

0 589894 790001
58-98-94-79
(3.11)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Сидорина Павла Дмитриевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«09» 02 2024 года

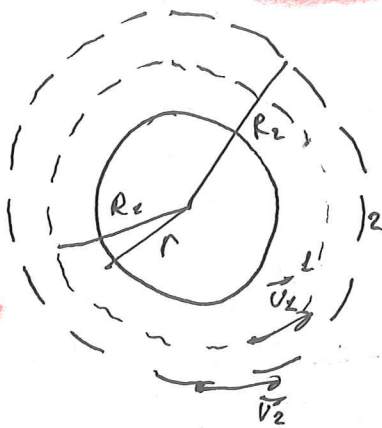
Подпись участника

Рез

58-98-94-79
(3.11)

Цастовик

1. ч. 1.



Г.р. в усл. сказано, что радиус планеты несколько больше радиуса, то $R_1, R_2 \gg r$

$$R_1, R_2 \gg r$$

Запишем II закон Ньютона;

$$F = ma$$

$$\frac{GMm}{r^2} = mg$$

$$r = \sqrt{\frac{GM}{g}}$$

Скорость спутника на R_1 равна

$$\frac{GMm}{R_1^2} = m \frac{v_1^2}{R_1}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_1}}$$

Ана $R_2 - v_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_2}}$

Тогда

$$\omega_1 = \frac{v_1}{R_1} = \frac{\sqrt{GM}}{R_1^{3/2}}$$

$$\omega_2 = \frac{\sqrt{GM}}{R_2^{3/2}}$$

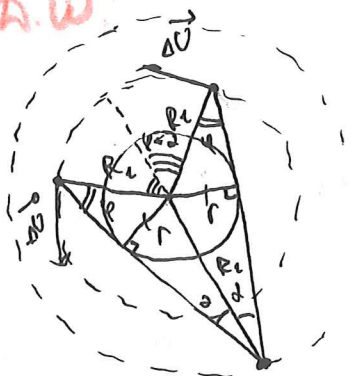
угловое

скоросте

сближения

$$\Delta\omega = \omega_1 - \omega_2 = \sqrt{GM} \left(\frac{1}{R_1^{3/2}} - \frac{1}{R_2^{3/2}} \right)$$

В сечение отсчета второго:



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

$$\phi \approx \frac{r}{R_1}$$

Тогда $t \cdot \Delta\omega = 2(\alpha + \phi)$

$$t = \frac{2(\alpha + \phi)}{\Delta\omega} = \frac{2r \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)}{\sqrt{GM} \left(\frac{1}{R_1^{3/2}} - \frac{1}{R_2^{3/2}} \right)}$$

$$\sqrt{GM} \left(\frac{1}{R_1^{3/2}} - \frac{1}{R_2^{3/2}} \right)$$

$$t = \frac{2\sqrt{gM}}{g} \cdot \frac{\frac{L(R_2)}{R_2} \frac{L(R_2)}{R_2} \text{ Чистовик}}{\frac{L(R_2)^{\frac{3}{2}}}{R_1^{\frac{3}{2}}} - \frac{L(R_2)^{\frac{3}{2}}}{R_2^{\frac{3}{2}}}} = \frac{2\sqrt{gR_2^2(R_1+R_2)}}{(R_2^{\frac{3}{2}} - R_1^{\frac{3}{2}})}$$

$$t = \frac{2}{\sqrt{g}} \cdot \frac{\sqrt{10^5 \cdot 6,4 \cdot 10^7} (6,4 \cdot 10^4 + 10^5)}{(10^{\frac{15}{2}} - 6,4^{\frac{3}{2}} \cdot 10^6)} = \frac{8 \cdot 2 \cdot 10^4}{3}$$

$$\frac{10^4(6,4+10)}{10^6(10^{\frac{3}{2}} - 6,4^{\frac{3}{2}})} = \frac{1600 \cdot 16,4}{3 \cdot (10\sqrt{10} - 6,4\sqrt{6,4})}$$

$$= \frac{1600 \cdot 16,4}{3(10\sqrt{10} - 6,4 \cdot 0,8\sqrt{10})} = \frac{1600 \cdot 16,4}{3 \cdot 4,88 \cdot \sqrt{10}}$$

$$= \frac{3280}{1,83\sqrt{10}} = \frac{3280\sqrt{10}}{1,83} = \frac{32800\sqrt{10}}{183} \text{ с.}$$

Ответ: $t = \frac{32800\sqrt{10}}{183} \text{ с.}$

2.5.1.

