0 440820 910002

44-08-20-91
(4.3)

1755

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2 дешифр

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Обухова Кирилла Денисовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«9» февраля 2024 года

Подпись участника

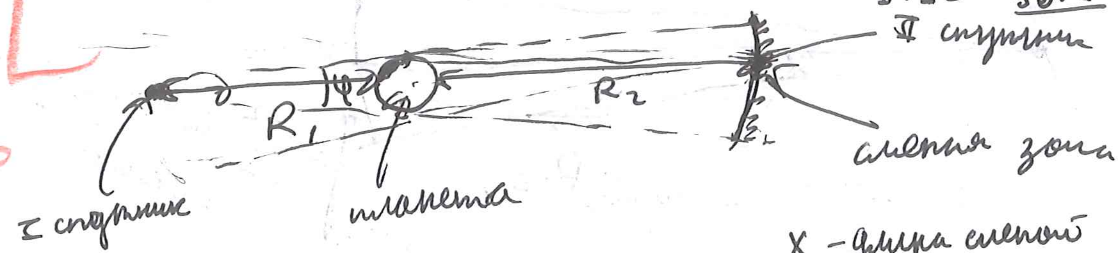
44-08-20-91 (4.3)

Черновик.

№ 1.4.2

$$\frac{164\cdot\cancel{10^6}\cdot 80\cdot\cancel{10^6}}{3\cdot 1512\cdot\cancel{10^9}} = \frac{164\cdot 80}{4536}\cdot 10^3$$

$\times 1640$ $\times 164$, 8, 1312 $-13120 \,|\, 4536$, 9072, 2



X – длина слепой зоны

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

$$m\omega_1^2 (R_1+R)^2 \frac{GMm}{(R_1+R)^2}$$, но по условию $R \ll R_1$, R – измеряется в тысячах километров, а радиусы орбит в десятках тысяч

$$M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho$$

$$\frac{4}{3}\pi\rho R G = g$$

$$\cancel{m}\omega_1^2 R_1 = \frac{GM\cancel{m}}{R_1^2}$$

$$R_1^3 = \frac{GM}{\omega_1^2}$$ Аналогично напишем для II-ого спутника:

$64\cdot 10^3 + 100\cdot 10^3$

$$\frac{GM}{R_2} \quad m\omega_2^2 R_2 = \frac{GMm}{R_2^2} \quad 2\cdot 164\cdot 10^3$$

$$R_2^3 = \frac{GM}{\omega_2^2} \qquad \frac{328\cdot 10^3\cdot 80\cdot 10^3}{3\cdot 18\cdot 10^{\frac{3}{2}}} =$$

$= 328$

$6{,}4\cdot 10^7 + 10^8$

$64\cdot 10^6 + 100\cdot 10^6$

$$\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3 = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2$$

$$x = \frac{R_1+R_2}{R_1}\, 2R \quad 122$$

$$R_1\varphi = 2R$$

$$(R_1+R_2)\varphi = X$$

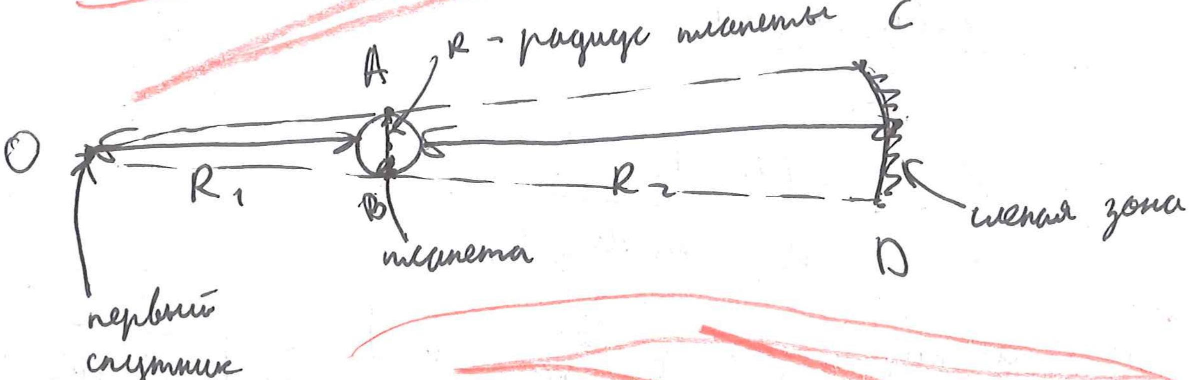
$$v = (\omega_1+\omega_2)R_2 \Rightarrow t = \frac{R_1+R_2}{R_1R_2}\,\frac{2R}{(\omega_1+\omega_2)}$$

1	2	3	4	5	Σ
1/2	20	20	20	9	81

+5

Чистовик.

