0 142447 360009

14-24-47-36
(5.1)

15:14 +1 лист
16:08 +1 лист

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников ЛОМОНОСОВ
наменование олимпиады

по ФИЗИКЕ
профиль олимпиады

Казаковой Варвары Алексеевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

+1 лист

Дата

«9» ФЕВРАЛЯ 2024 года

Подпись участника

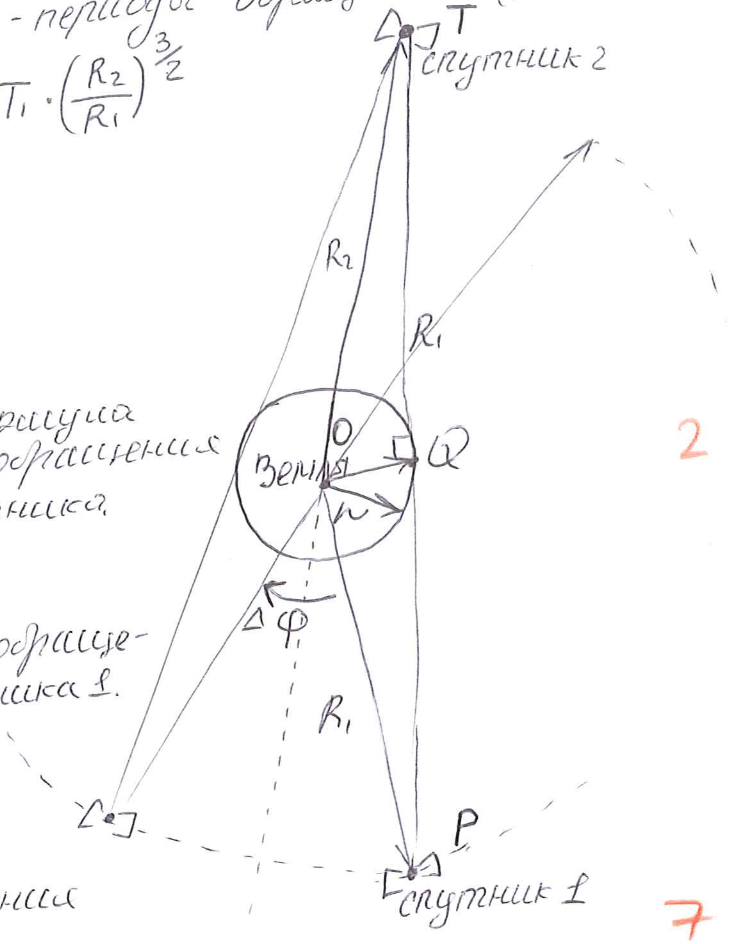
14-24-47-36 (5.1)

ЧИСТОВИК. 1

1.4.3.

по III Закону Кеплера:

$\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$, T_1 и T_2 - периоды обращения спутников вокруг Земли.; $T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{3/2}$



$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM_\oplus};$$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{R^3}{GM_\oplus}}$ - общая формула периода обращения спутника.

$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{R_1^3}{GM_\oplus}}$ - период обращение спутника 1.

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{R_1^3}{GM_\oplus}} \cdot \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{3/2} =$$

$2\pi\sqrt{\frac{R_2^3}{GM_\oplus}}$ - период обращения спутника 2.

$\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1} = \sqrt{\frac{GM_\oplus}{R_1^3}}$ - угловая скорость движения спутника 1.

$\omega_2 = \frac{2\pi}{T_2} = \sqrt{\frac{GM_\oplus}{R_2^3}}$ - угловая скорость движения спутника 2.

посчитаем относительную угловую скорость движения спутников:

$$\omega_{отн} = \omega_1 - \omega_2 = \sqrt{GM_\oplus}\left(\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} - \frac{1}{\sqrt{R_2^3}}\right)$$

τ - искомое время; $\tau = \frac{\Delta\varphi}{\omega_{отн}}$, $\Delta\varphi$ - угол, который пройдет спутник 1 относительно спутника 2, находясь в слепой зоне.

чтобы найти $\Delta\varphi$, рассмотрим треугольник OTP, где т. O - центр Земли, т. T - положение спутника 2, т. P -

ЧИСТОВИК 2

положение спутника 1 в момент вхождения в слепую зону. Соответственно прямая TP - касательная к окружности радиуса r, где гравитирующей Земной шар.

$OT = R_2$.

$OP = R_1$.

$OQ = r$, где Q - точка касания окружности радиуса r и прямой TP.

площадь треугольника можно найти по формулам:

1) $\frac{R_2 \cdot R_1 \cdot \sin TOP}{2} = S_{TOP}$

$\Rightarrow R_2 R_1 \sin TOP = r TP$. *

2) $\frac{r \cdot TP}{2} = S_{TOP}$

по теореме косинусов:

$TP = \sqrt{OP^2 + OT^2 - 2 \cdot OP \cdot OT \cdot \cos TOP}$ **

возведём уравнение (*) в квадрат и подставим (**):

$R_2^2 \cdot R_1^2 \cdot (\sin TOP)^2 = r^2 (OP^2 + OT^2 - 2 \cdot OP \cdot OT \cdot \cos TOP)$

$(\sin TOP)^2 = 1 - (\cos TOP)^2$;

$OP = R_1$,

$OT = R_2$, $\Rightarrow$

$R_2^2 \cdot R_1^2 \cdot (1 - \cos^2 TOP) = r^2 (R_1^2 + R_2^2 - 2 \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot \cos TOP)$.

