0683937550000

68-39-37-55
(5.7)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Мехаевой Екатерины Сергеевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

выход 14:47 ~~Кон~~
вход 14:51 ~~Кон~~

+1 дополнительный лист

Дата
«09» февраля 2024 года

Подпись участника

68-39-37-55
(5.7)

Чистовик

Оценка изменена с 80 на 84

№ 1.4.3

Дано:
$R_1 = 6{,}4\cdot10^4$ км
$R_2 = 10^5$ км
$v = 6{,}4\cdot10^3$ км
$M = 6\cdot10^{24}$ кг
$G = 6{,}67\cdot10^{-11}\,\frac{Н\cdot м^2}{кг}$

Найти:
τ - ?

Пусть m_1 и m_2 - массы спутников, a_1 и a_2 - центростремительное ускорение 1ого и 2ого спутников (1ый спутник движется по орбите радиуса R_1, 2ой - R_2). Тогда по II закону Ньютона:

$$G\frac{m_1M}{R_1^2} = m_1a_1,\quad G\frac{m_2M}{R_2^2} = m_2a_2$$

Т.к. $a_1 = \frac{v_1^2}{R_1}$, $a_2 = \frac{v_2^2}{R_2}$, где v_1 и v_2 - скорости 1ого и 2ого спутников, то:

$$\frac{GM}{R_1^2} = \frac{v_1^2}{R_1},\quad \frac{GM}{R_2^2} = \frac{v_2^2}{R_2} \Rightarrow$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_1}},\quad v_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_2}}$$

Перейдём во вращающуюся систему отсчёта с центром в центре Земли такую, что 1ый спутник в ней неподвижен. Скорость 2ого спутника - v_2'

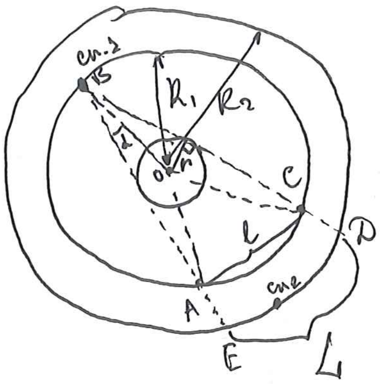
$$v_2' = \left|R_2\cdot\left(\frac{v_2}{R_2} - \frac{v_1}{R_1}\right)\right|$$

$$v_2' = \left|v_2 - v_1\cdot\frac{R_2}{R_1}\right|$$

Восемьдесят = 80

1	2	3	4	5
10	20	20	10	20

Чистовик



Находясь в области L, спутники оказываются в „слепой" зоне, где L — участок орбиты 2ого спутника, заключённый между касательными от спутника 1 к Земле. Далее L — длина этого участка.

Из рисунка:

$$\sin\alpha = \frac{r}{R_1} \Rightarrow \alpha = \arcsin\left(\frac{r}{R_1}\right)$$

$$\angle ABO = \alpha \Rightarrow \angle ABC = 2\alpha \Rightarrow \angle AOC = 4\alpha$$

l — длина дуги аналогичного участка для орбиты 1ого спутника.

$$l = \frac{4\alpha}{2\pi}\cdot 2\pi R_1 = 4\alpha R_1$$

α — малый угол $\Rightarrow \alpha \approx \frac{r}{R_1}$ (в радианах) $\Rightarrow l = 4r \Rightarrow$

Из подобия фигур ABC и EBD:

$$\frac{l}{L} = \frac{2R_1}{R_1+R_2}$$

$$L = l\left(\frac{R_1+R_2}{2R_1}\right) = \frac{4r(R_1+R_2)}{2R_1}$$

Время нахождения в „слепой" зоне:

$$\tau = \frac{L}{v_2'} \Rightarrow \tau = \frac{4r(R_1+R_2)}{2R_1\cdot\left|v_2 - v_1\frac{R_2}{R_1}\right|} \Rightarrow$$

$$\tau = \frac{\overset{2}{\cancel{4}}r(R_1+R_2)}{|v_2R_1 - v_1R_2|} = \frac{2r(R_1+R_2)}{\sqrt{GM}\left|\cancel{\sqrt{R_1}}\frac{R_1}{\sqrt{R_2}} - \frac{R_2}{\sqrt{R_1}}\right|} = \frac{2r(R_1+R_2)}{\sqrt{GM}\left|\frac{R_1}{\sqrt{R_2}} - \frac{R_2}{\sqrt{R_1}}\right|}$$

$$\tau = \frac{2\cdot 6{,}4\cdot10^6(6{,}4\cdot10^7+10^8)}{\sqrt{6{,}7\cdot10^{-11}\cdot6\cdot10^{24}}\left|\frac{6{,}4\cdot10^7}{\sqrt{10^8}} - \frac{10^8}{\sqrt{6{,}4\cdot10^7}}\right|} = \frac{2\cdot6{,}4\cdot16{,}4\cdot10^7}{\sqrt{402\cdot10^{12}}\left|6{,}4\cdot10^3 - \frac{10^5}{8}\right|} \approx$$

$$\approx \frac{\cancel{2}\cdot6{,}4\cdot16{,}4\cdot10^7}{\cancel{20}\cdot10^6|6{,}4-12{,}5|} = \frac{6{,}4\cdot16{,}4}{6{,}1} \approx 17{,}4\,с$$

