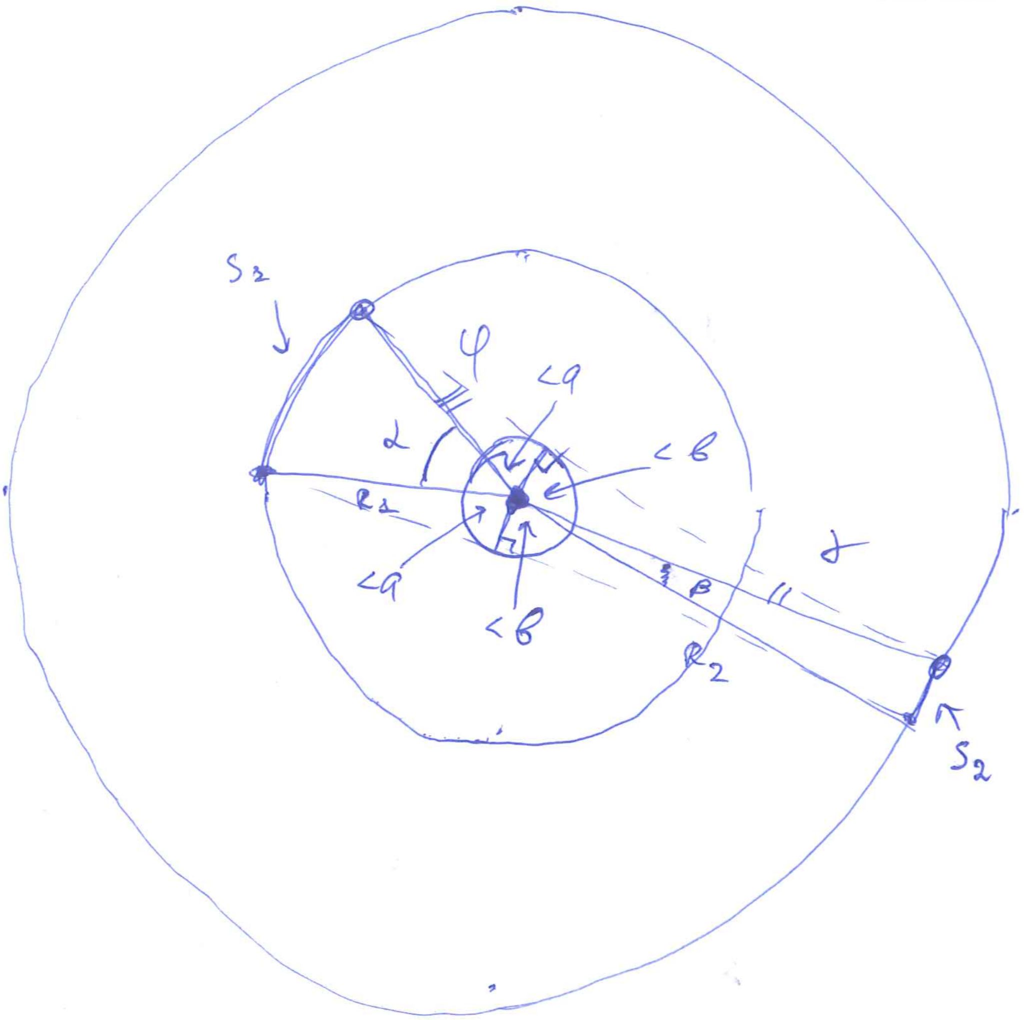
$$\frac{Q}{2} = \int_0^{T/2} \frac{CU^2}{L} \cdot \frac{\cos(2\omega t)+1}{2} \cdot R \cdot dt =$$

$$= \frac{CU^2 \cdot R}{L} \int_0^{T/2} \frac{\cos(2\omega t)+1}{2}\, dt =$$

Беловик

1.4.2.

