0 095842 020002

09-58-42-02
(4.10)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Жаминой Алины Сергеевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

+ 1 дополнительный лист

Дата

«9» февраля 2024 года

Подпись участника

09-58-42-02
(4.10)

1	2	3	4	5	Σ
12	20	20	20	9	81

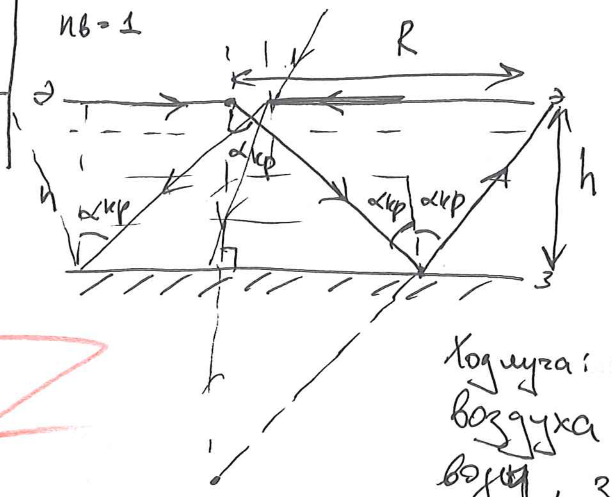
Чистовик 1

4.10.2

Дано:
$R = 8$ см
$n = 1,5$

h - ?

Решение:



Экран расположен на верхней границе жидкости, => лучи испытывают 1 преломление и 1 отражение.

Ход луча: сначала лучи из воздуха попадают в воду, затем отражаются от зеркала в воде и попадают на экран.

Лучи из воздуха падают рассеянным пучком. Луч, идущий перпендикулярно поверхности, не преломляется. Лучи, идущие под разными другими углами, преломляются по закону Снеллиуса

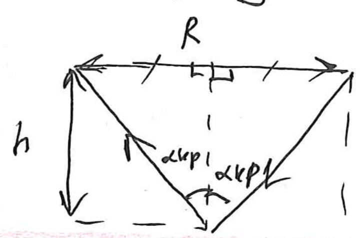
$n_в \sin\gamma = n \sin\alpha$, где γ – угол падения, α – угол преломления;

Максимальный угол падения $\gamma = 90°$ => преломленный от него луч будет иметь будет критическим, т.е. максимальный угол α. Так и образуется освещенная зона радиусом R с 1 стороны, и такая же с другой (конструкция симметрична)

Рассмотрим предельный угол $\gamma = 90°$

$1 \cdot \sin 90° = n \sin\alpha_{кр} \Rightarrow \sin\alpha_{кр} = \frac{2}{3}$

Получаем треугольник (равнобедренный). Отверстие вверху мало, => его размером можно пренебречь



$tg\,\alpha_{кр} = \frac{R}{2h}$

$ctg\,\alpha_{кр} = \frac{2h}{R}$

Чистовик 2

$$1+ctg^2\alpha_{кр} = \frac{1}{\sin^2\alpha_{кр}} = \frac{9}{4}$$

$$ctg^2\alpha_{кр} = \frac{5}{4}$$

$$ctg\,\alpha_{кр} = \frac{\sqrt{5}}{2}$$

(+)

$$h = \frac{R\,ctg\,\alpha_{кр}}{2} = \frac{R\cdot\sqrt{5}}{4} = \frac{8см\sqrt{5}}{4} = 2\sqrt{5}\ см$$

Ответ: $h = 2\sqrt{5}$ см

2.5.2 Дано:

$l = 1$ м

$h = 0{,}45$ м

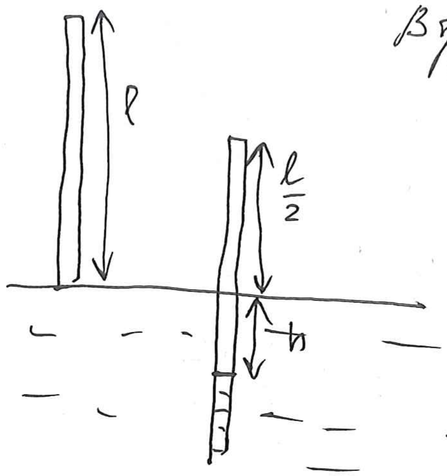
$p_н = 14{,}5$ кПа

$\rho_0 = 1000$ кг/м^3

---

p_0 - ?

Решение:



В трубке ~~был~~ смесь сухого воздуха и водяного пара. Сухой воздух подчиняется законам изопроцессов, т.е. при погружении в воду он испытал изотермическое сжатие (закон Бойля Мариотта)

Насыщенный пар же давление не поменял, т.к. температура в процессе осталась неизменной. Просто произошла конденсация пара.

Пусть p_1 - давление в трубке в начале, p_2 - в конце

$p_1 = p_н + p_{сух1}$
$p_2 = p_н + p_{сух2}$, где $p_{сух1}$ и $p_{сух2}$ - давления сухого воздуха в трубке в начальный и конечный момент соответственно

По закону Бойля Мариотта из уравнения состояния идеального газа $pV = \nu RT$:

$$p_{сух1}\cdot S\,l = p_{сух2}\cdot S\left(\frac{l}{2}+h\right) +$$

$$p_{сух1}\,l = p_{сух2}\left(\frac{l}{2}+h\right) +$$

09-58-42-02 (4.10)

Чистовик 3

$$p_{сух_1} = p_{сух_2}\left(\frac{1}{2}+\frac{h}{l}\right) \quad (*)$$

изначально $p_1 = p_0$

По мере погружения в воду давление в трубке растет, $p_2 = p_0 + \rho g h$, $\rho = \rho_0$ – плотность воды

Получаем:
$$\begin{cases} p_0 = p_н + p_{сух_1} & (1) \\ p_0 + \rho g h = p_н + p_{сух_2} & (2) \end{cases}$$

Подставим (*) в (1) и перепишем систему

$$\begin{cases} p_0 = p_н + p_{сух_2}\left(\frac{1}{2}+\frac{h}{l}\right) \\ p_0 + \rho g h = p_н + p_{сух_2} \end{cases}$$

