0 819955 610000

81-99-55-61
(5.3)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3 ; 11

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Юсупова Азата Дамировича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«09» февраля 2024 года

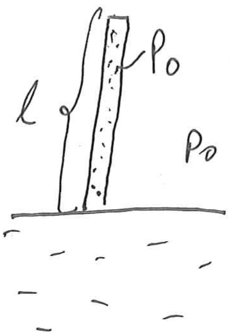
Подпись участника

ЮС

ЧИСТОВИК

2.5.3

S — площадь поперечного сечения трубки



Давление в трубке до погружения $= P_0$

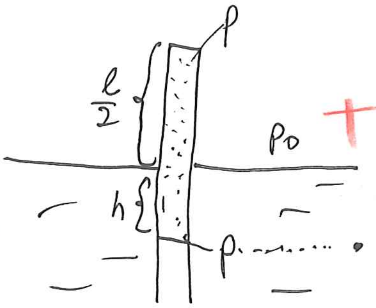
По з-ну Дальтона $P_0 = P_{нас} + P_1$

P_1 — парциальное давление воздуха до погружения.

$P_1 = P_0 - P_{нас}$

Ур-ие Менд.-Клап.: $P_1 \cdot S l = \nu_B R T$

$P_2 \cdot S \cdot \left(\frac{l}{2} + h\right) = \nu_B \cdot R T$



$P_0 + \rho g h = P$

P_2 — парциальное давление воздуха после погружения

Давление в трубке после погружения $= P$

$P = P_{нас} + P_2$;

$P_2 = P_0 + \rho g h - P_{нас}$

$P_1 \cdot l = P_2 \cdot \left(\frac{l}{2} + h\right)$

Парциальное давление насыщенного пара зависит от температуры, в данной задаче температура не изменяется $\Rightarrow$ $P_{нас_1} = P_{нас_2} = P_{нас}$. (часть водяного пара сконденсируется, однако объём этой воды мал и им можно пренебречь)

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

$$l\left(P_0 - P_{нас} - \frac{P_0}{2} + \frac{P_{нас}}{2} - \frac{\rho g h}{2}\right) = (P_0 - P_{на} + \rho g h) \cdot h$$

$$l = \frac{P_0 + \rho g h - P_{нас}}{\frac{P_0}{2} - \frac{\rho g h}{2} - \frac{P_{нас}}{2}} \cdot h = 2h \cdot \frac{P_0 + \rho g h - P_{нас}}{P_0 - \rho g h - P_{нас}}$$

ЧИСТОВИК

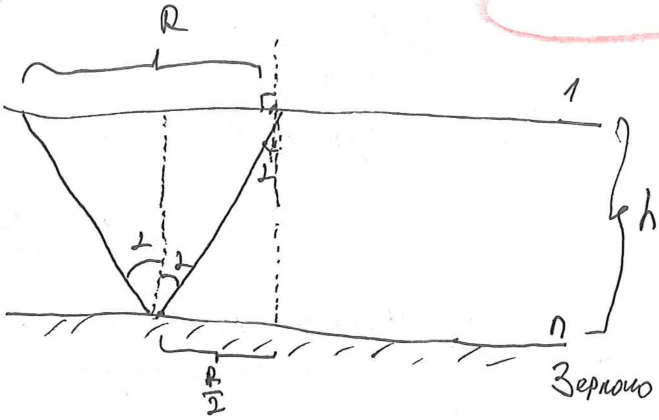
2.5.3 ~~(продолжение)~~

$$l = 2 \cdot 0{,}45 \cdot м \cdot \frac{100 \cdot 10^3 + 4{,}5 \cdot 10^3 - 14{,}5 \cdot 10^3}{100 \cdot 10^3 - 4{,}5 \cdot 10^3 - 14{,}5 \cdot 10^3} =$$

$$= 2 \cdot 0{,}45 м \cdot \frac{100 + 4{,}5 - 14{,}5}{100 - 4{,}5 - 14{,}5} = 2 \cdot 0{,}45 м \cdot \frac{90{,}0}{81{,}0} = 1 м$$

Ответ: $l = 1 м.$ +

4.10.3



Рассмотрим ход луча падающего под максимальным углом $\approx 90°$

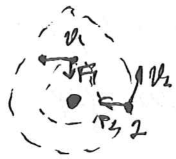
По з-ну Снеллиуса: $1 \cdot \sin 90° = n \cdot \sin \alpha$

Преломившись луч падает на зеркало под углом α, далее отражается под тем же углом α. Из планиметрии: $\sin \alpha = \frac{\frac{R}{2}}{\sqrt{\frac{R^2}{4} + h^2}} = \frac{4}{\sqrt{32}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$

$$n = \frac{1}{\sin \alpha} = \frac{1 \cdot 2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} \approx 1{,}41$$

