0 659128 730001

65-91-28-73
(5.4)

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

Ярыкина Евгения Павловича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«09» февраля 2024 года

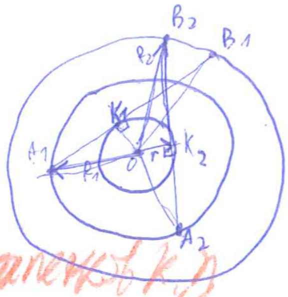
Подпись участника

65-91-28-73 (5.4)

1	17	Потапенков К.Д.
2	19	Потапов
3	18	Хохлов Г.Б.
4	20	Державин
5	7	Державин
Σ	81	Восемьдесят один

ЧИСТОВИК

N 7.4.3 (часть 1/2)



$a_{ц.с} = \frac{V^2}{R}$

$G\frac{M}{R^2}$

$V^2 = \frac{GM}{R}$

$V = \sqrt{\frac{GM}{R}}$

$R_1 < R_2$

$\Downarrow$

$v_1 > v_2$ (V_1, V_2 — скорости спутников по орбитам R_1 и R_2 соответственно)

~~спутник R_1 улетает „за землю" а затем~~ спутник R_1 „догоняет" R_2 и R_1 сначала улетает „за ~~врем~~ землю", а затем вылетает с другой стороны

A_1, B_1 — положение спутников в момент пропажи связи ~~(Касается „земли" в т. K_1)~~

A_2, B_2 — в момент появления связи ~~(Kас~~

K_1, K_2 — точки касания

~~$\triangle OA_1B_1 = \triangle OA_2B_2$~~

$\triangle OA_1K_1 = \triangle OA_2K_2$

$\triangle OB_1K_1 = \triangle OB_2K_2$

$\Downarrow$

$\triangle OA_1B_1 = \triangle OA_2B_2$

(т.к. $OK_1 = OK_2 = r$

$OA_1 = OA_2 = R_1$

$OB_1 = OB_2 = R_2$

$\angle A_1K_1O = \angle OK_1B_1 = \angle B_2K_2O = \angle OK_2A_2 = 90°$)

пусть $\angle A_1OA_2 = \alpha$, $\angle B_1OB_2 = \beta$, $\angle K_1A_1O = \angle K_2A_2O = x_1$, $\angle OB_2K_2 = \angle OB_1K_1 = x_2$

тогда угол поворота касательной (против часовой стрелки) $\alpha - 2x_1 = \beta + 2x_2$

$\alpha = \beta + 2(x_1 + x_2)$

$\sin x_1 = \frac{OK_1}{OA_1} = \frac{r}{R_1} = 0{,}1$ (малое значение $\Rightarrow x_1 \approx \sin x_1$)

$\sin x_2 = \frac{OK_1}{OB_1} = \frac{r}{R_2} = \frac{64}{100} = 0{,}064$ (малое значение $\Rightarrow x_2 \approx \sin x_2$)

длина дуги $A_1A_2 = \alpha R_1$

$= v_1\tau$ (путь пройденный спутником R_1)

длина дуги $B_1B_2 = \beta R_2$

$= v_2\tau$ (— // — R_2)

$\alpha = \beta + 2\left(\frac{r}{R_1} + \frac{r}{R_2}\right) = \beta + 2r\frac{R_1+R_2}{R_1R_2}$

$v_2\tau = \beta R_2 \Rightarrow \beta = \frac{v_2}{R_2}\tau$

$v_1\tau = \alpha R_1 = \beta R_1 + 2r\frac{R_1+R_2}{R_2} = \frac{v_2}{R_2}R_1\tau + 2r\frac{R_1+R_2}{R_2}$

$\left(v_1 - v_2\frac{R_1}{R_2}\right)\tau = 2r\frac{R_1+R_2}{R_2}$; $(R_2v_1 - V_2R_1)\tau = 2r(R_1+R_2)$

$\tau = \frac{2r(R_1+R_2)}{R_2\sqrt{\frac{GM}{R_1}} + R_1\sqrt{\frac{GM}{R_2}}} = \frac{2r(R_1+R_2)\sqrt{R_1R_2}}{\sqrt{GM}(R_2\sqrt{R_2} + R_1\sqrt{R_1})}$

