Выдан доп + 1 лист

0 267045 380003

26-70-45-38

(5.9)

1755

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Маркиной Алины Алексеевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«9» февраля 2024 года

Подпись участника

Чистовик

№1.4.3.

Найдем скорость движения спутников

$$m_1 a_1 = m_1 \frac{v_1^2}{R_1} = \frac{GMm_1}{R_1^2}$$

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

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

$$m_2 \frac{v_2^2}{R_2} = \frac{GMm_2}{R_2^2}$$

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

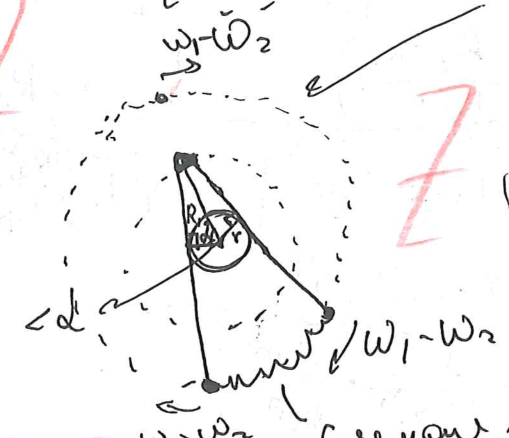
$$\omega R = v$$

$$\omega = \frac{v}{R}$$

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

$$\omega_2 = \frac{v_2}{R_2} = \sqrt{\frac{GM}{R_2^3}}$$

Перейдем в С.О. первого спутника, тогда второй будет двигаться ~~вп-пр~~ по часовой стрелке со ~~ск~~ $\omega = \omega_1 - \omega_2$, а первый стоять на месте



Считаем, что луч движется ~~прямо~~ по прямой => крайние точки смеж зоны – касательные к Земле.

~~$\sin\alpha =$~~ ~~$\cos\alpha = \frac{r}{R_1}$~~ ~~$\sin\alpha =$~~

1	2	3	4	5	Σ
20	20	18	20	20	98

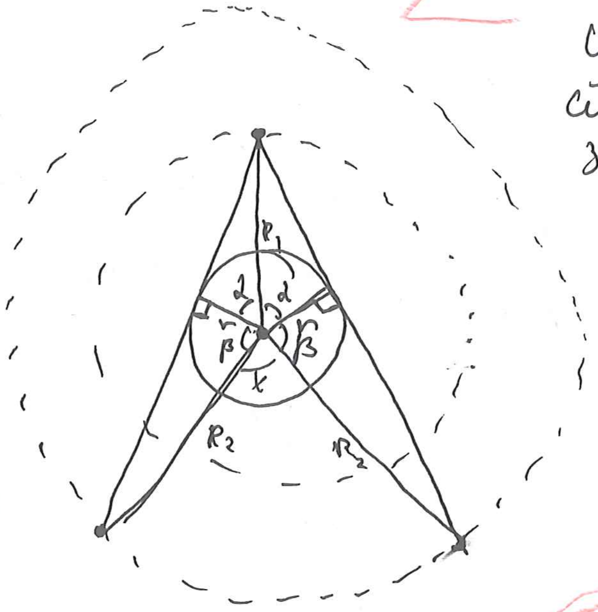
девяносто восемь

Потанин

Чистовик.

$x = \cancel{2}\cancel{4\pi}\, 2\pi - 2\alpha - 2\beta$

угол слепой зоны



$$\cos\alpha = \sin\left(\cancel{90}\tfrac{\pi}{2} - \alpha\right) = \frac{r}{R_1}$$