№ 1.4.2.



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

Теперь запишем условие на то, что спутники движутся по орбитам:

$$m_1 \frac{V_1^2}{R_1+R} = G\frac{Mm_1}{(R_1+R)^2} \Rightarrow V_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_1+R}} = R\sqrt{\frac{g}{R_1+R}}$$

$$m_2 \frac{V_2^2}{R_2+R} = G\frac{Mm_2}{(R_2+R)^2} \Rightarrow V_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_2+R}} = R\sqrt{\frac{g}{R_2+R}}$$

$$\omega_1 = \frac{V_1}{R_1+R} = \frac{1}{R_1+R}\sqrt{\frac{GM}{R_1+R}}$$

$$\omega_2 = \frac{V_2}{R_2+R} = \frac{1}{R_2+R}\sqrt{\frac{GM}{R_2+R}}$$

Пересядем в вращающуюся СО связанную с первым спутником, тогда

$\omega_c = \omega_1 + \omega_2$, тогда $V_2^c = \omega_c R_2 = (\omega_1+\omega_2)R_2$

Теперь посчитаем длину слепой зоны из подобия ΔAOB и $\Delta COD \Rightarrow$

$\frac{2R}{R_1} = \frac{x}{R_1+R_2}$, где x – длина слепой зоны

Чистовик.

1.4.2. (продолжение)

$$x = \frac{2(R_1+R_2)R}{R_1}$$

$$T = \frac{x}{v_c} = \frac{2(R_1+R_2)R}{R_1\ (w_1+w_2)R_2}$$

$$w_c = w_1+w_2 = \frac{R}{R_1+R}\sqrt{\frac{g}{R_1+R}} + \frac{R}{R_2+R}\sqrt{\frac{g}{R_2+R}}$$

~~$T = 2$~~ Заметим, что по условию R - измеряется в тысячах километров, а радиус орбит в десятках тысяч $\Rightarrow$ $R_1 >> R$ и $R_2 >> R$ $\Rightarrow$

$$w_c = \frac{R}{R_1}\sqrt{\frac{g}{R_1}} + \frac{R}{R_2}\sqrt{\frac{g}{R_2}}$$

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

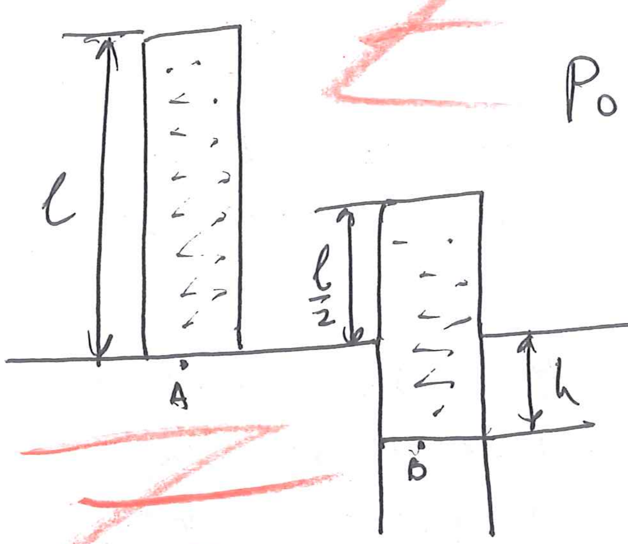
$$= \frac{2(R_1+R_2)}{\left(\frac{R_2}{R_1^{\frac{1}{2}}}+\frac{R_1}{R_2^{\frac{1}{2}}}\right)\sqrt{g}} = \cancel{\frac{2(R_1+R_2)(R_2^{\frac{3}{2}}+R_1^{\frac{3}{2}})}{}}$$

$$= \frac{2(R_1+R_2)(R_1R_2)^{\frac{1}{2}}}{(R_2^{\frac{3}{2}}+R_1^{\frac{3}{2}})\sqrt{g}} \approx 2900\text{с}$$

Ответ: 2900с

Чистовик.