ЧИСТОВИК № 1.4.3 (часть 2/2)

$$\sqrt{GM} = \sqrt{6{,}7 \cdot 6 \cdot 10^{13}}\sqrt{\frac{Н\,м^2}{кг}} = \sqrt{402 \cdot 10^{12}}\sqrt{\frac{м^3}{с^2}} \approx 20 \cdot 10^{6}\,\frac{м}{с\sqrt{м}}$$

$$\frac{\sqrt{R_1}}{\sqrt{м}} = \sqrt{6{,}4 \cdot 10^4 \cdot 10^3} = \sqrt{64 \cdot 10^6} = 8 \cdot 10^2$$

$$\frac{\sqrt{R_2}}{\sqrt{м}} = \sqrt{10^5 \cdot 10^3} = \sqrt{10^8} = 10^4$$

$$\tau \approx \frac{2 \cdot 6{,}4 \cdot 10^3 \cdot 10^3\,м\,(6{,}4 \cdot 10^4 + 10^5) \cdot 10^3\,м \cdot 8 \cdot 10^2 \cdot 10^4\,м}{20 \cdot 10^6\,\frac{м}{с}\sqrt{м}\,(10^5 \cdot 10^3 \cdot 10^4 + 6{,}4 \cdot 10^4 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 10^2)\,м\sqrt{м}} = \frac{2 \cdot 6{,}4 \cdot 16{,}4 \cdot 8 \cdot 10^{19}}{20 \cdot 10^6 (1 \cdot 10^{12} + 6{,}4 \cdot 8 \cdot 10^{9})}\,с =$$

$$\approx \frac{2^4 \cdot 105 \cdot 10^{13}}{20 \cdot (1000 + 51{,}2) \cdot 10^9}\,с \approx \frac{1680 \cdot 10^4}{20 \cdot 1050}\,с = \frac{1680 \cdot 10^3}{2100}\,с = \frac{168}{210} \cdot 10^3\,с \approx 0{,}8 \cdot 10^3\,с = 800\,с \approx$$

$$\approx \frac{800}{60}\,мин \approx 11{,}6\,мин$$

Ответ: $\tau \approx 11{,}6$ мин

№ 2.5.3

вначале внутри было давление P_0, а в конце (когда ~~опустили~~ погрузим половину трубки) $P_0 + \rho g h$

Внутри давление создают водяной пар ($P_{нас}$) и воздух (вначале P_1, в конце P_2)

т.к. в конце есть контакт с водой, то пар также будет насыщенный

запишем состояние идеального газа (воздуха)

+ $P_1 V_1 = \nu R T = P_2 V_2$ $\quad \begin{cases} V_1 = \ell S \\ V_2 = \left(\frac{\ell}{2} + h\right) S \end{cases}$ где S — площадь сечения трубки)

т.к. $T = const$

$$P_2 = P_1 \frac{V_1}{V_2}$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = P_1\left(\frac{V_1}{V_2} - 1\right) = (P_0 + \rho g h) - P_0 = \rho g h$$

+

в начале $P_0 = P_1 + P_{нас}$ (т.к. давление газов = сумме давлений каждого газа по отдельности)

+ $$\rho g h = (P_0 - P_{нас})\left(\frac{\ell}{\frac{\ell}{2} + h} - 1\right)$$

$$\frac{\ell}{\frac{\ell}{2} + h} = 1 + \frac{\rho g h}{P_0 - P_{нас}} = k \quad ; \quad k = 1 + \frac{10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}45}{10^5 - 14{,}5 \cdot 10^3} = 1 + \frac{4{,}5}{100 - 14{,}5} =$$

$$= 1 + \frac{4{,}5}{85{,}5} = \frac{85{,}5 + 4{,}5}{85{,}5} = \frac{90}{85{,}5}$$

$$\ell = \frac{k\ell}{2} + kh$$

$$\ell\left(1 - \frac{k}{2}\right) = kh$$

$$\ell = \frac{kh}{1 - \frac{k}{2}} = \frac{2k}{2 - k}h; \quad \ell = \frac{2 \cdot \frac{90}{85{,}5}}{2 - \frac{90}{85{,}5}} \cdot 0{,}45\,м = \frac{2 \cdot 90}{2 \cdot 85{,}5 - 90} \cdot 0{,}45\,м = \frac{180}{171 - 90} \cdot 0{,}45\,м =$$

$$= \frac{180}{81} \cdot 0{,}45\,м = \frac{81}{81}\,м \approx 1\,м$$

Ответ: $\ell = 1$ м +

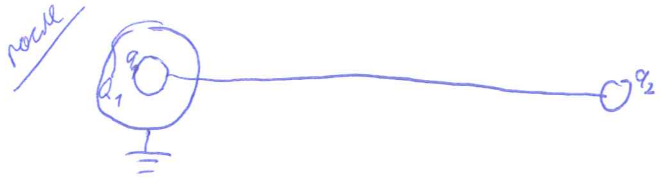
Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