$\frac{r}{R_1}$, $\frac{r}{R_2}$ - малые

$$\frac{\pi}{2} - \alpha = \frac{r}{R_1}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \frac{r}{R_1}$$

$$\cos\beta = \sin\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) = \frac{r}{R_2}$$

$$\frac{\pi}{2} - \beta = \frac{r}{R_2}$$

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \frac{r}{R_2}$$

$$x = 2\pi - 2\alpha - 2\beta = 2\pi - \pi + \frac{2r}{R_1} - \pi + \frac{2r}{R_2} = 2r\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

$$\tau = \frac{x}{|\omega_1 - \omega_2|} = \frac{2r\left(\frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2}\right)}{\left|\sqrt{GM}\left(\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} - \frac{1}{\sqrt{R_2^3}}\right)\right|} = \frac{2r(R_2 + R_1)}{\sqrt{GM}\left|\sqrt{\frac{R_2^2}{R_1}} - \sqrt{\frac{R_1^2}{R_2}}\right|} =$$

$$= \frac{2r(R_2 + R_1)}{\sqrt{GM}\left|\frac{R_2}{\sqrt{R_1}} - \frac{R_1}{\sqrt{R_2}}\right|} = \frac{2 \cdot 6{,}4 \cdot 10^3 \cdot 16{,}4 \cdot 10^4}{\sqrt{6{,}7 \cdot 10^{-11}} \cdot \sqrt{6 \cdot 10^{24}}\left|\frac{10^5}{\sqrt{6{,}4 \cdot 10^4}} - \frac{6{,}4 \cdot 10^4}{\sqrt{10^5}}\right|} =$$

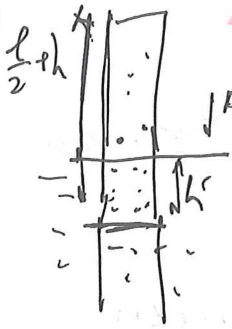
рассчеты дальше на доп. бланке.

26-70-45-38
(5.9)

Чистовик №2.5.3.

P_0 $P_0 = P_1 + P_{н.п.}$ $P_1 = P_0 - P_{н.п.}$

давление воздуха столбе



$P_0 + \rho_0 g h = P_2 + P_{н.п.}$ $P_2 = P_0 + \rho_0 g h - P_{н.п.}$

Пар остался насыщенным, т.к. объем уменьшилось, а давление выше насыщенного быть не может ($T = const$). Значит часть сконденсировалась.

$T = const$ (S-площадь сосуда)

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

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

$$(P_0 - P_{н.п})l = (P_0 + \rho_0 g h - P_{н.п.})\left(\frac{l}{2}+h\right)$$

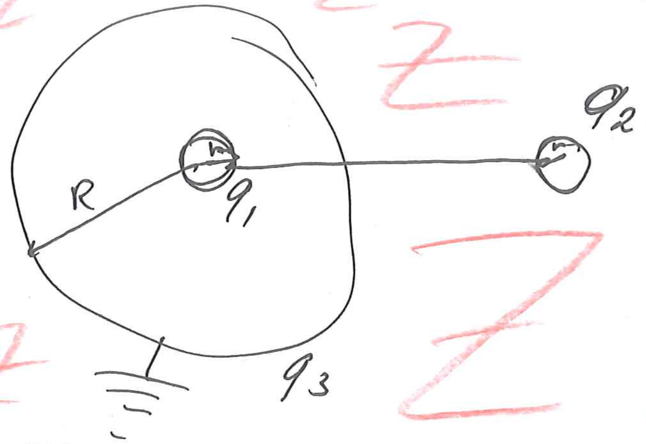
$$\left(P_0 - P_{н.п} - \frac{P_0}{2} - \frac{\rho_0 g h}{2} + \frac{P_{н.п}}{2}\right)l = (P_0 + \rho_0 g h - P_{н.п})h$$

$$\left(\frac{P_0}{2} - \frac{\rho_0 g h}{2} - \frac{P_{н.п}}{2}\right)l = (P_0 + \rho_0 g h - P_{н.п})h$$

$$l = \boxed{\frac{(P_0 + \rho_0 g h - P_{н.п})}{(P_0 - \rho_0 g h - P_{н.п})}2h} = \frac{(10^5 + 0{,}45\cdot10^4 - 14{,}5\cdot10^3)}{(10^5 - 0{,}45\cdot10^4 - 14{,}5\cdot10^3)} \times 2\cdot 0{,}45 = \frac{90}{81}\cdot 2\cdot 0{,}45\,м = \frac{10}{9}\cdot \cancel{2}0{,}9 = 10\cdot 0{,}1\,м = 1\,м$$

