0 485687 170008

48-56-87-17
(3.4)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант № 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Бондаренко Бориса Эдуардовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

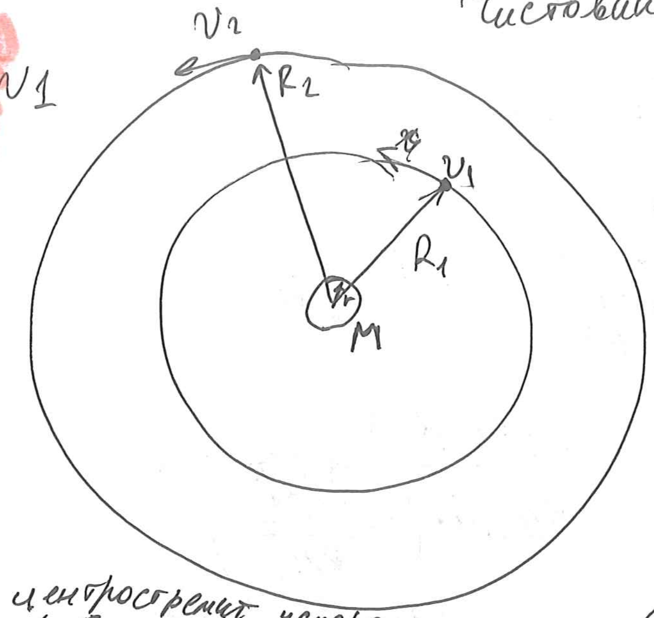
«9» января 2024 года

Подпись участника

48-56-87-17 (3.4)

Чистовик

№1



$r \approx 10^3$

$R_1 = 6{,}4 \cdot 10^4$

$R_2 = 10^5$ $\Rightarrow r \ll R_1,\ r \ll R_2$

$$g = G \cdot \frac{M}{r^2}$$

$g_1 = G\frac{M}{R_1^2}$ ← ускорение свободного падения около 1 тела

$g_2 = G\frac{M}{R_2^2}$ около 2 тела

центростремит ускорение

$$a = g_1 = \frac{v_1^2}{R_1} \Rightarrow v_1^2 = G\frac{M}{R_1},\quad v_2^2 = G\frac{M}{R_2}$$

T_1 - период обращения 1 спутника вокруг планеты

T_2 - 2 спутника:

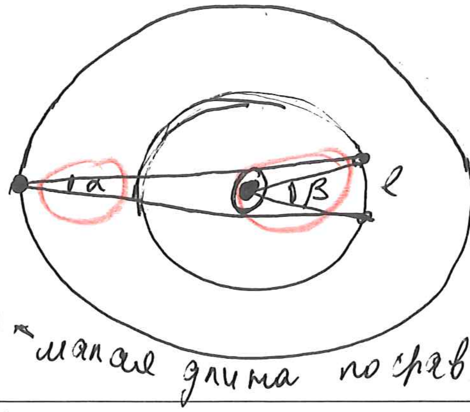
$$T_1 = \frac{2\pi R_1}{v_1} = \frac{2\pi R_1}{\sqrt{GM}}\cdot\sqrt{R_1} = 2\pi\cdot\sqrt{\frac{R_1^3}{GM}}$$

$$T_2 = \frac{2\pi R_2}{v_2} = 2\pi\sqrt{\frac{R_2^3}{GM}}$$

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

перейдём в С.О 2 спутника, тогда 2 спутник стоит на месте, а второй будет вращаться с угловой скоростью $\omega = \omega_1 - \omega_2 =$

$$= \sqrt{\frac{GM}{R_1^3}} - \sqrt{\frac{GM}{R_2^3}}$$



$\alpha = \frac{2r}{R_2}$ - малый угол по сравн с 2π

$l = \alpha\cdot(R_2+R_1) = \frac{2r}{R_2}(R_2+R_1)$ ← малая длина по сравнению с R_1

1	20	Толоконников
2	20	Калиш А.Н.
3	19	Едгизаров А.Н.
4	20	Руденко
5	17	Соколовская Ю.Г.
Σ	97	