В начальный момент давление в трубке равно атмосферному и равно $p_{нас}$ плюс атмосферное давление сухого воздуха $p_0 = p_{в.} + p_{нас} + p_{атм}$

$$p_{нас} + p_{в.} = p_0$$

В конечный момент

$$p_{нас} + p_{в.}' = p_0 + \rho g h$$

$p_{нас}$ не меняется, т.к. не меняется температура.

$$p_{в.} V_0 = \nu RT$$

$$p_{в.}' \left(\frac{l}{2} + h\right) S = \nu RT$$

$$p_{в.}' S = \nu RT$$

$$p_{в.}' \left(\frac{l}{2} + h\right) S = p_{в.}' S$$

$$p_{в.}' = \frac{2p_{в.}l}{l + 2h}$$

58-98-94-79
(3.11)

при погружении в более влажный воздух.

$$\frac{2\rho_0 \ell}{\ell + 2h} + \rho_{\text{мас}} = \rho_0 + \rho_0 g h \quad \text{Условие}$$

$$\rho_0 = \rho_0 - \rho_{\text{мас}}$$

$$\frac{2\rho_0 \ell}{\ell + 2h} - \rho_0 + \rho_{\text{мас}} - \frac{2\rho_{\text{мас}} \ell}{\ell + 2h} = \rho_0 g h$$

$$\rho_0 \frac{\ell - 2h}{\ell + 2h} - \rho_0 g h = \rho_{\text{мас}} \frac{\ell - 2h}{\ell + 2h}$$

$$\rho_{\text{мас}} = \frac{\ell + 2h}{\ell - 2h} \left(\rho_0 \frac{\ell - 2h}{\ell + 2h} - \rho_0 g h \right)$$

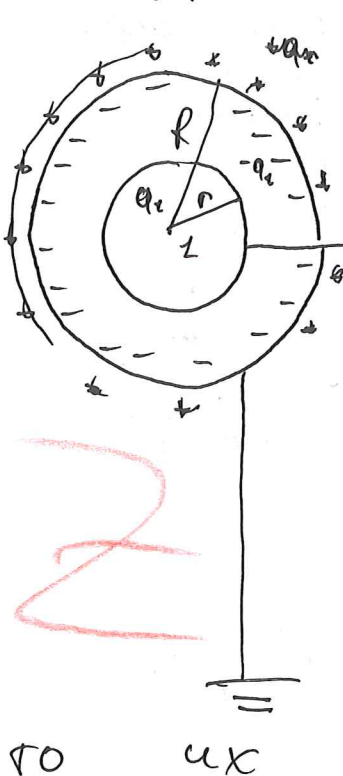
$$\rho_{\text{мас}} = \rho_0 - \rho_0 g h \cdot \frac{\ell + 2h}{\ell - 2h}$$

$$\rho_{\text{мас}} = 100000 - 1000 \cdot 10 \cdot 0,45 \cdot \frac{1 + 0,9}{1 - 0,9} =$$

$$= 10000 (10 - 0,45 \cdot 19) = 10000 \cdot 1,45 = 14500 \text{ Па}$$

Ответ: $\rho_{\text{мас}} = 14500 \text{ Па}$

3.10.1.



$$\varphi_c = \frac{kq_1}{R} + \varphi_0 = 0$$

$$\varphi_0 = -\frac{kq_1}{R}$$

П.к. сферу заземлили, то её потенциал равен 0

На внутренней стороне сферы индуцируется заряд $-q_1$ равный $-q_1$

q_1 - заряд шарика внутри сферы. Тогда $\varphi_c = \frac{kq_1}{r} + \varphi_0$

$$\text{Тогда } \varphi_c = \frac{kq_1}{r} - \frac{kq_1}{R}$$

П.к. шары φ_1 и φ_2 соединили, потенциалы равны

$$\varphi_1 = \varphi_2$$

$$\varphi_2 = \frac{kq_2}{r}$$

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

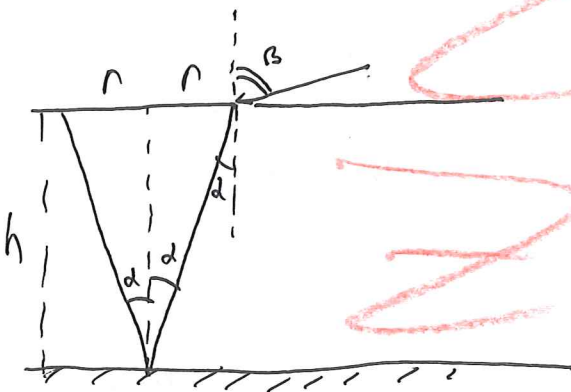
$$\frac{R}{r}(q_2 - q_1) = -q_1$$

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

$$R = \frac{8 \cdot 10^{-10} \cdot 2}{6 \cdot 10^{-10} - 2 \cdot 10^{-10}} = 3 \text{ см.}$$