вычтем из нижнего верхнее

$$\rho g h = p_{сух_2} - p_{сух_2}\cdot\frac{1}{2} - \frac{h}{l}p_{сух_2} = p_{сух_2}\left(\frac{1}{2}-\frac{h}{l}\right) \quad +$$

$$p_{сух_2} = \frac{\rho g h}{\frac{1}{2}-\frac{h}{l}}; \quad p_{сух_2} = \frac{1000\,кг/м^3\cdot 10\,м/с^2\cdot 0{,}45\,м}{0{,}5-0{,}45} =$$

$$= \frac{10000\cdot 0{,}45}{0{,}05}\,Па = 90\,кПа$$

=> подставим в (2) и выразим p_0:

$$p_0 = p_н + p_{сух_2} - \rho g h$$

$$p_0 = 14{,}5\,кПа + 90\,кПа - 4{,}5\,кПа = 100\,кПа$$

~~Ответ: $p_0 = 100$~~

Ответ: $p_0 = 100\,кПа$ +

Чистовик 4

1.4.2.

Дано:

$R \approx 10^3 км \approx 10^6 м$

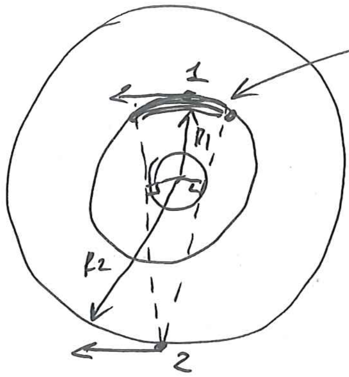
$R_1 \approx 6{,}4 \cdot 10^4 км \approx 6{,}4 \cdot 10^7 м$

$R_2 = 10^8 м$

$g = 9 м/с^2$

r - ?

Решение:



Космонавты движутся по орбитам со скоростями (1 космические)

$V_1 = \sqrt{gR_1}$

$V_2 = \sqrt{gR_2}$

$\omega_1 = \frac{V_1}{R_1} = \sqrt{\frac{g}{R_1}}$; $\omega_2 = \sqrt{\frac{g}{R_2}}$; примем космонавтов мат. точками

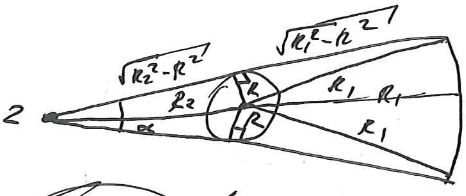
Перейдём в СО - второго космонавта (который движется по орбите большего радиуса => медленнее)

движение вращательное, => закон слож. угловых скоростей $\omega_{абс} = \omega_{отн} + \omega_{пер}$

$\omega_{1отн} = \omega_1 + \omega_2$, т.к. движутся ~~втрот~~ навстречу друг другу

$$\omega_{1отн} = \sqrt{g}\left(\frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}}\right)$$

Слепая зона ограничена касательными к планете



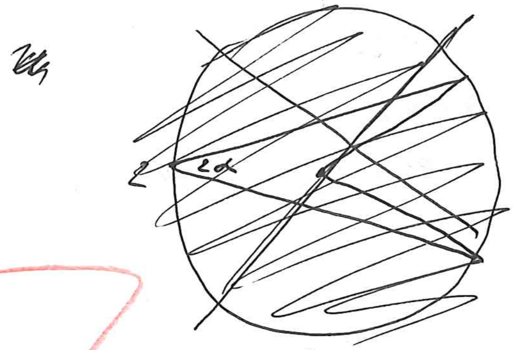
введем угол α

$\sin\alpha = \frac{R}{R_2}$

$\Rightarrow \alpha \approx \frac{R}{R_2}$

$2\alpha = \frac{2R}{R_2}$

(углы малые)



Дуга, нужная нам, отсекается радиусом

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

$= \sqrt{\underbrace{(10^8+10^6)}_{\approx 10^8}\underbrace{(10^8-10^6)}_{\approx 10^8}}\,м + \sqrt{\underbrace{(6{,}4\cdot10^7-10^6)}_{\approx 6{,}4\cdot10^7}\underbrace{(6{,}4\cdot10^7+10^6)}_{\approx 6{,}4\cdot10^7}}\,м =$

$= 10^8 м + 6{,}4\cdot10^7 м = 164\cdot10^6 м$

$\Rightarrow r = R_2 + R_1$

Чистовик 5

Тогда длина дуги слепой зоны $l = 2\alpha r = \frac{2R}{R_2} r$

=> время нахождения в слепой зоне $\tau = \frac{l}{\omega_{1отн}}$

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

$$= \frac{2R(R_1+R_2)\sqrt{R_1R_2}}{\sqrt{g}\,R_2(\sqrt{R_2}+\sqrt{R_1})} = \frac{2R(R_1+R_2)\sqrt{R_1}}{\sqrt{gR_2}\,(\sqrt{R_1}+\sqrt{R_2})}$$

$$\tau = \frac{2\cdot 10^6 м \cdot 164\cdot 10^6 м \cdot 8\cdot 10^3 м^{\frac{1}{2}}}{3\frac{\sqrt{м}}{с}\cdot 10^4\sqrt{м}\cdot(8\cdot 10^3\sqrt{м}+10^4\sqrt{м})} = \frac{8\cdot 8\cdot 164\cdot 10^{15}}{3\cdot 10^4\cdot 10^3\cdot \cancel{18}\,9} с =$$

$$= \frac{8\cdot 164\cdot 10^8}{3\cdot\cancel{10}\cdot 9} с = \frac{1312}{27}\cdot 10^{8} с = 48\frac{16}{27}\cdot 10^{8} с \approx 49\cdot 10^{8} с =$$

$= 0{,}49 с$

Ответ: $\tau =$ ~~[illegible]~~ $49\cdot 10^8 с$

3.10.2

Дано:

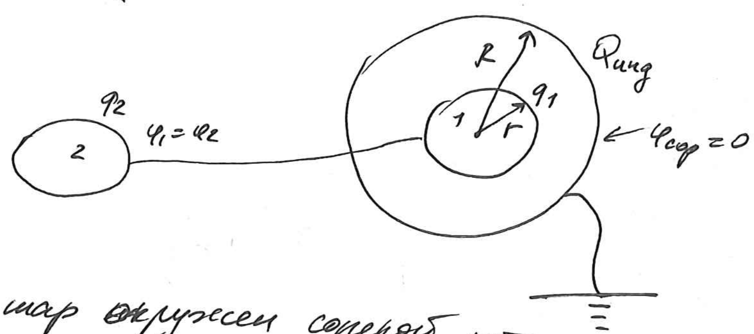
$R = 3 см$

$q_1 = 7{,}5\cdot 10^{-10}$ Кл

$q_2 = 2{,}5\cdot 10^{-10}$ Кл

r - ?