Чистовик

$$\beta = \frac{l}{R_1} = \frac{2r}{R_1R_2}(R_1+R_2).$$

$$t = \frac{\beta}{\omega} = \frac{2r(R_1+R_2)}{R_1R_2\left(\sqrt{\frac{GM}{R_1^3}}-\sqrt{\frac{GM}{R_2^3}}\right)}, \quad r=\sqrt{\frac{GM}{g}}$$

$$t=\frac{2\cdot\sqrt{GM}\,(R_1+R_2)}{R_1R_2\cdot\sqrt{g}\cdot\left(\sqrt{\frac{GM}{R_1^3}}-\sqrt{\frac{GM}{R_2^3}}\right)} = \frac{2(R_1+R_2)}{R_1R_2\sqrt{g}\cdot\left(\frac{\sqrt{R_2^3}-\sqrt{R_1^3}}{\sqrt{R_1^3R_2^3}}\right)} =$$

$$= \frac{2\cdot1{,}64\cdot10^5\cdot10^3}{3\cdot0{,}64\cdot10^{10}\cdot10^6\,\frac{\sqrt{10^{24}}-\sqrt{0{,}64^3\cdot10^{24}}}{\sqrt{10^{30}\cdot0{,}64^3\cdot10^{18}}}} = \cancel{\frac{3{,}28\cdot10^5\cdot10^{10}\cdot0{,}04}{1{,}92\cdot10^{10}\cdot10(\sqrt{100}-4)}} =$$

$$= \cancel{\frac{2\cdot1{,}64\cdot10^5\cdot10^{10}}{3\cdot10^{10}\cdot10(\sqrt{100}-4)}} = \cancel{\frac{3{,}25\cdot10^4}{3(\sqrt{100}-4)}} =$$

$$= \cancel{\frac{2\cdot1{,}64\cdot10^5\cdot10^{15}\cdot0{,}8^3}{3\cdot0{,}64\cdot10^{10}\left(\sqrt{(100)^3\cdot10^{9}}-\sqrt{64^3\cdot10^9}\right)}} = \cancel{\frac{2\cdot1{,}64\cdot10^{10}\cdot0{,}6}{3\cdot\sqrt{10^9}\cdot(1000-8^3)}} =$$

$$= \cancel{\frac{2\cdot1{,}64\cdot10^{10}\cdot0{,}8}{3\cdot10^9\cdot488}} \approx \cancel{10^3\,c}$$

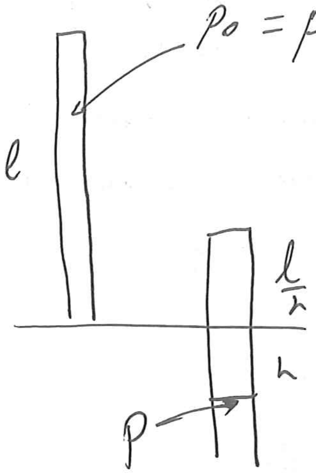
$$\frac{2\cdot1{,}64\cdot10^8\cdot10^{24}\cdot0{,}8^3}{3\cdot0{,}64\cdot10^{16}\cdot10^9(10^3-8^3)} = \frac{2\cdot1{,}64\cdot10^7\cdot0{,}8}{3\cdot\cancel{0{,}64}\cdot488} \approx \frac{2\cdot10^7}{10^3} \approx 2\cdot10^4\,c \approx$$

$\approx$ 4 час.

48-56-87-17 (3.4)

Чистовик

№2



$$p_0 = p_{нас} + p_{возд} = p_{нас} + \frac{\nu_в RT}{l \cdot S} \quad (1)$$

после этого мы погружаем трубку в воду. давление насыщеных паров не изменится, т.к это $p_{нас}$ (будет выпадать роса)

$$p = p_0 + \rho g h = p_{нас} + \frac{\nu_в RT}{\left(\frac{l}{2}+h\right)S} \quad (2)$$