Ответ: 17,4 с

68-39-37-55
(5.7)

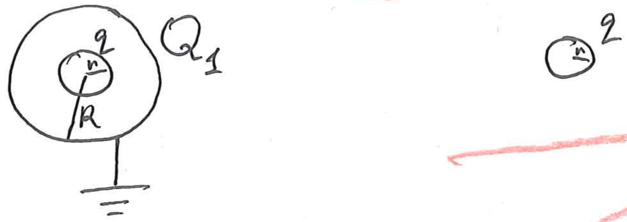
Чистовик

№3.10.3

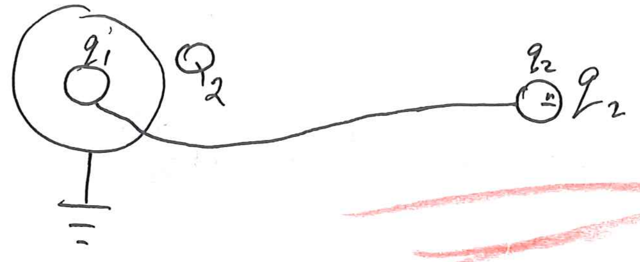
Дано:
$r=2$ см
$R=3$ см
$q_1=6\cdot10^{-10}$ Кл.

Найти:
q_2 – ?

Было:



Стало:



Q_1, Q_2 – заряды оболочки в начале и в конце, соответственно.

q – начальный заряд каждого шара

Закон сохранения заряда:

$$q+q=q_1+q_2 \Rightarrow q_1+q_2=2q \quad (1)$$

Т.к. оболочка заземлена, то её потенциал

$$\varphi=0 \Rightarrow \varphi=\frac{kq_1}{R}+\frac{kQ_2}{R}=0 \Rightarrow \frac{Q_2}{R}=\frac{-q_1}{R} \quad (2)$$

Шары соединены проволокой => их потенциалы равны =>

$$\frac{kq_1}{r}+\frac{kQ_2}{R}=\frac{kq_2}{r}$$

(Шары расположены далеко друг от друга => не влияют друг на друга)

$$\frac{q_1}{r}+\frac{Q_2}{R}=\frac{q_2}{r} \quad (3)$$

Из (2)-(3): Чистовик

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

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

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

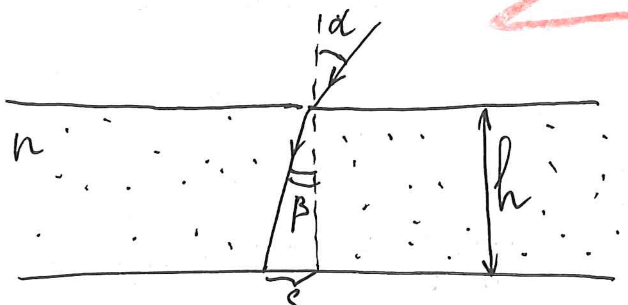
$$q_2 = 6 \cdot 10^{-10} Кл \cdot \left(1 - \frac{2}{3}\right) = 2 \cdot 10^{-10} Кл$$

Ответ: $q_2 = 2 \cdot 10^{-10}$ Кл.

№ 4.10.3

Дано:
$R = 8$ см
$h = 4$ см

Найти:
n - ?



Закон преломления:

$$n_{возд} \cdot \sin\alpha = n \cdot \sin\beta \text{ , где}$$

$n_{возд}$ - показатель преломления воздуха =>

$n_{возд} = 1$ => $\sin\alpha = n \cdot \sin\beta$

Максимальный угол падения:

$$\alpha_{max} = 90°$$

68-39-37-55 (5.7)

Чистовик

~~S - радиус освещаемой на дне области~~

S - Расстояние от центра освещаемой области до точки падения луча.