Решение



Первый шар ~~окружен~~ окружен сферой, которая заземлена

=> $\varphi_{сф} = 0$ — потенциал сферы

$\varphi_{сф} = \frac{kq_1}{R} + \frac{kQ_{инд}}{R}$; шар q_1 создает потенциал как точечный заряд, т.к. $r<R$

=> $Q_{инд} = -q_1$ — индуцированный заряд на сфере

Шары соединили: их потенциалы сравнялись

$\varphi_1 = \frac{kq_1}{r} + \frac{kQ_{инд}}{R}$ (потенциал 1 шара) ; $\varphi_2 = \frac{kq_2}{r}$ (потенциал 2 шара)

Шары далеко друг от друга, => дополнительно не влияют друг на друга, т.е. нет вклада в значение потенциала одного шара со стороны другого шара,

Чистовик 6

$\varphi_1 = \varphi_2$ +

$\frac{\cancel{k}q_1}{r} + \frac{\cancel{k}Q_{инд}}{R} = \frac{\cancel{k}q_2}{r}$

$\frac{q_1}{r} - \frac{q_1}{R} = \frac{q_2}{r}$ +

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

$r = \frac{5 \cdot 10^{-10} Кл}{7{,}5 \cdot 10^{-10} Кл} \cdot 3см = \frac{15}{7{,}5} см = 2 см$ +

q_1 - это точно заряд 1 шара (окружённого сферой), т.к. если это не так, то: $\frac{q_2}{r} - \frac{q_2}{R} = \frac{q_1}{r}$

$\Rightarrow \frac{q_1 - q_2}{r} = -\frac{q_2}{R} \Rightarrow r < 0$, что невозможно

$\Rightarrow$ единственный верный ответ $r = 2 см$ $(r < R)$

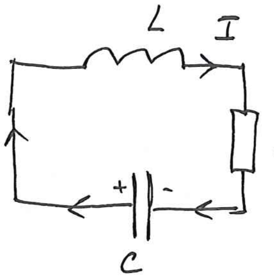
Ответ: $r = 2 см$ +

5.4.2.

Дано:
$L = 0{,}3 Гн$
$U = 0{,}2 В$
$C = 30 мкФ$
$Q = 0{,}38 мДж$

$R - ?$

Решение:



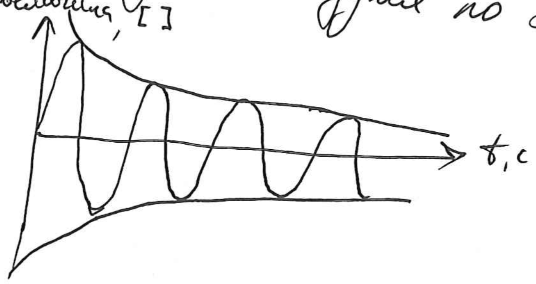
В любой момент времени:
II правило Кирхгофа

~~$L\dot{I} = \ldots$~~

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

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

График зависимости колеблющихся величин представляет из себя синусоиду, постепенно уменьшающуюся по экспоненте, т.е.:



Чистовик 7

Также верно то, что $-\Delta W = Q$ — за период кол-во выделившейся теплоты равно изменению энергии в цепи

W — энергия в контуре

Т.к. $Q << W \Rightarrow -\Delta W = Q << W$; Пусть $\Delta W = W_2 - W_1$

W_1 — энергия в цепи в данный момент времени,

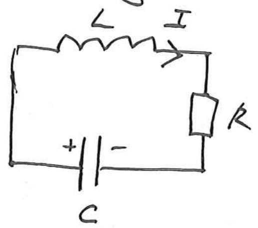
W_2 — энергия через период

ЗСЭ в цепи: $\cancel{A_{ист}}^{\,0} + \cancel{A_{маг}}^{\,0} = \Delta W + Q$

$$\boxed{Q = -\Delta W}$$

$$W_1 = L\frac{I^2}{2} + C\frac{U^2}{2}$$

Рассмотрим цепь в данный момент:



Т.к. ток в локальном максимуме, то

$\dot{I} = 0 \Rightarrow U_L = 0 = L\dot{I}$ +

$\Rightarrow IR = \frac{q_c}{C} = U_c = U$

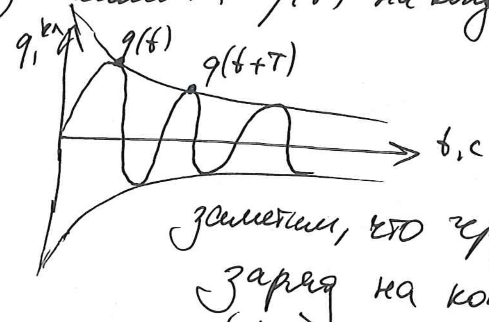
$\Rightarrow I = \frac{U}{R}$ +4

$I = q_A \cdot \omega = q_A \cdot \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$$W_1 = \frac{LU^2}{2R^2} + \frac{CU^2}{2}$$

Осталось определить энергию через период.

По графику зависимости $q(t)$ на конденсаторе:



заметим, что через период заряд на конденсаторе (максимальный) уменьшается экспоненциально, т.е. как при ~~разрядке~~ разрядке/зарядке конденсатора

при разрядке: $q(t) = q_0\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$

+4

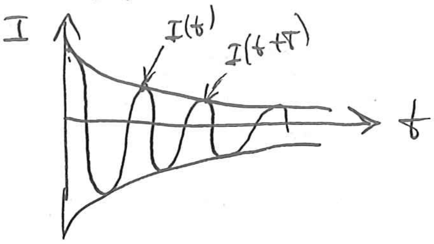
$\Rightarrow$ заряд через период $T = 2\pi\sqrt{LC}$ (для колеб. контура, ф-ла Томсона) +

будет равен $q_2 = q_0\left(1 - e^{-\frac{2\pi\sqrt{LC}}{RC}}\right)$; $q = CU$

$$q_2 = CU\left(1 - e^{-\frac{2\pi}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}}\right)$$

Ток также колеблется по такой функции, т.е.