Ответ: 1 м

№ 3.10.3 (Чистовик)



Т.к. сфера заземлена, то её потенциал равен нулю

Т.к. шары связаны, то их потенциалы равны

Т.к. второй шар далеко, то на него никак не влияют первый шар и сфера и он на них тоже.

$$\varphi_3 = 0 = \frac{kq_1}{R} + \frac{kq_3}{R} \Rightarrow q_3 = -q_1$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \frac{kq_1}{r} + \frac{kq_3}{R} = \frac{kq_2}{r}$$

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

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

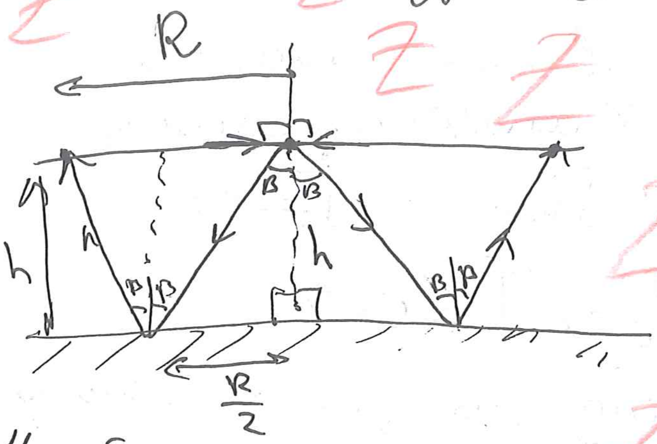
$$\cancel{q_1 = (R-r)} \quad q_1 = \boxed{\frac{q_2 R}{(R-r)}} =$$

$$= \frac{6\cdot10^{-10}\,\text{Кл}\cdot 3\,\text{см}}{(3-2)\,\text{см}} = 6\cdot10^{-10}\cdot 3\,\text{Кл} = 18\cdot10^{-10}\,\text{Кл}$$

Ответ: $18\cdot10^{-10}$ Кл.

26-70-45-38
(5.9)

№4.10.3. Чистовик



Т.к. свет рассеян, то он падает под всеми возможными углами. $n>1$, поэтому критического для нет. Отверстие маленькое, считаем точкой.

Наибольшее пятно будет образовываться от начальных углов, идущих под 90°:

$$\sin(90^\circ) = n\sin\beta \qquad \sin\beta = \frac{1}{n}$$

$$\sin^2\beta = \frac{1}{n^2}$$

$$\cancel{\sin\beta}\ \operatorname{tg}\beta = \frac{R}{2h}$$

$$\operatorname{ctg}\beta = \frac{2h}{R}$$

$$\operatorname{ctg}^2\beta = \frac{\cos^2\beta}{\sin^2\beta} = \frac{1-\sin^2\beta}{\sin^2\beta} = \frac{1}{\sin^2\beta} - 1 = \frac{4h^2}{R^2}$$