Ответ: $R = 3 \text{ см.}$

4.10.1.



По 3-ку
Синуса:

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

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

Т.к. нужно опр.
тою отклонение
и по усл. свет
рассеивается

$$\sin \beta \rightarrow 1 =$$

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

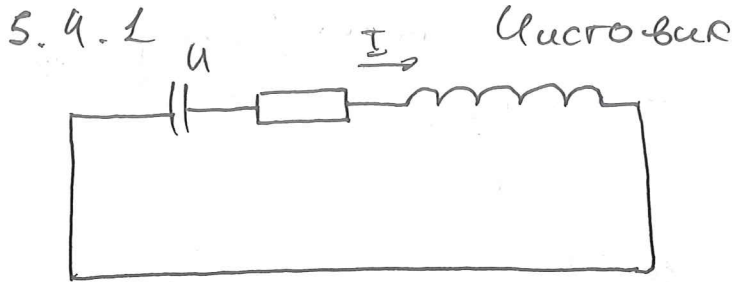
$$\tan \alpha = \frac{r}{h} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\frac{1}{n}}{\sqrt{n^2 - 1}} = \frac{1}{\sqrt{n^2 - 1}}$$

$$R = 2r = \frac{2h}{\sqrt{n^2 - 1}}$$

$$R = \frac{2 \cdot 5}{\sqrt{2,25 - 1}} = \frac{2 \cdot 5}{0,5 \sqrt{5}} = \frac{20}{\sqrt{5}} = 4\sqrt{5} \text{ см.}$$

Ответ: $R = 4\sqrt{5} \text{ см.}$

58-98-94-79
(3.11)



$$U + IR + \ddot{Q}L = 0$$

$$U_{max} + I_{max}R + \frac{dI}{dt}L = 0$$

Г. Р. ГОР принимает макс значение,
то $\frac{dI}{dt} = 0$ \oplus

$$U_{max} + I_{max}R = 0$$

$$|I_{max}| = \frac{U_0}{R} \quad I_{max} = \frac{2}{5} A$$

$$E = \frac{CU_0^2}{2} + \frac{LI_{max}^2}{2} = Q + \frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} =$$

$$I = \frac{U}{R} \quad = Q + \frac{CU^2}{2} + \frac{LU^2}{2R^2} =$$

Р. Р. через Г $= Q + \frac{U^2}{2} (C + \frac{L}{R^2})$
ГОР принимает
также макс значение

$$Q_{\text{с}} = \frac{C + \frac{L}{R^2}}{2} (U_0^2 - U^2)$$

U - напряжение на конденсаторе

через Г $\tau = 2R$

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

$$\beta = \frac{R}{2L} \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\Gamma = 2\pi\sqrt{RC} \quad \oplus$$

$$\frac{U}{U_0} = e^{-\beta t}$$

$$U = U_0 e^{-\frac{R}{2L} t}$$

$$U = U_0 e^{-\frac{R}{2L} \cdot 2\pi\sqrt{LC} t} = U_0 e^{-\frac{R\sqrt{LC}}{L} t}$$

$$Q = \frac{C + \frac{L}{R^2}}{2} \cdot U_0^2 \left(1 - e^{-\frac{2R\sqrt{LC}}{L} t} \right)$$

\ominus ирисерти у

$$Q = \frac{30 \cdot 10^{-6} + 0,3}{z} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2,3,14}{0,3} \sqrt{0,3 \cdot 30 \cdot 10^{-6}}} z \right)$$

$$= 0,6 \left(1 - e^{-\frac{6,28 \cdot 10^{-3}}{0,3 \cdot 0,1}} z \right) = 0,6 \left(1 - \frac{1}{e^{6,28 \cdot 10^{-4} z}} \right)$$

$$= 0,6 \left(1 - \frac{1}{e^{0,0628}} \right) \text{ А*} \approx 0,03 \text{ А*}$$