Чистовик 8



~~Ток уменьшается~~ ~~через период~~

Значение тока в экстремуме уменьшается экспоненциально

т.е. ~~как при установившемся~~

$\cancel{I = I_0 (1-e^{-t})}$

в экстремуме: $I = I_0 \left(1 - e^{-\frac{tR}{L}}\right)$

=> через период: $I_2 = I\left(1 - e^{-\frac{2\pi\sqrt{LC}\cdot R}{L}}\right) =$

$= I\left(1 - e^{-2\pi R\sqrt{\frac{C}{L}}}\right)$

$I_2 = \frac{U}{R}\left(1 - e^{-2\pi R\sqrt{\frac{C}{L}}}\right)$

По з. Джоуля-Ленца $Q = \int_1^2 I(t) R\,dt$,

но зависимость тока алгебраически неизвестна, знач её можно проинтегрировать найти R

=> считает ~~$Q = \Delta W = W_2 - W_1$~~ $Q = W_1 - W_2$

$W_2 = \frac{CU_2^2}{2} + \frac{LI_2^2}{2}$; $U_2 = \frac{q_2}{C} = U\left(1 - e^{-\frac{2\pi}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}}\right)$

$I_2 = \frac{U}{R}\left(1 - e^{-2\pi R\sqrt{\frac{C}{L}}}\right)$

$Q = W_1 - W_2 = \frac{CU^2}{2} + \frac{LU^2}{2R^2} - \frac{CU^2\left(1 - e^{-\frac{2\pi}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}}\right)^2}{2} -$

$- \frac{LU^2}{2R^2}\left(1 - e^{-2\pi R\sqrt{\frac{C}{L}}}\right)^2 =$

$= \frac{CU^2}{2}\left(1 - \left(1 - e^{-\frac{2\pi}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}}\right)^2\right) + \frac{LU^2}{2R^2}\left(1 - \left(1 - e^{-2\pi R\sqrt{\frac{C}{L}}}\right)^2\right) =$

$= \frac{CU^2}{2}\left(+e^{-\frac{2\pi}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}}\right)\left(2 + e^{-\frac{2\pi}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}}\right) + \frac{LU^2}{2R^2}\left(2 + e^{-2\pi R\sqrt{\frac{C}{L}}}\right)\cdot\left(+e^{-2\pi R\sqrt{\frac{C}{L}}}\right) =$

$Q = \frac{CU^2}{2}\left(2e^{-\frac{2\pi}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}} + e^{\left(-\frac{2\pi}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}\right)\cdot 2}\right) + \frac{LU^2}{2R^2}\left(2e^{-2\pi R\sqrt{\frac{C}{L}}} + e^{\left(-2\pi R\sqrt{\frac{C}{L}}\right)\cdot 2}\right)$

← решив это ур-е можно получить ответ для R

Затухание мало =>

$Q = \frac{CU^2}{2}\left(2e^{-\frac{2\pi}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}} + \cancel{e^{\left(-\frac{2\pi}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}\right)\cdot 2}}\right) + \frac{LU^2}{2R^2}\left(2\cdot e^{-2\pi R\sqrt{\frac{C}{L}}} + \cancel{e^{\left(-2\pi R\sqrt{\frac{C}{L}}\right)\cdot 2}}\right)$ → 0

$Q = \frac{CU^2}{2}\cdot 2\cdot e^{-\frac{2\pi}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}} + \frac{LU^2}{2R^2}\cdot 2\cdot e^{-2\pi R\sqrt{\frac{C}{L}}} = CU^2\cdot e^{-\frac{2\pi}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}} + \frac{LU^2}{R^2}\cdot e^{-2\pi R\sqrt{\frac{C}{L}}}$

Пусть $\sqrt{\frac{L}{C}}\cdot\frac{1}{R} = A$; $\sqrt{\frac{L}{C}} = 100\sqrt{\frac{Гн}{Ф}} = 100$ Ом

$Q = CU^2\cdot e^{-2\pi A} + \frac{LU^2}{R^2}\cdot e^{-\frac{2\pi}{A}}$

=> т.к. $R \ll \sqrt{\frac{L}{C}}$, ~~$(-2\pi A) \to (-\infty)$~~

Чистовик 9

Оценим A: $R \approx 10\text{м}$ (порядок) $\Rightarrow A \approx 100$

$e^{-2\cdot 3{,}14\cdot 100} = e^{-628} = \frac{1}{e^{628}} \to 0$

$e^{-\frac{2\cdot 3{,}14}{100}} = e^{-6{,}28} = \frac{1}{e^{6{,}28}}$

$\Rightarrow Q = CU^2\cdot 0 + \frac{LU^2}{R^2}\cdot e^{-\frac{2\pi}{A}}$

$Q = \frac{LU^2}{R^2}\cdot e^{-\frac{2\cdot 3{,}14}{100}} = \frac{LU^2}{R^2}\cdot\frac{1}{e^{6{,}28}}$

$e \approx 2{,}7$

$Q = \frac{LU^2}{R^2\cdot 2{,}7^{6{,}28}}$; ~~Примем е~~

~~Q~~ Q, $R^2 = \frac{LU^2}{Q\cdot 2{,}7^{6{,}28}}$; Ф-ла для R: $R = \sqrt{\frac{LU^2}{Q\cdot e^{-\frac{2\pi}{100}}}}$

$R = \sqrt{\frac{0{,}3\,\text{Гн}\cdot 0{,}04\,\text{В}^2}{0{,}38\cdot 10^{-3}\,\text{Дж}\cdot 2{,}7^{6{,}28}}} = \sqrt{\frac{0{,}3\cdot 40}{0{,}38\cdot 2{,}7^{6{,}28}}}\ \text{Ом}$

