0 165792 770002

16-57-92-77
(4.11)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант №2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Косарева Георгия Сергеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

выход 15:05

вход 15:09

Дата

«09» февраля 2024 года

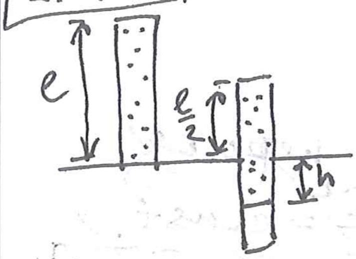
Подпись участника

Косарев

16-57-92-77 (4.11)

Чистовик

2.5.2



Дано: $l = 1$ м; $h = 0{,}45$ м; $p_{нп} = 14{,}5$ кПа; $\rho_0 = 10^3$ кг/м^3; $g = 10$ м/с^2

$p_0 - ?$

Решение:

В начальной момент в трубке находится воздух с атмосферным давлением и насыщенной пар.

По мере погружения трубки появится давление столба жидкости: $p = \rho_0 g h$. т.к. процесс изотермический, и объём будет постепенно уменьшаться, то давление содержимого воздуха будет расти, а пар станет перенасыщенным и сконденсируется.

~~В конце:~~ $\cancel{p\ p_{нп} + p_{в_1} = p_{в_2} + \rho_0 g h}$

$\cancel{p_0 V_1 = p_в V_2}$

$\cancel{p_0 S l = p_в \left(\frac{l+2h}{2}\right) S}$

$\cancel{p_в = \frac{2p_0 l}{l+2h}}$

$\cancel{p_{нп} + \frac{2p_0 l}{l+2h} = p_0 + \rho_0 g h}$

$\cancel{p_0\left(\frac{2l}{l+2h} - 1\right) = \rho_0 g h - p_{нп}}$

$\cancel{p_0\left(\frac{l-2h}{l+2h}\right) = \rho_0 g h - p_{нп}}$

$\cancel{p_0 = \frac{(\rho_0 g h - p_{нп})(l+2h)}{l-2h}}$

$\cancel{p_0 = (14{,}5 \cdot 10^3 - 14}$

В начальный момент:

$p_0 = p_{в1} + p_{нп}$; $p_{в1} = p_0 - p_{нп}$

Давление воздуха:

$p_{в1} V_1 = p_{в2} V_2$

$p_{в1} S l = p_{в2} S \left(\frac{l+2h}{2}\right)$

$p_{в2} = \frac{2p_{в1} l}{l+2h} = \frac{2p_0 l}{l+2h} - \frac{2p_{нп} l}{l+2h}$

В конце:

$p_0 + \rho_0 g h = p_{в2} + p_{нп}$

$p_0 + \rho_0 g h = \frac{2p_0 l}{l+2h} - \frac{2p_{нп} l}{l+2h} + p_{нп}$

$p_0\left(1 - \frac{2l}{l+2h}\right) = p_{нп}\left(1 - \frac{2l}{l+2h}\right) - \rho_0 g h$

$p_0 = p_{нп} - \frac{\rho_0 g h (l+2h)}{2h - l}$

$p_0 = 14{,}5 \cdot 10^3 + \frac{4{,}5 \cdot 10^3 \cdot 1{,}9}{0{,}1} = 14{,}5 \cdot 10^3 + 85{,}5 \cdot 10^3 = 10^5$ Па

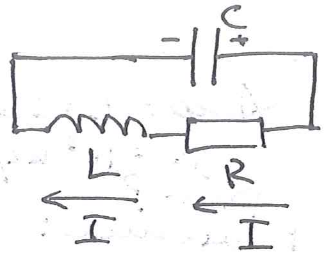
Ответ: 10^5 Па

1	2	3	4	5	Σ
11	20	20	20	9	81

Восемьдесят один

Чистовик.

5.4.2.



