0 900020 120002

90-00-20-12

(5.5)

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

Прохорова Павла Игоревича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

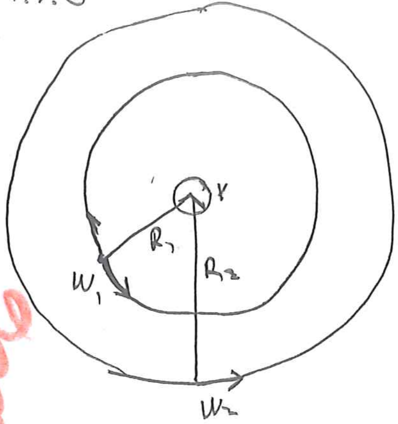
«09» февраля 2024 года

Подпись участника Прох

90-00-20-12
(5.5)

1.4.3

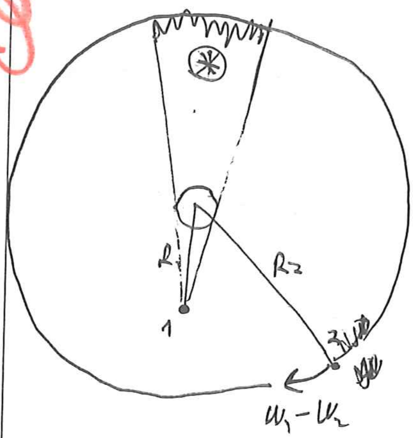
ЧИСТ = чистовик



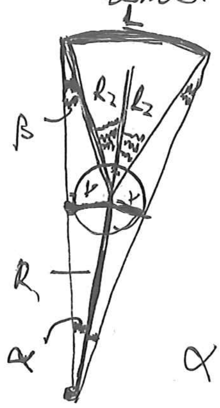
$$m_{*}(\omega_*^2 R_*) = G\frac{m_* M}{R_*^2}$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_1^3}} > \omega_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_2^3}} \qquad R_2 > R_1$$

Перейдём во вращающ. С.О., ось — Земля, вращение ω_1. Тогда в этой системе спутник 1 неподвижен, второй движется с угловой скоростью $\omega_1 - \omega_2$ (в противоположную сторону).



(*) — слепая зона:



$R_1 \sin\alpha = r$

$R_2 \sin\beta = r$

$\angle = \alpha + \beta$

$L = R_2^* \cdot 2(\alpha+\beta)$

$\alpha = \arcsin\frac{r}{R_1} \approx \frac{r}{R_1} = \frac{1}{10}$

$\frac{r}{R_2} < \frac{r}{R_1} = \frac{1}{10}$ — достаточно мало, чтобы $\arcsin x \approx x$

$\beta = \arcsin\frac{r}{R_2} \approx 6{,}4\cdot 10^{-2} = 0{,}064$

$r = 6{,}4\cdot 10^3$ км

$R_1 = 6{,}4\cdot 10^4$ км

$R_2 = 10\cdot 10^4$ км

1	2	3	4	5	Σ
12	20	20	20	15	87
Кузаков	Киселев		Зинина	Лукашук	

87

восемьдесят семь

Время нахождения (2) в слепой зоне (1):

$\omega_2 R_2 \cdot \tau = L$

$\gamma = 2(\overset{0{,}164}{0{,}1 + 0{,}064}) = 0{,}328$ (rad)

$$\sqrt{\frac{GM}{R_2}}\cdot\tau = R_2\cdot 2(\alpha+\beta) = R_2\gamma$$

$$\tau = R_2\gamma\cdot\sqrt{\frac{R_2}{GM}} \approx 10^8\cdot 0{,}328\cdot\sqrt{\frac{10^8}{6{,}7\cdot 10^{-11}\cdot 6\cdot 10^{24}}} \approx \frac{10^8\cdot 0{,}328}{\sqrt{4{,}02\cdot 10^{6}}} \ (c)$$

размерности СИ

$$\frac{10^8}{40{,}2\cdot 10^{13}} = \frac{1}{40{,}2\cdot 10^5} \qquad \frac{6{,}7\times 6}{40{,}2}\cdot 10^{13} \qquad \sqrt{\frac{1}{4{,}02\cdot 10^6}} \approx \frac{1}{2\cdot 10^3}$$