65-91-28-73
(5.4)

Чистовик

№ 3.10.3

18



~~по~~ потенциал внешней сферы $\varphi = 0$ (т.к. она заземлена)

с другой стороны в ситуации до $\varphi = -\frac{kq}{R} - \frac{kQ}{R}$ (где $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$)

$$\Downarrow$$

$$Q = -q$$

в ситуации после $\varphi = -\frac{kq_1}{R} - \frac{kQ_1}{R}$

$$\Downarrow$$

$$Q_1 = -q_1 \quad +$$

в ситуации после потенциалы внутренней и малых сфер равны (φ_1)

$\varphi_1 = -\frac{kQ_1}{R} - \frac{kq_1}{r}$ (для внутренней сферы)

$\varphi_1 = -\frac{kq_2}{r}$ (для „свободной" сферы)

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

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

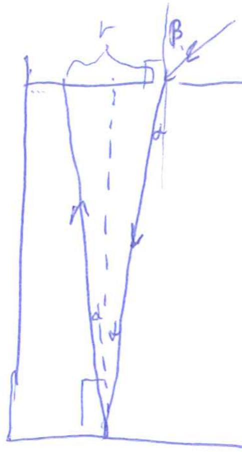
+

$$q_2 = q_1\left(\frac{r}{r} - \frac{r}{R}\right) = q_1\left(1 - \frac{r}{R}\right) = 6\cdot 10^{-10}\,Кл\left(1 - \frac{2\,см}{3\,см}\right) = \frac{6\cdot 10^{-10}\,Кл}{3} =$$

$$= 2\cdot 10^{-10}\,Кл$$

Ответ: $q_2 = 2\cdot 10^{-10}$ Кл ? R=?

№ 4.10.3 ЧИСТОВИК



$r = 2h\,tg\,\alpha$

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

максимальный r при максимальном tg
максимальный $tg\,\alpha$ при максимальном $\sin\alpha$ $(\alpha \in [0; \frac{\pi}{2}])$
максимальный $\sin\alpha$ при максимальном $\sin\beta$
$\sin\beta \le 1$ (для горизонтального луча $\sin\beta = 1$)

рассмотрим луч под углом $\beta = 90$ для него $r = R$

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

$tg\,\alpha = \frac{r}{2h} = \frac{R}{2h} = \frac{8\text{ см}}{2\cdot 4\text{ см}} = 1 \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{4}$ $(\text{т.к. } \alpha \in [0; \frac{\pi}{2}])$

$\sin\alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$

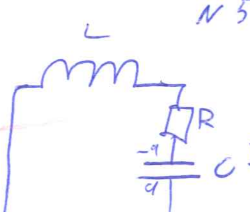
$\frac{1}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2}$

$n = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$

Ответ: $n = \sqrt{2}$

~~№ 4.10~~

№ 5.4.3 (часть 1/2)



$q = Ae^{-\alpha t}\cos(\omega t + \varphi_0)$

$I = \dot q = -Ae^{-\alpha t}(\alpha\cos(\omega t + \varphi_0) + \omega\sin(\omega t + \varphi_0))$

$\dot I = \ddot q = Ae^{-\alpha t}((\omega^2 - \alpha^2)\cos(\omega t + \varphi_0) + 2\alpha\omega\sin(\omega t + \varphi_0))$

где $\alpha = \frac{R}{2L}$

$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \alpha^2} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$

$\frac{\omega}{\alpha} = \sqrt{\frac{1}{LC\alpha^2} - 1} = \sqrt{\frac{4L^2}{LCR^2} - 1} = \sqrt{\frac{4L}{CR^2} - 1}$

$\sqrt{\alpha^2 + \omega^2} = \sqrt{\frac{1}{LC}}$

обозначим в качестве $t = 0$, когда q - локальный максимум, а $\frac{q}{C} = U = 1\text{ В}$