№ 2.5.2



$P_A = P_0$

$P_в + P_н = P_0$

$P_в = \frac{\nu R T}{V_0}$

Т.к. температура не меняется, то $P_н$ – не меняется, а давление воздуха меняется.

$$P_в V_0 = P_в^k V_k$$

$$V_0 = l \cdot S$$

$$V_k = \left(\frac{l}{2} + h\right) S$$

$$P_в \, l \cdot \cancel{S} = P_в^k \cancel{S} \left(\frac{l}{2} + h\right)$$

$$P_в^k = P_в \frac{l}{\frac{l}{2} + h}$$

$$P_в^k + P_н = P_B = P_0 + \rho g h$$

$$\begin{cases} P_в + P_н = P_0 \\ P_в \frac{l}{\frac{l}{2} + h} + P_н = P_0 + \rho g h \end{cases} \Rightarrow$$

$$P_в \left(\frac{2l}{l+2h} - 1\right) = \rho g h \Rightarrow P_в \frac{l-2h}{l+2h} = \rho g h \Rightarrow$$

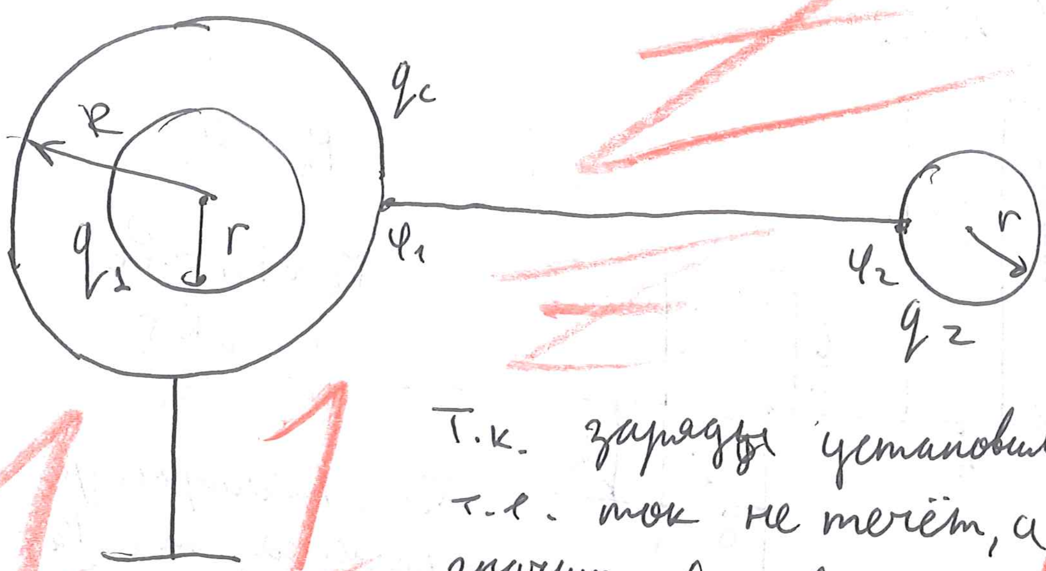
$$P_в = \rho g h \frac{l+2h}{l-2h} \Rightarrow \rho g h$$

$$P_0 = \rho g h \frac{l+2h}{l-2h} + P_н = 100 \text{ кПа}$$

Ответ: $P_0 = 100$ кПа.

Чистовик

№ 3.10.2



Т.к. заряды установились т.е. ток не течёт, а значит $\varphi_1 = \varphi_2$, ~~тогда~~ а т.к. сфера заземлена, то $q_c + q_1 = 0$

+

$$\begin{cases} \frac{kq_1}{r} + \frac{kq_c}{R} = \frac{kq_2}{r} \Rightarrow \\ q_c = -q_1 \end{cases}$$

$$\frac{kq_1}{r} - \frac{kq_1}{R} = \frac{kq_2}{r} \Rightarrow \frac{q_1 - q_2}{r} = \frac{q_1}{R} \Rightarrow$$