(1) $$(p_0 - p_{нас})\, l = \frac{\nu_в RT}{S}$$

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

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

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

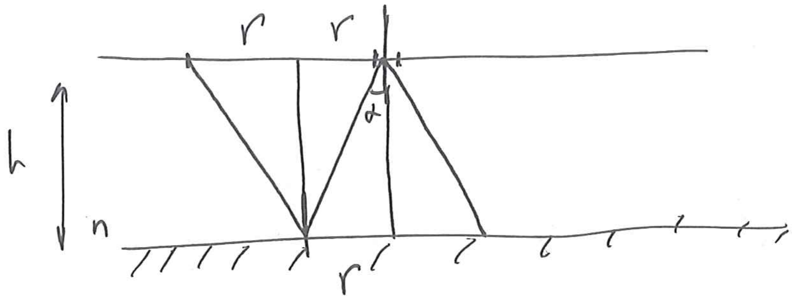
$$p_{нас} = \frac{p_0\left(h-\frac{l}{2}\right) + \rho_0 g h\left(\frac{l}{2}+h\right)}{h-\frac{l}{2}} = \frac{-10^5 \cdot 0{,}05 + 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}45 \cdot 0{,}95}{-0{,}05} =$$

$$= \frac{-10^5 \cdot 5 + 10^4 \cdot 45 \cdot 0{,}95}{-5} = \frac{10^5 - 10^4 \cdot 9 \cdot 0{,}95}{} = 10^4(10 - 8{,}55) =$$

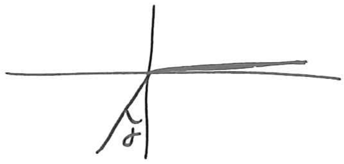
$$= 10^4 \cdot 1{,}45 = 14500\ Па$$

Чистовик.

N4



максимальный угол, который можно получить при вхождении в воду: +



$\sin(90) = n\cdot\sin\alpha$.

$\boxed{\sin\alpha = \frac{1}{n}} = \frac{2}{3}$ +

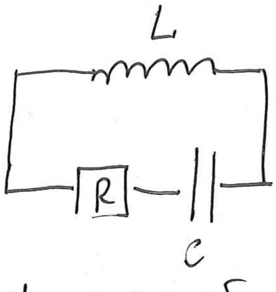
значит в воду будут входить лучи ~~с α~~ с углом меньше или равным α.

$\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2} = \sqrt{1-\frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$. $\quad tg\alpha = \frac{\frac{2}{3}}{\frac{\sqrt{5}}{3}} = \frac{2}{\sqrt{5}} = \frac{2\sqrt{5}}{5}$.

$r = h\cdot tg\alpha = 5\cdot\frac{2\sqrt{5}}{5} = 2\sqrt{5}$ см.

$\underline{R = 2r = 4\sqrt{5}\text{ см}}$ ← т.к отверстие малое, то это ответ. +

N5



в тот момент, когда $I' = 0$, то

$U_L = L\dot{I} = 0$, значит

$U = IR \Rightarrow \underline{I = \frac{U}{R}}$ +, $\underline{q = UC}$ ← заряд на кондере в этот момент

период колебаний, ~~если~~ ~~...~~: $T = 2\pi\sqrt{LC}$ +

$I = I_0\cdot\cos\frac{t}{\sqrt{LC}}$, $I_0 = \frac{U}{R} \Rightarrow I(t) = \frac{U}{R}\cdot\cos\frac{t}{\sqrt{LC}}$

I - ток в контуре

$dQ = I^2R\cdot dt = R\cdot\frac{U^2}{R^2}\cdot\cos^2\frac{t}{\sqrt{LC}}dt = \frac{U^2}{R}\cdot\cos^2\frac{t}{\sqrt{LC}}dt$

48-56-87-17 (3.4)

Чистовик

$$Q=\int_0^T \frac{U^2}{R}\cdot\cos^2\frac{t}{\sqrt{LC}}\cdot dt=\frac{U^2}{R}\sqrt{LC}\int_0^T\cos^2\frac{t}{\sqrt{LC}}\cdot d\frac{t}{\sqrt{LC}}=$$

$$=\frac{U^2}{R}\sqrt{LC}\cdot\left(\frac{\sin 2\frac{t}{\sqrt{LC}}}{4}+\frac{1}{2}\cdot t\right)\Bigg|_0^T=$$

$$=\frac{U^2}{R}\sqrt{LC}\cdot\left(\frac{\sin\left(2\cdot\frac{2\pi\sqrt{LC}}{\sqrt{LC}}\right)}{4}+\frac{1}{2}\cdot 2\pi\sqrt{LC}-\frac{\sin 0}{4}+\frac{1}{2}\cdot 0\right)=$$

$$=\frac{U^2}{R}\cdot\sqrt{LC}\cdot\frac{1}{2}\cdot 2\pi\sqrt{LC}=\frac{U^2}{R}LC\cdot\pi=$$

$$=\frac{2^2}{1}\cdot 0{,}3\cdot 30\cdot 10^{-9}\cdot 3{,}14=4\cdot 3\cdot 3\cdot 3{,}14\cdot 10^{-9}=$$