период $T = \frac{2\pi}{\omega}$

если $\dot q$ - лок. максимум
$\Downarrow$
$\alpha\cos(\omega t + \varphi_0) + \omega\sin(\omega t + \varphi_0)$ - максимум

$Q = E(T) - E(0)$

$E(t) = \frac{L\dot q^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$

максимум $a\cos x + b\sin x = \sqrt{a^2 + b^2}$ при $x = arctg\frac{b}{a}$

~~при $t=0$ $\dot q = \sqrt{\alpha^2+\omega^2}$; $\varphi_0 = arctg(\frac{\omega}{\alpha}) = arctg(\sqrt{\frac{4L}{CR^2} - 1})$~~

$\varphi_0 = arctg\frac{\omega}{\alpha} \Rightarrow \cos\varphi_0 = \frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2 + \omega^2}}$

65-91-28-73 (5.4)

чистовик

№ 5.4.3 (часть 2/2)

при $t=0$

$\dot{q}_1 = A\sqrt{\alpha^2+\omega^2} = \frac{A}{\sqrt{LC}}$

$q_1 = \frac{-A\alpha}{\sqrt{\alpha^2+\omega^2}} = -A\alpha\sqrt{LC} = -\frac{AR}{2L}\sqrt{LC} = -\frac{AR}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$

$q_1 = UC$

$A = -\frac{2UC}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} = -\frac{2U}{R}\sqrt{LC}$

при $t=T$

$\omega t = 2\pi \Rightarrow \sin(\omega t+\varphi_0) = \sin\varphi_0$

$\cos(\omega t+\varphi_0) = \cos\varphi_0$

$\dot{q}_2 = e^{-\alpha T}\dot{q}_1$

$q_2 = e^{-\alpha T} q_2$

$\alpha t = \frac{2\pi}{\left(\frac{\omega}{\alpha}\right)} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{4L}{CR^2}-1}} = 2\pi R\sqrt{\frac{C}{4L-CR^2}}$

$Q = \frac{L(\dot{q}_2^2-\dot{q}_1^2)}{2} + \frac{(q_2^2-q_1^2)}{2C} = \frac{L\dot{q}_1^2(e^{-2\alpha T}-1)}{2} + \frac{q_1^2(e^{-2\alpha T}-1)}{2C} = E(0)(e^{-2\alpha T}-1)$

$E(0) = \frac{LA^2}{2LC} + \frac{A^2R^2C}{4L \cdot 2L} = A^2\left(\frac{1}{2C}+\frac{R^2}{8L}\right) = \frac{4U^2}{R^2}LC\left(\frac{1}{2C}+\frac{R^2}{8L}\right) =$

$= \frac{4U^2}{R^2}\left(\frac{L}{2}+\frac{CR^2}{8}\right) = \frac{2U^2}{R^2}\left(L+\frac{CR^2}{4}\right)$

$Q = \frac{2U^2}{R^2}\left(L+\frac{CR^2}{4}\right)\left(e^{-4\pi R\sqrt{\frac{C}{4L-CR^2}}}-1\right)$

ЧЕРНОВИК

$R = A\cos x + B\sin x \to max - ?$ $A^2+B^2=1$

$A = \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}}$ $B = \frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}}$

$-A\sin x + B\cos x = 0$ $A\sin x = B\cos x$

$tg x = \frac{\sin x}{\cos x} = \frac{B}{A} = \frac{b}{a}$

$R = \cos x\left(A + \frac{B\sin x}{\cos x}\right) = \cos x\left(A + \frac{B^2}{A}\right) = \cos x\left(\frac{A^2+B^2}{A}\right) = \frac{\cos x}{A} = \frac{1}{\sqrt{A^2+B^2}} = 1$

$A^2\sin^2 x = B^2\cos^2 x \Rightarrow \sin^2 x = \left(\frac{B}{A}\right)^2 \cos^2 x$

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

$\cos^2 x\left(\left(\frac{B}{A}\right)^2 + 1\right) = 1$

$\cos x = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{B}{A}\right)^2+1}} = \sqrt{\frac{A^2}{B^2+A^2}} = \frac{A}{\sqrt{A^2+B^2}} = \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}}$