При $\alpha = \alpha_{max}$: $S = R$ т.к. при $\alpha = \alpha_{max}$: угол $\beta = \beta_{max}$ максимальный $\Rightarrow$ $S = h \cdot tg\beta$ - максимально

$\Rightarrow$ При $\alpha = \alpha_{max}$: $R = tg\beta_{max} \cdot h$

$1 = n \cdot \sin\beta_{max}$ $\Rightarrow$

Получаем систему:

$$\begin{cases} n \cdot \sin\beta_{max} = 1 \\ R = tg\beta_{max} \cdot h \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} n = \frac{1}{\sin\beta_{max}} \\ ctg\beta_{max} = \frac{h}{R} \end{cases}$$

Т.к. $0° \leq \beta \leq 90°$, то $\sin\beta \geq 0$ $\Rightarrow$

$$(ctg\beta_{max})^2 + 1 = \frac{1}{\sin^2\beta_{max}} \Rightarrow \sin^2\beta_{max} = \frac{1}{(ctg\beta_{max})^2 + 1} \Rightarrow$$

$$\sin\beta_{max} = \frac{1}{\sqrt{(ctg\beta_{max})^2 + 1}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{h}{R}\right)^2 + 1}} \Rightarrow$$

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

$$n = \sqrt{\left(\frac{4}{8}\right)^2 + 1} = \sqrt{0,25 + 1} = \sqrt{1,25} =$$

$$= \sqrt{\frac{5^3}{10^2}} = 0,5\sqrt{5}$$

Ответ: $n = 0,5\sqrt{5}$

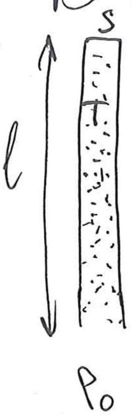
Чистовик

Б 2.5.3

Дано:
$h = 0{,}45$ м
$P_{нас} = 14{,}5$ кПа
$p_0 = 10^5$ Па
$\rho_0 = 10^3 \frac{кг}{м^3}$
$g = 10 \frac{м}{с^2}$

Найти:
l - ?

В начале:



V_0 - объём газа в трубке:
$V_0 = lS$, где S - площадь сечения трубки.
Давление в трубке равно P_0, т.к. трубка открыта =>
~~$P_{нас}$~~ $P_0 = P_{нас} + P_в$, где $P_в$ - давление воздуха в трубке
Т.к. пар насыщенный, то
$V_0 P_{нас} = \nu_0 RT$, где ν_0 - кол-во водяного пара в трубке

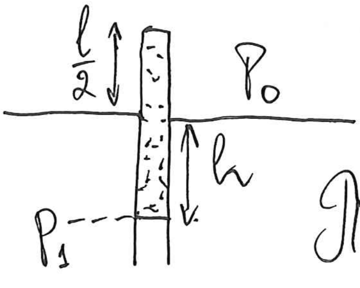
уравнение состояния идеального газа

$V_0 P_в = \nu RT$, где ν - кол-во воздуха в трубке

$\Downarrow$

$V_0 P_в + V_0 P_{нас} = P_0 V_0 = (\nu_0 + \nu) RT$

После опускания трубки:



Давление смеси в трубке равно: $P_1 = P_0 + \rho_0 g h$

Пар был насыщенным, поэтому после опускания трубки он остался насыщенным, но его часть, возможно сконденсировалась.

Чистовик

В момент локального максимума:

$$I = I_1,\ \frac{q_1}{C} = U_1,\ \dot{I}_1 = 0$$

$$\frac{q_1}{C} - I_1 R = 0 \Rightarrow I_1 = \frac{q_1}{CR} = \frac{U}{R}$$

Колебания гармонические => ~~следующий~~ Через время, равное периоду колебаний, ток снова ~~будет~~ достигнет локального максимума:

$$I = I_2,\ \frac{q_2}{C} = U_2,\ \dot{I}_2 = 0 \Rightarrow I_2 = \frac{q_2}{CR} = \frac{U_2}{R}$$

~~Закон сохранения энергии:~~

$$\cancel{\frac{LI_1^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{LI_2^2}{2} + \frac{CU_2^2}{2} + Q}$$

$$\cancel{\frac{LU^2}{2R^2} + \frac{CU^2}{2} = \frac{LU_2^2}{2R^2} + \frac{CU_2^2}{2} + Q}$$

$$\cancel{\left(\frac{L}{R^2} + C\right)(U^2 - U_2^2) = 2Q}$$

Т.к. затухания слабые, то можно
амплитуда заряда в этот период
считать, что $q = q_m \sin(\omega t)$

$$I = \dot{q} = \cancel{I_1} q_m \omega \cdot \cos(\omega t) = I_1 \cos(\omega t),$$

а также: (закон Джоуля-Ленца)

$$Q = \int_0^T I^2 R\, dt$$

т.к. потери энергии много меньше энергии, запасенной в контуре

Чистовик

$$Q=\int_0^T (I_1 \cos(\omega t))^2 \cdot R\,dt =$$

$$= R\cdot I_1^2 \cdot \int_0^T \cos^2(\omega t)\,dt = \cancel{\frac{1}{2} R I_1^2 \cdot \int_0^T}$$