Если считать $e \approx 2,7$

Ответ: $Q \approx 0,03 \text{ А*} = 3 \text{ мА*}$

$$Q = 600 \left(1 - \frac{1}{e^{0,0628}} \right) \text{ мА*}$$

Чертежник.

$$Q = \left(\frac{C + \frac{C}{R^2}}{2} (u_0^2 - u^2) \right)$$

~~2~~ 2

$$E \approx \cos \theta$$

$$Q \approx E \cdot \frac{0,3 \cdot 4}{x_2} = 0,12$$

$$V = \frac{2\pi f C C'}{1 - \beta^2}$$

~~2~~

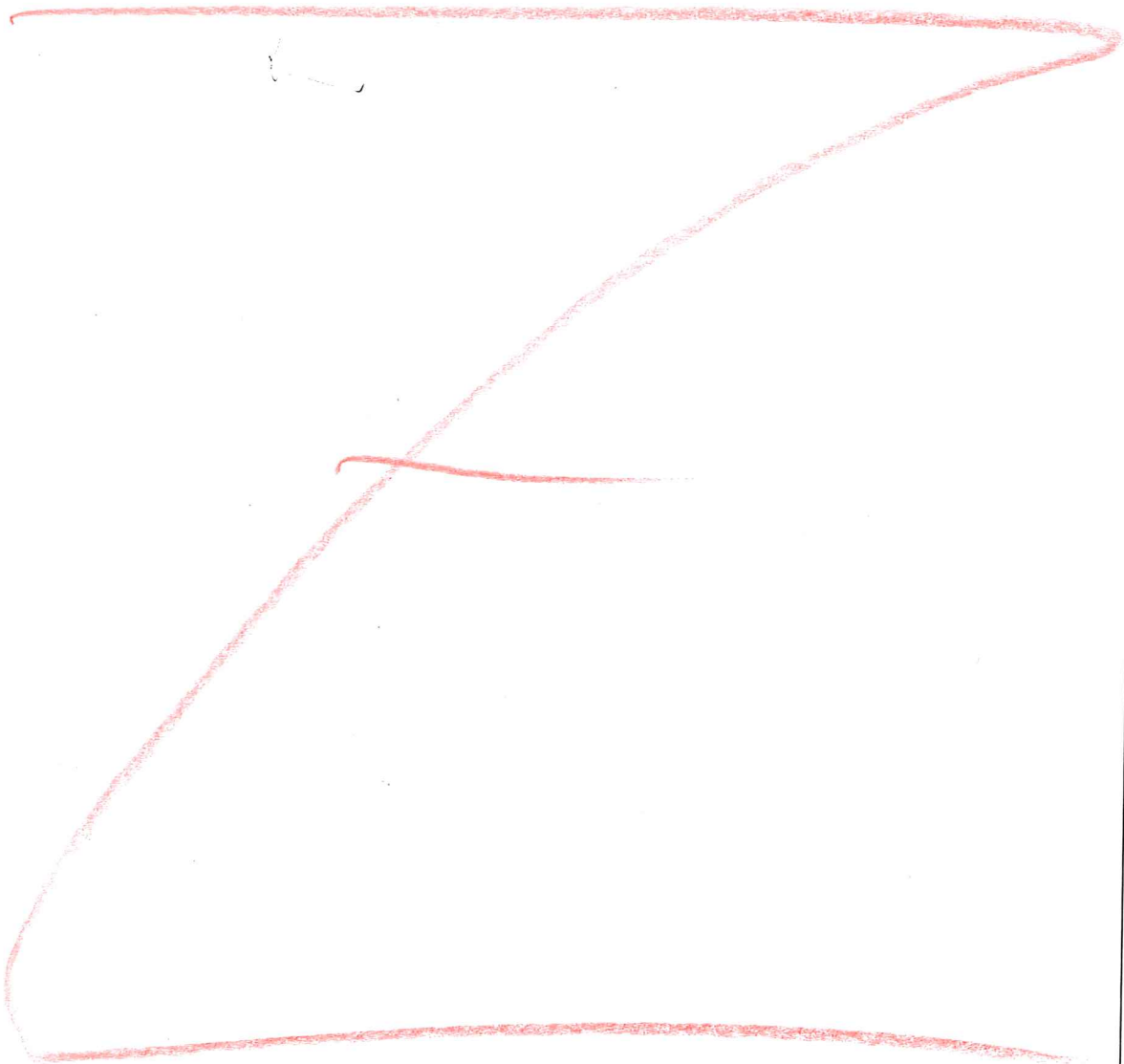
$$u = u_0 e^{-\beta t}$$

$$E = \frac{u^2}{2} + \frac{cu^2}{2}$$

$$dE = 2u du + 2cu du$$

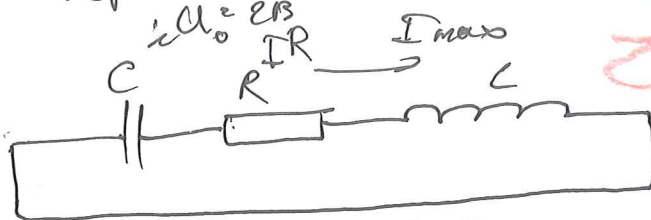
~~2~~ 1 E_i
 $Q =$

~~2~~



5.

Черновик



1) $\sqrt{2} I$

2) 2,34

$\frac{CI^2}{2} + \frac{CU^2}{2}$

3) 1,18

4) 1,1

$$W = \frac{CU_0^2}{2} + \frac{LI_{max}^2}{2} = Q + \dots$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} \Rightarrow Z = \frac{R}{\cos \varphi} \Rightarrow \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} = \frac{R}{\cos \varphi}$$

$$R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2 = \frac{R^2}{\cos^2 \varphi}$$

$$(\omega L - \frac{1}{\omega C})^2 = \frac{R^2}{\cos^2 \varphi} - R^2 = R^2 (\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1) = R^2 \tan^2 \varphi$$

