0 874376 460009

87-43-76-46
(4.6)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант №2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов" по физике
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Быкова Егора Алексеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

выход 15:02 Цашбф
вход 15:05 ~~Кон~~

Дата

«9» февраля 2024 года

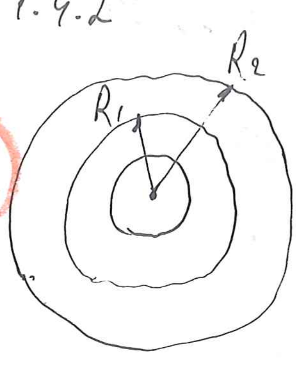
Подпись участника

87-43-76-46 (4.6)

1	2	3	4	5	Σ
20	20	20	20	20	100

№1.4.2

Чистовик.



1) Пусть v_1 – скорость спутника на орбите рад. R_1,

v_2 – на орбите рад. R_2

$a_{ц.с._1} = \frac{v_1^2}{R_1}$; $a_{ц.с._2} = \frac{v_2^2}{R_2}$

$F_{грав_1} = G\frac{m_1 M}{R_1^2}$; $F_{грав_2} = G\frac{m_2 M}{R_2^2}$

По II з-ну Ньютона для 2 кораблей:

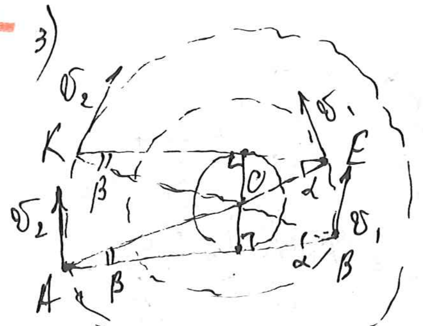
$$m_1\frac{v_1^2}{R_1} = G\frac{m_1 M}{R_1^2} \Leftrightarrow \frac{v_1^2}{R_1} = G\frac{M}{R_1^2} \Leftrightarrow v_1^2 = G\frac{M}{R_1}$$

$$m_2\frac{v_2^2}{R_2} = G\frac{m_2 M}{R_2^2} \Leftrightarrow \frac{v_2^2}{R_2} = G\frac{M}{R_2^2} \Leftrightarrow v_2^2 = G\frac{M}{R_2}$$

2) На пов-ти планеты:

$mg = G\frac{mM}{R^2} \Leftrightarrow g = \frac{GM}{R^2}$, где R – радиус планеты

3)



В момент начала слепой зоны:

$\sin\beta = \frac{R}{R_2}$; $\sin\alpha = \frac{R}{R_1}$, т.к. AB – касательная к планете а радиус перпендик. касательной.

$$\angle AOB = \pi - \arcsin\frac{R}{R_2} - \arcsin\frac{R}{R_1}$$

$\omega_1^2 = \frac{v_1^2}{R_1^2} = G\frac{M}{R_1^3}$; $\omega_2^2 = \frac{v_2^2}{R_2^2} = G\frac{M}{R_2^3}$ (+)

$GM = gR^2 \Rightarrow \omega_1^2 = g\frac{R^2}{R_1^3}$; $\omega_2^2 = g\frac{R^2}{R_2^3}$

За время τ корабли высекут углы, равные

$\omega_1\tau = \sqrt{g\frac{R^2}{R_1^3}}\tau$ и $\omega_2\tau = \sqrt{g\frac{R^2}{R_2^3}}\tau$

$2\pi - \angle AOB - \omega_1\tau - \omega_2\tau = \angle KOE$, а ~~$\angle KOE$~~ KE – это опять касательная к окр-ти значит для неё вып-ся те же св-ва, что и для AB, откуда:

Чистовик Чистовик

$$\angle KOE = \angle AOB = \pi - \arcsin\frac{R}{R_1} - \arcsin\frac{R}{R_2}$$

$$2\pi - \left(\pi - \arcsin\frac{R}{R_1} - \arcsin\frac{R}{R_2}\right) - \sqrt{g\frac{R^2}{R_1^3}}\tau - \sqrt{g\frac{R^2}{R_2^3}}\tau =$$

$$= \pi - \arcsin\frac{R}{R_1} - \arcsin\frac{R}{R_2}$$

$$\pi + \arcsin\frac{R}{R_1} + \arcsin\frac{R}{R_2} - \sqrt{g\frac{R^2}{R_1^3}}\tau - \sqrt{g\frac{R^2}{R_2^3}}\tau =$$

$$= \pi - \arcsin\frac{R}{R_1} - \arcsin\frac{R}{R_2}$$

$$2\arcsin\frac{R}{R_1} + 2\arcsin\frac{R}{R_2} = \sqrt{\frac{g}{R_1^3}}R\tau + \sqrt{\frac{g}{R_2^3}}R\tau$$

В ~~приближ~~ силу того, что $R \ll R_1$, $R \ll R_2$ по условию, воспользуемся приближением $\arcsin x \approx x$:

$$2\frac{R}{R_1} + 2\frac{R}{R_2} = \sqrt{\frac{g}{R_1^3}}R\tau + \sqrt{\frac{g}{R_2^3}}R\tau$$

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

$$\tau = \frac{2R_1 + 2R_2}{R_1R_2\left(\sqrt{\frac{g}{R_1^3}} + \sqrt{\frac{g}{R_2^3}}\right)} = \frac{2(R_1+R_2)}{\sqrt{\frac{gR_2^2}{R_1}} + \sqrt{\frac{gR_1^2}{R_2}}} = \frac{2(R_1+R_2)\sqrt{R_1R_2}}{\sqrt{gR_2^3} + \sqrt{gR_1^3}} =$$

$R_1 = 6{,}4\cdot10^7$ (м)

$R_2 = 10\cdot10^7$ (м)

$$= \frac{2(R_1+R_2)\sqrt{R_1R_2}}{\sqrt{g}\left(\sqrt{R_2^3} + \sqrt{R_1^3}\right)} = \frac{2(16{,}4\cdot10^7)\sqrt{64\cdot10^7}}{\sqrt{9}\cdot\left(\sqrt{(8\cdot10^3)^{2\cdot3}} + \sqrt{(10\cdot10^3)^{2\cdot3}}\right)}\,c =$$

$R_1 = 64\cdot10^6$ (м) $= (8\cdot10^3)^2$ м

$R_2 = 100\cdot10^6$ (м) $= (10\cdot10^3)^2$ м

$$= \frac{2(16{,}4\cdot10^7)\cdot8\cdot10^7}{3\cdot(8^3\cdot10^9 + 10^3\cdot10^9)}(c) = \frac{2\cdot16{,}4\cdot8\cdot10^{14}}{3\cdot1512\cdot10^9}(c) =$$

$$= \frac{262{,}4\cdot10^5}{4536}c = \frac{26240\cdot10^3}{4536}c \approx 5784{,}5\,(c)$$

$64\times8 = 512$; $16{,}4\times2 = 32{,}8$; $32{,}8\times8 = 262{,}4$; $1512\times3 = 4536$

+

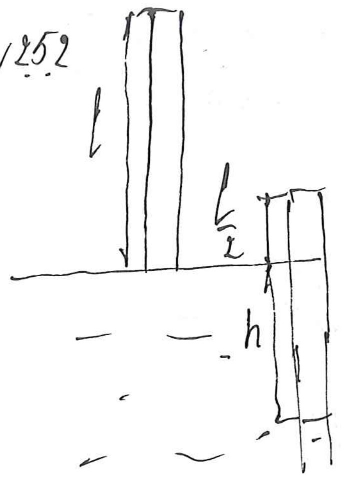
87-43-76-46
(4.6)

26270 | 4536
22680 | 5,87848
35600
~~32808~~
31752
38480
36288
21920
18144
37760
36288

Ответ: $T = \frac{2(R_1+R_2)\sqrt{R_1R_2}}{\sqrt{g}\,(\sqrt{R_1^3}+\sqrt{R_2^3})} = 5785$ (с)

Чистовик

№252



1) В начальный момент по закону сообщ-ся сосудов (жидк. в под трубкой и вне трубки): сумма парциальн. давлений