Лист

$$\tau = \frac{10^8 \cdot 0{,}328}{\sqrt{4{,}02 \cdot 10^6}} \approx \frac{10^8 \cdot 0{,}328}{2 \cdot 10^3} = 0{,}164 \cdot 10^5 = \underline{\underline{1{,}64 \cdot 10^4\ (с)}}$$

$$4{,}02 \approx 2^2$$

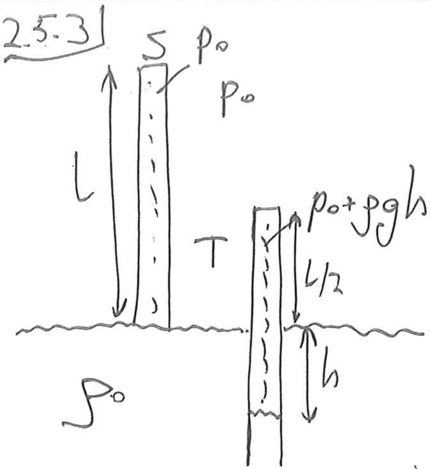
$5\frac{1}{9}$ ч.

$$\frac{R_1 + R_2}{c} = \frac{1{,}64 \cdot 10^5\ км}{3 \cdot 10^5\ км/с} \sim 0{,}5с \ll \tau$$

Пренебрежение конечной скоростью света не ломает ответ. К тому же в условии не дана скорость света, следовательно, учитывать её и не надо.

Релятивизмом тоже пренебрегём, хотя для GPS-спутников оно и важно. :)

25.3 Лист



$p_{нас} = 14{,}5$ кПа

Считаем, что в процессе погружения и повышения давления лишний пар (давление которого превышает $p_{нас}$) конденсируется и им его объёмом можно пренебречь (или он стекает со стенок трубки вниз в воду), а с воды испаряется и $p_{пара} = p_{нас}$.

Давление смеси = Σ парциальных давлений.

Идеальные газы:

Воздух:

$p_1 L S = \nu R T$

$p_2\left(\frac{L}{2}+h\right)S = \nu R T$

Вода (пар):

$p_{нас}$

$p_{нас}$

$$p_1 + p_{нас} = p_0$$

$$p_2 + p_{нас} = p_0 + \rho_0 g h \quad \Rightarrow L - ?$$

$$p_2\left(\frac{L}{2}+h\right)S = \nu R T = p_1 L S$$

$$p_1 = p_2\left(\frac{1}{2}+\frac{h}{L}\right)$$

$$p_2\left(\frac{1}{2}+\frac{h}{L}\right) = p_0 - p_{нас}$$

$$p_2 = p_0 - p_{нас} + \rho_0 g h$$

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

$$\frac{1}{2}+\frac{h}{L} = \frac{p_0 - p_{нас}}{p_0 - p_{нас} + \rho_0 g h} = \frac{100\text{ кПа} - 14{,}5\text{ кПа}}{100\text{ кПа} - 14{,}5\text{ кПа} + \underbrace{1000\cdot 10\cdot 0{,}45\text{ Па}}_{4{,}5\text{ кПа}}} =$$

$$= \frac{85{,}5}{90} = \frac{171}{180} = \frac{19}{20} = 0{,}95$$

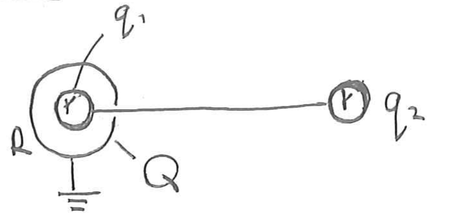
$$\frac{h}{L} = 0{,}45 \quad ?$$

$$L = \frac{h}{0{,}45} = \frac{0{,}45\text{ м}}{0{,}45} = \underline{1\text{ м}}$$

Ответ: $L = 1$ м.

90-00-20-12
(5.5)

3.10.3



Потенциал q_2: $\varphi_2 = k\frac{q_2}{r}$ сист

Потенциал q_1: $\varphi_1 = k\frac{q_1}{r} - k\frac{q_1}{R}$

(поле q_1 внутри сферы не отличается от обычного поля заряженного шара, так как равномерно заряженная сфера (Q) внутри себя, как известно, даёт нулевое поле (по т. Гаусса $\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum q$), если $q_{внутри} = 0$ и всё симметрично, $E = E(r)$, то $\oint ES = \frac{1}{\varepsilon}\sum q = 0 \to E = 0$)), ~~[illegible]~~ но после R всё поле удалено, так как оболочка заземлена. "Удаление" этого поля равносильно ~~добавлению~~ проще не вникать, а проинтегрировать:

↑ + принцип суперпозиции.

$$\varphi_1 = \int_{r_1=r}^{R} \frac{kq_1}{r_1^2} = kq_1\left(-\frac{1}{r_1}\right)\Big|_r^R = kq_1\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right).$$

Провод без сопротивления соединяет φ_1 и $\varphi_2 \Rightarrow \varphi_1 = \varphi_2$

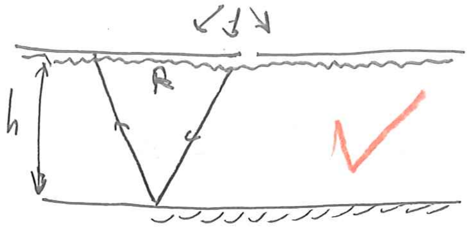
$$\frac{kq_2}{r} = kq_1\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)$$

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

Ответ: $2 \cdot 10^{-10}$ Кл.

4.10.3

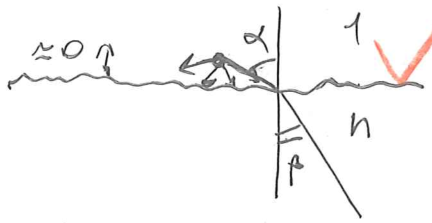
Лист



Маленькая (точечная) дырочка, освещённая рассеянным светом

$\Downarrow$

точечный источник на её месте.



$\sin\alpha = n\sin\beta$ $\qquad$ $\alpha \in [0, \frac{\pi}{2})$

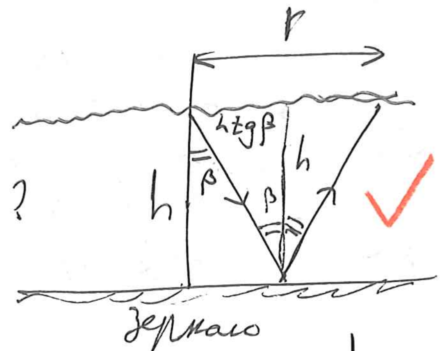
$\sin\beta = \frac{1}{n}\sin\alpha$ $\qquad \Downarrow \qquad$ $\sin\alpha \in [0, 1)$

$\sin\beta \in [0, \frac{1}{n})$

В воде лучи идут под углами β под углами не больше $\max(\beta)$

$$0 < \beta \le \arcsin\frac{1}{n} \Leftarrow \beta \in [0, \arcsin\frac{1}{n}).$$

$\alpha \in [0, \pi/2)$. V



$n - ?$

$r = 2h\,tg\,\beta$ $\qquad$ $\sin\beta_{max} = \frac{1}{n}$

$R = \max r = 2h\,tg\,\beta_{max} =$

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

208

$1 + \frac{1}{tg^2\alpha} = \frac{1}{\sin^2\alpha}$

$tg\,\alpha = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{\sin^2\alpha} - 1}}$

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

$n = \sqrt{\left(\frac{2h}{R}\right)^2 + 1} = \sqrt{\left(\frac{8\,см}{8\,см}\right)^2 + 1} = \sqrt{2}$

Ответ: $n = \sqrt{2} \approx 1,41$.

5.4.3 лист 2 $\qquad \ddot{q} + \frac{R}{L}\dot{q} + \frac{1}{LC}q = 0 \qquad q = Ae^{-\frac{R}{2L}t}\cos(\omega t + \varphi_0)$ $\qquad$ 2 лист

Медленное затухание $e^{-\frac{R}{2L}\cdot\frac{2\pi}{\omega}} \simeq 1 \qquad \frac{R}{2L}\cdot\frac{2\pi}{\omega} \ll 1$

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

$\boxed{\omega \approx \frac{1}{\sqrt{LC}}}$ (+)

Описанный момент: I – max, U

I – max $\rightarrow \dot{I} = 0$ (+) $\quad \ddot{q} = 0 \quad q = CU$

$\frac{R}{L}I + \frac{1}{LC}\cdot CU = 0$

$I = \frac{U}{R}$ (+)

За $\tau = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{LC}$ – один период – произойдёт малое затухание в $e^{-\frac{R}{2L}\tau} = 1-k$ раз $k \ll 1$. При $\frac{R}{2L}\tau \ll 1$ будет $e^{-\frac{R}{2L}\tau} \approx 1 - \frac{R}{2L}\tau = 1-k \qquad k = \frac{R}{2L}\tau = \pi R\sqrt{\frac{C}{L}}$

Все параметры (ток и заряд конденс.) в схеме за τ изменятся в $1-k$ раз.