~~Т.к. $Q \le \frac{CU^2}{2}+\frac{LI^2}{2}$, то за один период мы можем сказать, что $\frac{CU^2}{2}+\frac{LI^2}{2} = const$. Тогда период одного колебания: $T = 2\pi\sqrt{LC}$. За четверть периода ток на катушке изменится от~~ ~~много~~ ~~$\frac{U}{R}$ до I_2.~~

~~$\frac{4L\Delta I}{T} = \frac{4L(I_2-\frac{U}{R})}{T} \approx U$; $I_2R = \frac{UTR}{4L} + U = U\left(\frac{TR+4L}{4L}\right)$~~

~~$I_2 = \frac{U(TR+4L)}{4LR}$~~

~~Пренебрегая~~

~~Т.к. колебания~~

Т.к. $Q \ll \frac{CU^2}{2}+\frac{LI^2}{2}$, то $\Delta E \approx 0 \Rightarrow \frac{CU^2}{2}+\frac{LI^2}{2} \approx const$

$\Rightarrow T \approx 2\pi\sqrt{LC}$

$$Q = P_{ср}\cdot T = \frac{P_{max}}{2}\cdot T = \frac{I_{max}^2 R}{2}\cdot T$$

$$\frac{LI_{max}^2}{\cancel{2}} = \frac{CU^2}{\cancel{2}} + \Delta E \Rightarrow I_{max} \approx \sqrt{\frac{C}{L}}\,U$$

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

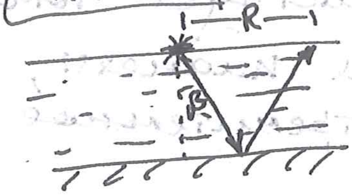
$$= \frac{3{,}8\cdot10^{-4}\cdot\sqrt{0{,}3}}{3\cdot10^{-5}\cdot4\cdot10^{-2}\cdot3{,}14\cdot\sqrt{3\cdot10^{-5}}} = \frac{3{,}8\cdot10^{-4}\cdot10^{2}}{3\cdot4\cdot3{,}14\cdot10^{-7}} \approx \cancel{0{,}1\cdot10^{5}\,Ом}\ 0{,}1\cdot10^{5} \approx$$

$= 10^4$ Ом

Ответ: 10^4 Ом

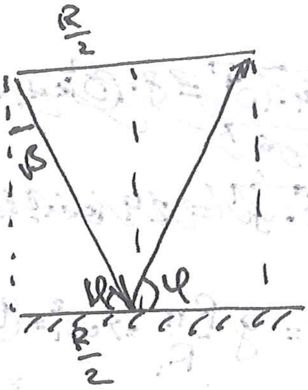
Чистовик.

$\boxed{4.10.2}$



Зная n, найдём предельный угол отклонения луча в воде от вертикали:

$$\frac{\sin 90^\circ}{\sin\beta} = n = \frac{3}{2} \Rightarrow \sin\beta = \frac{2}{3}$$



Угол падения луча на зеркало равен углу отражения.

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

~~$1 + ctg^2\beta = \dots$~~

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

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

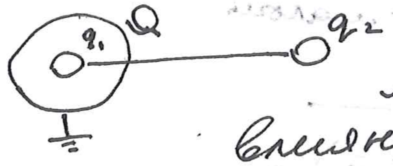
$$ctg^2\beta = \frac{1\cdot 9}{4} - 1 = \frac{5}{4}$$

$ctg\,\beta = \frac{\sqrt{5}}{2}$ (угол, очевидно, острый)

$$h = \frac{R}{2}\cdot ctg\,\beta = \frac{R\sqrt{5}}{4} = 2\sqrt{5}\text{ см} \approx 4{,}48\text{ см}$$

Ответ: $2\sqrt{5}$ см $\approx 4{,}48$ см

~~1.4.1~~ $\boxed{3.10.2}$



Т.к. второй шар находится далеко, то ~~мы~~ можем пренебречь ~~влия~~ его влиянием на ~~перерасп~~ распределение заряда на другом шаре.

Решим задачу через потенциалы.

Потенциал на сфере равен нулю, т.к. она заземлена:

~~$\frac{kq_1}{r} = -\frac{kQ}{R} \Rightarrow Q = -\frac{R}{r}q_1$~~

~~$\frac{kq_1 + kQ}{R} = \frac{kq_2}{r}$~~

~~$\frac{kq_1}{R} = -\frac{kQ}{R}$~~

$$\frac{kq_1}{R} = -\frac{kQ}{R} \quad +$$

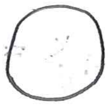
$$\frac{kq_1}{r} + \frac{kQ}{R} = \frac{kq_2}{r} \Rightarrow \frac{q_1 - q_2}{r} = \frac{q_1}{R}$$

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

Ответ: 2 см +

Чистовик.

$\boxed{1.4.2}$ На корабли действует только сила притяжения планеты, создающая центростремительное ускорение.