Рис. к задаче:



Черновик

$R_1\alpha = v_1 \cdot T = \sqrt{\frac{g}{R_1}}\, rT$

$R_2\cancel{\beta} = v_2 T = \sqrt{\frac{\cancel{g}}{R_2}} \cdot rT$

$\frac{\alpha+\beta}{2} + \cancel{2}(\varphi+\gamma) = \cancel{2}\pi$

$\pi - \ldots$

$$\frac{\left(\sqrt{\frac{g}{R_1}}\frac{T}{R_1} + \sqrt{\frac{g}{R_2}}\frac{T}{R_2}\right) r}{2} = \pi - \varphi - \gamma$$

$\varphi = \ldots \frac{\sqrt{R_1^2 - r^2}}{R_1} \ldots$

$\pi - (\varphi+\gamma) = \pi - \left((90-\varphi) + (90-\gamma)\right) =$

$= \ldots 180 \ldots$

$\varphi + \gamma = 90$

$\frac{\alpha+\beta}{2} + (a+b) = \pi$

$a = 90 - \varphi$

$b =$

~~Беловик~~ Черновик

$$= \frac{CU^2 \cdot R}{L}\left(\int_0^{\frac{T}{4}} \frac{1}{2}\cos(2\omega t)\,dt + \int_0^{\frac{T}{4}} \frac{1}{2}\,dt\right).$$ Посчитаем

G

отдельно интегралы:

$$G = \frac{1}{2}\sin\left(\frac{2\omega \cdot T}{4}\right) - \cancel{\frac{1}{2}\sin 0} + \frac{T}{8} =$$

$$= \cancel{\frac{1}{2}\sin 4} + \frac{T}{8} = \frac{T}{8}$$

Итого:

$$\frac{Q}{4} = \frac{CU^2 \cdot R}{L} \cdot \frac{T}{8} \Rightarrow Q = \frac{CU^2 R}{2L} \cdot T$$

$$\Rightarrow R = \frac{2QL}{CU^2 T} = \frac{\cancel{2} Q \cancel{L} \sqrt{L}}{CU^2 \cancel{2\pi} \cdot \sqrt{L} \cdot \sqrt{C}} = \cancel{2\pi}$$

$$= \frac{Q}{\pi C U^2}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{0{,}38 \cdot 10^{-3}\,Дж}{3{,}14 \cdot 30 \cdot 10^{-6}\,Ф \cdot 0{,}04\,В^2} \cdot \sqrt{\frac{0{,}3\,Гн}{30 \cdot 10^{-6}\,Ф}} =$$

$$\approx 10^5\,Ом.$$

$$10^{2} \cdot 10^{2} = 10^{5}.$$

$$\frac{0{,}3 \cdot 10^{6}}{30} = \frac{0{,}3 \cdot 10^{5}}{3 \cdot 10} = 10^{4}$$

$$\begin{array}{r} 3{,}14 \\ \times\ 1{,}2 \\ \hline 628 \\ 314 \\ \hline 3{,}768 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 3{,}768 \\ \times\ 1{,}1 \\ \hline 3768 \\ 3768 \\ \hline 41448 \end{array}$$

~~Беловик~~

Черновик

$\sin\alpha$

$\cos\alpha$

$T = \frac{2\pi}{\omega}$

$\frac{1}{2}\,\cancel{\omega}\cdot\frac{2\pi}{\cancel{\omega}} = \pi$

$2\omega\cdot$

$\frac{2\pi}{\omega}\cdot\omega = 2\pi$

$\omega\,\frac{2\pi}{2\omega} = 2\pi$

$\frac{Q}{2} = \frac{CU^2R}{4L}$

$\frac{Q}{4L}$

$\frac{1}{2\omega}\sin\left(\frac{2\omega\cdot T}{2}\right) + \frac{T}{2} =$

$=$

$\frac{1}{2}\,\frac{2\pi}{\omega}\cdot\omega = \pi$

$\omega = \frac{1}{C}$

$CR = t_0$

$R^2 = \left(\frac{t_0}{C}\right)^2$

$v_1^2 = \frac{GM}{R_1} = \frac{gr^2}{R_1}$

$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$\frac{\sin 2\omega t}{2\omega} = \sin 2\omega t\cdot\frac{1}{2\omega}$