=

$$q=\frac{U\sqrt{LC}}{R}\sin\frac{t}{\sqrt{LC}}+\frac{U}{C}$$

$$\ddot{q}=-\frac{U}{R\sqrt{LC}}\cdot\sin\frac{t}{\sqrt{LC}}=-\frac{q}{LC}+\frac{U}{LC^2}$$

$$dQ=\left(\frac{q}{C}-\ddot{q}L\right)dq=\left(\frac{q}{C}+\frac{q}{LC}-\frac{U}{LC^2}\right)dq=$$

$$=\frac{q}{C}\frac{L+1}{L}dq-\frac{U}{LC^2}dq$$

за четверть периода: $q_{нач}=\frac{U}{C}$, $q_{кон}=\frac{U\sqrt{LC}}{R}+\frac{U}{C}$

$$Q=\frac{q^2}{C}\frac{L+1}{L}-\frac{Uq}{LC^2}\Bigg|_{\frac{U}{C}}^{\frac{U\sqrt{LC}}{R}+\frac{U}{C}}=\frac{U^2}{R}\sqrt{LC}\cdot\pi=$$

(+)

$$=\frac{4}{1}\cdot\sqrt{0{,}3\cdot 30\cdot 10^{-3}}\cdot\pi=4\cdot\sqrt{9\cdot 10^{-3}}\cdot\pi=\frac{4\cdot 3\cdot\pi}{10^{4}\sqrt{10}}=$$

$$=4\cdot 3\cdot\frac{3{,}14}{3{,}16}\cdot 10^{-4}=1192{,}5555\cdot 10^{-6}=1195\cdot 10^{-6}\text{ Дж}$$

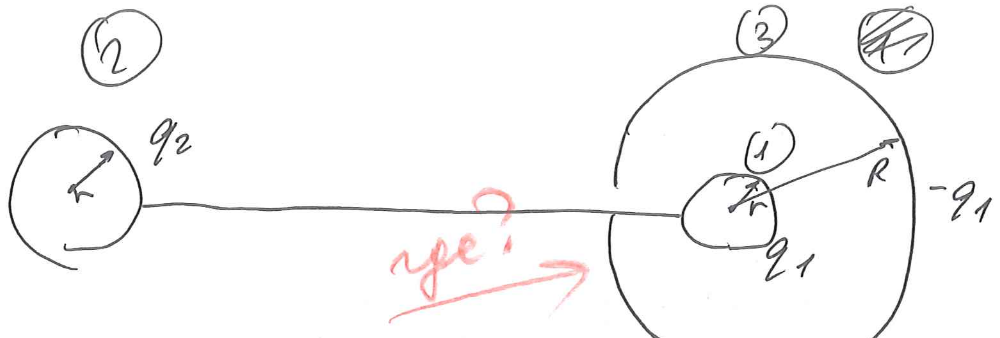
$=1195$ мкДж

(−)

3

Чистовик

№3



Т.к оболочка заземлена, то у нее будет заряд равный по модулю и противоположный по знаку с находящимся внутри нее шара. Если заряд не перетекает, то значит у шаров равные потенциалы:

$\varphi_2 = \frac{kq_2}{r}$ $\varphi_3 = 0$, т.к он заземлён

$$\varphi_1 = \int_r^R \frac{kq_1}{r^2}\,dr = -kq_1\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r}\right) =$$

$$= kq_1 \frac{R-r}{rR}, \quad \varphi_2 = \varphi_1 \Rightarrow \frac{kq_2}{r} = kq_1 \cdot \frac{R-r}{rR}$$

$$q_2 R = q_1 R - q_1 r \Rightarrow (q_2 - q_1)R = -q_1 r$$

$$R = q_1 \frac{r}{q_1 - q_2} = 6 \cdot 10^{-10} \cdot \frac{2}{4 \cdot 10^{-10}} = 3\text{ см}$$