$\cancel{m a_{цс} = mg}$

$\cancel{\frac{v^2}{R} = g \Rightarrow v = \sqrt{gR}}$

$\cancel{v_1 = \sqrt{64 \cdot 10^4} = 8 \cdot 10^2}$

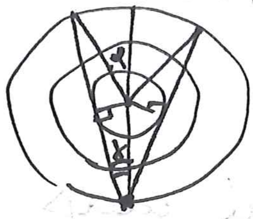
$\cancel{v_2 = \sqrt{10^6}}$

$$g = \frac{GM}{R_п^2} \quad +$$

$$a_{цс1} = g_1 = \frac{GM}{R_1^2} = g\frac{R_п^2}{R_1^2} = \frac{v_1^2}{R_1} \Rightarrow v_1^2 = g\frac{R_п^2}{R_1} \Rightarrow \omega_1^2 = \frac{gR_п^2}{R_1^3}$$

$$a_{цс2} = \frac{gR_п^2}{R_2^2} = \frac{v_2^2}{R_2} \Rightarrow v_2^2 = \frac{gR_п^2}{R_2} \Rightarrow \omega_2^2 = \frac{gR_п^2}{R_2^3}$$

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 = R_п\sqrt{g}\left(\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} + \frac{1}{\sqrt{R_2^3}}\right) \quad +$$



$$\tau = \frac{2\varphi}{\omega} = \frac{4\gamma}{\omega}$$

$$\left.\begin{array}{l} \sin\gamma = \frac{R_п}{R_1} \Rightarrow \gamma = \arcsin\frac{R_п}{R_1} \\ R_1 \geq R_п \Rightarrow \gamma - \text{малый} \end{array}\right] \Rightarrow \gamma = \frac{R_п}{R_1}$$

!

$$\tau = \frac{4 \cdot R_п}{\omega_з R_1} = \frac{4R_п}{R_1 \cdot R_п\sqrt{g}\left(\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} + \frac{1}{\sqrt{R_2^3}}\right)}$$

$$\tau = \frac{4}{6{,}4 \cdot 10^4 \cdot 3\left(\frac{1}{512 \cdot 10^9} + \frac{1}{10^{12}}\right)} = \frac{4 \cdot \cancel{64}}{\cancel{64} \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 189 \cdot 10^{-12}} =$$

$$\approx 0{,}007 \cdot 10^9 = 7 \cdot 10^6 с$$

Ответ: $7 \cdot 10^6$ с

Черновик

$R_{cp} = \frac{P}{2} = \frac{I}{\sqrt{2}} \cdot \frac{U}{\sqrt{2}} =$

$\cdot 10^5$

3,8

$3{,}14 \times 12 = 628 + 314 = 37{,}68$

$380{,}00 - 376{,}8 \,|\, 3768 = 0{,}100$; 200

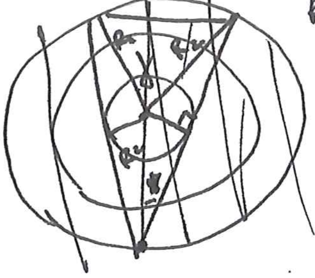
$g = \frac{GM}{R^3}$

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

$v_1 = \sqrt{\ }$

$\omega = \omega_1 + \omega_2 = R_n \sqrt{\frac{g}{R_1^3}} + R_n \sqrt{g}\left(\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} + \frac{1}{\sqrt{R_2^3}}\right)$

$\varphi =$



$\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \omega$

$\frac{R_n}{R_2} = \sin x$

$x = \frac{R_n}{R_2}$ $\quad R_1 = 64 \cdot 10^6$ м $\quad R_2 = 10^8$ м

$\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} = \frac{1}{R_1\sqrt{R_1}} = \frac{1}{64 \cdot 10^3}$

$\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} = \frac{1}{64 \cdot 10^6 \cdot 8 \cdot 10^3} = \frac{1}{512 \cdot 10^9} =$

$\frac{1}{\sqrt{R_2^3}} = \frac{1}{10^8 \cdot 10^4} = 10^{-12}$ $\quad \frac{1}{512}$