$\cos\varphi_0 = \frac{\alpha^2}{\sqrt{\beta^2+\omega^2}} = \alpha^2\sqrt{LC}$

$\dot q = -A\sqrt{\alpha^2+\omega^2} = -\frac{A}{\sqrt{LC}}$

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

$q = A\alpha^2\sqrt{LC} = uC$

$U = \frac{q}{C} = 1B$ $\frac{A\alpha^2}{\sqrt{C}} = U = 1B$

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

$e^{\alpha t}$ $t = T$ $e^{-\frac{\alpha 2\pi}{\sqrt{\omega^2-\alpha^2}}}$

$[\mathcal{E}] = \frac{[\Phi]}{сек}$

$[\Phi] = [LI]$ $B \cdot сек = \frac{Дж}{Кл} \cdot сек$

$q_1 = q \cdot e^{-\alpha T}$

$\dot q_1 = \dot q \cdot e^{-\alpha T}$

$\frac{qU}{2} = \frac{U^2C}{2} = \frac{q^2}{2C}$ = $E_{кон}$

$q = Кл$ $C = Ф$ $U = \frac{Дж}{Кл}$

$L =$ $I = A = \frac{Кл}{c}$

$L = \frac{\Phi}{I} = \frac{\frac{Дж}{Кл}сек}{\frac{Кл}{сек}} = \frac{Дж}{Кл^2}сек^2$

$E_{Хол} = \frac{[\cdot]^2}{2}$

$q^2(e^{-2\alpha T}-1)$ $\dot q(e^{-2\alpha T}-1)$

$Q = \frac{q^2 - q_1^2}{2C} + \frac{L(\dot q^2 - \dot q_1^2)}{2}$

1B

$\alpha T = \frac{R}{2L} \cdot \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}}$

$V_2 = \frac{20 \cdot 10^7}{10} \approx = 2 \cdot 10^8 \frac{м}{c}$

$30 \cdot 10^9$ $8 \cdot 10^9$ $\frac{м}{c}$ $25 \cdot 10^9 \frac{м}{c}$

$2\pi R_2 \approx 6{,}28 \cdot 10^8$ м

$2\pi R \approx 2 \cdot 3$

$V = a\cos x + b\sin x = \sqrt{a^2+b^2}$

$\frac{1680}{2100}$

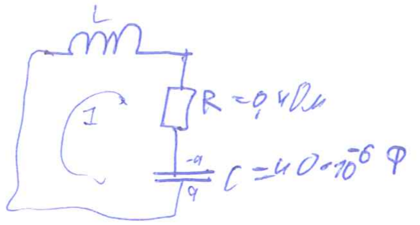
16 · 105 = 80, 16, 1680

$\frac{1680}{2100}$ = ... 7

1 – 210, 420, 630, 840, 5 – 1050, 1260, 1470, 1680, 9 – 1890, 2100

B

черновик



$\alpha\cos + \omega\sin =$

$\alpha^2\cos^2 x + \omega^2\sin^2 x$

$\alpha\sin = \omega\cos$

$\operatorname{tg} x = \frac{\omega}{\alpha}$ $x = \operatorname{arctg}\frac{\omega}{\alpha}$ $= \frac{\sqrt{\frac{1}{LC} + \alpha^2}}{\alpha}$

$Q - 3{,}4 \cdot 10^{-3}$

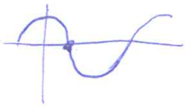
$\frac{a^2+b^2}{\sqrt{b^2 a^2}}$

$\Phi = LI$

$\mathcal{E}_{и} = \dot\Phi = -L\dot I$

$C = \frac{q}{U}$

$U = \frac{q}{C}$



$a\cos x + b\sin x = \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}}$ $\frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}}$

$\operatorname{tg} y = \frac{b}{a}$

$\cos x(a + b\operatorname{tg} x)$

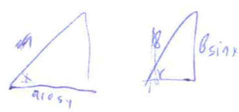
$\mathcal{E} = \frac{q}{C} - L\ddot q$

$\dot q = \frac{\mathcal{E}}{R}$

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

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

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



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

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

$\boxed{\ddot q + k_1\dot q + k_2 q = 0}$

$\dot y = \frac{\sin}{\cos}$

$q = A\cos(\omega t + \varphi_0)$

$\dot q = -A\omega\sin(\omega t + \varphi_0)$

$\ddot q = -A\omega^2\cos(\omega t + \varphi_0)$

$\frac{a^2+b^2}{a}\cos\left(\operatorname{arctg}\frac{b}{a}\right)$

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

$\frac{\sin\varphi_0}{\cos\varphi_0} = \frac{b}{a}$

$-\omega^2\cos(\omega t + \varphi_0) - \alpha\omega\sin(\omega t + \varphi_0) + B\cos(\omega t + \varphi_0) = 0$