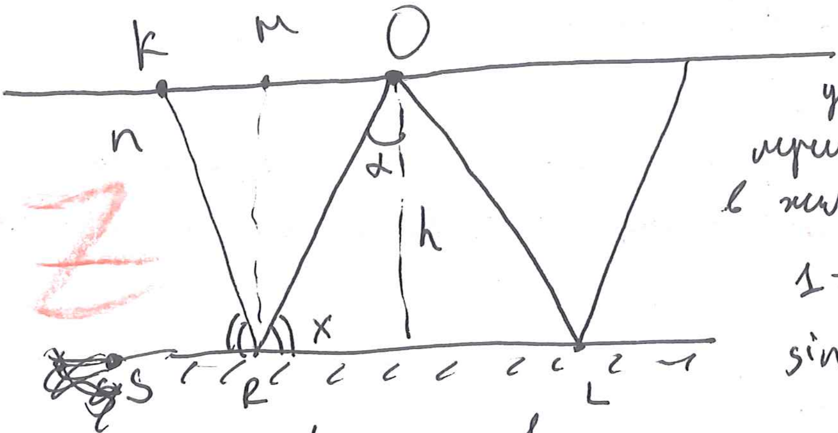
$$\Rightarrow r = \frac{q_1 - q_2}{q_1} R = 2 \text{ см}$$

Ответ: 2 см.

+

Чистовик.

№ 4.10.2



максимальный угол под, которым лучи могут лететь в жидкости.

$1 = n \sin\alpha$

$\sin\alpha = \frac{1}{n}$

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

$\Rightarrow tg\alpha = \sqrt{\frac{1}{1-\sin^2\alpha} - 1} = \sqrt{\frac{\sin^2\alpha}{1-\sin^2\alpha}}$

$x = h\, tg\alpha$

По закону отражения ~~KM=~~

$\angle KRS = \angle ORL \Rightarrow \angle KRM = \angle ORM \Rightarrow$

$\Rightarrow KM = OM = x$

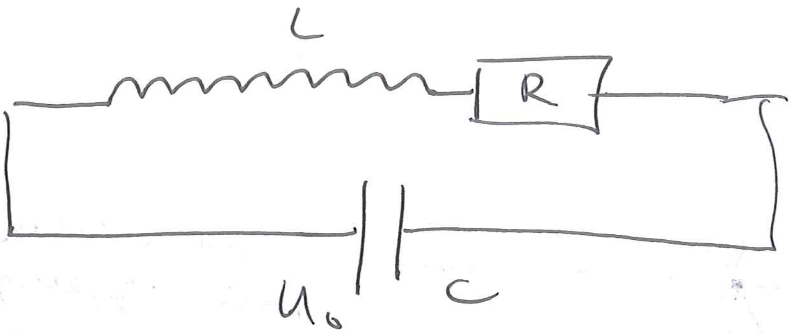
$R = OK = KM + OM = 2x = 2h\, tg\alpha \Rightarrow$

$h = \frac{R}{2tg\alpha} = \frac{R\sqrt{1-\sin^2\alpha}}{2\sin\alpha} =$

$= \frac{Rn\sqrt{1-\frac{1}{n^2}}}{2} = \frac{R\sqrt{n^2-1}}{2} \approx 4,5см$

Ответ: $h = 4,5см$

№5.4.2 Чистовик.



т.к. ~~R~~ потери маленькие, то каждое полное колебание работает, по правилу гармонических колебаний.

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

$$\frac{q}{CL} + \ddot{q} = 0$$

$$w = \sqrt{\frac{1}{CL}} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{w} = 2\pi\sqrt{CL}$$ +4

$$q = q_0 \cos(wt)$$

$$I = -q_0 w \sin wt$$

$$P = I^2 R = (CUw \sin wt)^2 R = U^2 w^2 c^2 \sin^2 wt R$$

+4 $$Q = \int_0^T P\,dt = \int_0^T RU^2 w^2 c^2 \sin^2 wt\,dt =$$

$$= RU^2 w^2 c^2 \int_0^T \sin^2 wt\,dt$$

Докажем, что в среднем ~~квадрат~~ $\sin^2\alpha = \frac{1}{2}$

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

$$\sin^2\alpha + \cancel{\cos} \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)^2 = 1$$

$$\sin^2\alpha = \sin^2\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \Rightarrow \sin^2\alpha = \frac{1}{2}$$

$$Q = \frac{T}{2} R u^2 w^2 c^2 = \frac{T}{2} u^2 c^2 \frac{R}{CL} =$$

$$= \frac{R u^2 c T}{2L} = \frac{R u^2 c}{2L} \cdot 2\pi\sqrt{CL} = R\pi u^2 c \sqrt{\frac{C}{L}}$$

нет связи U_{max} с I !!!