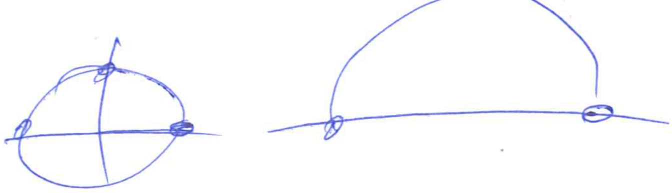
$\cos 2\omega t$ $\qquad \sin\left(\frac{1}{2}\cdot 2\pi\right) = \sin\pi$

$\frac{R^2}{4} + h^2 = \qquad \frac{T}{4} = \frac{2\pi}{\omega 4} = \cancel{\frac{\pi}{2\omega}}$ $\quad h = \frac{R}{2}\sqrt{n^2-1}$ $\qquad T = \frac{2\pi}{\omega}$

$= \frac{R^2}{4}n^2;\ h^2 = \frac{R^2}{4}(n^2-1) \Rightarrow$

$0 < \alpha < 2\pi$

$\cos^2\alpha$



$Q = \frac{CU^2R}{2L}$

$\frac{1}{2\omega}\cdot\sin(2\omega\cdot T) - \cancel{\frac{1}{2\omega}\sin 2\omega\cdot 0} + T =$

$= \frac{2\pi}{\omega}\cdot 2\omega = 4\pi$

Черновик.

$$\frac{32,8}{6,4 \cdot 10^5}$$

$$\frac{3}{10^6 \cdot 6,4 \cdot 2,5} + \frac{3}{10^6 \cdot 32}$$

$$\frac{6}{10^6 \cdot 32} + \frac{3}{10^6 \cdot 32} = \frac{9}{10^6 \cdot 32}$$

$6,4 \cdot 2,5$: 320 + 128 = 16,00

$$\frac{32,8}{6,4 \cdot \cancel{10^5}} \cdot \frac{10\,\cancel{10^6} \cdot 32}{9} =$$

$$= \frac{\cancel{32,8} \cdot 320}{9 \cdot \cancel{6,4}} = \frac{32,8}{6,4 \cdot 10^8} \cdot \frac{10^{10}}{9} = \frac{328}{6,4 \cdot 9}$$

$$\frac{1600}{9} =$$

$$2\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \frac{32,8}{6,4 \cdot 10^5 \cdot 10^3}$$

$$\frac{9}{0,64 \cdot 10^8} = \frac{3}{0,8 \cdot 10^4 \cdot 6,4 \cdot 10^4} = \frac{3}{0,512 \cdot 10^9}$$

$+$

$$\frac{9}{10^8} = \frac{3}{10^4 \cdot 10^5} = \frac{3}{10^9}$$

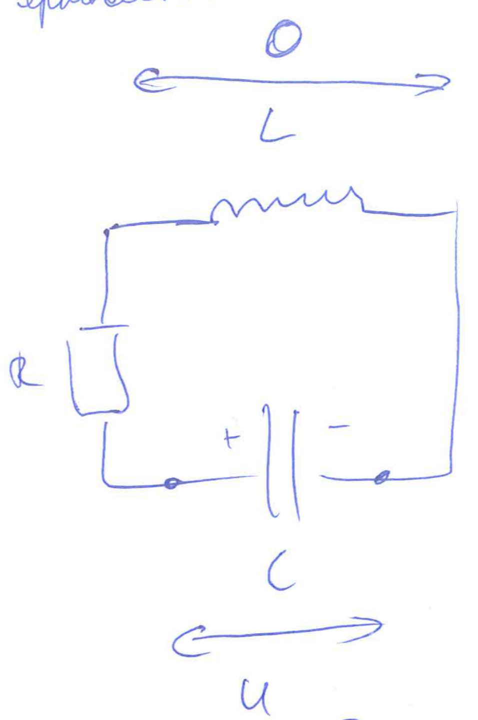
$6,4 \cdot 0,8 = 5,12$

$6,4 \cdot 9$: 576 + 64 = 640

$$\frac{9}{10^9}$$

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

Черновик.