решим уравнение относительно $\cos TOP$:

$-R_2^2 R_1^2 \cdot \cos^2 TOP + 2 R_1 R_2 \cdot r^2 \cos TOP + R_1^2 R_2^2 - r^2 R_1^2 - r^2 R_2^2 = 0$

$R_2^2 R_1^2 \cos^2 TOP - 2 R_1 R_2 r^2 \cos TOP + r^2 (R_1^2 + R_2^2) - R_1^2 R_2^2 = 0$.

$D = b^2 - 4ac = 4 R_1^2 R_2^2 r^4 - 4 \cdot R_1^2 R_2^2 (r^2 (R_1^2 + R_2^2) - R_1^2 R_2^2)$

14-24-47-36 (5.1)

Чистовик. 3

$R_1 = 6{,}4\cdot 10^4$ км

$R_2 = 10^5$ км

$r = 6{,}4\cdot 10^3$ км.

$D = 4\cdot 40{,}96\cdot 10^8\cdot 10^{10}\cdot (40{,}96)^2\cdot 10^{12} - 4\cdot 40{,}96\cdot 10^8\cdot 10^{10}(40{,}96\cdot 10^6\cdot$
$\cdot(40{,}96\cdot 10^6 + 10^{10}) - 40{,}96\cdot 10^8\cdot 10^{10}) =$

$4\cdot 40{,}96\cdot 10^{18}(10^{12}\cdot 40{,}96^2 - 40{,}96\cdot 10^{16} + 40{,}96\cdot 10^{18});$

$40{,}96 \simeq \overset{\simeq 40}{41};\ 41^2 \simeq 40^2 \simeq 1600 = 16\cdot 10^2;$

$D = 4\cdot 40\cdot 10^{18}(10^{12}\cdot 16\cdot 10^2 - 40\cdot 10^{16} + 40\cdot 10^{18});$

$4\cdot 10^{19} \gg 4\cdot 10^{17} \geq 1{,}6\cdot 10^{15}, \Rightarrow (10^{15}\cdot 1{,}6 - 4\cdot 10^{17} + 4\cdot 10^{19}) \simeq$
$4\cdot 10^{19}.$

$D = 4\cdot 4\cdot 10^{19}\cdot 4\cdot 10^{19} = \cancel{256} = (10^{19})^2\cdot 2^2\cdot 4^2 = (10^{19})^2\cdot 8^2.$

$\cos TOP \in [-1; 1];$

корни уравнения:

$$\cos TOP_1 = \frac{2\cdot 6{,}4\cdot 10^9 + 8\cdot 10^{19}}{2\cdot 10^{10}\cdot 10^8\cdot 40} \simeq \frac{8\cdot 10^{19}}{8\cdot 10^{19}} \simeq 1.$$

$$\cos TOP_2 = \frac{2\cdot 6{,}4\cdot 10^9 - 8\cdot 10^{19}}{2\cdot 40\cdot 10^{18}} \simeq -1.$$

используемая точность не дает удовлетворяющего ответа.

найдем угол TPO и PTO;

$\angle TPO$[rad] и $\angle PTO$[rad], малы и для них справедлива формула: $x \simeq \sin x$. тогда:

$\angle TPO \simeq \frac{r}{R_1}$, $\angle PTO = \frac{r}{R_2}$; $\angle TPO + \angle PTO + \angle TOP = 2\pi;$

чистовик. 4

$\angle TOP + \frac{\Delta\varphi}{2} = 2\pi$. (исходя из геометрии рисунка).

тогда:

$\frac{\Delta\varphi}{2} = \angle PTO + \angle TPO$, $\Delta\varphi = 2(\angle PTO + \angle TPO) =$

$2\left(\frac{w}{R_1} + \frac{w}{R_2}\right) = 2w\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$. +

искомое время τ равно $\frac{\Delta\varphi}{\omega_{отн}} = \frac{2w\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}{\sqrt{GM_\oplus}\left(\frac{1}{\sqrt{R_1^3}} - \frac{1}{\sqrt{R_2^3}}\right)}$ +

$$= 2\cdot 6{,}4\cdot 10^3 \frac{\left(\frac{1}{6{,}4\cdot 10^4} - \frac{1}{10^5}\right)}{\sqrt{6{,}67\cdot 6\cdot 10^{13}}\left(\frac{1}{(6{,}4\cdot 10^4)^{3/2}} - \frac{1}{10^{\frac{5\cdot 3}{2}}}\right)} \simeq$$

$$2\cdot 6{,}4\cdot 10^3 \cdot \frac{3{,}6\cdot 10^4}{6{,}4\cdot 10^9}\cdot\frac{1}{\sqrt{66{,}7\cdot 6\cdot 10^{12}}}\cdot\frac{6{,}4^{3/2}\cdot 10^{7{,}5+6}}{10^{7{,}5} - 6{,}4^{3/2}\cdot 10^6} =$$

$$\frac{7{,}2}{10^2}\cdot\frac{1}{8\sqrt{6}\cdot 10^6}\cdot\frac{\sqrt{256}\cdot 10^{-3/2}\cdot 10^{13{,}5}}{10^{7{,}5} - \sqrt{256}\cdot 10^{-3/2}\cdot 10^6} =$$

$$\frac{7{,}2}{8\sqrt{6}\cdot 10^8}\cdot\frac{16\cdot 10^{12}}{10^{7{,}5} - 16\cdot 10^{4{,}5}} \simeq \frac{7{,}2\cdot 16\cdot 10^{12}}{8\sqrt{6}\cdot 10^8\cdot 10^{7{,}5}} \simeq$$

$$\frac{7{,}2\cdot \overset{16}{\cancel{5\cdot 3}}\cdot 10^{12}}{8\sqrt{6}\cdot 10^8\cdot 10^7\cdot 3} = \cancel{\frac{7{,}2\cdot 5}{8\sqrt{6}\cdot 10^3}} = \cancel{\frac{7{,}2\cdot 5}{8\cdot 2{,}4\cdot 10^3}} = \cancel{\frac{3\cdot 5}{8\cdot 10^3}} \simeq$$