Чистовик

№5.4.2 (продолжение)

$$Q = \pi R u^2 C\sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$R = \frac{Q}{\pi u^2 \cdot C\sqrt{\frac{C}{L}}} = 10\,\Omega.$$

Ответ: $10\,\Omega$.

Черновик

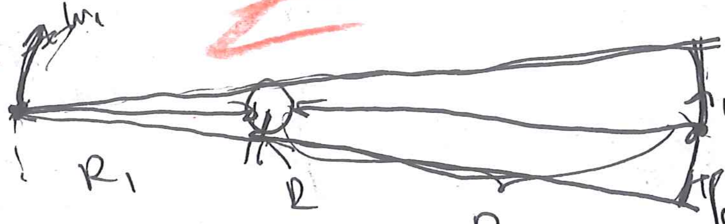
$\sin^2\omega t\, dt$

$\sin^2\omega t\, dt$

$d\sin^2\omega t = 2\omega\cos\omega t\, dt$

$\cancel{1-\cos^2\omega t}\; U^2\omega^2\sin^2\omega t\, dt$

$\frac{2 U^2\omega^2\sin^2\omega t\cos\omega t\, dt}{2\cos\omega t}$



$\int\frac{\omega U^2\sin^2\omega t\, d\sin^2\omega t}{2\cos\omega t} =$

$\sin\omega t$, $\cos\omega t$

в С.О. I корабля R_2

$\omega = \omega_1 + \omega_2$

$\frac{R_1^3}{R_2^3} = \frac{\omega_2^2}{\omega_1^2}$

$\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^{\frac{3}{2}}\omega_1 = \omega_2$

$\omega = \omega_1 + \omega_1\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^{\frac{3}{2}} = \omega_1\left(1+\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^{\frac{3}{2}}\right)$

$= \frac{1}{2}\cdot T\cdot U_0^2\omega^2 =$

$= \frac{1}{\omega}\pi\omega U_0^2 =$

$= \pi\sqrt{\frac{1}{CL}}\cdot U_0^2 R =$

$\frac{\pi}{8}\cdot 0{,}04\cdot R$

$= 0{,}38$

$R = \frac{1{,}14}{0{,}04} =$

$= \boxed{23{,}5\,\Omega}$

$\approx 24\,\Omega$

$\cancel{m_1}\frac{U_1^2}{R_1} = G\frac{M\cancel{m_1}}{R_1^2}$

$V_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_1}} = \sqrt{\frac{\cancel{G} g R^2}{R_1\cancel{G}}} = R\sqrt{\frac{g}{R_1}}$

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

$\omega_2 = \frac{R}{R_2}\sqrt{\frac{g}{R_2}}$ $\qquad V = R_2 R\sqrt{g}\left(R_1^{-\frac{3}{2}}+R_2^{-\frac{3}{2}}\right)$

$X = \frac{R_1+R_2}{R_1}\cdot 2R$

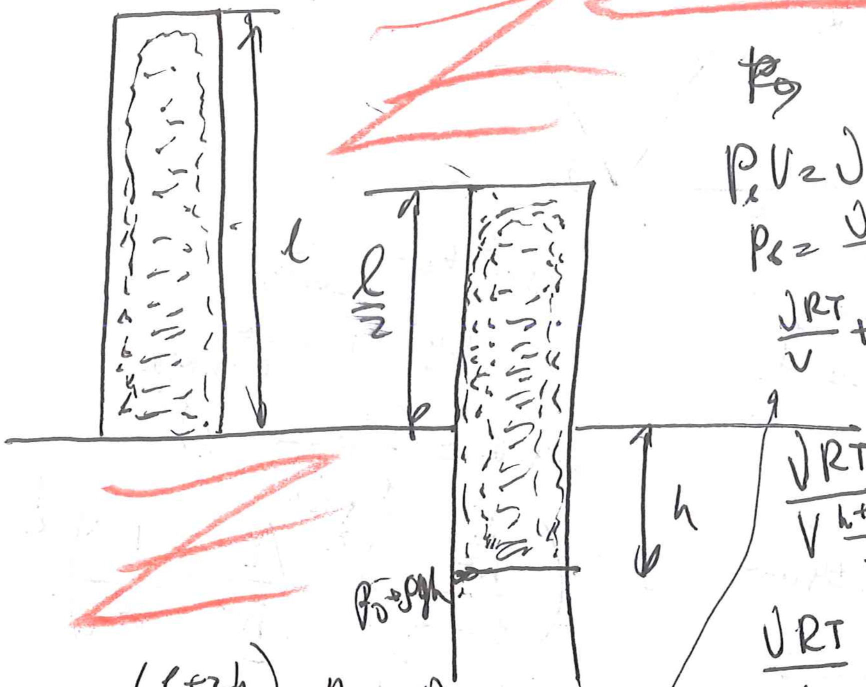
$t = \frac{(R_1+R_2)\,2\cancel{R}}{R_1\; R_2\cancel{R}\sqrt{g}\left(R_1^{-\frac{3}{2}}+R_2^{-\frac{3}{2}}\right)} =$