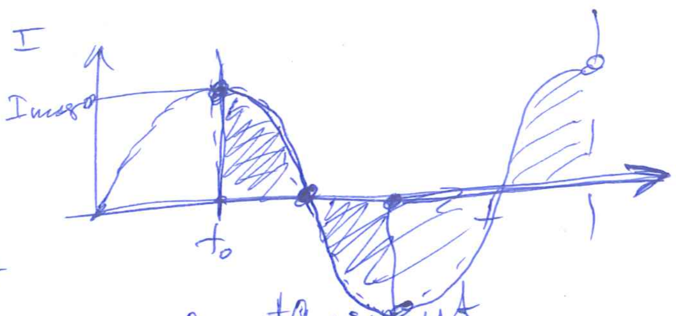


$\Delta \mathcal{E}$ L C $\mathcal{E}_\Sigma$

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

$I(t_0) = I_{max}\cos t$

$\Rightarrow U_L = 0$



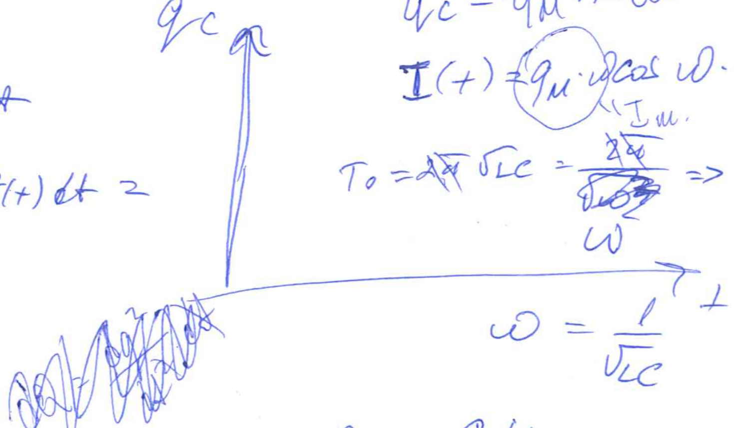
$\mathcal{E}_{конд} = \frac{CU^2}{2}$

$T_0 = 2\pi\sqrt{LC} = const$

$q_c = q_M \sin\omega t$

$I(t) = q_M\cdot\omega\cos\omega\cdot t$ $I_м.$

$T_0 = 2\pi\sqrt{LC} = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC}$



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

$\frac{Q}{4} = R\int_0^{T_0/4} I^2(t)\,dt =$

$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$=$

$q_M = C\cdot U$

$IR + \frac{q_c}{C} + L\frac{dI}{dt} = 0$

$\Rightarrow I(t) = \frac{C\cdot U}{\sqrt{LC}}\cdot\cos\omega t$

$\sqrt{\frac{C}{L}}\cdot U = I$

$\sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{I}{U} \Rightarrow \frac{U}{I} = R$

$\frac{Q}{4} = \frac{C^2U^2}{LC}\cdot R\int_0^{T_0/4}\cos^2(\omega t)\cdot dt$

33 + 33

1 95

95

10 8 9

$6{,}4\cdot 10^4$

$10\cdot 10^4$

$\cos^2\alpha + \sin^2\alpha = 1$ Черновик

$\cancel{\cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha}$

$\cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \underbrace{\sin^2\alpha}_{1-\cos^2\alpha} = \boxed{2\cos^2\alpha - 1}$

$\cos^2\alpha - 1 + \cos^2\alpha$

$\Rightarrow \cos^2\alpha = \frac{\cos 2\alpha + 1}{2}$

$\frac{2c\cancel{\omega}\cdot 2\pi}{\cancel{\omega}} = \cancel{4\pi}$

$\frac{2\omega \cdot 2\pi}{3\omega} = \frac{4}{3}\pi$

$3 \cdot 0{,}4$

$\frac{0{,}38 \cdot 10^3}{3{,}14 \cdot 1{,}2} \cdot 100 =$

$= \frac{0{,}38 \cdot 10^5}{3{,}14 \cdot 1{,}2} \simeq 10^5$ Ом

$\sqrt{\frac{0{,}30\,10^6}{30}} = \sqrt{\frac{30}{30}\,10^4} = 10^2$

$\begin{array}{r} 3{,}14 \\ \times\ 1{,}2 \\ \hline 0{,}28 \\ 314 \\ \hline 3{,}768 \end{array}$