$189 \cdot 3 =$

$4{,}000 - 3969 \,|\, 567 = 0{,}0070$; -3100

$189 \times 3 = 567$

189, 378, 756

$10^3 + 512$

1512

$512 \cdot 10^{12}$

256, 128, 64

$64 \times 8 = 512$

$1{,}000 - 512 \,|\, 512 = 0{,}0019$; -4880, 4608, 1720

$567 \times 7 = 3969$

100

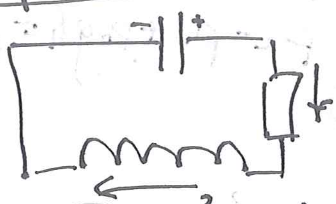
$10{,}0 \,|\, 50 = 0{,}2$

567×5

Черновик

$\cancel{\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = const}$

$$\begin{array}{r} \times 2{,}2 \\ 2{,}2 \\ \hline 44 \\ 44 \\ \hline 4{,}84 \end{array}$$



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

$$\begin{array}{r} \times 2{,}24 \\ 2{,}24 \\ \hline 896 \\ 448 \\ 448 \\ \hline 5{,}0176 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} \times 2{,}23 \\ 2{,}23 \\ \hline 669 \\ 446 \\ 446 \\ \hline 4{,}9729 \end{array}$$

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

Всё время есть ток и напряжение.

$\frac{CU^2}{2} + \frac{LU^2}{2R^2} = \frac{Q}{4} + \frac{CU_2^2}{2} + \frac{LU_2^2}{2R^2}$

$\cancel{\frac{4L\Delta I}{T}} \neq 0$

$$\begin{array}{r} \times 2{,}25 \\ 2{,}25 \\ \hline 1125 \\ 450 \\ 450 \\ \hline 5{,}0625 \end{array}$$

$\frac{4L\Delta I}{T} = U$

$\frac{CU_2^2}{2} = \frac{CI_2^2R^2}{2} + \frac{LI_2^2}{2}$

$\frac{4L(I_2 - U/R)}{T} = U$

$\frac{CU^2}{2} + \frac{LU^2}{2R^2} = \frac{Q}{4} + \frac{I_2^2}{2}(CR^2 + L)$

$\frac{4L(I_2 - U/R)}{T} = U - I_2R$

$\frac{U^2(CR^2+L)}{R^2} = \frac{Q}{2} + \frac{U^2(TR+4L)^2(CR^2+L)}{16(LR)^2}$

$\frac{4L(I_2R - U)}{T} = U - \cancel{I_2R}$

$\frac{U^2(CR^2+L)(16L^2 - (TR+4L)^2)}{16L^2R^2} = \frac{QTR}{2}$

$4L(I_2R - U) = TRU$

$I_2R - U = \frac{TRU}{4L}$

$I_2R = U\left(\frac{TR+4L}{4L}\right)$

$I_2 = \frac{U(TR+4L)}{4LR}$

$q_{,4} - \frac{R}{r} q_{,1}$

$U^2(CR^2+L)$

$\frac{LU^2}{R^2} = \frac{Q}{2} + \frac{LI_2^2}{2}$

$\frac{LU^2}{R^2} = \frac{Q}{2} + \frac{LU^2(TR+4L)^2}{16L^2R^2}$

$-\frac{4L\Delta I}{T} = I_2R$

$-\frac{4L(I_2R - U)}{TR} = I_2R$

$\cancel{-I_2R\left(1 - \frac{TR}{4L}\right) = U}$

$$\begin{array}{r} \times 2{,}43 \\ 2{,}43 \\ \hline 9 \end{array}$$

$(I_2R - U) = \frac{I_2TR^2}{4L}$

$\frac{CU^2}{2} + \frac{LI_1^2}{2} = Q$

$\frac{CU^2}{2} + \frac{LI_1^2}{2} = \frac{Q}{4} + \frac{LI_2^2}{2}$

$\frac{LI_2^2}{2} = \frac{L \cdot 16L^2U^2}{R^2(RT+4L)^2}$

$-\frac{4L(I_2R - U)}{RT} = I_2R$

$I_2 = \frac{4LU}{R(RT+4L)}$

$$\begin{array}{r} \times 2{,}43 \\ 2{,}43 \\ \hline 729 \\ 972 \\ 486 \\ \hline 5{,}9049 \end{array}$$