$p_{внутри} = p_0 = p^{внут}_{газ} + p_{нас}$ +

2) $p^{внут}_{газ} \cdot lS = \nu RT = const$ (в $\forall$ момент времени)

По урав-ю Менделеева-Клапейрона

$p^{внут}_{газ\,к}\left(\frac{l}{2}+h\right)S = \nu RT = p^{внут}_{газ}\, lS$

$p^{внут}_{газ\,к} = p^{внут}_{газ}\,\frac{l}{\frac{l}{2}+h}$ +

3) По закону сообщ. сосудов в конечный момент:

$p_0 + \rho_0 g h = p^{внут}_{газ\,к} + p_{нас} = p^{внут}_{газ}\cdot\frac{l}{\frac{l}{2}+h} + p_{нас}$

Получим систему:

$$\begin{cases} p_0 = p_{вн\,газ} + p_{нас}, \\ p_0 + \rho_0 g h = p_{внут\,газ}\,\frac{l}{\frac{l}{2}+h} + p_{нас} \end{cases}$$ +

$p_{внут\,газ}\left(\frac{l}{\frac{l}{2}+h}-1\right) = \rho_0 g h = p_{внут\,газ}\,\frac{l-\frac{l}{2}-h}{\frac{l}{2}+h} = p_{вну\,газ}\,\frac{\frac{l}{2}-h}{\frac{l}{2}+h}$

$p_0 = \rho_0 g h\,\frac{\frac{l}{2}+h}{l/2-h} + p_{нас} = 10^3\cdot 10\cdot 0{,}45\cdot\frac{0{,}5+0{,}45}{0{,}5-0{,}45}$ Па $+ 14\,500$ Па $=$

Чистовик

$= 4500 \cdot \frac{0{,}95}{0{,}05}$ Па $+ 14500$ Па $= 4500 \cdot 19$ Па $+ 14500$ Па $= (85500 + 14500)$ Па $=$

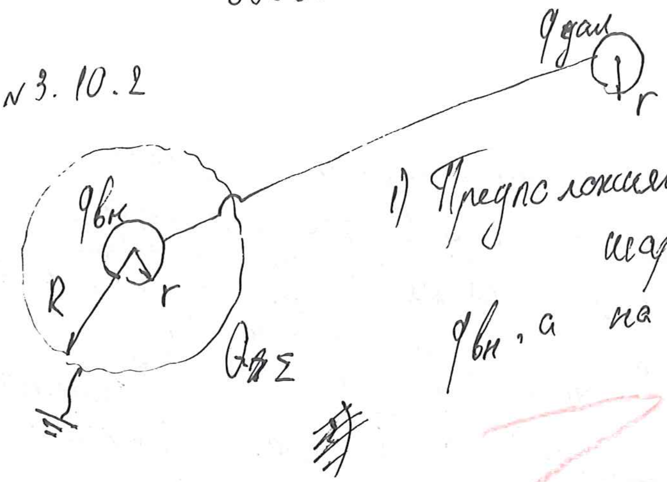
$= 100\,000$ Па $=$

$95 \,|\, 5 = 19$

$4500 \cdot 19 = 40500 + 45000 = 85500$

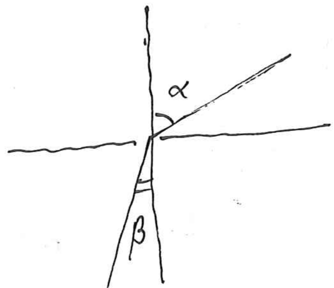
Ответ: $p_0 = \rho_0 g h \dfrac{\frac{L}{2}+h}{\frac{L}{2}-h} + p_{нас} = 10^5$ Па +

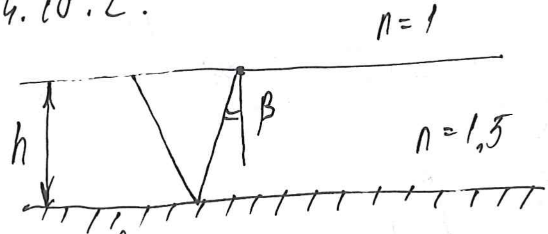
№3.10.2



1) Предположим, что на внутреннем шаре установится заряд $q_{вн}$, а на дальнем $q_{дал}$

№4.10.2.