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = \pm R \tan \varphi$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} + R \tan \varphi$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} + \frac{R \tan \varphi}{L}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} + \frac{R \tan \varphi}{L}}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} + \frac{R \tan \varphi}{L}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

$$I = \frac{dq}{dt} \quad q = \int I dt$$

$$R = \frac{L}{R}$$

$$I_{max} R = U_0 + \frac{dI_{max}}{dt} L = 0$$

$$I_{max} R = U_0 = 0$$

$$I_{max} = \frac{U_0}{R} \quad I_{max} = 2 A$$

$$\beta = \frac{R}{2L}$$



$$R_0 = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

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

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

$$A = A_0 e^{-\beta t}$$

$$I = I_{max} e^{-\beta t}$$

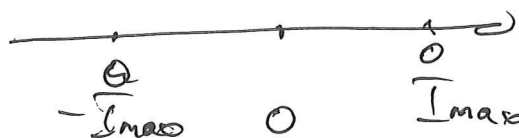
$$\frac{I}{I_{max}} = \frac{U}{U_0} = e^{-\beta t}$$

$$-\beta t = \ln \frac{I}{I_{max}}$$

$$\beta t = \ln \frac{I_{max}}{I}$$

$$f = \frac{1}{\beta} \ln \frac{I_{max}}{I}$$

$$Q = \frac{C}{2} (CU_0^2 (e - e^{-0,0624}) + L \frac{U_0^2}{R^2} (1 - 0,1 e^{-0,0624}))$$



$$I = I_{max} e^{-\beta t}$$

$$I = I_{max} e^{-\frac{R \sqrt{LC}}{2L} t}$$

$$I = I_{max} e^{-R \sqrt{\frac{C}{L}} t}$$

$$I = I_{max} e^{-3,14 \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{25 \cdot 10^{-3}}} t}$$

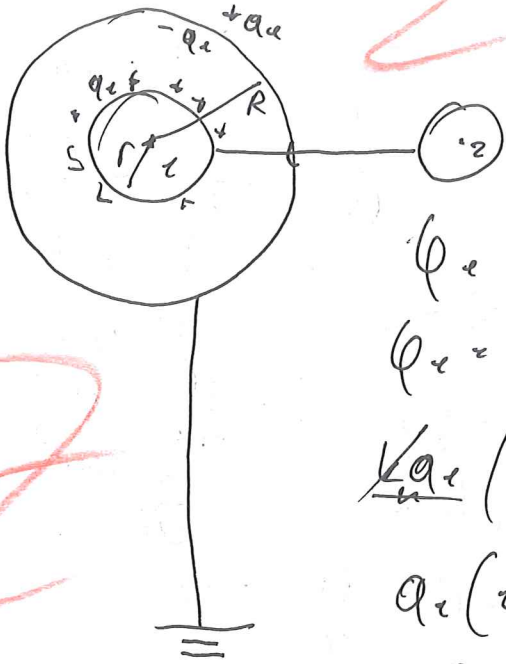
$$I = I_{max} e^{-3,14 \cdot 10^{-2} t}$$