нужно округлить до целых $\Rightarrow$ пусть $2{,}7^{6{,}28} \approx 3^6 = 729$

$R = \sqrt{\frac{0{,}3\cdot 40}{0{,}38\cdot 729}}\ \text{Ом} = \sqrt{\frac{12}{0{,}38\cdot 729}}\ \text{Ом} = \sqrt{\frac{6}{0{,}19\cdot 729}}\ \text{Ом} =$

$= \sqrt{\frac{100}{19\cdot \cancel{766}\ 121{,}5}}\ \text{Ом}$

Ответ: $R = \sqrt{\frac{0{,}3\cdot 40}{0{,}38\cdot 2{,}7^{6{,}28}}}\ \text{Ом}$

~~P.S.~~ дополнение, если $q_A = CU$, то $I = q_A\omega = CU\sqrt{\frac{1}{CL}} = U\sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{U}{R}$

$\Rightarrow R = \sqrt{\frac{L}{C}} = 100\,\text{Ом}$

~~но это неиз~~ это выполнено, только если амплитуда заряда в тот момент равна CU

Черновик

$$Q = \frac{LI_1^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2} - \frac{LI_2^2}{2} - \frac{CU_2^2}{2}$$

$$\cancel{Q = W_1 -} \; W_2 = W_1 - Q$$

$$\cancel{\delta Q = W_1} \; LIdI + \cancel{CUdU}$$

$$\cancel{\delta Q = \delta d}$$

$$LIdI = CUdU$$

$$L\frac{I}{U} = C\frac{dU}{dI} = CR$$

$$L = CR^2$$

$$U = IR \quad R = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$\frac{\cancel{2} \cdot 8 \cdot 164 \cdot 10^{\cancel{14}\,8}}{3 \cdot \cancel{18}\,9}$$

$$= \frac{8 \cdot 164 \cdot 10^8}{3 \cdot 9}$$

$$10^7(6{,}4+10)$$

$$16{,}4$$

$$\frac{2 \cdot 10^6 \cdot 164 \cdot 10^6 \cdot 8 \cdot \cancel{10}^{3}}{3 \cdot 10^4 \cdot \cancel{8 \cdot 16 \cdot 10^3} \cdot 18}$$

$$64 \cdot 10^6$$

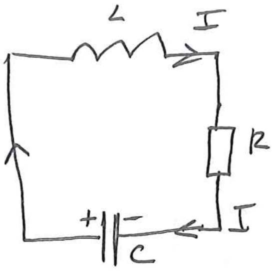
$$= \frac{10^8 \cdot \cancel{2} \cdot 164 \cdot 8}{3 \cdot \cancel{18}\,9} = \frac{164 \cdot 8}{3 \cdot 9} \cdot 10^8$$

$$\begin{array}{r} 164 \\ \times\ 8 \\ \hline 1312 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1312 \div 27 = 48 \\ -108 \\ \hline 232 \\ -216 \\ \hline 16 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 27 \\ \times\ 4 \\ \hline 108 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 27 \\ \times\ 5 \\ \hline 135 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 27 \\ \times\ 8 \\ \hline 216 \end{array} \qquad 16$$

Черновик

$$\frac{Ом}{Гн} = \frac{c}{Ф \cdot Гн} = \frac{1}{c}$$

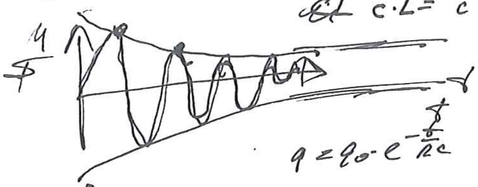


$L\dot{I} + IR = \frac{q}{C}$ – в кажд. момент

$Ом \cdot Ф = c$ $\quad \frac{L}{R}$

$c \cdot L = c^2$

$T = 2\pi\sqrt{LC}$



$W_2 - W_1 = Q$

$q = q_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$

$$W_1 = \frac{LI_m^2}{2} + \frac{Cu^2}{2} = \frac{Lu^2}{2R^2} + \frac{Cu^2}{2}$$

$$\frac{1}{3^6} = \frac{1}{9^3} = \frac{1}{729}$$

Нужна энергия через период!

$$\frac{LI^2}{2} + \frac{Cu^2}{2} = \quad R^2 = \frac{Lu^2}{729Q} = \frac{0{,}3 \cdot 0{,}04}{729 \cdot 0{,}38 \cdot 10^{-3}} = \frac{0{,}3 \cdot 40}{729 \cdot 0{,}38}$$

$Q \ll W_1$ $\quad Q \ll W_2$ $\quad = \frac{81}{9} / 729$

$W_2 - W_1 \gg$ $\quad \cancel{W_2 - W_1 \gg Q - Q}$

$$Q = \int_0^T I(t)^2 R\,dt$$ – кол-во теплоты в R за период

$$W_2 = \frac{LI_2^2}{2} + \frac{Cu_2^2}{2}$$

$I_2 \approx I_1$ $\quad \frac{dq}{dt} \cdot \frac{q}{C} + LI\frac{dI}{dt} = I^2 R$

$$\frac{L}{2}(I_2^2 - I^2) + \frac{C}{2}(u_2^2 - u^2) = \int_0^T I(t)^2 R\,dt$$

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

$$\frac{q}{C} = IR \qquad \frac{dq}{dt} \cdot \frac{1}{C} = 0 \cdot R$$

$\cancel{\Delta W \ll Q}$

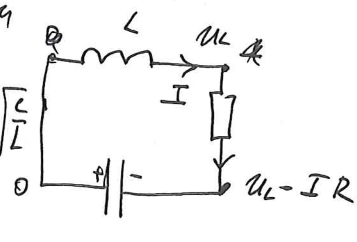
$\cancel{q = ICR}$

$\Delta W \to 0$

$q \approx const = Cu$

Дости. максимума I
мин. q

$q_A = Cu$



$$I = q_A \cdot \omega = \frac{q_A}{\sqrt{LC}} = \frac{Cu}{\sqrt{LC}} = u\sqrt{\frac{C}{L}}$$