т.к. $\cos(2\omega t) = 2\cos^2(\omega t) - 1$, то

$$\cos^2(\omega t) = \frac{1+\cos(2\omega t)}{2} \Rightarrow$$

$$Q = I_1^2 R \cdot \int_0^T \frac{1+\cos(2\omega t)}{2}\,dt = I_1^2 R\left(\int_0^T \frac{1}{2}dt + \frac{1}{2}\int_0^T \cos(2\omega t)\,dt\right) =$$

$$= \frac{1}{2} R I_1^2 \left(T + \cancel{\frac{1}{2}}\cdot\frac{1}{2}\left(\sin(2\omega\cdot T) - \sin(0)\right)\right) =$$

$$= \frac{1}{2} R I_1^2 \left(T + \frac{1}{2}\left(\cancel{4\pi}\sin(4\pi) - 0\right)\right) = \frac{1}{2} R I_1^2 \cdot T \Rightarrow$$

$$\frac{1}{2} R \left(\frac{U}{R}\right)^2 \cdot \sqrt{CL} \cdot 2\pi = Q$$

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

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

$$L = \left(\frac{Q\cdot R}{\pi\cdot U^2}\right)^2 \cdot \frac{1}{C}$$

$$L = \left(\frac{31{,}4\cdot 10^{-3}\cdot 0{,}4}{3{,}14\cdot 1^2}\right)^2 \cdot \frac{1}{40\cdot 10^{-6}} = \left(\frac{\cancel{3{,}14}\cdot 10^{-2}\cdot 0{,}4}{\cancel{3{,}14}}\right)^2 \cdot \frac{10^5}{4} =$$

$$= 10^{-4}\cdot 0{,}16 \cdot \frac{10^5}{4} = \cancel{4\,Гн}\ 0{,}4\,Гн$$

Ответ: $L = 0{,}4$ Гн

Чистовик

ν_1 – новое кол-во водяного пара в трубке.

Объём смеси в трубке: $V_1 = S\left(\frac{l}{2}+h\right) \Rightarrow$

$$P_{нас} \cdot V_1 = \cancel{(\nu_1 RT)}\ \nu_1 RT \Rightarrow \nu_1 = \frac{P_{нас} \cdot V_1}{RT}$$

Давление воздуха в трубке: $P_в' \Rightarrow$

$$P_в' V_1 = \nu RT$$

$$P_1 = P_{нас} + P_в' \Rightarrow P_{нас} \cdot V_1 + P_в' V_1 = P_1 V_1 = (\nu_1 + \nu) RT \Rightarrow$$

$$(P_0 + \rho_0 gh) \cdot V_1 = (\nu_1 + \nu) RT$$

$$(P_0 + \rho_0 gh) \cdot V_1 = \left(\nu + \frac{P_{нас} \cdot V_1}{RT}\right) RT$$

Получим систему уравнений:

$$\begin{cases} (P_0 + \rho_0 gh) \cdot V_1 = \left(\nu + \frac{V_1 \cdot P_{нас}}{RT}\right) RT \\ V_1 = S\left(\frac{l}{2}+h\right) \\ V_0 = lS \\ \nu_0 RT = V_0 \cdot P_{нас} \\ P_0 V_0 = (\nu_0 + \nu) RT \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\begin{cases} P_0 \cdot S\left(\frac{l}{2}+h\right) + \rho_0 gh \cdot S\left(\frac{l}{2}+h\right) = S\left(\frac{l}{2}+h\right) \cdot P_{нас} + \nu RT \\ V_1 = S\left(\frac{l}{2}+h\right) \\ V_0 = lS \\ \nu_0 RT = l \cdot S \cdot P_{нас} \\ \cancel{(\nu_0 + \nu)}\ \nu RT = (P_0 - P_{нас}) lS \end{cases}$$, откуда:

$$P_0 \cdot S\left(\frac{l}{2}+h\right) + \rho_0 gh \cdot S\left(\frac{l}{2}+h\right) = S\left(\frac{l}{2}+h\right) \cdot P_{нас} + lS(P_0 - P_{нас})$$

$$(P_0 + \rho_0 gh)\left(\frac{l}{2}+h\right) = P_{нас}\left(\frac{l}{2}+h\right) + l(P_0 - P_{нас})$$