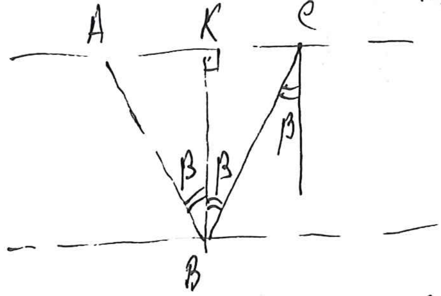
1) По закону Снеллиуса:

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

Т.к. свет рассеянный

$0 \le \sin\alpha \le 1 \Rightarrow 0 \le \sin\beta = \frac{1}{n}\sin\alpha \le \frac{1}{n}$

2)



Угол падения на зеркало в силу параллельности 2 нормалей будет также равен $\beta \Rightarrow$

$\Rightarrow$ угол отражения также будет равен $\beta \Rightarrow$

$\Rightarrow \angle ABC = 2\beta$;

$AK = h \cdot tg\beta$
$KC = h \cdot tg\beta$ $\Rightarrow AC = 2h\,tg\beta$

87-43-76-46 (4.6)

Чистовая

$0 \le \sin\beta \le \frac{1}{n}$

$ctg^2\beta + 1 = \frac{1}{\sin^2\beta} \Rightarrow ctg\beta = \sqrt{\frac{1}{\sin^2\beta} - 1}$

Чем больше угол β $(\beta < \frac{\pi}{2})$, тем больше его тангенс, а значит тем больше $AC = 2h \cdot tg\beta \Rightarrow$

$\Rightarrow$ Освещённая область ограничена лучами, идущими под наибольшим углом β, т.е. ~~идущих~~ для которых $\sin\beta_{max} = \frac{1}{n}$

3) $R = 2h \cdot tg\beta_{max} = \frac{2h}{ctg\beta_{max}} = \frac{2h}{\sqrt{\frac{1}{\sin^2\beta_{max}} - 1}} = \frac{2h}{\sqrt{n^2-1}} \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow 2h = R\sqrt{n^2-1} \Rightarrow h = \frac{R}{2}\sqrt{n^2-1} = 4 \cdot \sqrt{2{,}25-1}$ (см) $=$

$= 4 \cdot \sqrt{1{,}25}$ см $= 4 \cdot 0{,}1 \cdot \sqrt{125}$ см $=$

$= 4 \cdot 0{,}1 \cdot 5 \cdot \sqrt{5}$ см $=$

$= 2 \cdot \sqrt{5}$ (см) $\approx 4{,}47$ (см)

$1{,}5 \times 1{,}5 = 2{,}25$; $2{,}25 - 1{,}00 = 1{,}25$

~~$121 < 125 < 144$~~

$\sqrt{5} = 2 + \frac{\sqrt{5}-2}{1} = 2 + \frac{1}{\frac{1}{\sqrt{5}-2}} = 2 + \frac{1}{\frac{\sqrt{5}+2}{5-4}} = 2 + \frac{1}{2+\sqrt{5}} = 2 + \frac{1}{4 + \frac{1}{2+\sqrt{5}}} \Rightarrow$

$\Rightarrow \sqrt{5} = [2; (4)]$, представил в виде цепной дроби

$\sqrt{5} \approx 2 + \cfrac{1}{4 + \cfrac{1}{4 + \cfrac{1}{4 + \cfrac{1}{4}}}} = 2 + \cfrac{1}{4 + \cfrac{1}{4 + \cfrac{1}{\frac{17}{4}}}} = 2 + \cfrac{1}{4 + \cfrac{1}{4 + \frac{4}{17}}} = 2 + \cfrac{1}{4 + \cfrac{1}{\frac{72}{17}}} = 2 + \cfrac{1}{4 + \frac{17}{72}} =$

$17 \times 4 = 68$; $72 \times 4 = 288$; $288 + 17 = 305$

$= 2 + \frac{72}{305} \approx 2{,}236 \Rightarrow$

$720 : 305 = 0{,}2360\ldots$; $720 - 610 = 1100$; $1100 - 915 = 1850$; $1850 - 1830 = 200$

$\Rightarrow \sqrt{5} \cdot 2 \approx 4{,}472$

$2{,}236 \times 2 = 4{,}472$

Ответ: $h = \frac{R}{2}\sqrt{n^2-1} = 4{,}47$ (см)

№3.10.2 продолжение. Чистовик

2) Найдём потенциал шариков.