$u_C = IR - u_L$

$\cancel{L\,dI} + \frac{dq}{C} =$

$q = q_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$

$$L\frac{dI}{dt} + \frac{dq(t)}{C\,dt} = \frac{dq}{dt}R$$

$W_2 - W_1 = Q$ $\quad \frac{-2\pi\sqrt{LC}}{RC}$ $\quad 3c\delta$

$I^2 \to 0$

$\Delta W = Q$

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

$CL\,dI + q\,dt = dq \cdot RC$ $\quad \to 0$

$CL\ddot{q} + q\,dt = \dot{q}RC$

$$I = \frac{u}{R} = u\sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$R = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{0{,}3}{30 \cdot 10^{-6}}} = \sqrt{\frac{0{,}3}{0{,}3 \cdot 10^{-4}}} \quad 10^4 \quad \sqrt{\frac{L}{C}} = 100$$

$q \cdot dt = dq \cdot RC$

$$\int\frac{dq}{q} = \int\frac{dt}{RC} \qquad \ln\left(\frac{q}{q_0}\right) = \frac{t}{RC}$$

$0{,}3 \cdot 10^2$

100 Ом

$q = q_0 \cdot e$

$W + Q = const$

$$\frac{du}{dt} = R\frac{dq}{dt \cdot C} \qquad q = q_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\frac{Cu^2}{2} + \frac{LI^2}{2} + \int I^2 R\,dt = const \qquad \frac{C \cdot 2u \cdot du}{2}$$

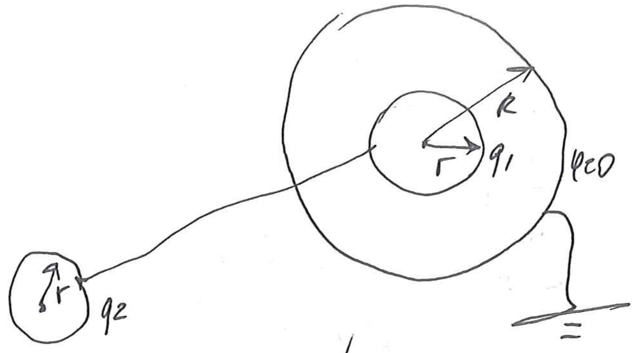
$Cu\,du + LI\,dI = \delta Q$

$Cu\,du + LI\,dI = I^2 R\,dt$

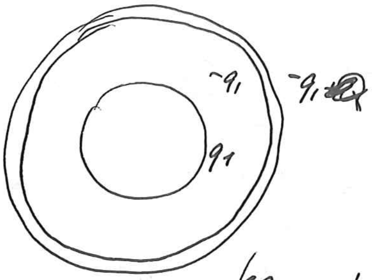
$$\frac{dq}{dt} \cdot u + LI\frac{dI}{dt} = I^2 R$$

$$Cu\frac{du}{dt} + LI\frac{dI}{dt} = I^2 R$$

Черновик



$$\frac{kq_1}{R} + \frac{kQ}{R} = 0$$



$$\frac{kq_1}{R} - \frac{kq_1}{R} = 0$$

$$\frac{kq_2}{r} = \frac{kq_1}{r} + \frac{kQ_{инд}}{R}; \quad Q_{инд} = -q_1$$

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

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

$$\frac{q_1 - q_2}{r} = \frac{q_1}{R}; \quad r = \frac{q_1 - q_2}{q_1} R =$$

$$= \frac{5 \cdot \cancel{10^{-10}}}{7{,}5 \cdot \cancel{10^{-10}}} \cdot 3$$

$$\frac{15}{7{,}5} = 2$$

5

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

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

Черновик

$v_1 = \frac{GM}{R}$, $v_1^2 = \frac{GM}{R}$

$\frac{v^2}{R} = \frac{GM}{R^2}$ $\quad v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{gR}$

$v_1 = \sqrt{gR_1}$ $\quad v_2 = \sqrt{gR_2}$

СО 1: $\omega_1 = \frac{v_1}{R_1} = \sqrt{\frac{gR_1}{R_1^2}} = \sqrt{\frac{g}{R_1}}$

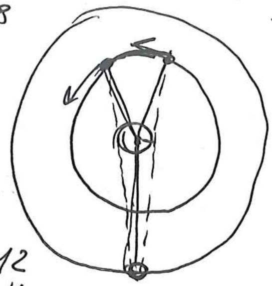
$\omega_2 = \sqrt{\frac{g}{R_2}}$

$R_1 = 6{,}4 \cdot 10^7$ м

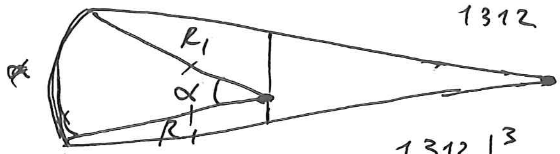
$R_2 = 10^8$ м

$R_2 > R_1 \Rightarrow \omega_2 < \omega_1$

СО 2: $\underline{\omega_{отн} = \omega_1 + \omega_2}$

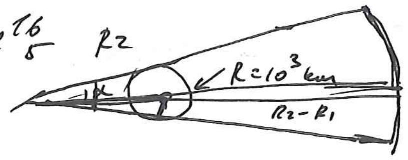


$R \approx 10^3$ км



$l = \alpha R_1$

$64 \cdot 10^6$



$2R_2 - R_1$

$\sin\alpha = \frac{l}{R_2}$

$\cos\alpha =$

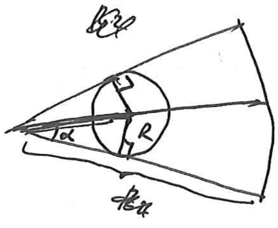
~~$2R_2 - R_1 \approx R_2$~~

$100000000 - 1000000 = 101000000$

99000000

$101 \cdot 10^6$

$100 \cdot 10^6$



$\sin\alpha = \frac{R}{R_2}$

$\alpha \approx \frac{R}{R_2}$

$\underline{l = \frac{R}{R_2} \cdot R_1}$

$100000000 - 64000000 = 164 \cdot 10^6$

$l = \omega_{отн}\tau$

$\tau = \frac{RR_1}{R_2(\omega_1 + \omega_2)} = \frac{RR_1}{R_2\left(\sqrt{\frac{g}{R_1}} + \sqrt{\frac{g}{R_2}}\right)} \Big| \cdot \sqrt{R_1R_2} =$