~~$\frac{1}{2\cdot 10^3} = 5\cdot 10^{-4}$ секунд.~~

Ответ: $\tau = 5\cdot 10^{-4}$ секунд.

$$= \frac{7{,}2\cdot 10^{12}}{\sqrt{6}\cdot 3\cdot 10^{15}} = \frac{7{,}2}{2{,}4\cdot 3\cdot 10^3} = \frac{3}{3\cdot 10^3} = \frac{1}{10^3}.$$ —

Ответ: 10^{-3} секунд.

18

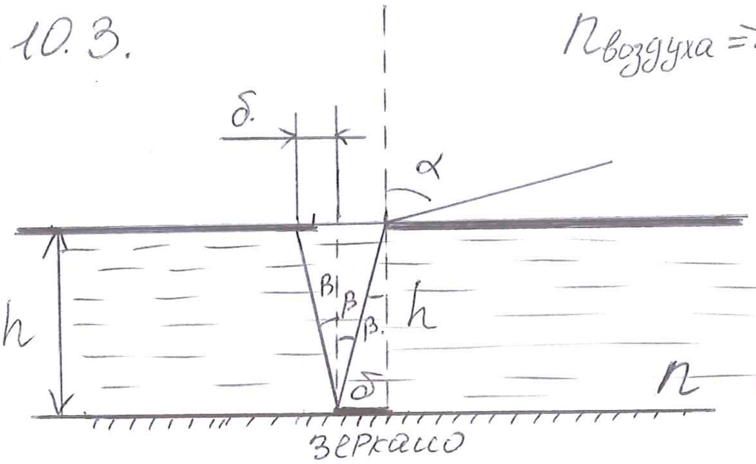
Числ. ответ неверный

14-24-47-36
(5.1)

ЧИСТОВИК

4.10.3.

$n_{воздуха} \Rightarrow 1$.



свет рассеянный, то есть на диапазон углов падение: ~~[0; 180]~~. [0; 90]

по закону преломления:

$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n$, n - показатель преломления среды

$\sin\beta = n \cdot \sin\alpha$; если луч падает под максимальным углом $90°$, $\sin\alpha = 1$, $\sin\beta = \frac{1}{n}$; если луч падает под минимальным углом $0°$, $\sin\alpha = 0$, $\sin\beta = 0$; т.к. на интервале [0; 90] функция $\sin\alpha = y$ - монотонна, то и функция $\sin\beta = n \cdot \sin\alpha$ - монотонна, $\sin\beta$ принимает различные значения в интервале $[0; \frac{1}{n}]$;

рассмотрим предельный случай, когда луч падает под максимальным углом;

$\frac{\cancel{\sin\beta}\ tg}{} = \frac{1}{n}$; $\frac{\cancel{\sin\beta}\ tg}{} = \frac{б}{h}$, б - расстояние между точкой, куда попадет луч после преломления и точкой пересечения ~~нижнего~~ й поверхности слоя и перпендикуляра к слою. (см. рисунок).

по закону отражения, луч отразится от нижней поверхности слоя под тем же углом, под которым на него упал; тогда расстояние между точкой, куда попадет луч после отражения от нижней границы слоя и точкой пересечения верхней границы слоя и перпендикуляра к слою равно также б.

~~ситуац~~ 6

ЧИСТОВИК

ситуация аналогична для лучей, падающих с другой стороны;

т.к. отверстие мало, можно сказать, что $2\delta = R$.

$\cancel{\delta = \sin\beta \cdot h}$. $\delta = \operatorname{tg}\beta \cdot h$

$\cancel{R = 2\sin\beta \cdot h,\ \sin\beta = \frac{1}{n}}$.

~~получаем уравнение~~

$R = \cancel{2nh}, \Rightarrow \cancel{n = \frac{R}{2h}}, \cancel{R = 8\text{ см}, h = 4\text{ см}},$

$\cancel{n = \frac{8}{2\cdot 4} = \frac{8}{8} = 1}$. $R = \frac{2h}{n}, \Rightarrow n = \frac{2h}{R} = \frac{2\cdot 4}{8} = 1.$

~~Ответ: $n = 1$.~~

+

$\operatorname{tg}\beta = \frac{\sin\beta}{\sqrt{1-\sin^2\beta}};\ \sin\beta = \frac{1}{n},\ \operatorname{tg}\beta = \frac{1}{n\sqrt{1-\frac{1}{n^2}}} =$

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

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

$\frac{2h}{\sqrt{n^2-1}} = R, \Rightarrow n^2 - 1 = \left(\frac{2h}{R}\right)^2 = \left(\frac{2\cdot 4}{8}\right)^2 = 1.$ +