Т.к они удалены друг от друга полем сферы и её внутр. шарика для дальнего шарика можно пренебречь.

~~Формула~~ Т.к. шарик проводящий потенциал на нём будет одинаков в $\forall$ точке $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ найдём потенциал в центре шара

$$\varphi_{шар} = \sum_i k q_{дал\, i}/r = \frac{k}{r}\sum_i q_{дал\, i} = \frac{k q_{дал}}{r}$$

точечные заряды на пов-ти шара.

Потенциал в центре второго шарика тоже равен $\varphi_{шар}$:

$$\varphi_{шар} = \sum_i k\frac{q_{вн\, i}}{r} + \sum_i k\frac{Q_i}{R}$$, где Q_i - точечный заряд на сфере

$$\varphi_{шар} = \frac{k q_{дал}}{r} = k\frac{q_{вн}}{r} + k\frac{Q_\Sigma}{R} \Leftrightarrow \frac{q_{дал}}{r} = \frac{q_{вн}}{r} + \frac{Q_\Sigma}{R}$$

3) В силу того, что и дальний шарик расположен далеко и от сферы, и от внутр. шарика будем считать, что на них установилось сферически симметричное распред-е зарядов (т.к и сфера и шар обладают такой симметрией).

Тогда потенциал сферы: $\varphi_{сфер} = 0 = k\frac{Q_\Sigma}{R} + k\frac{q_{вн}}{R}$
т.к заземлена
считаем как суперпозицию 2 полей

Получим систему:

$$\begin{cases} \frac{q_{дал}}{r} = \frac{q_{вн}}{r} + \frac{Q_\Sigma}{R}, \\ 0 = \frac{q_{вн}}{R} + \frac{Q_\Sigma}{R}; \end{cases} \Rightarrow \frac{q_{дал}}{r} = \frac{q_{вн}}{r} - \frac{q_{вн}}{R}$$

Чистовик

$$\frac{q_{дал}}{r} = \frac{q_{вн}R - q_{вн}r}{Rr} = \frac{q_{вн}(R-r)}{Rr} \Leftrightarrow q_{вн}(R-r)r = q_{дал}Rr$$

$$q_{вн}Rr - q_{вн}r^2 = q_{дал}Rr \Leftrightarrow q_{вн}R - q_{вн}r = q_{дал}R$$

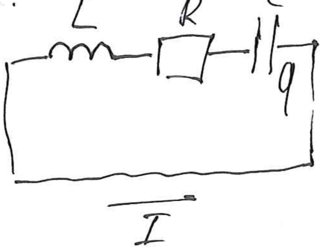
$$q_{вн}r = q_{вн}R - q_{дал}R \Leftrightarrow r = \frac{(q_{вн}-q_{дал})R}{q_{вн}}$$

Т.к. $r>0$, значит на внутреннем ~~заряд~~ шаре заряд $q_{вн} = q_1$, на внешнем $q_{дал} = q_2$ (иначе, т.к. $q_1 > q_2$, r будет <0) $\Downarrow$ $r = \frac{(q_1-q_2)R}{q_1} =$

$$= \frac{q_1-q_2}{q_1}R = \frac{(7,5-2,5)\cdot 10^{-10}}{7,5\cdot 10^{-10}}\cdot 3(см) = \frac{5}{7,5}\cdot 3(см) = \frac{15}{7,5}(см) = 2(см)$$

Ответ: $r = \frac{q_1-q_2}{q_1}R = 2(см)$

№5.4.2.