$$I = I_{max} e^{-0,0314 t}$$

$$I = I_{max} e^{-0,0314 t}$$

$$U = U_0 e^{-0,0314 t}$$

3. Черновик



$\varphi_1 = 0 \neq \frac{kq_1}{r} + k$

$\varphi_2 = 0$

$\varphi_1 = \frac{kq_1}{r} - \frac{kq_2}{R} = kq_1 \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)$

$\varphi_1 = \varphi_2 = \frac{kq_2}{r}$

$\frac{kq_1}{r} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right) = \frac{kq_2}{r}$

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

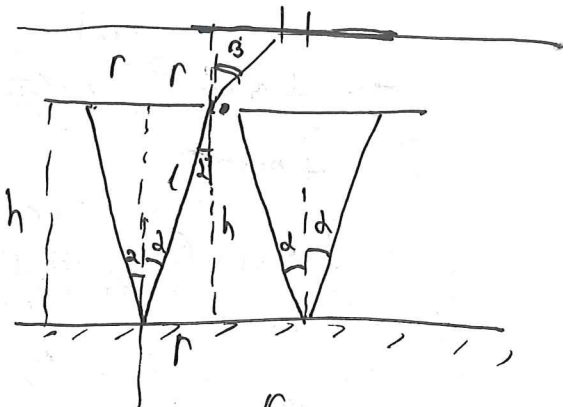
$\frac{r}{R} = 1 - \frac{q_2}{q_1}$

$\frac{r}{R} = 1 - \frac{2 \cdot 10^{-8}}{3 \cdot 10^{-8}} = \frac{2}{3}$

$\frac{R}{r} = \frac{3}{2} \quad R = \frac{3}{2} r$

$R = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 10^{-2} = 3 \text{ см}$

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



since $\sin \alpha = \frac{\sin \beta}{n}$

$\sin \alpha_{\max} = \frac{1}{n} \quad \beta \rightarrow 90^\circ$

$r = l \sin \alpha$

$\frac{r}{h} = \tan \alpha$

$r = h \tan \alpha$

$r = \frac{h}{\sqrt{n^2 - 1}} = \frac{5}{\sqrt{2,25 - 1}} = \frac{5}{1,25} = 4 \text{ см}$

$\tan \alpha = \frac{r}{h} = \frac{4}{5} = \frac{4}{5} \Rightarrow \alpha = 37^\circ$

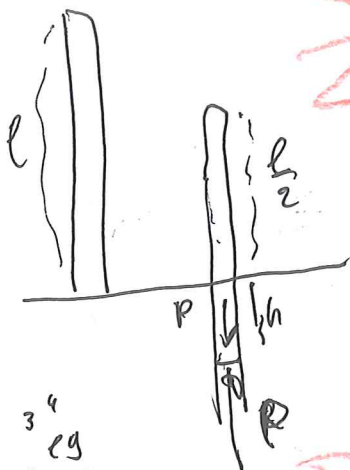
$\sin \alpha = \frac{3}{5} = 0,6 \Rightarrow \alpha = 37^\circ$

$\frac{r}{h} = \frac{4}{5} = \frac{1}{\sqrt{n^2 - 1}} \Rightarrow \sqrt{n^2 - 1} = \frac{5}{4} = 1,25$

$n^2 - 1 = 1,5625 \Rightarrow n^2 = 2,5625 \Rightarrow n = 1,6$

$R = 2r = 2 \cdot 4 = 8 \text{ см}$

Черновик.



3⁴
29
x 45

133

85,5 p_0 - 1 l \rho = \rho R T

$p_0 V = \rho R T$

$(p_0 + \rho g h) \left(\frac{l}{2} + h\right) S = \rho' R T$

$p_0 l S = \rho R T$

$\frac{\rho'}{\rho} = \frac{(p_0 + \rho g h) \left(\frac{l}{2} + h\right)}{p_0 l}$