$= \frac{RR_1\sqrt{R_1R_2}}{R_2\left(\sqrt{gR_2} + \sqrt{gR_1}\right)} = \frac{RR_1\sqrt{R_1R_2}}{R_2\sqrt{g}\left(\sqrt{R_1} + \sqrt{R_2}\right)} =$

$= \frac{RR_1\sqrt{R_1}}{\sqrt{gR_2}\left(\sqrt{R_1} + \sqrt{R_2}\right)} = \frac{10^3 \cdot 6{,}4 \cdot 10^7 \cdot 8 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^4\left(8 \cdot 10^3 + 10^4\right)} =$

$= \frac{6{,}4 \cdot 8 \cdot 10^{13}}{10^7 \cdot 3 \cdot 18} = 10^6$

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

$q_2 = CU \cdot e^{-\frac{2\pi\sqrt{LC}}{RC}}$ Черновик

$I_2 = -\dot{q}_2 = CU \cdot \frac{2\pi\sqrt{LC}}{RC} \cdot e^{-\frac{2\pi\sqrt{LC}}{RC}}$

$(e^x)' = e^x$

$e^{2x} = 2e^{2x}$

$\cancel{q_2 = CU}$

$I_2 = \cancel{CU \cdot \frac{2\pi\sqrt{LC}}{RC}} = \cancel{\frac{2\pi\sqrt{LC} \cdot U}{R}}$

e^x

$\cancel{-\frac{dq}{dt} = CU \cdot \frac{2\pi\sqrt{LC}}{RC} \cdot e^{-\frac{2\pi\sqrt{LC}}{RC}}}$

$\cancel{I = q = CU \cdot \frac{t}{RC}} \cdot e^{-\frac{2\pi\sqrt{LC}}{RC}}$ $f(e^{-\frac{t}{RC}})$

$CU \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$

q

$I = \frac{CU}{RC} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$ f'

$I_2 = \frac{U}{R} \cdot e^{-\frac{2\pi\sqrt{LC}}{RC}}$

$Q = -\int I(t)^2 R\,dt = \int \frac{U^2}{R} e^{-\frac{t}{RC}} dt =$

$= \frac{U^2}{R} \int e^{-\frac{t}{RC}} dt = \frac{U^2}{R} \cdot -RC \cdot e^{-\frac{t}{RC}} =$

$= -U^2 \cdot C \cdot e^{-\frac{t}{RC}} =$

$= CU^2 \cdot e^{-\frac{2\pi\sqrt{LC}}{RC}}$

$\frac{\cdot 0{,}3}{30}$ $3 \cdot 3$ $9 \cdot 10^{-6}$

$e = 2{,}7\ldots$

$e^{\frac{-2 \cdot 3{,}14 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{RC}} = \frac{-0{,}38}{30 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}04}$

$-2 \cdot 3{,}14 \cdot 3 \cdot 10^{-3}$

$-\frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{R \cdot 30 \cdot 10^{-6}} = \ln \frac{-0{,}38}{30 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}04}$

$\frac{0{,}38 \cdot 10^5}{0{,}12}$ $\frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 10^2}{R \cdot}$ $= \ln \left(\frac{-0{,}38}{3 \cdot 10^{-5} \cdot 0{,}04}\right)$ $= Z$

$38 \mid 12$, $3{,}16$; -36; 20; -12; 80; -72; 8

$R = \frac{2 \cdot 314}{\ln}$ $-\frac{0{,}38 \cdot 10^5}{0{,}12} =$

$\frac{12}{6}$, 72

$\frac{L}{R}$

$3{,}16666$ $R = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 10^2}{\ln Z}$ $320 \cdot 10^3$ $e \approx 2{,}7$ RC

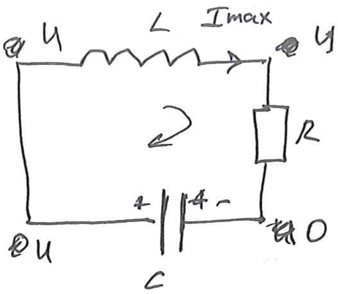
$3^{3{,}166666}$

$\frac{2 \cdot 314}{\ln 320 \cdot 10^3} = 628$

$2{,}7$ $628 \cdot 30 \cdot 10^{-6}$

61

Черновик



$\cancel{LI(R+r)}\ L$

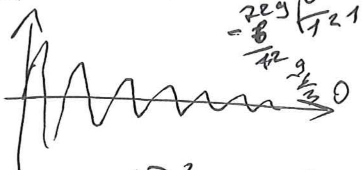
$-729\,|\,12$

$U_L + IR = 0$

$\cancel{I = -\frac{U}{R}}$

$I = \frac{U}{R}$

процесс $T = 2\pi\sqrt{LC}$



$U_L + IR + U_C = 0$

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

$\frac{dq}{dt} R = \frac{q}{C}$

$W = \frac{LI_m^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = Q_1$

$\frac{dq}{q} = \frac{dt}{RC}$

$\frac{LI_2^2}{2} + \frac{CU_2^2}{2} = Q_2$

$\cancel{L\frac{dI}{dt}} + \frac{dq}{dt}\cdot R = -\frac{q_c}{C}$

$q = q_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$

$\cancel{\int dq \cdot R = -\int \frac{q_c}{C} dt}$

$I = \frac{U}{R}$ $\quad W >> Q$

$\frac{dq}{dt}\cdot R = \frac{q_c}{C}$

$\cancel{\frac{U_C}{C}\cdot R = \frac{I_m}{R}}$

$q = CU \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$

$L\frac{dI}{dt} + \frac{dq}{dt}\cdot R + \frac{q}{C} = 0 \ |\cdot dt$

$T = 2\pi\sqrt{LC}$ $\quad q = CUe^{-\frac{2\pi\sqrt{LC}}{RC}}$

$\cancel{L dI + R dq + \frac{q}{C} dt = 0}$

$Q = \int I(t)^2 R\, dt$

$W_1 >> Q_1$

$W_2 >> Q_2$

$\cancel{LI(t) - LI_0 + Rq(t) - Rq_0 + \frac{q}{C} t = 0}$

$CL\,dI + CR\,dq + q\,dt = 0$

$W_2 - W_1 = Q$

$q\,dt + \dot{q}CR + \ddot{q}CL = 0$ $\quad W_1 = \frac{LI_m^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2}$