Ответ: $n = 1{,}41.$

1.4.3



Картина сил:

$$F_1 = \frac{M \cdot m_1}{R_1^2} \cdot G; \quad F_2 = \frac{M \cdot m_2}{R_2^2} \cdot G$$

$$a_1 = \frac{v_1^2}{R_1}; \quad a_2 = \frac{v_2^2}{R_2};$$

2ЗН: $F_1 = m_1 a_1$; $F_2 = m_2 a_2$

$$\frac{M m_1}{R_1^2} \cdot G = \frac{m_1 \cdot v_1^2}{R_1} \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{MG}{R_1}}$$

аналогично: $v_2 = \sqrt{\frac{MG}{R_2}}$

81-99-55-61
(5.3)

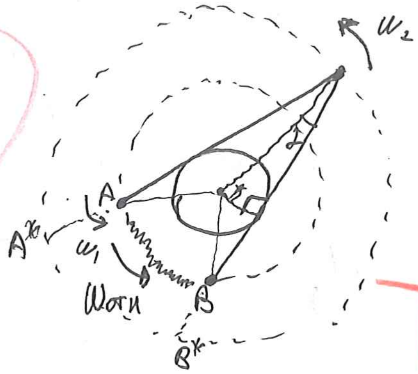
$\cancel{\omega_1 = MG}$

Чистовик

1.4.3

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{MG}{R_1^3}} \quad \left(\frac{v_1}{R_1}\right); \text{ аналогично } \omega_2 = \sqrt{\frac{M\cdot G}{R_2^3}}$$

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



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

Рассмотрим движение в СО 2:

$\omega_{отн} = \omega_1 - \omega_2$

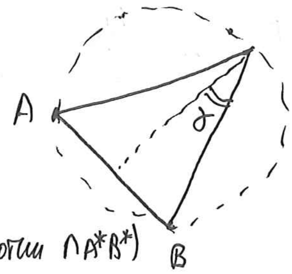
$$\tau = \frac{\cap AB}{\omega_{отн}}$$

$\cap A^*B^* = \frac{2\alpha}{2} = \alpha$ (вписанный)

$\cap AB = \frac{r}{R_1}$

$\omega_{отн} = \sqrt{MG}\cdot\cancel{\left(\frac{1}{R_1^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{R_2^{\frac{3}{2}}}\right) = \frac{R_2^{\frac{3}{2}}-R_1^{\frac{3}{2}}}{(R_1R_2)^{\frac{3}{2}}}\cdot\sqrt{MG}}$

$\cancel{= \sqrt{M\cdot G}\cdot\frac{R_2}{R_1}}$



($\cap AB$ по аналогии $\cap A^*B^*$)

$$\left(\omega_{отн} = \omega_2\left(\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{\frac{3}{2}}-1\right) = \frac{\sqrt{GM}}{\sqrt{R_2^3}} = \sqrt{\frac{G\cdot M}{R_2^3}}\cdot\left(\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{\frac{3}{2}}-1\right)\right.$$

$$\tau = \frac{r}{R_1\cdot\sqrt{\frac{G\cdot M}{R_2^3}}\cdot\left(\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{\frac{3}{2}}-1\right)}$$

$$\tau = \frac{6{,}4\cdot 10^{3}}{6{,}4\cdot 10^{7}\cdot\sqrt{\frac{6{,}7\cdot 10^{-11}\cdot 6\cdot 10^{24}}{10^{24}}}\cdot\left(\sqrt{\frac{10^{18}}{8^6\cdot 10^{9}}}-1\right)}\cdot с =$$

$$= \frac{1}{10\cdot\sqrt{67\cdot 6\cdot 10^{-12}}\cdot\left(\sqrt{\frac{10^6}{8^6}}-1\right)}\, с = \frac{10^5}{\sqrt{67\cdot 6}\cdot\left(\frac{10^3-8^3}{8^3}\right)}\cdot с =$$

$$= \frac{10^5\cdot 8^3}{\sqrt{67\cdot 6}\cdot(10^3-8^3)}\cdot с$$

Ответ: $\cancel{\tau = 10^5\cdot 10}$ $\tau = \frac{10^5\cdot 8^3}{\sqrt{402}\cdot(10^3-8^3)}\cdot с$

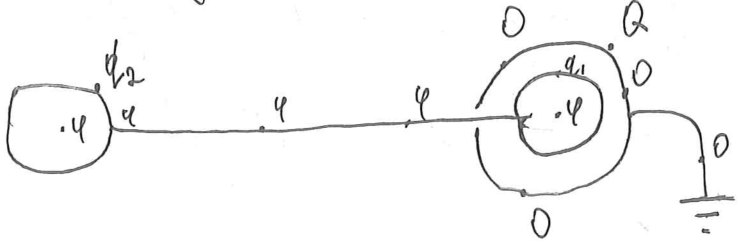
Чистовик

20

3.10.3

Метод потенциалов.