20б

$$n^2 - 1 = \frac{4h^2}{R^2}$$

$$n^2 = \frac{4h^2+R^2}{R^2}$$

$$\boxed{n = \frac{\sqrt{4h^2+R^2}}{R}}$$

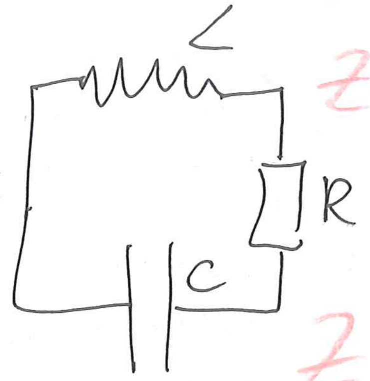
$$n = \cancel{\sqrt{4\cdot 8\cdot 8}}\ \frac{\sqrt{4\cdot 4\cdot 4 + 8\cdot 8}}{8} = \frac{\sqrt{2\cdot 4\cdot 2\cdot 4 + 8\cdot 8}}{8} = \frac{\sqrt{2\cdot 8\cdot 8}}{8} =$$

$$= \frac{\sqrt{2}\cdot 8}{8} = \sqrt{2} \approx 1{,}41.$$

Ответ: 1,41.

Чистовик

№5.4.3.



Т.к. в этот момент ток максимальный
$I = I_{max}$, то $\dot{I} = 0$
$U_L = L\dot{I} = 0$
Тогда по закону Кирхгофа

$I_{max} R = U$

$I_{max} = \frac{U}{R}$.

Из-за того, что затухание слабое считаем что I_{max} сейчас и в следующем колебании равны

$\langle P \rangle = \frac{I_{max} U_{max}}{2}$ в колебаниях

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

$\langle P \rangle = \frac{I_{max}^2 R}{2}$

$Q = \langle P \rangle \cdot T = \frac{I_{max}^2 R}{2} T =$

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

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

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

$Q^2 = \frac{U^4}{R^2}\pi^2 (L \cdot C)$

$\boxed{L = \frac{Q^2 \cdot R^2}{U^4 \cdot \pi^2 \cdot C}}$

$L = \frac{(31{,}4 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0{,}4^2}{1^4 \cdot (3{,}14)^2 \cdot 40 \cdot 10^{-6}} = \frac{(3{,}14)^2 \cdot (10^{-2})^2 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}4}{(3{,}14)^2 \cdot 0{,}4 \cdot 10^{-4}} \cdot 2$

20

$= \frac{1\cdot 10^{-4}\cdot 0{,}4}{10^{-4}} = 0{,}4\cdot \cancel{10^{-3}} = \cancel{4\cdot 10^{-4}} = 0{,}4\,Гн$ Чистовик

Ответ: 0,4 Гн

$$\tau = \frac{2r(R_2+R_1)}{\sqrt{GM}\left(\frac{1}{R_1\sqrt{R_1}} - \frac{1}{R_2\sqrt{R_2}}\right)(R_1 \cdot R_2)}$$

Чистовик

$$\frac{\sqrt{GM}}{r} \approx \sqrt{g} \approx \sqrt{10} \approx 3.$$

Иначе $\sqrt{67 \cdot 6}$ – не считается без калькулятора

$$\tau = \frac{2 \cdot 16{,}4 \cdot 10^7}{3 \cdot 6{,}4 \cdot 10^{15}\left(\frac{1}{6{,}4 \cdot 10^7\sqrt{64 \cdot 10^6}} - \frac{1}{1 \cdot 10^8\sqrt{10^8}}\right)} = \frac{2 \cdot 16{,}4}{3 \cdot 6{,}4 \cdot 10^8} \cdot$$

$$\cdot \frac{1}{\left(\frac{1}{6{,}4 \cdot 10^7 \cdot 8 \cdot 10^3} - \frac{1}{10^8 \cdot 10^4}\right)} = \frac{2 \cdot 16{,}4}{3\left(\frac{6{,}4 \cdot 10^8}{6{,}4 \cdot 10^7 \cdot 8 \cdot 10^3} - \frac{6{,}4 \cdot 10^8}{10^8 \cdot 10^4}\right)} =$$

$$= \frac{2 \cdot 16{,}4}{3\left(\frac{10^{-2}}{8} - 6{,}4 \cdot 10^{-4}\right)} = \frac{2 \cdot 1640}{3(0{,}125 - 0{,}064)} = \frac{2 \cdot 1640}{3 \cdot 0{,}061} =$$

$$= \frac{2\,328 \cdot 10^4}{183}\,c = 1{,}79 \cdot 10^4\,c \approx 1{,}8 \cdot 10^4\,c.$$