$n^2 = 2,\ n = \sqrt{2}.$

Ответ: $n = \sqrt{2}$. +

14-24-47-36 (5.1)

ЧИСТОВИК 17.

$$Q = \int_0^T U_R(t) \cdot Q' = T \frac{\mathcal{E}_{max}}{R} \int_0^T U_R(t) =$$

$$= T \frac{\mathcal{E}_{max}}{R} \int_0^T I_R(t) \cdot R = T \cdot \mathcal{E}_{max} \int_0^T I_R(t) =$$

$$= T \cdot \mathcal{E}_{max} \cdot \lambda \cdot \mathcal{E}_{max} \cdot T = (T \cdot \mathcal{E}_{max})^2 \cdot \lambda.$$

$$\cos(\omega T) = \cancel{0},1, \quad \omega T = 2\pi, \quad T = \frac{2\pi}{\omega}.$$

$$Q = \frac{4\pi^2}{\omega^2} \cdot \mathcal{E}_{max}^2 \cdot \lambda$$

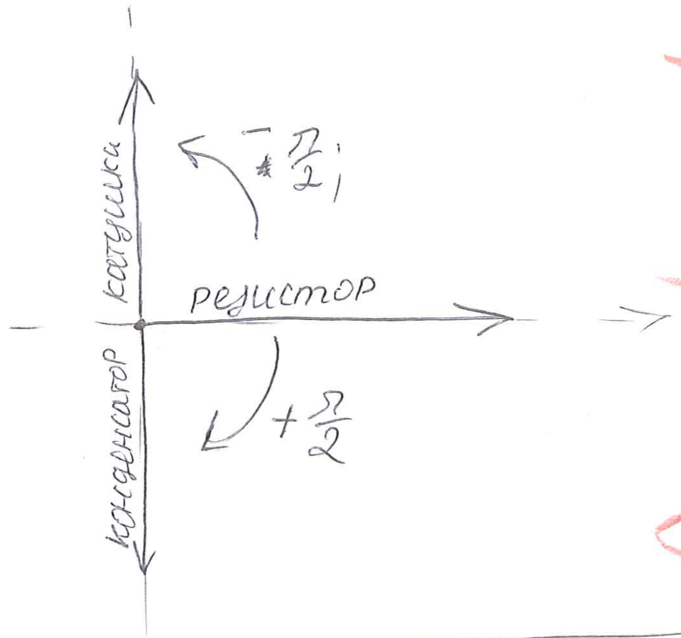
$$L = \frac{\mathcal{E}_{max}}{-q(\tau)} + \frac{\mathcal{E}_{max} \cdot \lambda R}{q(\tau)} + \frac{f}{C};$$

$$\mathcal{E}_{max} = \sqrt{\frac{\omega^2 Q}{\lambda \cdot 4\pi^2}} = \frac{\omega}{2\pi} \sqrt{\frac{Q}{\lambda}}$$

$$L = \frac{\omega}{2\pi} \sqrt{\frac{Q}{\lambda}} \cdot \frac{f}{-q(\tau)} + \frac{\omega}{2\pi} \cdot \frac{\sqrt{Q\lambda}}{q(\tau)} + \frac{f}{C}.$$

14-24-47-36 (5.1)

чистовик 14



$$I_{\mathcal{E}}(t) = \sqrt{(I_R^2) + (I_L - I_C)^2}$$ – амплитудное значение

$$I_{\mathcal{E}} = \mathcal{E}_{max}\sqrt{\left(\frac{1}{R^2}\right) + \left(\frac{1}{(L\omega)^2} - (C\omega)\right)^2} =$$

$$\mathcal{E}_{max}\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{(L\omega)^2} - (C\omega)^2\right)}$$ – амплитудное значение силы тока в цепи (на каждом ее элементе).

$I(t) \sim \mathcal{E}(t)$;

$$I(t) = \mathcal{E}_{max}\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{(L\omega)^2} - (C\omega)^2\right)}\cdot\cos(\omega t).$$

$$q(t) = \int I(t)dt = \mathcal{E}_{max}\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{(L\omega)^2} - (C\omega)^2\right)}\cdot(-\sin\omega t)\cdot\omega.$$

$= \mathcal{E}_{max}\cdot\omega\cdot\sin(\omega t)\cdot\lambda$, где $\lambda = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{(L\omega)^2} - (C\omega)^2\right)}$.

$$= \cancel{\mathcal{E}_{max}\cdot\omega\cdot\sin(-\omega t)} = \cancel{\mathcal{E}_{max}\cdot\omega\cdot\cos\left(-\omega t - \frac{\pi}{2}\right)}.$$

$$\cancel{= \mathcal{E}_{max}\cdot\omega\cdot\cos(}$$

$$= \mathcal{E}_{max}\cdot\omega\cdot\sin(\omega t)\cdot\lambda = \mathcal{E}_{max}\cdot\omega\cdot\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)\cdot\lambda =$$

$$\mathcal{E}_{max}\cdot\omega\cdot\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)\cdot\lambda.$$

чистовик 15

$$\dot{I}(t) = \mathcal{E}_{max} \cdot \lambda \cdot (-\sin \omega t)' \cdot \omega = \mathcal{E}_{max} \cdot \lambda \cdot \sin(\omega t)' \cdot \omega =$$

$$\mathcal{E}_{max} \cdot \lambda \cdot \cancel{\sin}\cos(-\omega t - \frac{\pi}{2})' \cdot \omega = \mathcal{E}_{max} \cdot \lambda \cdot \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) \cdot \omega$$