$0{,}04 \cdot 0{,}3 = 0{,}012$

$I_{max} \to \ddot{q} = 0$ $\quad I \cdot R = U_C$

$Q \longrightarrow Q$

за 1 период $Q_1 \approx Q_2$

$\frac{LU^2}{4Q - CU^2} = \frac{0{,}3 \cdot 0{,}04}{1{,}52 - 0{,}2}$ $\quad 1{,}32$

$\Rightarrow 2Q = \frac{LI_m^2}{2} + \frac{CU^2}{2}$

$4Q = L\frac{U^2}{R^2} + CU^2$; $\quad R^2 = \cancel{\frac{LU^2}{(4Q - CU^2)}}$ $\quad 1{,}52$

$\frac{0{,}012}{1{,}32}$

$\frac{12}{1320} = \frac{6}{660} = \frac{1}{110}$

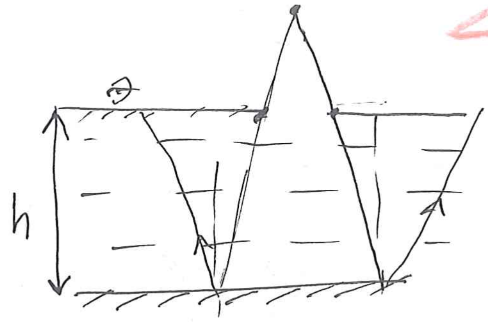
$0{,}38 \cdot 4 = 1{,}52$ $\quad 30\cdot 10^{-6}\cdot 0{,}04$

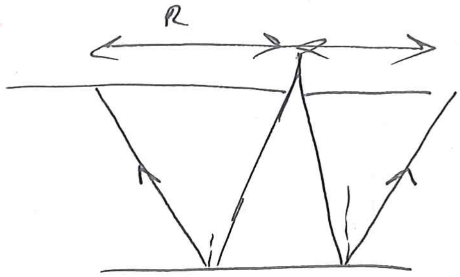
$0{,}04 \cdot 30 = 01{,}20$

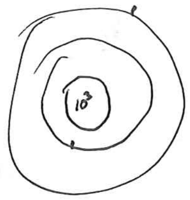
11

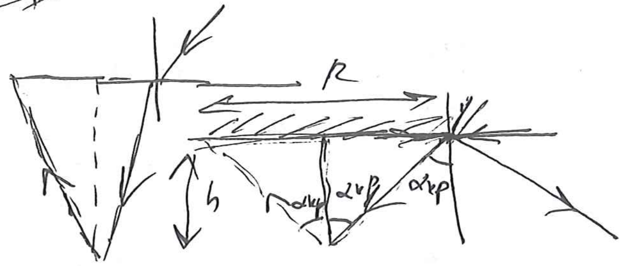
$1\,|\,110$ $\quad 0{,}00$ $\quad 1000$

Черновик









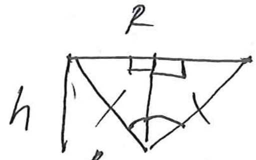
$1 \sin 90^\circ = n \sin \alpha_{кр}$ $\quad n = 1{,}5 = \frac{3}{2}$

$\sin \alpha_{кр} = \frac{2}{3}$

$1 + ctg^2 \alpha = \frac{1}{\frac{4}{9}} = \frac{9}{4}$

$ctg^2 \alpha = \frac{9}{4} - \frac{4}{4} = \frac{5}{4}$

$ctg\, \alpha = \frac{\sqrt{5}}{2}$



$tg\, \alpha_{кр} = \frac{R}{2h}$; $ctg\, \alpha_{кр} = \frac{2h}{R}$

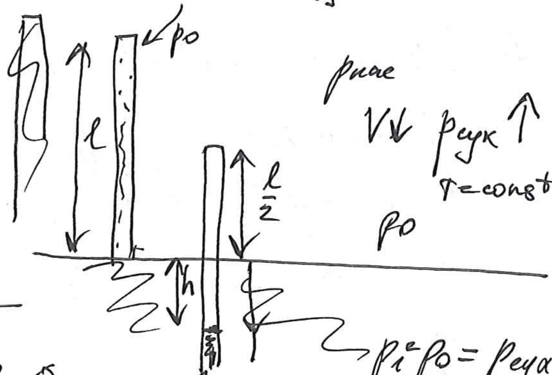
$\frac{\sqrt{5}}{2} = \frac{2h}{R}$

$h = \frac{\sqrt{5} R}{4} = 2\sqrt{5}$ см

$1 + ctg$

4500

l
$l + h$
h



$p_{нас}$

$V \downarrow$ $p_{сух} \uparrow$

$T = const \Rightarrow p_п = p_н = const$

p_0

$\rho g h = p_{сух2} -$
$- \frac{1}{2} p_{сух2} - \frac{h}{l} p_{сух2} =$
$= p_{сух2} \left(\frac{1}{2} - 0{,}45\right) =$
$= 0{,}05\, p_{сух2}$

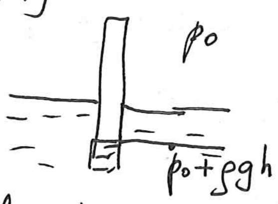
$0{,}45 \cdot 10000$
$+ 0{,}45 \cdot 10000$

$p_1 = p_0 = p_{сух1} + p_н$

$p_{сух1} \cdot l S = p_{сух2} S \left(\frac{l}{2} + h\right)$

$p_{сух2} = \frac{10000 \cdot 0{,}45}{0{,}05} = 10000 \cdot 9 = 90$ кПа

$p_0 + \rho g h = p_2 = p_{сух2} + p_н$



$p_0 = 90 + 14{,}5 -$
$- 4{,}5 =$

$p_{сух1} l = p_{сух2} \left(\frac{l}{2} + h\right)$

$p_{сух1} = p_{сух2} \left(\frac{1}{2} + \frac{h}{l}\right)$

$p_1 = p_{сух2} \left(\frac{1}{2} + \frac{h}{l}\right) + p_н$