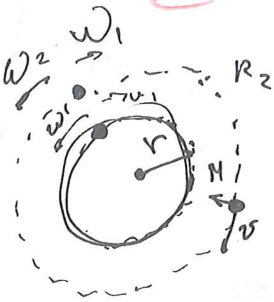
очень приблизительно

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

Ответ: $1{,}8 \cdot 10^4$ с.

+

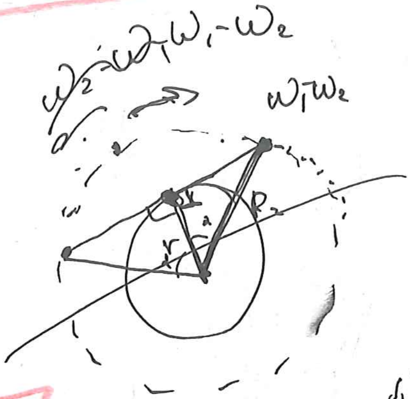
Черновик



$$\frac{GMm}{R_2^2}=\frac{mv^2}{R_2}$$

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

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



$$\omega R_1 = v_1$$

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

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

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

$$\cancel{t=\frac{2\pi-2\alpha}{\omega_1-\omega_2}}$$

$\sin\alpha=\frac{r}{R_1}$

α arcsin $\frac{r}{R_1}=\frac{r}{R_1}$

$\alpha=\frac{r}{R_1}$

$$\frac{2\pi-2\alpha}{\omega_1-\omega_2}$$

β

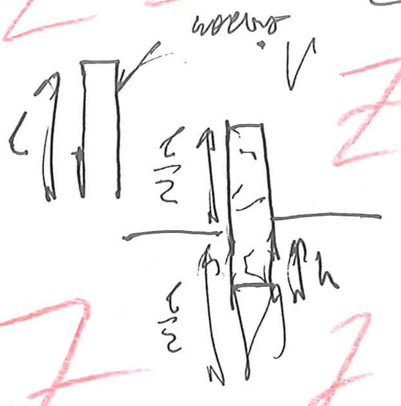
$\sin(90-\beta)$ $\cos\beta=\frac{r}{R_2}$

sin

$90-\beta=\frac{r}{R_2}$ $\beta=\arccos$ $\alpha=$

$\beta=90-\frac{r}{R_2}$

Черновик



$P_{атм}$

$P_{атм}$

$P_0 + \rho_0 g h = P_{н.п.} + P_2$

$P_1 + P_{н.п} = P_0$

$~~P_1 S l = \nu R T~~$

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

$P_2 = \frac{P_1 l}{\left(\frac{l}{2} + h\right)} = \frac{(P_0 - P_{н.п}) l}{\left(\frac{l}{2} + h\right)}$

$P_0 + \rho_0 g h = P_{н.п} + \frac{(P_0 - P_{н.п}) l}{\left(\frac{l}{2} + h\right)}$

$P_0 \frac{l}{2} + P_0 h + \rho_0 g h$

$\left(P_0 + \rho_0 g h - P_{н.п}\right)\frac{l}{2} + \left(P_0 + \rho_0 g h - P_{н.п}\right) h = \left(P_0 - P_{н.п}\right) l$

$\left(P_0 - P_{н.п} - \frac{P_0}{2} - \frac{\rho_0 g h}{2} + \frac{P_{н.п}}{2}\right) l = \left(P_0 - \rho_0 g h - P_{н.п}\right) h$

$l = \frac{2\left(P_0 - \rho_0 g h - P_{н.п}\right) h}{\left(P_0 - P_{н.п} - \rho_0 g h\right)} = 2h.$