$30 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}02 =$

$= 30 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-2} = 60 \cdot 10^{-8}$

$\begin{array}{r|l} 3800 & 3768 \\ -3768 & 1{,}1 \\ \hline 32 & \end{array}$

$\frac{\cancel{2\pi}}{\omega} = \cancel{2\pi}\sqrt{LC}$

$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$\frac{\sqrt{LC}}{2}$

$R = \frac{2LQ}{cu^2C} = \frac{2LQ}{cu^2 \cdot \cancel{L} \cdot 2\pi\sqrt{LC}} =$

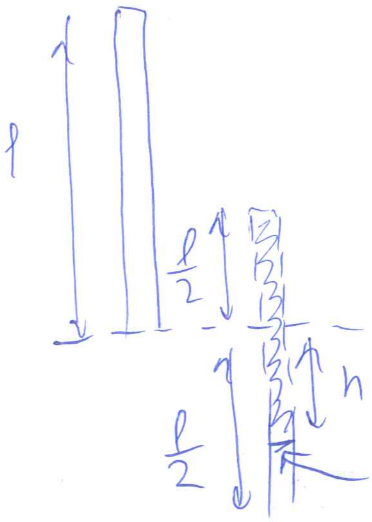
$= \frac{Q}{\pi c u^2}$

$\rho_0 g h =$

$P_{возд}\left(\frac{l}{\frac{l}{2}+h} - 1\right) = P \cdot \frac{\frac{l}{2} - h}{\frac{l}{2} + h}$

Черновик.

$l;\ h;\ p_{нас};\ \rho_0;\ g \longrightarrow p_0 - ?$



$p_0 = p_{нас} + p_{возд}$

$p_{возд} \cdot S \cdot l = \nu_в R T_0$

$p_2 = p_0 + \rho_0 g h = p_{возд} \frac{l}{\left(\frac{l}{2}+h\right)} + p_п = p_{нас}$