Чистовик

$$(P_0+\rho_0 gh)\left(\frac{l}{2}+h\right) = P_{нас}\left(\frac{l}{2}+h\right) + l(P_0 - P_{нас})$$

$$l\left(\frac{P_0+\rho_0 gh}{2} - \frac{P_{нас}}{2} - P_0 + P_{нас}\right) = P_{нас}\cdot h - h(P_0+\rho_0 gh)$$

$$l \cdot \frac{P_0+\rho_0 gh - P_{нас} - 2P_0 + 2P_{нас}}{2} = h\cdot(P_{нас} - P_0 - \rho_0 gh)$$

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

$$l = 2h \cdot \frac{P_{нас} - P_0 - \rho_0 gh}{\rho gh + P_{нас} - P_0}$$

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

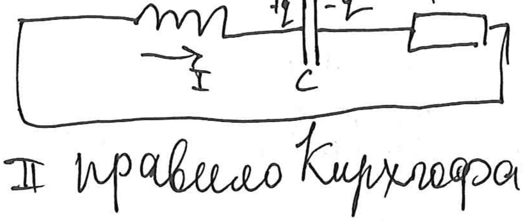
$$= 0{,}9\cdot \frac{14{,}5 - 100 - 4{,}5}{4{,}5 + 14{,}5 - 100} = 0{,}9\cdot\frac{-90}{-81} = 1\text{ м}$$

Ответ: $l = 1$ м

№ 5.4.3

Дано:
$R = 0{,}4$ Ом
$U = 1$ В
$C = 40$ мкФ
$Q = 31{,}4$ мДж

Найти:
L - ?



II правило Кирхгофа:

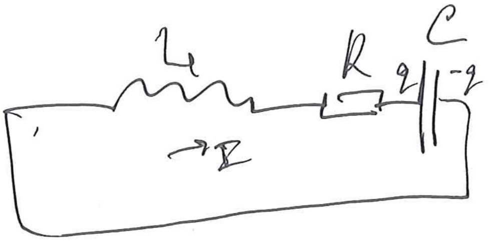
$$\frac{q}{C} - IR - L\dot I = 0 \quad \text{т.к. } I = \dot q:$$

$$L\ddot q + \dot q R - \frac{q}{C} = 0$$ — уравнение гармонических затухающих колебаний

Период колебаний:

$$\ddot q + \dot q\frac{R}{L} - \frac{q}{LC} = 0 \ (1) \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{CL}},\ T = \sqrt{LC}\cdot 2\pi$$

Черновик



$$I = \dot q$$

$$2\dot x\cdot\omega = -\frac{R}{4\sqrt{CL}}$$

$$\dot x = -\frac{R}{2L}$$

$$2\dot x^2 + x\cdot\ddot x + \frac{R}{L}x\cdot\dot x = 0$$

$$\frac{2R^2}{4L^2} - \frac{R}{2L^2}\cdot x = 0$$

$$q = q_m\cos(\omega t)\cdot\sqrt{1-\frac{R}{2L}}$$

$$\dot q = q_m\omega\sin(\omega t)\cdot\sqrt{1-\frac{R}{2L}}$$

$$-q_m\omega\frac{R}{2L}\cdot\cos(\omega t)\sqrt{1-\frac{R}{2L}}$$

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

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

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

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

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

$$\boxed{\begin{aligned} x &= 1 - \frac{R}{2L}t \\ \dot x &= -\frac{R}{2L} \\ \ddot x &= 0 \end{aligned}}$$

$$q = q_m\cos(\omega t)\cdot x$$

$$\dot q = q_m\omega\,\cancel{\cos}\sin(\omega t)\cdot x + q\cdot\dot x$$

$$\ddot q = -q_m\omega^2\,\cancel{\sin}\cos(\omega t)\cdot x + \dot x\cdot\dot q + \dot q\dot x + q\cdot\ddot x$$

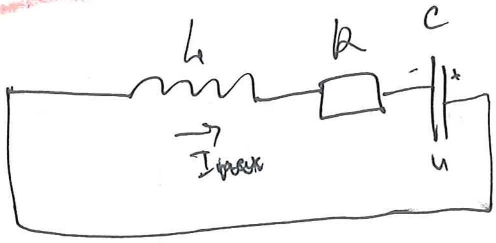
$$-q_m\omega^2\cos(\omega t)\cdot x + 2\dot q\dot x + \ddot q\ddot x + \frac{R}{L}q_m\omega\sin(\omega t)\cdot x +$$

$$+\frac{Rq}{L}\cdot\dot x + \frac{q}{CL} =$$

$$= \cancel{-\frac{q_m}{CL}\cos(\omega t)\cdot x} + 2\dot x\cdot q_m\omega\sin(\omega t)\cdot x + 2q_m\overset{\cos(\omega t)}{}\dot x^2 + q_m\cos(\omega t)\,x\cdot\ddot x +$$

$$+\frac{R}{q_m L\sqrt{CL}}\sin(\omega t)\cdot x + \frac{R}{L}q_m\cos(\omega t)\cdot x\cdot\dot x + \cancel{\frac{q_m\cos(\omega t)\cdot x}{CL}}$$