$= \frac{2(R_1+R_2)}{R_1R_2\left(R_1^{-\frac{3}{2}}+R_2^{-\frac{3}{2}}\right)}$

44-08-20-91
(4.3)

~~Черняв~~

Черновик.



p_0

$P_1 V = \nu RT$

$P_1 = \frac{\nu RT}{V}$

$\frac{\nu RT}{V} + P_н = P_0$ +

$\frac{\nu RT}{V\frac{h+\frac{l}{2}}{l}} + P_н = P_0 + \rho g h$

$\frac{\nu RT}{V}\left(\frac{l}{h+\frac{l}{2}} - 1\right) = \rho g h$ +

$\frac{\nu RT}{V} \cdot \frac{\frac{l}{2} - h}{\frac{l}{2} + h} = \rho g h$

$\frac{\nu RT}{V} \cdot \frac{(l-2h)\cdot\cancel{2}}{\cancel{2}\cdot(l+2h)} = \rho g h$

$\frac{\nu RT}{V} = \rho g h \frac{l+2h}{l-2h}$

+ $\rho g h\left(\frac{l+2h}{l-2h}\right) + P_н = P_0$

$10^3\cdot 10\cdot 0{,}45\cdot 19 + 14{,}5_{00} = 100000$

$0{,}45\cdot 19 + 1{,}45 = 10$

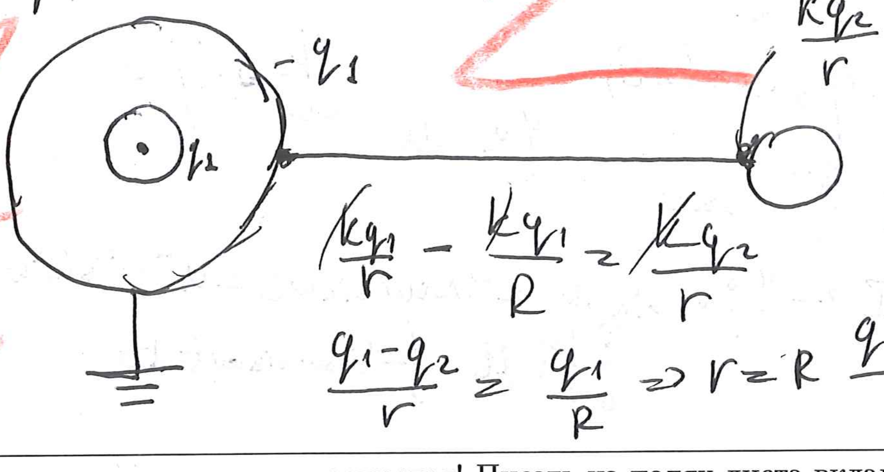
$19\cdot\frac{9}{20} + 1{,}45 = 10$

$0{,}95\cdot 9 + 1{,}45 = 10$

$9 - 0{,}45 + 1{,}45 = 10$

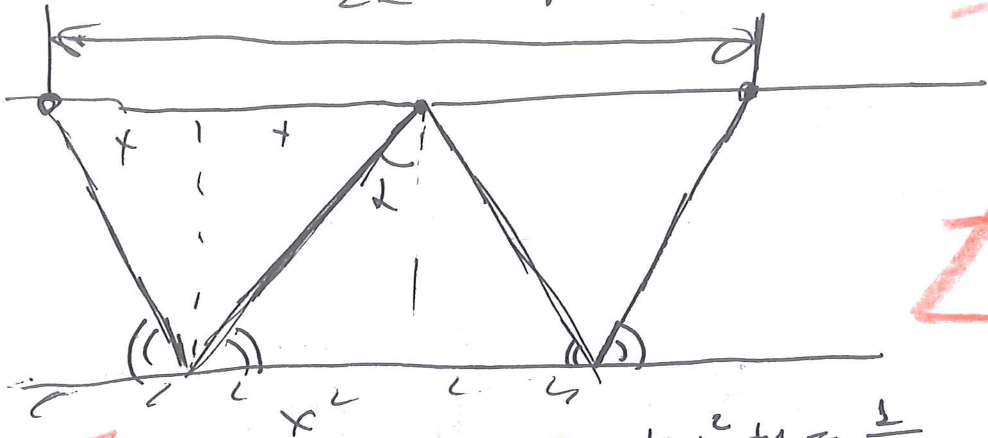
$q_1 = 7{,}5\cdot 10^{-10}$ Кл

$q_2 = 2{,}5\cdot 10^{-10}$ Кл



$\frac{kq_1}{r} - \frac{kq_1}{R} = \frac{kq_2}{r}$

$\frac{q_1 - q_2}{r} = \frac{q_1}{R} \Rightarrow r = R\frac{q_1 - q_2}{q_1} = 2$ см черновик.



$h \sin\alpha = 1$

$\sin\alpha = \frac{1}{n}$

$x = h\,tg\,\alpha$

$R = 2x = 2h\,tg\,\alpha =$

$= \cancel{t}\, h = \frac{2}{\sqrt{n^2-1}}$

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

$= \frac{8\cdot\left(\frac{5}{4}\right)^{\frac{1}{2}}}{2} = \frac{8\sqrt{5}}{4} = 2\sqrt{5} \approx 4{,}5$ см

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

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