ЗСЭ:

$\frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = \frac{L((1-k)I)^2}{2} + \frac{C((1-k)U)^2}{2} + Q_л$ (+) $\rightarrow$ $Q_л$ – потери. часть энергии полей в схеме ушла в теплопотери.

$kLI^2 + kCU^2 = Q_л$ $\qquad k \ll 1,\ k^2 \ll k$, пренебр.

$\pi R\sqrt{\frac{C}{L}}\left(L\frac{U^2}{R^2} + CU^2\right) = Q_л \quad \Big|\cdot\frac{\sqrt{L}R}{\pi\sqrt{C}U^2}$

$L + CR^2 = \sqrt{L}\cdot\frac{Q_л R}{\pi\sqrt{C}U^2}$ (+)

$CR^2 = 40\cdot10^{-6}\cdot(0{,}4)^2 = 6{,}4\cdot10^{-6}$ (Гн) $\quad$ (0,16)

$\frac{Q_л}{\pi}\frac{R}{\sqrt{C}\cdot U^2} = 0{,}01 \cdot \frac{0{,}4}{\sqrt{40}\cdot10^{-3}\cdot1^2} = \frac{2}{\sqrt{10}} = \frac{4}{\sqrt{40}}$ (СИ)

$L - \frac{2}{\sqrt{10}}\sqrt{L} + 6{,}4\cdot10^{-6} = 0$ (в [СИ])

$\sqrt{L} = \frac{1}{\sqrt{10}} \overset{*}{+} \sqrt{\frac{1}{10} - 6{,}4\cdot10^{-6}} \approx \frac{2}{\sqrt{10}}$ (+) $\quad (\frac{1}{10} \gg 6{,}4\cdot10^{-6})$

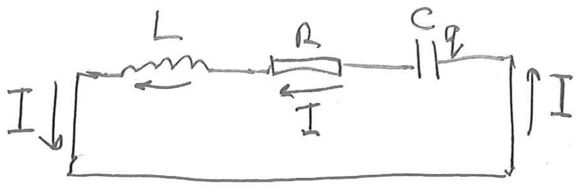
$L = \frac{4}{10}$ (СИ) $\rightarrow$ $L = 0{,}4$ Гн

* Так как $\frac{R}{L}\cdot\frac{1}{\omega} \approx R\sqrt{\frac{L}{C}} \ll 1$, то решение с очень маленьким $\sqrt{L}$ не подходит. ?

нет ответа в общем виде (−)

Ответ: 0,4 Гн. (+)

5.4.3 | Лист 1 $\quad R = 0{,}4\,\Omega \quad C = 40$ мкФ



$$I = \dot q$$

$$\frac{q}{C} + IR + L\dot I = 0 \quad \Big| :L$$

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

$$\beta = \frac{R}{2L} \quad \omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$

Уравнение затухающ. колебаний:

$$\ddot x + 2\beta \dot x + \omega_0^2 x = 0$$

$$x = A e^{-\beta t} \cos\left(\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}\, t + \varphi_0\right)$$

$$\ddot x = (2\beta^2 - \omega_0^2) e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0) + 2\beta\omega e^{-\beta t} \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$q = A e^{-\frac{R}{2L} t} \cos\left(\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}\, t + \varphi_0\right)$$

Описанный в условии момент возьмём за $t = 0$:

$|I|$ - max $\Rightarrow \varphi_0 = \pm\frac{\pi}{2}$ (отсюда возникает $\pm$)

$$q = \pm q_0 e^{-\frac{R}{2L} t} \sin(\omega t) \qquad \omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

$$\frac{q_0}{C} = U = 1\,\text{В}$$

Так как колебания слабо затухающие, можно считать, что одно колебание - не затухающее.

$$q = \pm q_0 \sin \omega t$$

$$I = \mp q_0 \omega \cos \omega t \qquad \tau = \frac{2\pi}{\omega}$$

$\omega\tau = 2\pi$ - один период колебаний

$$P_R = I^2 R = R q_0^2 \omega^2 \cos^2 \omega t$$

$$Q_{\text{потерь}} = \int_{t=0}^{\tau} P_R\, dt = R q_0^2 \omega^2 \int_{t=0}^{\tau} \cos^2 \omega t \, dt = R q_0^2 \omega^2 \int_0^{\tau} \frac{1 + \cos 2\omega t}{2} dt =$$