Черновик



В некоторый момент:

$U = I_m R$

$I_{m_1} = \frac{U}{R}$

$I_{m_2} = \frac{U'}{R}$

$\cancel{-L\dot{I} - IR - CU = \frac{q}{C}}$

$$\frac{L I_{m_1}^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = \frac{L I_{m_2}^2}{2} + \frac{CU'^2}{2} + Q$$

$$-L\dot{I} - IR + \frac{q}{C} = 0 \qquad Q = \sum I^2 R\, dt$$

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

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

$q_m \cos$

$$\frac{LU^2}{R^2} + CU^2 = \frac{LU'^2}{R^2} + CU'^2 + 2Q \qquad I = I_m \qquad \cancel{Q = \frac{I}{\sqrt{2}}}$$

$$q = I_A \cdot \sin(\omega t) \cdot \sqrt{1-kt}$$

$$\dot{q} = I_A\left(\cos(\omega t)\cdot\omega\cdot\sqrt{1-kt} + \frac{\sin(\omega t)}{\sqrt{1-kt}}\cdot(-k)\right)$$

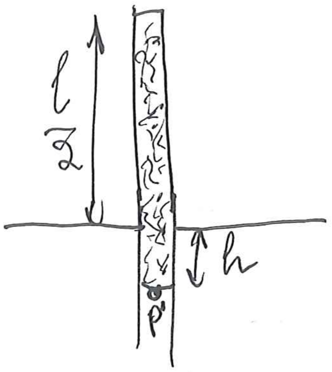
$$\ddot{q} = I_A\left(-\sin(\omega t)\cdot\omega^2\cdot\sqrt{1-kt} - \frac{\cos(\omega t)\cdot\omega\cdot k}{\sqrt{1-kt}} + \right.$$

$$\left. + \cos(\omega t)\cdot\omega\cdot\frac{-k}{\sqrt{1-kt}} + \frac{\sin(\omega t)}{(1-kt)\sqrt{1-kt}}\cdot k^2\cdot\left(-\frac{1}{2}\right)\right)$$

$\sqrt{1-kt}$ +

$$\left(\frac{L}{R^2} + C\right)\left(U^2 - U'^2\right) = 0$$

Черновик



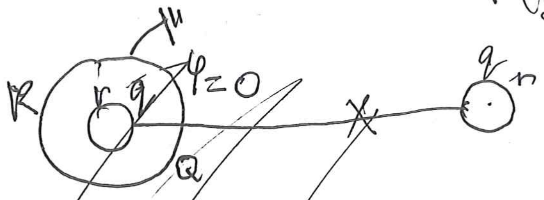
$14{,}5 \cdot 10^3 = 1{,}45 \cdot 10^4 < p_0$

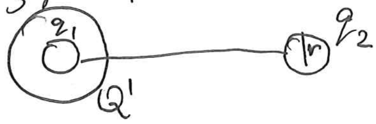
$p' = p_0 + \rho g h = 10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}45 \Rightarrow p_{нас}$

~~t 10~~ $p_0 l S = (\nu_{вз} + \nu) RT$ $\quad p_{нас} l S = \nu RT$

$p'\left(\frac{l}{2} + h\right) S = (\nu_{вз} + \nu') RT, \quad p_{нас}\left(\frac{l}{2} + h\right) S = \nu' RT$

$p_0 + \rho g h = p'$





~~$\frac{kq}{R} + \frac{kQ}{R} = 0$~~

$\frac{kq_1}{r} + \frac{kQ'}{R} = \frac{kq_2}{r}$

~~$q_1 + q_2 = q$~~

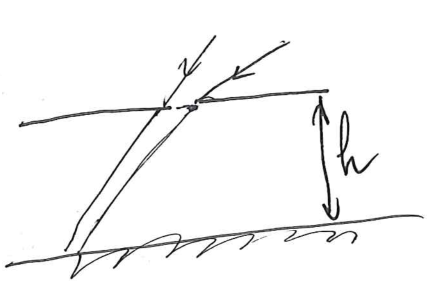
$\frac{kq_1}{R} + \frac{kQ'}{R} = 0$

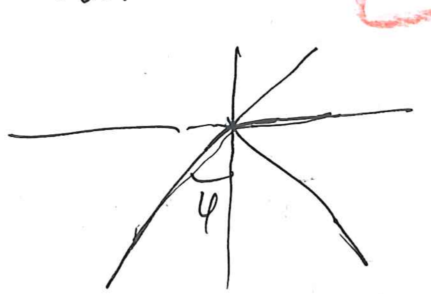
$\frac{kQ'}{R} = -\frac{kq_1}{R}$

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

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

$q_2 = \left(1 - \frac{2}{3}\right) \cdot 6 \cdot 10^{-10} Кл = 2 \cdot 10^{-10} Кл.$