$100000 \,|\, 8$
125
-8
20
16
40

12500
-6400
6100

$\frac{2 \cdot 6{,}4 \cdot 10^3 \cdot 11{,}4 \cdot 10^4 \cdot 10^{-2} \cdot 10^3}{6100}$

$6{,}7 \cdot 6 \cdot 10^{13}$

$67 \cdot 6 \cdot 10^{12}$

$3 \cdot 2$

$\frac{10^5 \cdot 10^3}{\sqrt{6{,}4 \cdot 10^6}} - \frac{6{,}4 \cdot 10^7}{\sqrt{10^8}}$

$\frac{10^8}{8 \cdot 10^3} - \frac{64 \cdot 10^6}{10^4}$

$\frac{10^5}{8} - 64 \cdot 10^2$

$12500 - 6400$

6100

Черновик

kq

$\varphi=0$

$$\frac{kq_1}{R}+\frac{kq_3}{R}=0 \qquad -\frac{q_3}{R}=\frac{q_1}{R}$$

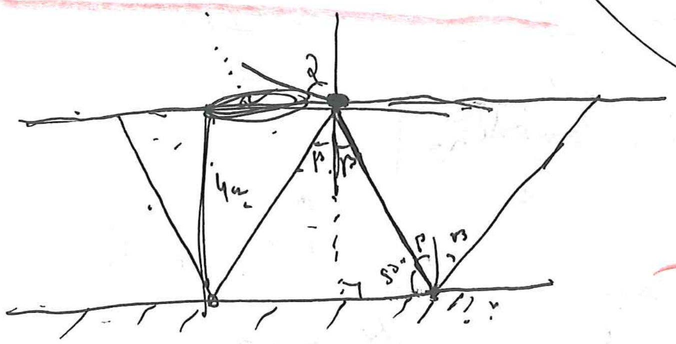
$$q_1=-q_3$$

$$\frac{kq_1}{r}+\frac{kq_3}{R}=\frac{kq_2}{r}$$

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

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

$$q_1=\frac{q_2 rR}{r(R-r)}=\frac{q_2R}{R-r}$$

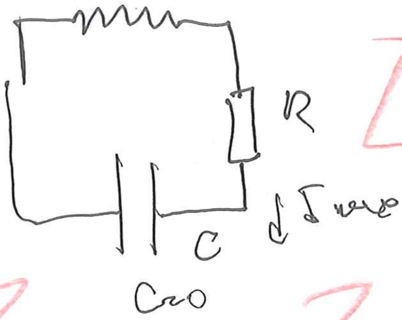


$n\sin\alpha=n\sin\beta$

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

Черновик

L



$\frac{(31,4\cdot10^{-3})^2\cdot 0,4}{40\cdot10^{-3}\cdot(3,14)^2} = \frac{3,14^2(10^{-2})^2\cdot 0,4}{0,4\cdot10^{-1}\cdot 3,14^2} = \frac{10^{-4}}{10^{-1}} = 10^{-3}$