$-4L(I_2R - U) = I_2R^2T$

$\frac{CU^2}{2} + \frac{LU^2}{2R^2} = \frac{Q}{2} + \frac{LI_2^2}{2}$

$I_2R(RT + 4L) = 4LU$

Черновик

$p_1 = p_{нп} + p_0$

2.5.2 $p_1 V_1 = p_2 V_2$

$p_2 = p_0 + \rho_0 g h = p_в + p_н$

$\cancel{(p_{нп} + p_{в1})V_1 = (p_н + p_{в2})V_2}$

$\cancel{(p_{нп} + p_{в1}) l S = (p_н + p_{в2}) S \left(\frac{l}{2} + h\right)}$

$p_в\left(\frac{l}{2} + h\right) = p_0 l$

$p_в = \frac{2 p_0 l}{l + 2h}$

$p_0 + \rho_0 g h = \frac{2 p_0 l}{l + 2h} + p_{нп}$

$p_0\left(\frac{2h - l}{l + 2h}\right) = p_{нп} - \rho_0 g h$

$p_0\left(1 - \frac{2l}{l + 2h}\right) = p_{нп} + \rho_0 g h$

$p_0 = p_{в1} + p_{нп}$

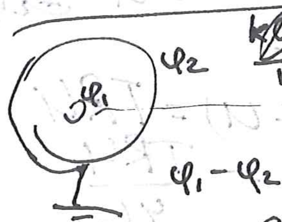
$p_{в2} = \frac{2 p_{в1} l}{l + 2h} = \frac{2 p_0 l}{l + 2h} - \frac{2 p_{нп} l}{l + 2h}$

$\cancel{p_0 2 p_н}\ \cancel{p_{в2}}$

$p_0\left(1 - \frac{2l}{l + 2h}\right) = p_{нп}\left(1 - \frac{2l}{l + 2h}\right) - \rho_0 g h$

$p_0\left(\frac{2h - l}{l + 2h}\right) = p_{нп}\left(\frac{2h - l}{l + 2h}\right) - \rho_0 g h$

$p_0 = p_{нп} - \frac{\rho_0 g h (l + 2h)}{2h - l} = 14{,}5 \cdot 10^3 + \frac{4{,}5 \cdot 10^3 \cdot 1{,}9}{0{,}1}$



$\frac{kq}{r} \cancel{=} \frac{kQ}{r}$

$\varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_3$

$2q = q_1 + q_2 = 10^{-9}$ Кл

$q = 5 \cdot 10^{-10}$ Кл

$\varphi_2 = \varphi_1 + \varphi_3$

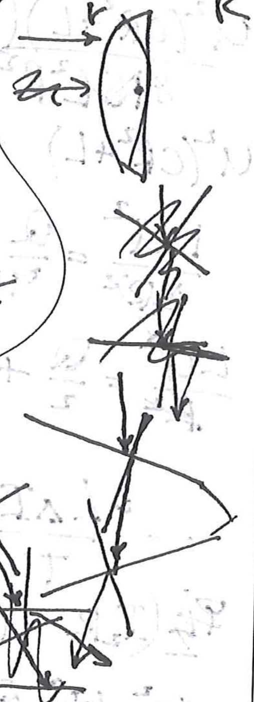
$-\frac{kQ}{R} + \frac{kq_1}{r} = \frac{kq_2}{r}$

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

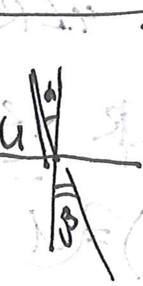
$\times \begin{array}{r} 19 \\ 45 \\ \hline 95 \\ 76 \\ \hline 855 \end{array}$

$\frac{kq}{R} + \frac{kQ}{R} = \frac{kq}{r}$

$\frac{kq}{r} = -\frac{kQ}{R}$

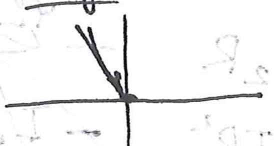


$\frac{8 L \Delta T}{T} = u$



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

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



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

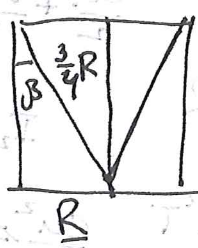
$n \sin\beta = 1$

$\sin\beta = \frac{2}{3}$

$\frac{9}{16}R^2 - \frac{4R}{16}$

$\frac{kq}{r} = -\frac{kQ}{R}$

$Q = -\frac{R}{r} q$



$\frac{R}{2}$

$\cancel{H = \sqrt{R^2 + \frac{9}{4}R^2} = \frac{R}{2}\sqrt{13}}$

$H = \sqrt{\frac{9}{4}R^2 - R^2} = \frac{R}{2}\sqrt{5} = 4\sqrt{5}$ см