$1 = n \cdot \sin\varphi$

Черновик

164×64:
$\begin{array}{r} 164 \\ \times\ 64 \\ \hline 976 \\ 984 \\ \hline 10616 \end{array}$

$\frac{64 \cdot 164}{610}$

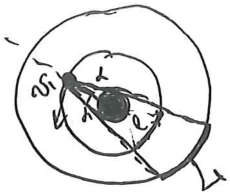
$10616 : 610 = 17{,}4$; 610, 4516, 4270, 2460, 2440, 20

$$F = G\frac{Mm}{R^2} = m\frac{v^2}{R}$$

$$v^2 = \frac{GM}{R} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R_1}},\ v_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_2}} = \sqrt{\frac{6{,}7\cdot10^{-11}\cdot6\cdot10^{24}}{10^5\cdot10^3}} =$$

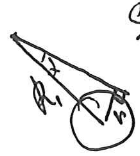
Перейдём в СО I спутника $\Rightarrow$



$$v_2' = v_2 - \frac{v_1}{R_1}\cdot R_2$$

$\begin{array}{r} 67 \\ \times\ 6 \\ \hline 402 \end{array}$

$$\frac{L}{l} = \frac{R_1+R_2}{2R_1}$$



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

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

$\begin{array}{r} 12{,}5 \\ \times\ 8 \\ \hline 100{,}0 \end{array}$

$\frac{4\alpha}{\cancel{2\pi}}\cdot\cancel{2\pi}R_1 = l \qquad \frac{4r}{\cancel{R_1}}\cdot\cancel{R_1} = l$

$$L_1 = \frac{R_1+R_2}{2R_1}\cdot 4r \qquad \tau = \frac{L_1}{v_2'} = \frac{(R_1+R_2)4r}{2R_1\cdot\left(v_2 - \frac{R_2 v_1}{R_1}\right)}$$

$$\tau = \frac{4r(R_1+R_2)}{2(v_2R_1 - R_2v_1)} = \frac{4\cdot6{,}4\cdot10^3\cdot10^3\cdot(6{,}4\cdot10^4+10^5)}{2(}$$

$$\tau = 4r(R_1+R_2)$$

$$v_2 - v_1\cdot\frac{R_2}{R_1} = \sqrt{\frac{GM}{R_2}} - \sqrt{\frac{GM}{R_1}}\cdot\frac{R_2}{R_1}$$

$$\frac{1}{\sqrt{R_2}} - \frac{R_2}{\sqrt{R_1}\cdot R_1} = \frac{1}{\sqrt{10^5}} - \frac{10^5}{6{,}4\cdot10^4\sqrt{10^4\cdot6{,}4}}$$

>1 $<\sqrt{10}<$

Черновик

$$U_1 = I_1 R$$
$$U_2 = I_2 R$$

$$\frac{L I_m^2}{2} + \frac{C U_1^2}{2} = \frac{L I_2^2}{2} + \frac{C U_2^2}{2} + Q$$

$$\frac{L U_1^2}{\cancel{2} R^2} + C U_1^2 = \frac{L U_2^2}{R^2} + C U_2^2 + Q \cdot 2$$

$$\sin(2\omega t)' = \cos(2\omega t) \cdot 2$$

$$\left(\frac{L}{R^2} + C\right)(U_1^2 - U_2^2) = 2Q$$

$$\ddot{q} - \dot{q}\frac{R}{L} + \frac{q}{C_L} = 0 \qquad I = 0 \Rightarrow \ddot{q} + \frac{q}{C_L} = 0$$

$$Q \approx R\int I^2 dt = R\int \frac{q}{C\sqrt{C_L}} \cos^2(\omega t)$$

$$\sin(\omega t)' = \cos(\omega t)\cdot \omega$$

$$I \approx \cos(\omega t) \frac{q_m}{\sqrt{C_L}}$$

$$Q \approx R \cdot \int I^2 dt = R \cdot \int (\cos(\omega t) \cdot q_m \cdot \omega)^2 dt =$$

$$= R \cdot \frac{\cancel{\omega^2 q_m^2}}{I_m^2} \int_0^{\tau} \cos^2(\omega t) dt = \frac{1}{2} R \cdot I_m^2 \int 2\cos^2(\omega t) dt =$$

$$\cos^2(\omega t) = \sin^2(\omega t) = \cos(2\omega t) = 2\cos^2(\omega t) - 1.$$