$1\cdot10^{-3}$ Гн

$q=0$

$I=\cos 1$

$I=\sin 0$

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

$Q=I$

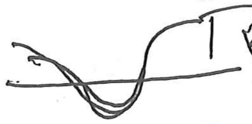
$\frac{CU^2}{2}=\frac{LI^2}{2}$

$W_0=\frac{CU^2}{2}+\frac{LI^2_{max}}{2}$

$\frac{q^2}{2C}+\frac{LI^2}{2}=$ const

$4,5+14,5=19$

$100-4,5-14,5=81$



$\frac{1}{\sqrt{LC}}$ $\frac{I_{max}U_{max}}{2}=Q$

$\omega=$

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

$100+4,5-14,5=100-10$

$T=\frac{2\pi}{\omega}\sqrt{\ }$

$=\frac{90}{81}\cdot2\cdot0,45$

$=\frac{10}{9}\cdot2\cdot0,45=$

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

$=10\frac{0,9}{9}=$

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

$U=IR$

$P=\frac{I_{max}U_{max}}{2}=1$

$Q=\frac{I^2_{max}R}{2}T$

$\dot{I}_{max}\ \dot{I}=0$

$I_{max}R=U$ I_{max}

$I_{max}=\frac{U}{R}$ $Q=\frac{U^2}{2R}\sqrt{LC}$

$L=\frac{2Q^2R}{U^4C}$ $Q^2=\frac{U^4}{2R}LC$

Черновик

$\sqrt{\frac{40,2}{6,4\ 10^{14}}} = \sqrt{\frac{402}{64\cdot 10^{14}}}$ $\frac{m_2 v^2}{R} = G\frac{Mm}{R R}$

$\frac{\sqrt{67\cdot 6}}{8\cdot 10^7}$ $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$

$6,7\cdot 10^{-11}\cdot 6\cdot 10^{24} = 67\cdot 6\cdot 10^{13}$ $\omega_1 = \frac{v}{R} = \sqrt{\frac{GM}{R^3}}$

$\sqrt{67}$

$x = 2r\sqrt{\ldots} - \sqrt{\ }$

$\cancel{2\alpha} = \cancel{\pi} + \frac{r}{R_1} + \frac{r}{R_2} - \cancel{\pi} = \frac{2r(R_1+R_2)}{R_1R_2} =$

$24-11=13$

36

4

$= \frac{2\cdot 6,4\cdot 164}{100\cdot 64} =$

~~64 100~~

$6,7\cdot 6 = 40,2$

$= \frac{2\cdot 16,4\cdot 0,4}{100} = \frac{32,8}{100} =$

$= 0,328$

$\omega_1 = \sqrt{6,7\cdot 10^{-11}}$

GM

$\omega_1 - \omega_2 = \sqrt{\ }$

$40,2 \,|\, 6,4$

$402 \,|\, 64$
-384
$= 0,6281$
180

$64\cdot 5 = 320$

$\sqrt{40,2\cdot 10^{13}}\left(\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} - \frac{1}{\sqrt{R_2^3}}\right) = \left(\frac{\sqrt{R_2^3} - \sqrt{R_1^3}}{\sqrt{R_1^3 R_2^3}}\right)$

$\frac{\sqrt{40,2\cdot 10^{13}}}{\sqrt{6,4\cdot 10^{15}\cdot 10^{12}}}$

$27 = \frac{1}{10^{14}}$

$520 - 512 = 8$

180

$64\cdot 8 = 512$

$80 - 64 = 16$

26-70-45-38
(5.9)

Черновик

$x = \frac{2r(R_1+R_2)}{R_1 \cdot R_2}$

$3+3=6$

$6+4=10$

$\omega_1 - \omega_2$

$\omega_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_1^3}}$ $\frac{1}{R_1}\sqrt{\frac{GM}{R_1}}$

$GM = 6 \cdot 10^{24} \cdot 6{,}7 \cdot 10^{-11} = 6{,}7 \cdot 6 \cdot 10^{13} = 67 \cdot 6 \cdot 10^{12}$

$R_1 = 6{,}4 \cdot 10^7 = 64 \cdot 10^6$ $\sqrt{67 \cdot 6} \cdot 10^6$

$\sqrt{R_1} = 8 \cdot 10^3$

$\sqrt{R_2} = \sqrt{1 \cdot 10^8} = 10^4$

17
17

328 | 183
183 | 1,79...
1450
1281
16290
16 47
328

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

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

9,81

$\sqrt{10} = \sqrt{2}\sqrt{5}$

3

$\sqrt{10}$

$\sqrt{183}$
9
1647

0,125
0,064
61

$\frac{1}{8} = 0{,}125$

$800+160+40=$

$\sqrt{183}$

$\sqrt{183}$
7
1281