$U_L(t)$ - напряжение на катушке

$$U_L(t) = \mathcal{E}_i(t) - U_R(t) - U_C(t) = \mathcal{E}_i(t) - \cancel{\frac{\mathcal{E}_i(t)}{R}} I(t) \cdot R - \frac{q(t)}{C}$$

$$= L \cdot \dot{I}(t).$$

$$L = \frac{\mathcal{E}(t) - I(t) \cdot R - \frac{q(t)}{C}}{\dot{I}(t)} = \cancel{\cos(\omega \tau) - \lambda \cdot \cos(\omega t) \cdot R -}$$

$$= \frac{\cos(\omega t) - \lambda \cdot \cos(\omega t) \cdot R - \frac{\lambda \omega \cdot \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})}{C}}{\lambda \cdot \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})}$$

$U_C(\tau) = 1$ Вольт - напряжение на конденсаторе в момент времени τ.

$I(\tau) = I_{max} = \mathcal{E}_{max} \cdot \lambda$, $\cos(\omega t) = 1$, $\omega t = 2\pi K$.

$$U_C = \frac{q(t)}{C} = \frac{\mathcal{E}_{max} \cdot \lambda \cdot \omega \cdot \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})}{C}$$

$$\cancel{U_C = \frac{I_{max} \cdot \omega \cdot \cos(2\pi K - \frac{\pi}{2})}{C}}$$

$\cancel{L}$ = выражение $L = \dfrac{\mathcal{E}(t) - I(t)R - \frac{q(t)}{C}}{\dot{I}(t)}$

справедливо для любого момента времени t. рассмотрим момент времени $t = \tau$:

чистовик

значит,

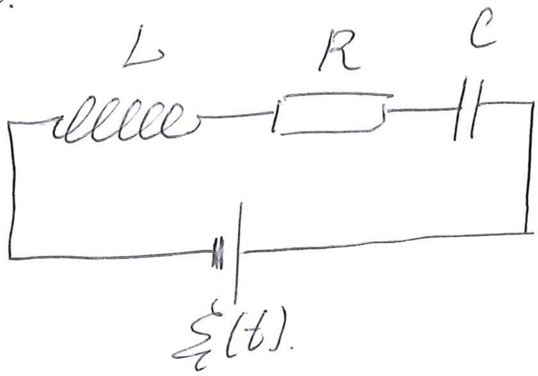
$$\frac{kq_2}{r} = kq_1\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right); \quad q_2 = rq_1\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right) = q_1\left(1 - \frac{r}{R}\right)$$

$$= q_1\left(1 - \frac{2}{3}\right) = \frac{q_1}{3}, \quad q_1 = 6\cdot 10^{-10}\ \text{Кл}, \Rightarrow q_2 = \frac{6}{3}\cdot 10^{-10}\ \text{Кл}$$

$$= 2\cdot 10^{-10}\ \text{Кл}.$$

Ответ: $q_2 = 2\cdot 10^{-10}$ Кл.

5.4.3.

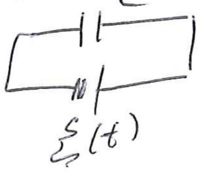


$\mathcal{E}(t) = U\mathcal{E}_{max}\cdot\cos(\omega t)$, ω - частота колебаний.

~~$I(t) = \frac{\mathcal{E}(t)}{R} = I_{max}\cdot\cos(\omega t)$~~

~~I_{max} и $\mathcal{E}_{max}$ - амплитудные значения напряжения на источнике и силы тока.~~

отдельно рассмотрим 3 модели: контур с конденсатором, контур с резистором и контур с катушкой.

1) 

$\mathcal{E}(t) = \mathcal{E}_{max}\cdot\cos(\omega t)$.

И $C = \frac{q}{U}$, $q = UC$; $\dot{q} = I = \dot{U}C =$

$C(\dot{\mathcal{E}}(t)) = C\cdot\mathcal{E}_{max}\cdot(-\sin(\omega t))\cdot\omega =$

$-C\omega\cdot\mathcal{E}_{max}\cdot\sin(\omega t)$.

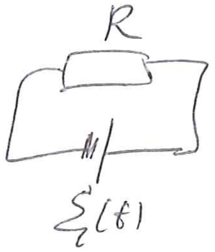
чистовик

$-\sin(\omega t) = \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$

$I(t) = C\omega \cdot \mathcal{E}_{max} \cdot \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) =$

$\cancel{C\omega\, \mathcal{E}_{max} \cdot \cos(\omega t + \frac{\pi}{2} - \pi) = C\omega\, \mathcal{E}_{max} \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})}$

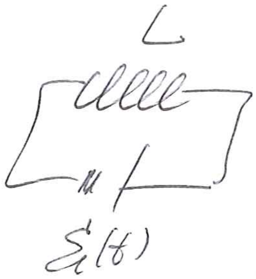
$\mathcal{E}_i(t) = U(t) = \mathcal{E}_{max} \cdot \cos(\omega t)$.

2) 

$\mathcal{E}(t) = \mathcal{E}_{max} \cos(\omega t)$

$I(t) = \frac{\mathcal{E}(t)}{R} = \frac{\mathcal{E}_{max}}{R} \cdot \cos(\omega t) =$

$I_{max} \cdot \cos(\omega t)$.