потери (тепло) происходит только в R, катушка и конденсатор потерь не дают, они преобразуют и запасают энергию в электромагнитное поле).

$$\frac{R}{2} q_0^2 \omega^2 \Big(\tau + \underbrace{\int_0^{\tau} \cos(2\omega t)\, dt}_{0}\Big) = \frac{R}{2} q_0^2 \omega^2 \tau = \underline{\pi q_0^2 \omega R}$$

$\omega\tau = 2\pi$

$2\omega\tau = 4\pi$

$$Q = \pi q_0^2 \omega R$$

$Q = \pi q_0^2 \omega R = \pi (CU)^2 \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2} \cdot R$ Черновик

$\omega = \frac{Q}{\pi \cdot (CU)^2 R} = \frac{31{,}4 \text{ мДж} \cdot 10^{-3}}{3{,}14 \cdot (40 \cdot 10^{-6} \Phi \cdot 1В)^2} = \frac{10^{-2} c^{-1}}{16 \cdot 10^{-12}} = \frac{10^{10}}{16} \ (c^{-1})$

$4 \cdot 10^{-6}$ Кл

$\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2 = \omega^2 \quad | \cdot 4L^2C$

$4L - R^2C = 4L^2\omega^2 C$

$4L^2\omega^2 c - 4L + R^2C = 0$

$L = \frac{2 \pm \sqrt{4 - 4\omega^2C^2R^2}}{4\omega^2 C} = \frac{1 \pm \sqrt{1 - \omega^2C^2R^2}}{2\omega^2 C} = \frac{1 + \sqrt{\overset{\approx 1}{1 - \omega^2C^2R^2}}}{2\omega^2 C}$

поэтому +

Если $\left(\frac{R}{2L}\right)^2 \ll \omega^2$, то $\omega^2 \approx \frac{1}{LC}$, $L = \frac{1}{\omega^2 C}$

$\frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{\left(\frac{10^{10}}{16}\right)^2 \cdot (4 \cdot 10^{-6})} = \frac{64}{10^{14}}$ (Гн)

$q_0 = CU$

$C = 40$ мкФ
$R = 0{,}4\,\Omega$
$U = 1В$

$L - ?$

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

~~$q = \pm q_0 \cos(\omega t)$~~
~~$I = \mp q_0 \omega \sin(\omega t)$~~

~~Затухание слабое $\Rightarrow$ один период можно считать не затухающим~~, нет

~~$q = \pm q_0$~~

$q = \pm A e^{-\frac{R}{2L}t} \cos(\omega t + \varphi_0)$

$\pm A \cos\varphi_0$

$$q = Ae^{-\frac{R}{2L}t}\cos(\omega t + \varphi_0) \qquad \omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$$

$\boxed{\text{Черновик}}$

Считаем момент из условия. $t=0$: $I - max (\dot{I}=0)$ $q = CU$:

$t=0$:

$$A\cos\varphi_0 = CU$$

$$\dot{I} = \ddot{q} = A\left(\left(\frac{R^2}{2L^2} - \frac{1}{LC}\right)\cos\varphi_0 + \frac{R}{L}\omega\sin\varphi_0\right) = 0$$

Вспомним ЗСЭ.

При медленном затухании можно считать, что это обычные гармонические колебания, в котором амплитуда $\sim e^{-\beta t}$

За время τ: $\omega\tau = 2\pi$ - один период - все параметры системы (ток, напряжение (заряд) конденсатора) уменьшаются в

$1-k = e^{-\frac{R}{2L}\tau} \approx 1$ раз (как $k = 1 - e^{-\frac{R}{2L}\tau} << 1$). $\omega \approx \frac{1}{LC}$

ЗСЭ:

$$\frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = \frac{L((1-k)I)^2}{2} + \frac{C((1-k)U)^2}{2} + Q_n \quad \Big| \; k^2 << k \text{ пренебрежём}$$

$$kLI^2 + kCU^2 \approx Q_n$$

$$\underline{k \approx \frac{R}{2L}\tau \approx \pi\frac{RC}{L}}$$

$$\tau = \frac{2\pi}{\omega} \approx 2\pi \cdot LC$$

Так как $k = 1 - e^{-\frac{R}{2L}\tau} << 1$, то $\frac{R}{2L}\tau << 1$, тогда

$2\pi \cdot \frac{R}{2L}/\omega << 1 \Rightarrow \frac{R}{2L} << \omega$, тогда $\omega \approx \frac{1}{LC}$. При $\frac{R}{2L}\tau << 1$, то $e^{-\frac{R}{2L}\tau} \approx 1 - \frac{R}{2L}\tau$, $k \approx \frac{R}{2L}\tau$.