$q_1 > 0$



Т.к. шарики проводящие, их поля и потенциалы совпадают со сферами соответственных радиусов и зарядов

+ $\varphi = \frac{kq_1}{r} + \frac{kQ}{R} = \frac{kq_2}{r}$ — Метод наложения потенциалов

Сфера заземлена: $0 = \frac{kq_1}{R} + \frac{kQ}{R} \Rightarrow Q = -q_1$ +

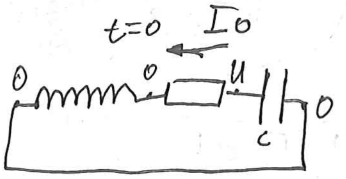
$q_2 = q_1 + \frac{r}{R} \cdot Q = q_1\left(1 - \frac{r}{R}\right) = \frac{q_1}{3}$ +

$q_2 = 2 \cdot 10^{-10}$ Кл

Ответ: $q_2 = 2 \cdot 10^{-10}$ Кл.

5.4.3

Исп. мет. пот.



$I_{(0)} = I_{max} \Rightarrow I'_{(0)} = 0$ +

$I = I_L$ — ток в цепи

$I_{max} = I_0 = \frac{U}{R}$; $Q = \sum \Delta Q = \sum I^2 \cdot R \cdot \Delta t$ $U_L(0) = L \cdot I'_{(0)} = 0$

Энергия, выделяющаяся в виде теплоты в таком контуре: $Q = \frac{I_{max}^2}{2} \cdot R \cdot T$, где T — период колебаний

$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$; $T = 2\pi\sqrt{LC}$; $Q = \frac{U^2}{2R} \cdot 2\pi\sqrt{LC}$; ~~$L =$~~

$L = \frac{\left(\frac{QR}{\pi U^2}\right)^2}{C}$; $L = \frac{\left(\frac{3{,}14 \cdot 0{,}4}{3{,}14 \cdot 1}\right)^2}{40}$ Гн $= \frac{16}{40}$ Гн $= 0{,}4$ Гн

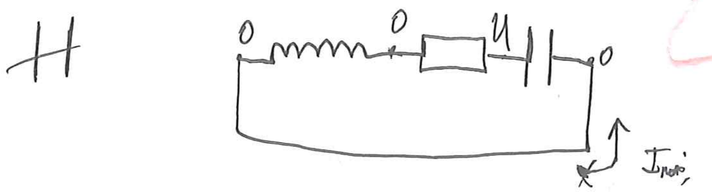
Ответ: $L = 0{,}4$ Гн.

Черновик

$10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}45 = 4{,}5 \cdot 10^3$

$f = \{\min_{\max}\} \Rightarrow f' = 0$

(0)



$I' = 0$

$U_L = L \cdot I' = 0$

$W_0 = \frac{U^2 \cdot C}{2} + \frac{I_{max}^2 \cdot L}{2}$ $\qquad q' = U' \cdot C$ $\qquad \boxed{I_{max} = \frac{U}{R}}$

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

$U \cdot U' \cdot C + I \cdot I' \cdot L = 0$

$q \cdot U' + q' \cdot q'' \cdot L = 0$

$\frac{q' \cdot q}{C} + q' \cdot q'' \cdot L = 0$

$q = A\sin(\omega t) + B\cos(\omega t) + q_0(0)$

$q'' + q \cdot \frac{1}{CL} = 0; \omega = \sqrt{\frac{1}{CL}}$

$q(0) = U \cdot C = B\cancel{\cos(\omega t)} \Rightarrow B = U \cdot C$

$q'(0) = I_{max} = A \cdot \omega \cdot \cancel{\cos(\omega t)} \Rightarrow A = \frac{I_0}{\omega}$

$P_{(t)} = q' \cdot I^2 R = (I_0 \cdot \cos(\omega t) - UC \cdot \sin(\omega t))^2 \cdot R$

$q'(t) = A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) - B \cdot \omega \cdot \sin(\omega t) = \frac{I_0}{\omega} \cdot \omega \cos(\omega t) - UC \cdot \omega \sin(\omega t)$

$Q = R \cdot \int_0^T (I_0 \cdot \cos(\omega t) - U \cdot C\omega \sin(\omega t))^2 dt$

$\cancel{I_0} \left(\frac{(\overset{\sin}{\cancel{\cos}} + \cancel{\sin})^3}{3} \right)' \cdot \frac{3(\cos - \sin)^2}{3}$