3) 

$\mathcal{E}_i(t) = \mathcal{E}_{max} \cdot \cos(\omega t)$

$\cancel{L = I \cdot \dot{\Phi} = I \cdot \mathcal{E}_{инд} = I \cdot \mathcal{E}_i(t)}$.

$\cancel{I(t)} =$

$\cancel{L = \frac{I}{\dot{\Phi}} = \frac{I}{\mathcal{E}_i(t)}}$; $L = \frac{\dot{\Phi}}{\dot{I}}$; $L = \frac{\mathcal{E}_{инд}}{\dot{I}} = \frac{\mathcal{E}(t)}{\dot{I}} \Rightarrow$

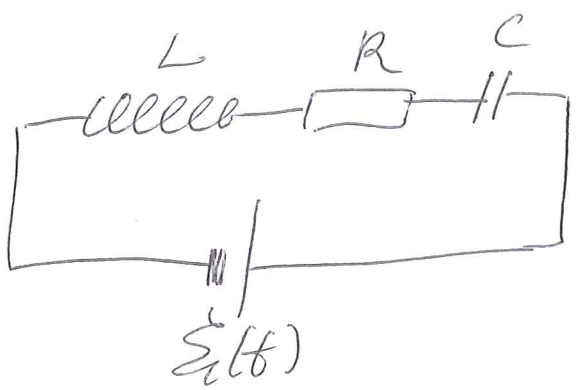
$\dot{I}(t) = \frac{\mathcal{E}_i(t)}{L}$, $I(t) = \frac{1}{L} \int \mathcal{E}_i(t) =$

$\frac{1}{L} \cdot \mathcal{E}_{max} \cdot \frac{1}{\omega} \sin(\omega t) = \frac{\mathcal{E}_{max}}{L\omega} \cdot \sin(\omega t)$.

$\sin(\omega t) = \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$,

$I(t) = \frac{\mathcal{E}_{max}}{L\omega} \cdot \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$.

мы нашли уравнения зависимости тока от времени для каждого из случаев. имея сложный контур, где все элементы соединены последовательно, напряжение на источнике можно найти, используя метод векторных диаграмм чистовик; 13



катушка: $I(t)=\frac{\mathcal{E}_{max}}{L\omega}\cdot\cos(\omega t-\frac{\pi}{2})$. (*)

резистор: $I(t)=\frac{\mathcal{E}_{max}}{R}\cdot\cos(\omega t)$ (**)

конденсатор: $I(t)=\mathcal{E}_{max}\cdot C\omega\cdot\cos(\omega t+\frac{\pi}{2})$. (***)

тепло выделяется на резисторе, $Q_{\mathcal{E}}=\cancel{\int Q\,dt}$. $\int_{t_1}^{t_2} dQ(t)$

~~$Q=UIdt=\frac{I^2}{R}dt$; функция $I(t)$ — косинусоида,~~

~~$Q_{\mathcal{E}}=\int\frac{I^2}{R}dt$~~ =

$Q=UIdt=UQ'$, Q' — протекший заряд; dq

Q' можно узнать, посчитав площадь под графиком $I(t)=\frac{\mathcal{E}_{max}}{R}\cdot\cos(\omega t)$ — косинусоида, на периоде искомая площадь составит $T\cdot\frac{\mathcal{E}_{max}}{R}$, $\frac{\mathcal{E}_{max}}{R}$ — амплитудное значение силы тока на резисторе.

$Q=UQ'=TU\cdot\frac{\mathcal{E}_{max}}{R}$, $U=U(t)=\mathcal{E}(t)-U_L(t)-U_C(t)$

~~$=\mathcal{E}(t)-$~~

$U_C(t)=\frac{q(t)}{C}$. ; $U_R(t)=\cancel{\frac{I(t)}{1}}\,I(t)\cdot R$.

$U_L(t)=L\dot{I}(t)$.

значение силы тока в цепи можно найти, используя метод векторных диаграмм для уравнений (*), (**) и (***):

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

чистовик 16.

$$L = \cancel{\cos(\omega\tau) - \lambda(\cos\omega\tau)R}$$

$$L = \frac{\mathcal{E}_i(\tau) - I(\tau)R - \frac{q(\tau)}{C}}{\dot{I}(\tau)}.$$

$$q(t) = \mathcal{E}_{max}\omega\lambda \cdot \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

$$\dot{I}(t) = \mathcal{E}_{max} \cdot \lambda\omega \cdot \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) = \mathcal{E}_{max} \cdot \omega\lambda \cdot \cos(\omega t - \frac{\pi}{2} + \pi)$$

$$= \mathcal{E}_{max} \cdot \omega\lambda \cdot \cos(\omega t - \frac{\pi}{2} + \pi). = -\mathcal{E}_{max} \cdot \omega\lambda \cdot \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}).$$

$$\Rightarrow \dot{I}(\tau) = -q(\tau).$$

$$L = \frac{\mathcal{E}_i(\tau) - I(\tau)R - \frac{q(\tau)}{C}}{\dot{I}(\tau)} = \frac{\mathcal{E}(\tau)}{\dot{I}(\tau)} - \frac{I(\tau)R}{\dot{I}(\tau)} - \frac{q(\tau)}{C \cdot \dot{I}(\tau)} =$$

$$\frac{\mathcal{E}(\tau)}{-q(\tau)} + \frac{I(\tau)R}{q(\tau)} + \frac{1}{C}.$$

$$\mathcal{E}_i(t) = \mathcal{E}_{max} \cdot \cos(\omega t).$$

$$\cancel{q(t) = \mathcal{E}_{max}\,\omega\lambda \cdot \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})};$$