$p_п \cdot V = \nu_п R T_0$

$p_2 \cdot S\left(\frac{l}{2}+h\right) = \nu_в R T_0 = p_{возд} S l$

$\varepsilon d = \varphi_2 - 0 =$

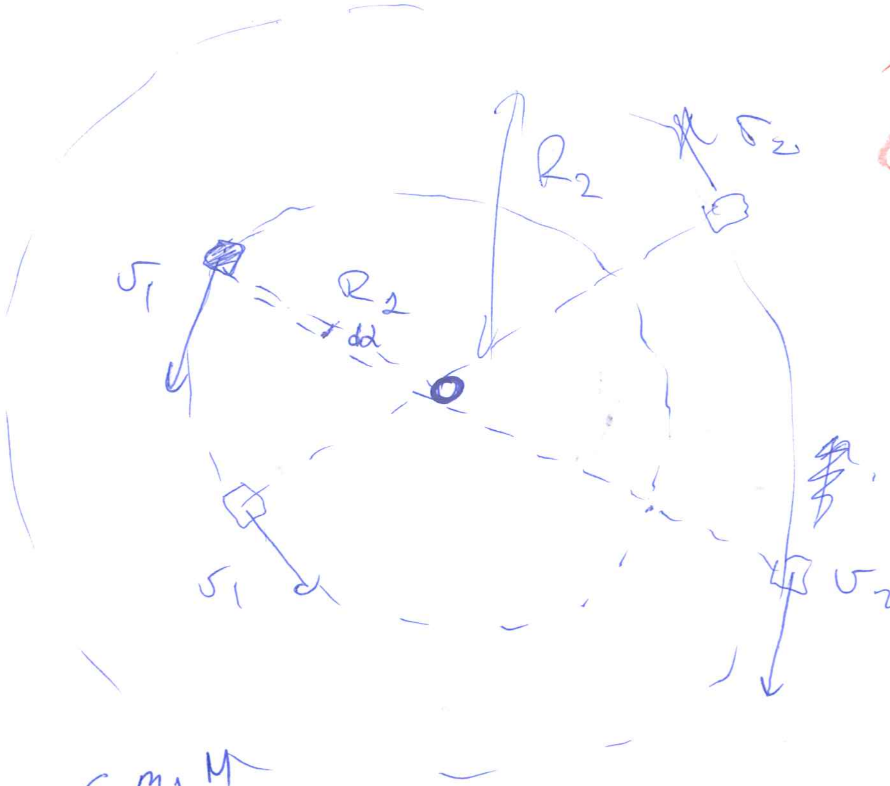
$Q_3 = -q_1$

$\frac{kq_2}{r} = \frac{\cancel{k} q_1}{r} - \frac{\cancel{k} q_1}{R}$

$\Rightarrow \frac{1}{r}(q_2 - q_1) = -\frac{q_1}{R}$

$\Rightarrow r = \frac{q_1 - q_2}{q_1} R.$

Черновик



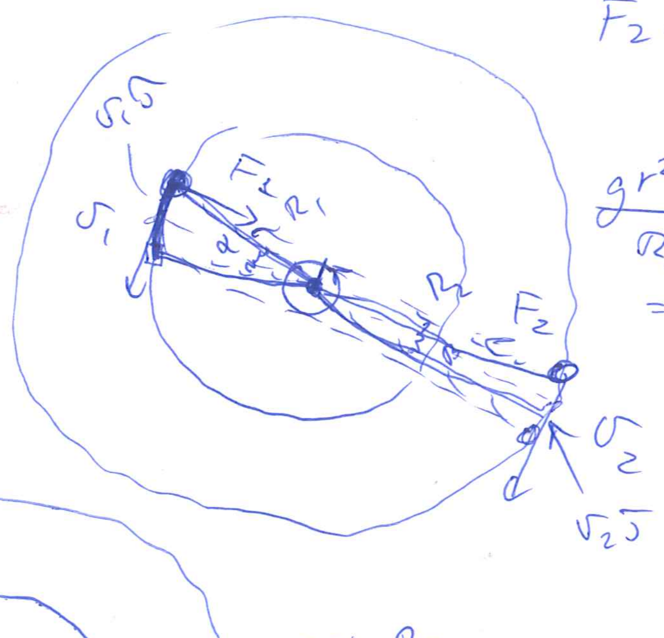
$G\frac{m_1 M}{R_1^2}$

$\cancel{m}\cdot g = G\frac{\cancel{m}\cdot M}{r^2}$

$GM = gr^2$

$F_1 = \frac{gr^2 m_1}{R_1^2}$

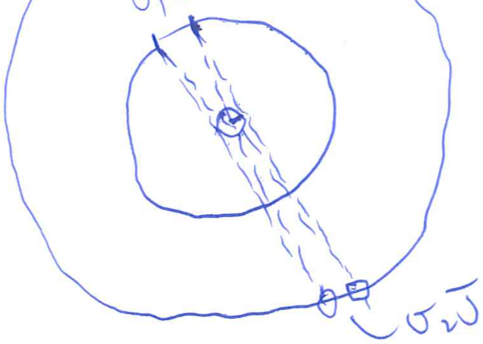
$F_2 = \frac{gr^2 m_2}{R_2^2}$



$\frac{gr^2\cdot \cancel{m_1}}{R_1^{\cancel{2}}} = \cancel{m_1}\frac{v_1^2}{\cancel{R_1}}$