$tg\,\alpha = \left(\frac{1}{1-\frac{1}{n^2}} - 1\right)^{\frac{1}{2}} =$

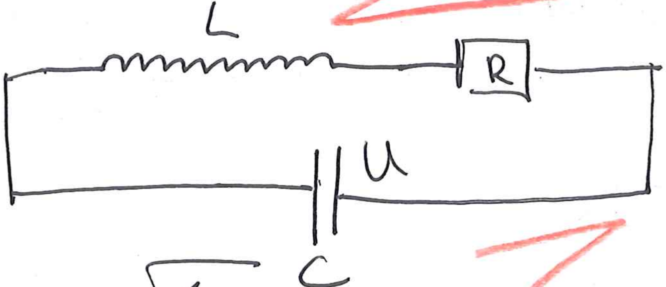
$= \left(\frac{\frac{1}{n^2}}{1-\frac{1}{n^2}}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{1}{n^2}\cdot\frac{n^2}{n^2-1}\right)^{\frac{1}{2}} =$

$= \left(\frac{1}{n^2-1}\right)^{\frac{1}{2}}$

т.н.г.

$U = 0{,}2$ В

т.к. потери ~~маленькие, то колебания можно~~



$w = \sqrt{\frac{1}{CL}}$

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

$q = q_0\cos(wt)$

$\frac{q}{CL} + \ddot{q} = 0$

$\frac{q_0}{C} = U_0$

$U = \frac{q_0}{C}\cos wt$

$I = -\frac{q_0}{C} w \sin wt = -U_0 w \sin wt = U_0^2 w^2 \sin^2 wt\, dt$

$\cancel{\int_0^T I\, dt} = \int \cancel{-U_0 w \sin wt}\, dt$

Оценка изменена с "81" на "86"

Председателю апелляционной комиссии

олимпиады школьников «Ломоносов»

Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова

академику В.А. Садовничему

от участника заключительного этапа по

профилю «Физика»

Кирилла Денисовича Обухова

апелляция.

Прошу пересмотреть мой индивидуальный предварительный результат заключительного этапа, а именно 81 балл, поскольку считаю, что в моем решении задачи №1.4.2. выполнены критерии с 1 по 8, что соответствует 18 баллам за задачу.

Подтверждаю, что я ознакомлен с Положением об апелляциях на результаты олимпиады школьников «Ломоносов» и осознаю, что мой индивидуальный предварительный результат может быть изменён, в том числе в сторону уменьшения количества баллов.

дата: 27.02.2024

С уважением, Обухов Кирилл