$p_0 l = p_0 \frac{l}{2} + p_0 h + \rho g h \frac{l}{2} + \rho g h^2$

$p_0 \frac{l}{2} = p_0 h$

$p_0 = p_0 + p_{нас}$

$p_{нас} l S = \rho R T$

$p_{нас} \left(\frac{l}{2} + h\right) S = \rho' R T$

$\frac{2 p_0 l}{l + 2h} + p_{нас} = p_0 + \rho g h$

$p_0 + p_{нас} = p_0$

$p_{нас} = p_0 - p_{нас}$

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

$p = \rho g h$
 $p_0 V = \rho R T$
 $p_0 l S = \rho R T$
 $p_0 l S = p_0' \left(\frac{l}{2} + h\right) S$

$p_0' = \frac{p_0 l}{\frac{l}{2} + h} = \frac{2 p_0 l}{l + 2h}$

$p = \frac{2 p_0 l}{l + 2h}$

$100000 \left(\frac{1 - 0,9}{1 + 0,9}\right) - 1000 \cdot 10,47$
 $\frac{100000}{1,9} - \frac{4,5 \cdot 1000}{1,9}$
 $\frac{100000 - 4500}{1,9}$

$\frac{2 p_0 l}{l + 2h}$
 $\frac{2 \cdot 133 \cdot 1}{1 + 2 \cdot 0,5}$
 $\frac{266}{2}$
 133

$\rho_0 (p_0 + \rho g h) \left(\frac{l}{2} + h\right)$

$109500 \cdot 4500$
 $100000 + 1000 \cdot 10,47$
 $109500 \cdot 0,95$
 100000

$\frac{1045}{0,95}$
 1100
 $992,75 < 1000 \Rightarrow$

\Rightarrow часть водяного пара конденсируется (с = 1)

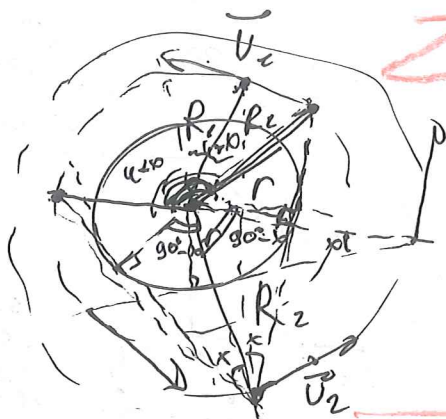
\Rightarrow влажность = 1
воздух - 100%

~~2~~

~~2~~

~~2~~

Черновик



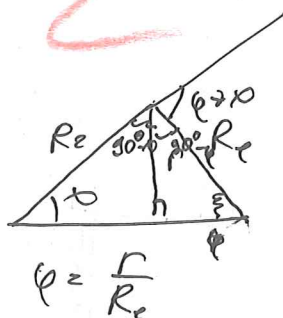
$$mg = F$$

$$mg = \frac{GMm}{r^2}$$

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

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

$$r = \sqrt{\frac{GM}{g}}$$



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

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_1}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_2}}$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_1^3}}$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_2^3}}$$

$$\sin \theta = \frac{r}{R_2} \Rightarrow 94$$

$$\Rightarrow \theta \approx \frac{r}{R_2} \times \frac{19}{408}$$

$$\Delta \omega = \omega_1 - \omega_2 = \frac{45}{8,58}$$

$$= \sqrt{GM} \left(\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} - \frac{1}{\sqrt{R_2^3}} \right)$$

$$\varphi = \Delta \omega t$$

$$360^\circ - 180^\circ + 2\theta = \pi + 2\theta$$

$$\pi + 2\theta = \Delta \omega t$$

$$t = \frac{\pi + 2\theta}{\Delta \omega}$$

	10,00
-	6,58
<hr/>	
	2,45
	6,4
-	10,00
<hr/>	
	5,22
	4,88

$$\varphi = \pi - \frac{\pi}{2} + \frac{r}{R_1} - \frac{\pi}{2} + \frac{r}{R_2} = \frac{r}{R_1} + \frac{r}{R_2}$$

$$\frac{\varphi}{2} = \frac{rR_1 + rR_2}{R_1R_2} = r \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$2 \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \sqrt{\frac{GM}{g}} = \sqrt{GM} \left(\frac{1}{R_1^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{R_2^{\frac{3}{2}}} \right) t$$

$$2 \left(\frac{1}{6,4 \cdot 10^4} + \frac{1}{10^9} \right)$$

$$3 \left(\left(\frac{1}{\sqrt{6,4 \cdot 10^4}} \right)^{\frac{3}{2}} + \frac{1}{(10^9)^{\frac{3}{2}}} \right)$$