$Q = R \cdot \frac{(I_0 \cdot \sin(\omega t) + U \cdot C \cdot \omega \cos(\omega t))^3}{3}$

$\frac{1}{2} - \frac{1}{3} = \frac{1}{6}$

$\frac{\varphi^* - \varphi}{R} = I = q' \quad ; U_C = \varphi^*$

$U_L = \varphi$

$\varphi U_C' = \frac{I}{C}$ $\qquad (\cos^3)' = 3\cos^2$

$I' = \frac{\varphi}{L}$ $\qquad \sin^3$

$\frac{U_C - U_L}{R} = I \quad ; \quad P = I^2 \cdot R = \frac{(U_C - U_L)^2}{R}$

$3\cos^2 \cdot (-\sin)$

$Q = R \cdot \int I_0^2 \cos^2(\omega t) \cdot dt$

$R \cdot \frac{\varphi}{L} = \varphi^{*\prime} - \varphi'$

$I = I_0 \cos(\omega t)$

$P = I_0^2 \cos^2(\omega t) \cdot R$;

$\cos^2 = 2 \cdot \cos \cdot (-\sin)$

Черновик

$I_0^2 \cdot \cos^2(wt)$? $I_0^2 \cdot R \cdot \int_0^T \cos^2(wt) \cdot \Delta t$

$\frac{\cancel{3}\cos^3(wt)}{-3\sin(wt)} = \cancel{3}\cos^2(wt) \cdot w$

$\cancel{\left. \sqrt{LC} \cdot \frac{\cos^3(wt)}{-3\sin(wt)} \right|_0^T}$

$I^2 \cdot R \cdot 2\pi\sqrt{LC} = Q$

$\frac{\cancel{31{,}4} \cdot \cancel{0{,}4}}{\cancel{2} \cdot \cancel{3{,}14}}$ 1,05 Q

$\frac{U^2}{R} \cdot 2\pi\sqrt{LC} = Q$

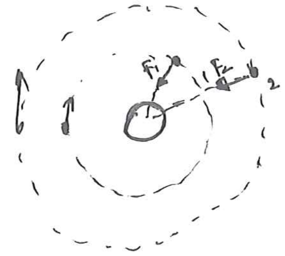
$\cancel{3{,}1}$ $\frac{16}{40}$

$\frac{\left(\frac{QR}{U^2 \cdot 2\pi}\right)^2}{C} = L$

$\frac{4}{40}$ мкГн

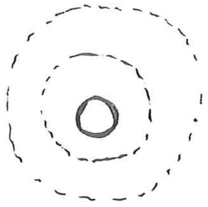
Черновик

2 ЗН: $F_1 = ma_1$
$F_2 = ma_2$



$$\frac{G m_1 M}{R_1^2} = m_1 a_1$$

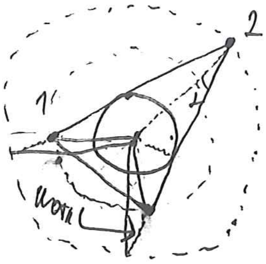
$$\frac{G m_2 M}{R_2^2} = m_2 a_2$$



$$\frac{GM}{R_2^{\cancel{2}}} = \frac{v_2^2}{\cancel{R_2}}$$

$\omega = \omega_{отн} + \omega_{пер}$

$\omega_{отн} = \omega - \omega_{пер}$



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

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

$$\omega_1 = \frac{v_1}{R_1} = \sqrt{\frac{GM}{R_1^3}}; \quad \omega_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_2^3}}$$

В СО 2: $\omega_{отн} = \omega_1 - \omega_2 = \omega_2\left(\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{\frac{3}{2}} - 1\right)$

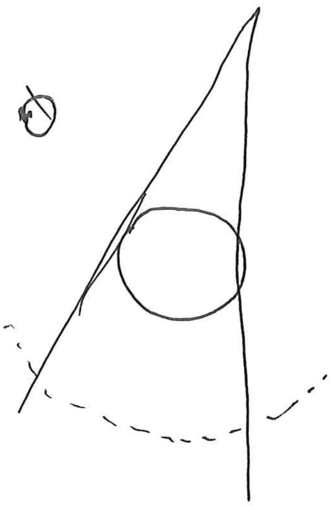
$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{R_2^{\frac{3}{2}}}{R_1^{\frac{3}{2}}}$$

$\sin 2\alpha = \frac{r}{R_2} = \cancel{\ }$

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

67
6
40 2

335
67
402



$$\tau = \frac{\alpha}{\omega_{отн}} = \frac{r}{R_2 \cdot \sqrt{\frac{GM}{R_2^3}} \underbrace{\left(\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{\frac{3}{2}} - 1\right)}_{K}}$$

$$\tau = \frac{r}{\sqrt{\frac{GM}{R_2}} \cdot K}$$