$$= \frac{1}{2} R \cdot I_m^2 \left(\int_0^{\tau} (2\cos^2(\omega t) - 1) dt + \int_0^{\tau} 1\, dt\right) =$$

$$= \frac{1}{2} R I_m^2 \left(\tau + \frac{1}{2} \int_0^{\tau} \cos(2\omega t) d2\omega t\right) = \sin$$

$$\frac{1}{2}(\sin(2\omega t) - \sin(1)$$

Черновик

$$q = q_m \cos(\omega t)\sqrt{1-\frac{R}{2L}t}$$

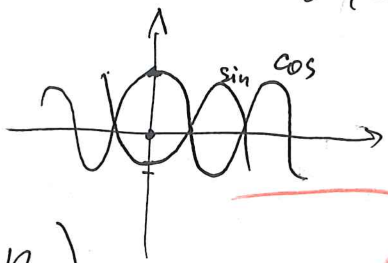
$$\dot q = q_m \sin(\omega t)\cdot\omega\sqrt{1-\frac{R}{2L}} - \frac{R}{2L}\cdot\frac{q_m\cdot\cos(\omega t)}{\sqrt{1-\frac{R}{2L}}}\cdot\frac{1}{2}$$

$$\ddot q = -q_m\cos(\omega t)\cdot\omega^2\sqrt{1-\frac{R}{2L}} - \frac{q_m\sin(\omega t)\cdot\omega\cdot\frac{R}{2L}}{\sqrt{1-\frac{R}{2L}}} -$$

$$+\frac{R}{4L}\cdot\frac{q_m\sin(\omega t)\cdot\omega}{\sqrt{1-\frac{R}{2L}}} + \frac{R^2}{4L^2}\cdot\frac{q_m\cos(\omega t)}{\left(1-\frac{R}{2L}\right)\sqrt{1-\frac{R}{2L}}}\cdot\frac{1}{2}$$

$$+\frac{R}{L}\cdot q_m\sin(\omega t)\cdot\omega\cdot\sqrt{1-\frac{R}{2L}} - \frac{R^2}{4L^2}\cdot\frac{q_m\cos(\omega t)}{\sqrt{1-\frac{R}{2L}}}$$

$$+\frac{q_m\cos(\omega t)\sqrt{1-\frac{R}{2L}}}{CL}$$



$$q = q_m\overset{\sin}{\cancel{\cos}}(\omega t)\cdot\left(1-\frac{Rt}{2L}\right)$$

$$\dot q = q_m\overset{\cos}{\cancel{\sin}}(\omega t)\cdot\omega\left(1-\frac{Rt}{2L}\right) - \frac{R}{2L}\cdot q_m\overset{\sin}{\cancel{\cos}}(\omega t)$$

$$\ddot q = -q_m\overset{\sin}{\cancel{\cos}}(\omega t)\cdot\omega^2\left(1-\frac{Rt}{2L}\right) - \frac{R}{2L}q_m\overset{\cos}{\cancel{\sin}}(\omega t)\cdot\omega -$$

$$-\frac{R}{2L}q_m\overset{\cos}{\cancel{\sin}}(\omega t)\cdot\omega$$

$$\frac{R}{L}\dot q = \frac{R}{L}q_m\overset{\cos}{\cancel{\sin}}(\omega t)\omega - \frac{R^2 t}{2L^2}q_m\overset{\cos}{\cancel{\sin}}(\omega t)\omega - \frac{R^2}{2L^2}q_m\overset{\sin}{\cancel{\cos}}(\omega t)$$

$$\frac{q}{CL} = \frac{q_m}{CL}\overset{\sin}{\cancel{\cos}}(\omega t)\left(1-\frac{Rt}{2L}\right)$$

Оценка изменена с 80 на 84

Председателю апелляционной комиссии
олимпиады школьников «Ломоносов»
Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова
академику В.А. Садовничему
от участника заключительного этапа
по профилю «Физика»
Екатерины Сергеевны Нехаевой

апелляция.

Прошу пересмотреть мой индивидуальный предварительный результат заключительного этапа, а именно 80 баллов, поскольку считаю, что решение первой задачи оценено (обработано) неверно. В решении первой задачи получен верный ответ в буквенном виде, однако не приведено выражение для связи ускорения свободного падения с параметрами планеты (минус 2 балла согласно критериям) и допущена арифметическая ошибка при получении численного ответа (минус 2 балла согласно критериям).

Подтверждаю, что я ознакомлен с Положением об апелляциях на результаты олимпиады школьников «Ломоносов» и осознаю, что мой индивидуальный предварительный результат может быть изменён, в том числе в сторону уменьшения количества баллов.

28.02.2024

Нех ____________________ /Е.С. Нехаева/