$\frac{R}{L}\cdot\frac{\Delta}{C} = \frac{1}{LC}$

$A\cos x + B\sin x$

$[R] = \frac{Ом}{[C]}$

$\alpha\omega = 0$ $B - \omega^2 = 0$

$A^2 + B^2 = 1$

$\frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = \frac{B}{A}$

$\omega = \sqrt{B}$

$A = \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}}$

$B = \frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}}$

$A\sin y + B\cos x$

$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$

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

$q = Ae^{-\alpha t}\cos(\omega t + \varphi_0)$

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

$\dot q = A(-\alpha e^{-\alpha t}\cos(\omega t + \varphi_0) + e^{-\alpha t}(-\omega\sin(\omega t + \varphi_0))) =$

$= -Ae^{-\alpha t}(\alpha\cos + \omega\sin)$

$\dot q = A(-\alpha e^{-\alpha t})(-\sin(\omega t + \varphi_0)) = A\alpha\omega e^{-\alpha t}\sin(\omega t + \varphi_0)$

$\ddot q = A\alpha\omega(-\alpha e^{-\alpha t})(\omega\cos(\omega t + \varphi_0)) = -A\alpha^2\omega^2 e^{-\alpha t}\cos(\omega t + \varphi_0)$

$\cos x = \frac{a}{\sqrt{b^2 a^2}}$

$\ddot q = -A(-\alpha e^{-\alpha t}(\alpha\cos + \omega\sin) + e^{-\alpha t}(-\alpha\omega\sin + \omega^2\cos)) =$

$= -Ae^{-\alpha t}(-\alpha^2\cos - \alpha\omega\sin + \alpha\omega\sin + \omega^2\cos)$

$= -Ae^{-\alpha t}((\omega^2 - \alpha^2)\cos - 2\alpha\omega\sin)$

$\alpha\omega - k_1 = 0$

$-\alpha^2\omega^2 + k_2 = 0$

$\omega = \sqrt{\frac{k_2}{\alpha^2}}$

$\frac{R^2}{L}\cdot\frac{k_1}{C} = \frac{q}{C}$

$\frac{R^2}{L} = \frac{2}{C}$

$(\omega^2 - \alpha^2)\cos - 2\alpha\omega\sin + k_1(\alpha\cos + \omega\sin) + k_2\cos = 0$

$-2\alpha\omega + k_1\omega = 0$ $\alpha = \frac{k_1}{2}$ $k_1 = 2\alpha$ $\boxed{\alpha = \frac{R}{2L}}$

$\omega^2 - \alpha^2 + k_1\alpha + k_2 = 0$

$\omega^2 - \frac{k_1^2}{2} + \frac{k_1^2}{4} + k_2 = 0$ $\omega = \sqrt{k_2 - \frac{k_1^2}{4}}$

$2\alpha^2$

ЧЕРНОВИК

$P_{вод} = P_{нас} = const$

$P_{возд} V = const$

$P = P_{вод} + P_{возд}$

$V_0 = lS$

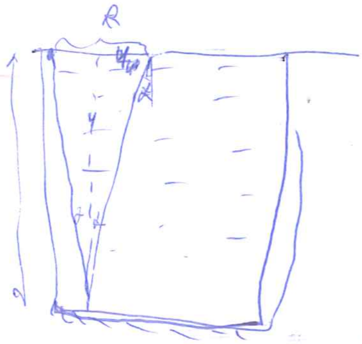
$V_1 = (\frac{l}{2} + h)S$

$P_1 = P_0 + \rho g h$

$\Delta P = P_1 - P_0 = \rho g h$

$\Delta P_{вод} + \Delta P_{возд} = \Delta P_{возд}$

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



$\frac{r}{2} = tg\alpha\, h$

$r = 2 tg\alpha\, h$

$tg\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$

$\rho g h = \Delta P_{возд}$

$P_{возд0} V_0 = P_{возд1} V_1$

$P_{возд0} = P_0 - P_{нас}$

$P_{возд1} = P_{возд0} \frac{V_0}{V_1}$

$\Delta P_{возд} = (P_0 - P_{нас})(1 - \frac{V_0}{V_1}) = (P_0 - P_{нас})(1 - \frac{1}{\frac{l}{2} + h}) = \rho g h$