$\Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{gr^2}{R_1}}$

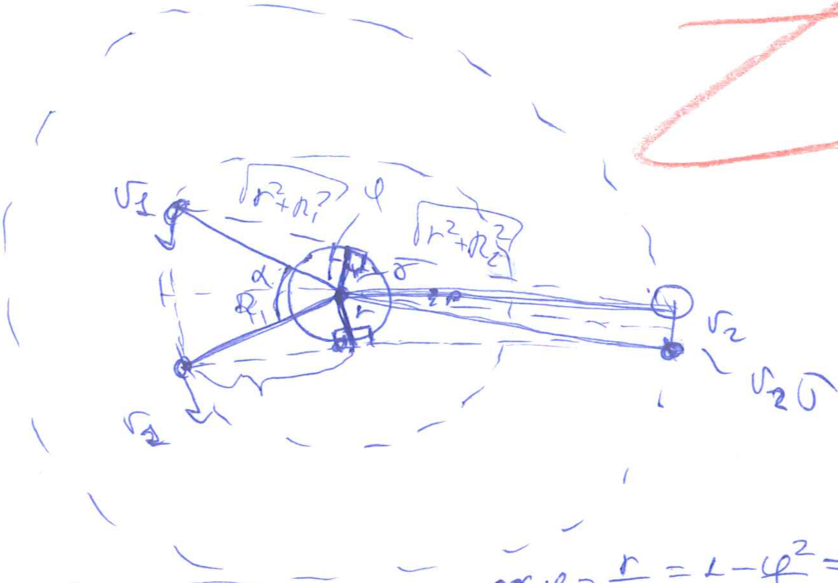
$v_2 = \sqrt{\frac{gr^2}{R_2}}$



$v_1 t = R_1$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Черновик



$\cos\varphi = \frac{r}{R} = 1 - \frac{\varphi^2}{2} \Rightarrow \varphi = \sqrt{2\left(1-\frac{r}{R_1}\right)}$

$R_1\alpha = v_1 T$

$R_2\beta = v_2 T$

$tg\,\varphi \simeq \varphi =$

$2\varphi + 2\gamma + \alpha + \beta = 360°$

$\sin\varphi = \frac{\sqrt{R_1^2 - r^2}}{R_1}$ $\quad \sin\gamma = \frac{\sqrt{r^2 + R_2^2}}{}$

$\alpha + \beta = 2\pi - 4$ $\quad \sin\varphi = \frac{\sqrt{R_1^2 - r^2}}{R_1}$ $\quad \sin\gamma = \frac{\sqrt{R_2^2 - r^2}}{R_2}$

$\alpha + \beta = v_1\frac{T}{R_1} + v_2\frac{T}{R_2} = 2\pi - 2\left(\frac{\sqrt{R_1^2 - r^2}}{R_1} + \frac{\sqrt{R_2^2 - r^2}}{R_2}\right)$

$\sqrt{\frac{g r^2}{R_1}}$ $\quad \sqrt{\frac{g}{R_1}} \cdot \frac{rT}{R_1} + \sqrt{\frac{g}{R_2}} \cdot \frac{r \cdot T}{R_2} =$

$= 2\pi - 2 \cdot Z$

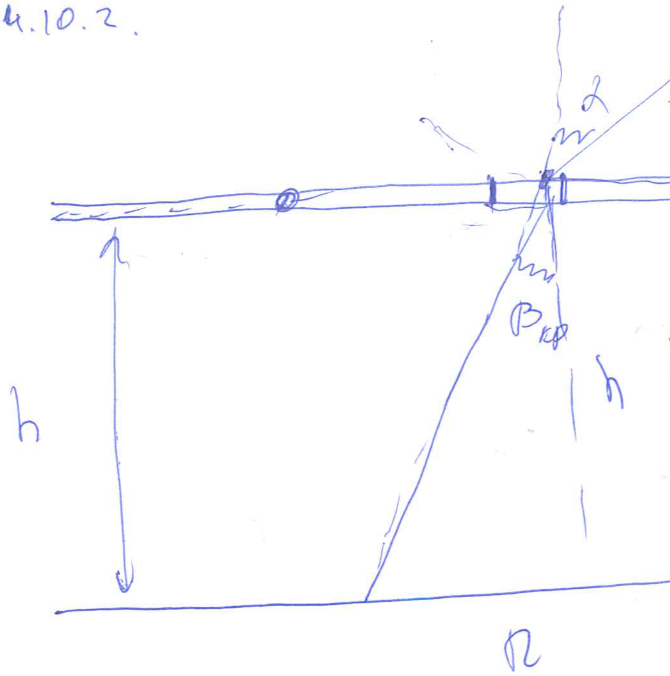
$2\pi - 2\left(\sqrt{2\left(1-\frac{r}{R_1}\right)} + \sqrt{2\left(1-\frac{r}{R_2}\right)}\right) = v_1\frac{T}{R_1} + v_2\frac{T}{R_2}$