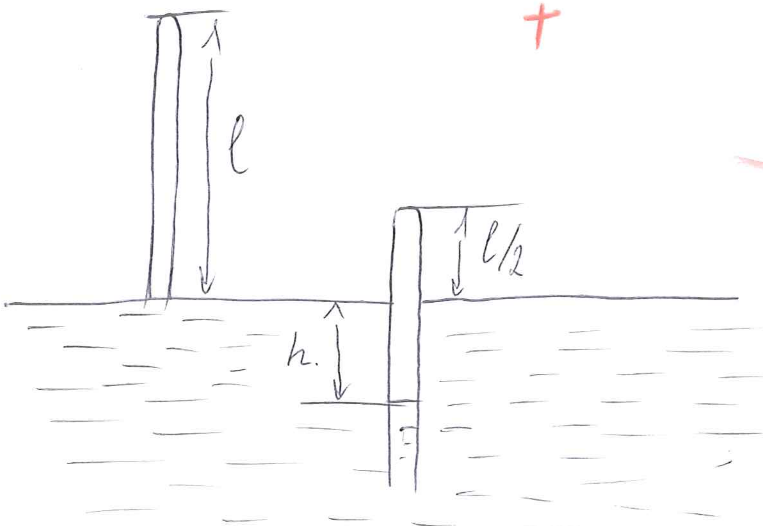
по условию, сила тока достигает максимального локального значения, $\Rightarrow I(\tau) = I_{max} = \mathcal{E}_{max} \cdot \lambda.$ $I(\tau)$ линейно зависит от $\mathcal{E}(\tau)$, $\Rightarrow$ при $I(\tau) = I_{max}$

$$\mathcal{E}_i(\tau) = \mathcal{E}_{max} = \mathcal{E}_{max}.$$

$$\frac{\mathcal{E}_{max}}{-q(\tau)} + \frac{\mathcal{E}_{max}\lambda R}{q(\tau)} + \frac{1}{C} = L.$$

чистовик 7

2.5.3



Исходя из рисунка, приведенного в условии, в начальный момент времени уровень воды под трубкой такой же, как и уровень окружающей трубку воды, => ~~$p_0 = p_{атм}$~~ $p_0 = p_1$, p_1 - давление в начальный момент времени.

p_1 - сумма парциальных давлений воздуха и насыщенного пара (далее - НП).

$p_1 = p_{нас} + \frac{\nu_в R T_0}{V_0}$, $\nu_в$ - кол-во воздуха, постоянная величина, V_0 и T_0 - начальные объем и температура.

$V_0 = lS$, S - площадь сечения трубки.

p_2 - давление смеси после погружения, $p_2 = p_{нас}$ (осталось таким же, т.к. температура смеси T_0 - постоянная величина, избытки пара сконденсировались в воду). $+ \frac{\nu_в R T_0}{V_1}$, $V_1 = \left(\frac{l}{2} + h\right)S$.

$p_2 = p_{вод}$, $p_{вод}$ - давление со стороны воды, $p_{вод} = hg\rho_0$.

Получаем систему:

чистовик. 8

$$\begin{cases} p_{нас} + \dfrac{\nu_в R T_0}{l S} = p_0 \quad (*) \\ p_{нас} + 2\dfrac{\nu_в R T_0}{(l+2h) S} = hg\rho_0 + p_0 \quad (**) \end{cases}$$

из (*):

$$\frac{\nu_в R T_0}{S} = (p_0 - p_{нас}) l.$$ подставляя в (**), получаем:

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

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

$$l \cdot p_{нас} + 2h p_{нас} + 2p_0 l - 2p_{нас} l = hg\rho_0 l + 2h^2 g\rho_0.$$

$$\cancel{l(hg\rho_0 + p_{нас}) = 2hp_{нас} + 2p_0}$$

$$l(hg\rho_0 + p_{нас} - 2p_0) = 2hp_{нас} - 2h^2 g\rho_0.$$

$$l = \frac{h(2p_{нас} - 2hg\rho_0)}{hg\rho_0 + p_{нас} - 2p_0} = \frac{0{,}45(2\cdot 14{,}5\cdot 10^3 - 2\cdot 0{,}45\cdot 10\cdot 10^3)}{0{,}45\cdot 10\cdot 10^3 + 14{,}5\cdot 10^3 - 2\cdot 10^5}$$

$$= \cancel{\frac{0{,}9(14{,}5\cdot 10^3 - 9\cdot 10^3)}{4{,}5\cdot 10^3 + 14{,}5\cdot 10^3 - 200\cdot 10^3}} = \cancel{\frac{0{,}9\cdot 5{,}5\cdot 10^3}{}}$$

$$\frac{0{,}9(14{,}5\cdot 10^3 - 4{,}5\cdot 10^3)}{4{,}5\cdot 10^3 + 14{,}5\cdot 10^3 - 2\cdot 10^5} = \frac{0{,}9\cdot 10^4}{19\cdot 10^3 - 200\cdot 10^3}$$

$$= \frac{0{,}9\cdot 10^4}{-181\cdot 10^3} = \frac{9}{-181}$$

чистовик. 9

$$\begin{cases} p_{нас} + \frac{\nu_в R T_0}{l S} = p_0 \quad (*) \\ p_{нас} + \frac{2\nu_в R T_0}{(l+2h) S} = hg\rho_0 + p_0 \quad (**) \end{cases}$$