$\boxed{tg\alpha = \frac{r}{2h}} = \frac{4}{28} = \frac{1}{7}$

$\frac{2l}{l+2h}$

$\frac{2l}{l+2h} = k$

$2l = kl + kh$

$l = \frac{2kh}{2+k}$

$k = \frac{2\rho g h}{P_0 - P_{нас}}$

$\frac{88}{18} = 1 + \frac{70}{18}$

$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

$-k\frac{q}{R} + \frac{kQ}{R} = 0$

$Q = -q$

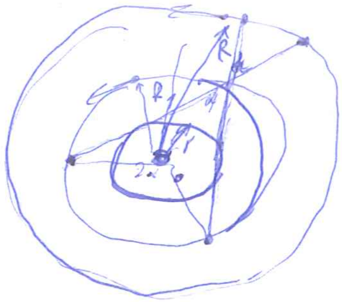
$q_1 + q_2 = 2q$

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

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

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

Черновик



$a_{ц.с.} = G\frac{M}{r^2}$

$6{,}7\cdot10^{-11}\cdot\frac{6\cdot10^{24}}{(6{,}4)^2\cdot10^6\cdot10^6}$

$\frac{v^2}{r}$ $\omega^2 r$

$\frac{67\cdot6}{6{,}4^2}\cdot10$

$\omega^2 = \frac{GM}{r^3}$ $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$

$v^2 = \frac{GM}{r}$ $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}} = 2\pi r\sqrt{\frac{r}{GM}}$

$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_1}}$ $\frac{64}{8}$ 572 3

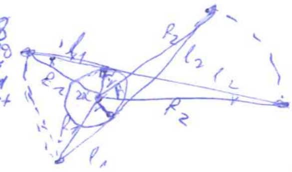
$v_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_2}}$

$6{,}4\cdot(10+6{,}4)$

$64 + (6+0{,}4)^2 = 64 + 36 + 2{,}4\ldots$

$+0{,}16$

$104{,}96$



$l_1 = \sqrt{R_1^2 - r^2}$

$l_2 = \sqrt{R_2^2 - r^2}$

$x \approx \sin x = \frac{r}{R_1}$ $y \approx \sin y = \frac{r}{R_2} < 0{,}1$

$2\alpha + 2x$

$\beta + 2x$

$v_1\tau = 2\alpha R_1$

$v_2\tau = \beta R_2 = (2\alpha - 4x)R_2$

$2\alpha - 2x = \beta + 2x$

$\beta = 2\alpha - 4x$

$2\alpha = \frac{v_1\tau}{R_1}$

$v_2\tau = v_1\tau\frac{R_2}{R_1} - 4\frac{r}{R_1}R_2$

$\tau\left(v_2 - v_1\frac{R_2}{R_1}\right) = -4r\frac{R_2}{R_1}$

$\tau = \frac{4r\frac{R_2}{R_1}}{\frac{R_2}{R_1}v_1 - v_2} = \frac{4rR_2}{R_2v_1 - R_1v_2} = \frac{4rR_2}{\sqrt{GM}\left(\frac{R_2}{\sqrt{R_1}} - \frac{R_1}{\sqrt{R_2}}\right)} =$

$= \frac{4rR_2\sqrt{R_1R_2}}{\sqrt{GM}\,(R_2\sqrt{R_2} - R_1\sqrt{R_1})}$

$36 + \frac{4{,}2}{6{,}07}$

$\sqrt{GM} = \sqrt{6\cdot6{,}7\cdot10^{13}}$

$= \sqrt{402}\cdot10^6 \approx 20\cdot10^6\ \frac{м}{с}\sqrt{м}$

$(20)^2 =$

$\frac{\sqrt{R_1}}{\sqrt{м}} = \sqrt{6{,}4\cdot10^7} = \sqrt{64}\cdot10^3 = 8\cdot10^3$

$\frac{\sqrt{R_2}}{\sqrt{м}} = \sqrt{10^8} = 10^4$

1 2 3 4 5

$162 \times 0{,}45 = 810 + 648 = 72{,}90$

$72{,}9 : 9 = 8{,}1$

$1620 : 2 = 810$

$810 - 162 = 648$

$162 \times 4 = 648$

$\frac{324}{9} / 100$