1) Заряд на обкладке q, ток в этот момент: $I = \frac{dq}{dt} = \dot{q}$

Тогда по II з-ну Кирхгофа:

$\frac{q}{U_c} = C$ $\qquad U_c + U_L + IR = 0$

$U_c = \frac{q}{C}$, $U_L = L\frac{dI}{dt} = \ddot{q}L \Rightarrow \ddot{q}L + \frac{q}{C} + \dot{q}R = 0$

$$\ddot{q} + \dot{q}\frac{R}{L} + \frac{q}{CL} = 0$$

тогда $2\gamma = \frac{R}{L}$, $\omega_0^2 = \frac{1}{CL}$

Уравнения колебаний примут вид:

$$q(t) = Ae^{-\gamma t}\cancel{\cos}\sin(\omega_0 t+\alpha) = Ae^{-\frac{R}{2L}t}\sin\left(\frac{t}{\sqrt{CL}}+\alpha\right)$$

$$I(t) = \frac{dq}{dt} = Ae^{-\frac{R}{2L}t}\cdot -\frac{R}{2L}\sin(\omega_0 t+\alpha) + Ae^{-\frac{R}{2L}t}\cos\left(\frac{t}{\sqrt{CL}}+\alpha\right)\cdot\frac{1}{\sqrt{CL}} =$$

$$= Ae^{-\frac{R}{2L}t}\left(-\frac{R}{2L}\sin(\omega_0 t+\alpha) + \frac{1}{\sqrt{CL}}\cos(\omega_0 t+\alpha)\right)$$

Чистовик

2) $I(t)$

Известно, что в момент локального max тока, мы имеем локальный минимум заряда на конденсаторе.

$q(t)$

$\frac{q}{U} = C \Rightarrow (q = UC)$ заряд на конд-ре в момент локального максимума тока

$$\frac{q(t)}{q(t+T)} = \frac{e^{-\frac{R}{2L}t}}{e^{-\frac{R}{2L}(t+T)}} = e^{-\frac{R}{2L}t + \frac{R}{2L}t + \frac{R}{2L}T} = e^{\frac{R}{2L}T}$$

$$\frac{I(t)}{I(t+T)} = e^{\frac{R}{2L}T}$$

Потери энергии полностью переходят в теплоту $\Rightarrow$

$$\Rightarrow Q = \frac{LI^2(t)}{2} + \frac{q(t)\cdot U(t)}{2} - \left(\frac{LI^2(t+T)}{2} + \frac{q(t+T)U(t+T)}{2}\right)$$

3) Т.к. локальный max тока $\Rightarrow L\frac{dI}{dt} = U_L = 0$

По II з-ну Кирхгофа: $U = IR \Rightarrow I = \frac{U}{R}$

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

$$\Rightarrow \frac{I(t)}{I(t+T)} = e^{\frac{R}{2L}T} \Rightarrow I(t+T) = \frac{I(t)}{e^{\frac{R}{2L}T}} =$$

$$q(t+T) = \frac{q(t)}{e^{\frac{R}{2L}T}} = \frac{UC}{e^{\frac{R}{2L}T}} \qquad = \frac{U}{Re^{\frac{R}{2L}T}}$$

$$Q = \frac{L\left(\frac{U}{R}\right)^2}{2} + \frac{U^2C}{2} - \left(\frac{L\left(\frac{U^2}{R^2}\right)}{2e^{\frac{R}{L}T}} + \cancel{UC}\frac{CU^2}{2e^{\frac{R}{L}T}}\right)$$

$$U(t+T) = \frac{q(t+T)}{C} = \frac{U}{e^{\frac{R}{2L}T}}$$

$$2e^{\left(\frac{R}{L}T\right)}Q = L\left(\frac{U}{R}\right)^2 e^{\frac{R}{L}T} + U^2Ce^{\frac{R}{L}T} - L\left(\frac{U}{R}\right)^2 - CU^2 =$$

$$= L\left(\frac{U}{R}\right)^2\left(e^{\frac{R}{L}T} - 1\right) + U^2C\left(e^{\frac{R}{L}T} - 1\right)$$