Черновик

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

$\int \cos^2 t\,dt = \cancel{\cos 2t = 2\cdot\sin 2t} = -\sin^2=\cos^2-1$

$= 2\,\cancel{2\sin\cos}\quad \sin 2\alpha = 2\cdot\cos 2\alpha =$

$= 2\cdot(\cos^2-\sin^2) = 2\cdot(2\cos^2-1) = 4\cos^2-2$

$\cancel{\frac{\sin 2\alpha}{4}+\frac{2}{1}} = \frac{\sin 2\alpha}{4}+\frac{1}{2}\alpha =$

$= \frac{4\cos^2-2}{4}+\frac{1}{2} = \cos^2$

$3{,}14 \times 3{,}14 = 1256 + 314 + 942 = 9{,}8596$

$\frac{12\cdot 11}{\sqrt{10}}$

$99{,}555 \times 12 = 199110 + 99555 = 1194660$

$\cos^2 t\,dt =$

$3{,}15 \times 3{,}15 = 1575$

$\ddot q = -\frac{U}{R\sqrt{LC}}\cdot\sin\frac{t}{\sqrt{LC}} = \frac{q}{LC} - \frac{U}{LC^2}$

$q = \frac{U\sqrt{LC}}{R}\cdot\sin\frac{t}{\sqrt{LC}} + \frac{U}{C}$

$dQ = dq\cdot\left(\frac{U\sqrt{LC}}{RC}\cdot\sin\frac{t}{\sqrt{LC}}+\frac{U}{C^2}+\ddot q L\right)$

$3{,}15 \times 3{,}15 = 1575 + 315 + 945 = 9{,}9225$

$3{,}16 \times 3{,}16 = 1896 + 316 + 948 = 10{,}0056$

$= \cancel{\frac{U\sqrt{LC}}{RC}\sin\frac{t}{\sqrt{LC}}}$

$dq\left(\frac{q}{C}+\frac{q}{LC}-\frac{U}{LC^2}\right) = \frac{q}{C}\left(\frac{L+1}{L}\right)dq =$

$\cancel{314 \,|\, 3{,}14}$

$31400 : 316 = 99{,}5$
-2844
2960
-2844
1600
-1422

$1580 : 316 = 55$
-1417
158

$99{,}5555$

Черновик

$64 = 2^6$

$4 \cdot 4 \cdot 4$

$16 \times 4 = 64$

$1{,}64 \times 2 = 3{,}28$

$0{,}64 \times 3 = 1{,}92$

$2624 \,|\, 1464$

$-1464 \quad 1{,}1$

1160

-1464

1350

$488 \times 3 = 1464$

$64 \times 8 = 512$

$3{,}28 \times 8 = 4$

$$\boxed{q = -\frac{U}{R\sqrt{LC}} \cdot \sin\frac{t}{\sqrt{LC}}}$$

$3{,}28 \times 0{,}8 = 2{,}624$

$0{,}95 \times 9 = 8{,}55$

$81 = 85$

$9 - 5$

$1000 - 855 = 145$

$I = I_0 \cdot \cos \omega t$

$I = I_0 \cdot \cos \frac{t}{\sqrt{LC}}$

$I_0 = \frac{U}{R}$

$$\boxed{q = +\frac{U\sqrt{LC}}{R} \sin\frac{t}{\sqrt{LC}} + UC}$$

$IR = U$

R

$P = I \cdot U = I^2 R$

$q = UC$

$dQ = IRdq$

$\cancel{\frac{U^2}{R} = P} =$

$qU = Q$

$Udq = dQ$

$U = \frac{q}{C} - \dot{I}L$

$\cancel{U = I \cdot R = \int \frac{dq}{dt} \cdot R dq = dQ}$

$\left(\frac{q}{C} - \ddot{q}L\right) dq = dQ$

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

$\ddot{q} + q\frac{1}{LC} = 0$

$dQ = \int I^2 R dt = R \int I^2 dt$

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