$$\pi\frac{RC}{L}(LI^2 + CU^2) = Q_n$$

$$RI^2C + \frac{RC^2U^2}{L} = \frac{Q_n}{\pi}$$

$$L = \frac{RC^2U^2}{\frac{Q_n}{\pi} - RI^2C} \qquad RI^2C = \frac{U^2C}{R}$$

$$= \frac{0{,}4\cdot(4\cdot10^{-5})^2\cdot 1^2}{\frac{3{,}14\cdot10^{-2}}{3{,}14} - 0{,}4\cdot\left(\frac{1}{0{,}4}\right)^2\cdot 4\cdot10^{-5}} =$$

$0{,}01 \qquad 0{,}0001$

$$= \frac{6{,}4\cdot10^{-10}}{10^{-2}\cdot 0{,}99} \approx \cancel{6{,}4\cdot10^{-8}} \text{ (Гн)}$$

$0{,}99 \approx 1$

Ответ:

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

$I - max$ локально $\Rightarrow \ddot{q} = \dot{I} = 0$

$q = CU$

$$\frac{R}{L}I + \frac{1}{L}U = 0$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{1\text{ В}}{0{,}4\ \Omega}$$

Черновик

$$\oint \vec{E}\, d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} \Sigma q$$

$$4\pi R^2 E = \frac{1}{\varepsilon_0} q$$

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{R^2} = \frac{kq}{R^2} \qquad k\frac{qq'}{R^2}$$

k

$$\varphi = \int_{R_0}^{\infty} \frac{kq}{R^2} = kq\left(-\frac{1}{R}\right)\Big|_{R_0}^{\infty} = kq\left(-\frac{1}{\infty} + \frac{1}{R_0}\right) = \frac{kq}{R_0}$$

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

$$x = Ae^{-\beta t}\cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$\dot{x} = Ae^{-\beta t}(-\omega\sin(\omega t + \varphi_0)) - A\beta e^{-\beta t}\cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$\ddot{x} = Ae^{-\beta t}(-\omega^2\cos(\omega t + \varphi_0)) + A\beta e^{-\beta t}\omega\sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$\mathcal{E} = e^{-\beta t} \qquad C = \cos(\omega t + \varphi_0) \qquad S = \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$x = \mathcal{E}C \qquad \dot{\mathcal{E}} = -\beta\mathcal{E} \qquad \dot{C} = -\omega S \qquad \dot{S} = \omega C$$

$$\dot{x} = -\beta\mathcal{E}C - \omega\mathcal{E}S$$

$$\ddot{x} = -\beta(-\beta\mathcal{E}C - \omega\mathcal{E}S) - \omega(-\beta\mathcal{E}S + \omega\mathcal{E}C) = \beta^2\mathcal{E}C + \beta\omega\mathcal{E}S + \beta\omega\mathcal{E}S - \omega^2\mathcal{E}C$$

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x =$$

$$= \mathcal{E}C(\beta^2 - \omega^2 - 2\beta^2 + \omega_0^2) + \mathcal{E}S(2\beta\omega - 2\beta\omega) \overset{\vee}{=} 0$$

$$\omega_0^2 - \beta^2 - \omega^2$$

$$\underline{\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}$$

$$x = Ae^{-\beta t}\cos\left(\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}\, t + \varphi_0\right)$$

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

$$\underline{U, I \sim e^{-\beta t} = e^{-\frac{R}{2L}t}}$$

90-00-20-12 (5.5)

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

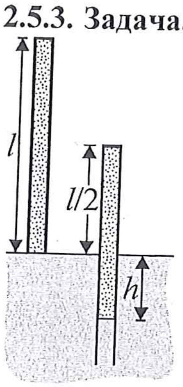
Олимпиада «Ломоносов 2023/2024» по физике