$$2e^{\left(\frac{R}{L}T\right)}Q = \left(L\left(\frac{U}{R}\right)^2 + U^2C\right)\left(e^{\frac{R}{L}T} - 1\right) \Rightarrow$$ т.к. $\frac{R}{L}T \to 0$ Чистовик

$$\Rightarrow 2e^{\left(\frac{R}{L}T\right)}Q = \left(L\left(\frac{U}{R}\right)^2 + U^2C\right)\left(1 + \frac{R}{L}T - 1\right) = \left(L\left(\frac{U}{R}\right)^2 + U^2C\right)\frac{R}{L}T$$

$$e^x \approx e^0 + \frac{f'(0)}{1!}(x-0) + \cancel{\frac{f''(x)}{2!}} = 1 + \frac{e^0}{1}x = 1 + x$$

$x \to 0$, разложил в ряд Тейлора

$$\cancel{\sin x = \sin 0 + \frac{f'(0)}{1!}(x-0) = x}$$
$\cancel{x \to 0}$

$$2\left(1 + \frac{R}{L}T\right)Q = \cancel{RT}\; RT\left(\frac{U}{R}\right)^2 + \frac{RC}{L}U^2T$$

$$2Q + \frac{2RT}{L}Q = \frac{\cancel{R}TU^2}{R^{\cancel{2}}} + \frac{RCU^2T}{L} \quad \Big| \cdot R^{\cancel{2}}L$$

$$\cancel{2QR^{\cancel{2}}L + 2R^2TQ = LTU^2 + R^2CU^2T}$$

$$\cancel{R^2(2TQ - CU^2T) + 2QRL - LTU^2 = 0}$$

$$\cancel{D = 4Q^2L^2 + 4LTU^2(2TQ - CU^2T)}$$

$$\cancel{R_1 = -2QRL + \sqrt{4Q^2L^2 + 4LTU^2(2TQ - CU^2T)}}$$

т.к. $\frac{RT}{L} \to 0$, а $\frac{U}{R}$ – конечное число $\Rightarrow$ пренебрегаем слагаемыми получаем урав-е:

$$2Q = \frac{TU^2}{R} \Rightarrow R = \frac{TU^2}{2Q} = \frac{2\pi\sqrt{CL}\,U^2}{2Q} = \pi\frac{\sqrt{CL}\,U^2}{Q} =$$

$$= 3{,}14 \cdot \frac{\sqrt{30 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}3} \cdot (0{,}04)}{0{,}38 \cdot 10^{-3}}\,Ом = 3{,}14\,\frac{3 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}04}{0{,}38 \cdot 10^{-3}}\,Ом =$$

$$= \frac{3{,}14 \cdot 0{,}12}{0{,}38}\,Ом = \frac{0{,}3768}{0{,}38}\,Ом \approx 1\,Ом$$

$$\begin{array}{r} \times\, 3{,}14 \\ 0{,}12 \\ \hline 628 \\ +\,314\;\; \\ \hline 0{,}3768 \end{array}$$

Ответ: $R = \pi\frac{\sqrt{CL}\,U^2}{Q} = 1\,Ом.$

Черновик

$T = 2\pi\sqrt{LC} = 6{,}28\sqrt{0{,}3\cdot 30\cdot 10^{-6}} = 6{,}28\cdot 3\cdot 10^{-3}(c) =$

$= 18{,}84\cdot 10^{-3}(c)$

$$\begin{array}{r} 6{,}28 \\ \times\ 3 \\ \hline 18{,}84 \end{array}$$

$2Q = \frac{RTU^2}{\cancel{R^2}} + \frac{CU^2T}{L}R$

$2QR = TU^2 + \frac{CU^2T}{L}R^2$

$\cancel{2QR = \frac{CU^2T}{L}R^2}$

$\frac{CU^2T}{L}R^2 - 2QR + TU^2 = 0$

$\cancel{R = 2Q}$

$D = 4Q^2 - 4\frac{CU^4T^2}{L}$

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

$\frac{RT}{L}\left(L\frac{U^2}{R^2} + U^2C\right) = 2Q$