Черновик

$$\varepsilon^2 = \frac{R_1^2 - r^2}{R_1^2} + \frac{R_2^2 - r^2}{R_2^2} + 2\frac{\sqrt{(R_1^2 - r^2)(R_2^2 - r^2)}}{R_1 R_2}$$

$$\varepsilon^2 = \frac{R_1^2 R_2^2 - r^2 R_2^2 + R_2^2 R_1^2 - r^2 R_1^2}{R_1^2 R_2^2} + 2\frac{\sqrt{R_1^2 R_2^2 - R_1^2 r^2 - R_2^2 r^2}}{R_1 R_2}$$

4.10.2.



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

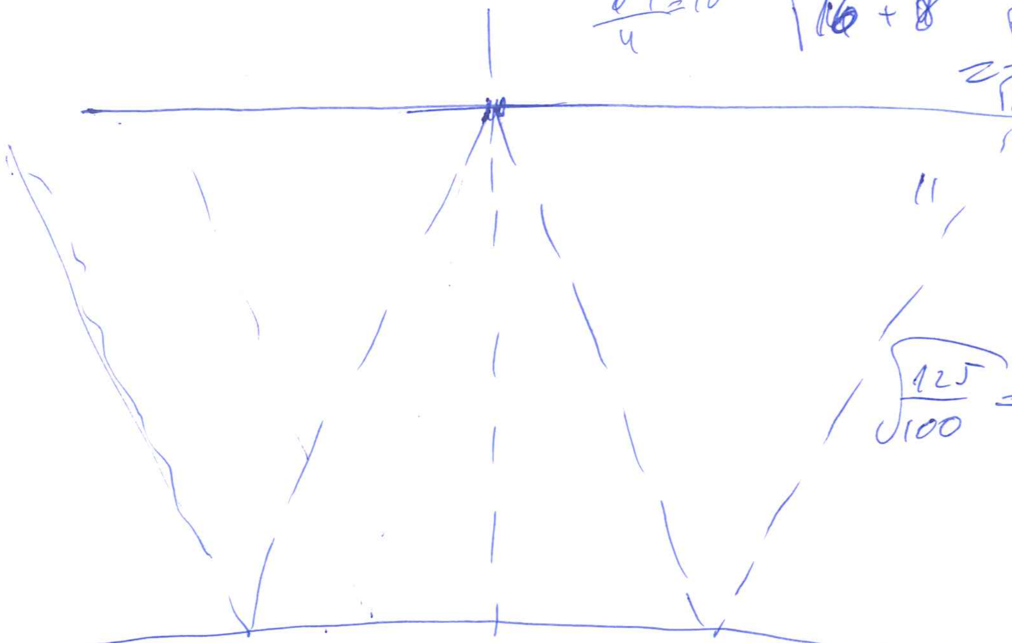
$\alpha_{кр} = 90^\circ$

$1 = n \sin\beta_{кр}$

$\Rightarrow \sin\beta_{кр} = \frac{1}{n} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + h^2}}$

$\frac{64}{4} = 16$

$\frac{4}{\sqrt{16 + 8}} = \frac{4}{\sqrt{24}} = \frac{\sqrt{4}}{\sqrt{6}\cdot\sqrt{4}} = \sqrt{\frac{2}{3}}$



$\sqrt{\frac{125}{100}} = \frac{11}{10} = 1{,}1$

$$\frac{R^2}{4} + h^2 = \frac{R^2}{4} \cdot n^2$$

$$h^2 = \frac{R^2}{4}(n^2 - 1) \quad h = \frac{R}{2}\sqrt{n - 1}$$