Заключительный этап для 11-х классов

Вариант №3

1.4.3. Задача. Два спутника дальней космической связи движутся в одну сторону вокруг Земли по круговым орбитам, лежащим в одной плоскости. Для контроля работоспособности установленной на них аппаратуры спутники обмениваются информацией с помощью лазерного луча, направленного от одного спутника к другому. Периодически спутники на некоторое время оказываются в «слепых» зонах, когда лазерный луч перекрывается Землей, и связь между спутниками прерывается. Найдите длительность τ пребывания спутников в одной из таких слепых зон, если радиусы орбит спутников $R_1 = 6{,}4\cdot10^4$ км и $R_2 = 10^5$ км. Радиус Земли r, ее массу M и гравитационную постоянную G примите равными соответственно $r = 6{,}4\cdot10^3$ км, $M = 6\cdot10^{24}$ кг, $G = 6{,}7\cdot10^{-11}$ Н·м^2·кг$^{-1}$. Преломлением луча в атмосфере Земли, а также влиянием Луны и других небесных тел на движение спутников можно пренебречь.
Указание. Для упрощения расчетов воспользуйтесь приближенной формулой $\arcsin x \approx x$, справедливой при малых значениях аргумента x, выраженного в радианах.

2.5.3. Задача. Стеклянная трубка, герметично закрытая с одного конца, расположена вертикально открытым концом вниз и заполнена смесью воздуха и насыщенного водяного пара. Трубку медленно погружают в воду на половину ее длины. При этом поверхность воды в трубке оказывается на глубине $h = 0{,}45$ м. Считая температуру газовой смеси в трубке постоянной, а давление насыщенных паров воды при этой температуре равным $p_{нас} = 14{,}5$ кПа, найдите длину трубки l. Атмосферное давление $p_0 = 10^5$ Па, плотность воды $\rho_0 = 10^3$ кг/м^3. Поверхностное натяжение воды можно не учитывать. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с^2.



3.10.3. Задача. Два одинаковых металлических заряженных шара радиусами $r = 2$ см находятся на большом расстоянии друг от друга. Один из шаров расположен при этом внутри сферической проводящей заземлённой оболочки радиуса $R = 3$ см так, что их центры совпадают. Через небольшое изолированное отверстие в этой оболочке эти шары соединяют тонкой длинной проволокой. В результате на шаре, расположенном внутри оболочки, устанавливается заряд $q_1 = 6\cdot10^{-10}$ Кл. Каким оказался при этом заряд q_2 другого шара?

4.10.3. Задача. На верхней горизонтальной поверхности слоя жидкости расположен непрозрачный экран с маленьким круглым отверстием. На нижней границе слоя помещено плоское зеркало. Когда сверху отверстие осветили рассеянным светом, на нижней стороне экрана возникла освещенная область радиусом $R = 8$ см. Каков показатель преломления жидкости n, если толщина слоя $h = 4$ см?

5.4.3. Задача. Колебательный контур состоит из последовательно соединённых катушки индуктивности, резистора с сопротивлением $R = 0{,}4$ Ом и конденсатора с электроёмкостью $C = 40$ мкФ. В контуре происходят слабо затухающие колебания – потери энергии за каждый последующий период колебаний много меньше энергии, запасённой в контуре в любой момент времени. В некоторый момент времени, когда сила тока в контуре достигает локального максимального значения, напряжение на конденсаторе равно $U = 1$ В. Чему равна индуктивность катушки L, если в следующий за данным период колебаний в контуре выделилось количество теплоты $Q = 31{,}4$ мДж? Результат выразите в Генри, округлив до десятых долей.

$\frac{4\cdot 10^{-5}}{0,4} = \cancel{1}\cdot 10^{-4}$

$$\frac{0,4\cdot 16\cdot 10^{-10}}{1\cdot 10^{-2}\cdot 0,99} \approx \underline{6,4\cdot 10^{-8}}$$

$[CR] = c^{-1}$

$\left[\frac{1}{\sqrt{LC}}\right] = c^{-1}$

$[LC] = c^2$

$[L\underbrace{CR}_{c^{-1}}] = c^2\cdot\Omega$

$L = c^3\cdot\Omega$

$$\frac{K_1}{c^2} + \frac{\Omega}{[L]}\frac{K_1}{c} + \frac{1}{[L]\cdot[C]}K_1 = 0$$

$[LC] = c^2$

$\left[\frac{L}{R}\right] = c$

$\frac{L^2}{R^2}/LC = \left[\frac{L}{CR^2}\right] = \frac{c^2}{c^2} = 1$

gluuut p