Из $(*)$:

$$\frac{\nu_в R T_0}{S} = (p_0 - p_{нас}) l.$$

подставляем в $(**)$, получаем:

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

$$l p_{нас} + 2l(p_0 - p_{нас}) + 2h p_{нас} = l(hg\rho_0 + p_0) + 2h(hg\rho_0 + p_0).$$

$$l(p_{нас} + 2(p_0 - p_{нас}) - hg\rho_0 - p_0) = 2h(hg\rho_0 + p_0 - \cancel{2} p_{нас}).$$

+

$$l = \frac{2h(hg\rho_0 + p_0 - p_{нас})}{p_{нас} + 2(p_0 - p_{нас}) - hg\rho_0 - p_0} = \cancel{\frac{0{,}9(4{,}5\cdot10^3 + 10^5 - 14{,}5\cdot10^3)}{14{,}5\cdot10^3 + 2(10^5 - 14{,}5\cdot10^3)}}$$

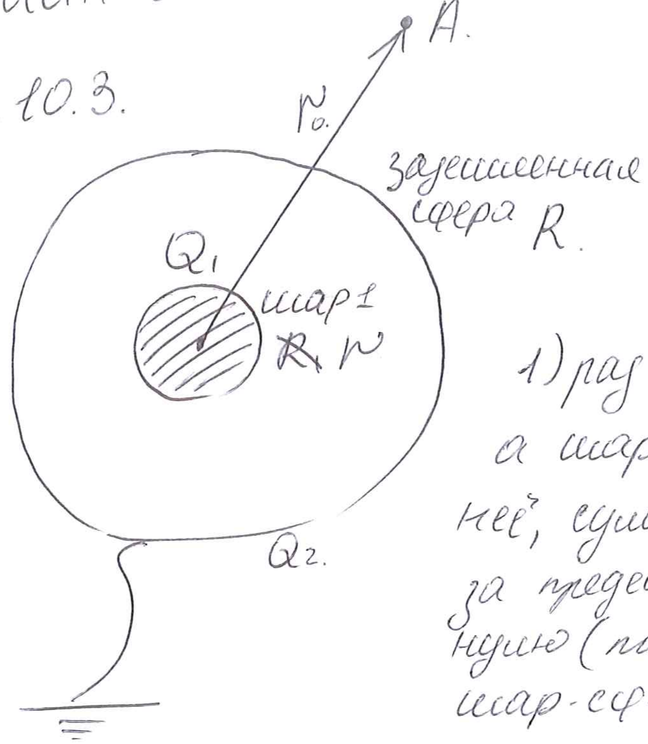
$$= \frac{0{,}9(4{,}5\cdot10^3 + 10^5 - 14{,}5\cdot10^3)}{14{,}5\cdot10^3 + 2(10^5 - 14{,}5\cdot10^3) - 4{,}5\cdot10^3 - 10^5} = \frac{0{,}9(10^5 - 10^4)}{10^4 + 10^5 - 29\cdot10^3}$$

$$= \frac{0{,}9\cdot10^4\cdot9}{10^3(100 + 10 - 29)} = \frac{81}{81} = 1\text{ м}.$$ +

Ответ: $l = 1$м.

ЧИСТОВИК. 10.

3.10.3.



1) раз сфера заземлена, а шар находится внутри неё, суммарный потенциал за пределами сферы равен нулю (потенциал системы шар-сфера).

потенциал шара и сферы в некоторой точке A, находящейся на расстоянии r_0 от их центров, равен:

$$\varphi_0 = \frac{KQ_1}{r_0} + \frac{KQ_2}{r_0} = 0 \text{ (по принципу суперпозиции).}$$

$$\Rightarrow Q_1 = -Q_2 = Q$$

потенциал на поверхности шара равен:

$$\varphi_1 = \frac{KQ_1}{r} + \frac{KQ_2}{R}, \quad Q_1 = -Q_2 \overset{= Q}{\Rightarrow}, \quad \Rightarrow \varphi_1 = KQ\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)$$

после соединения шаров их потенциалы сравнялись (т.к. ~~потенциал~~ разность потенциалов любых двух точек проводника равен нулю в отсутствии приложенной извне разности потенциалов).

значит $\varphi_1 = \varphi_2$, φ_2 - потенциал второго шара.

$$\varphi_1 = q_1 \cdot K\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right) = \varphi_2.$$

потенциал шара 2 $= \frac{Kq_2}{r}$, q_2 - искомый заряд.

ЧЕРНОВИК

$$\begin{array}{r} 64 \\ \times\ 64 \\ \hline +256 \\ 384\ \ \\ \hline 4096 \end{array}$$

1

2

$$\begin{array}{r|l} 4096 & 64 \\ -384 & 64. \\ \hline 256 & \end{array}$$

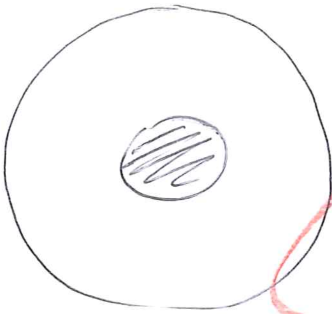
$360+24=384$

оболочка заземлена - ?

φ на оболочке - 0.

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times\ 6 \\ \hline 216 \end{array}$$

3



$$\begin{array}{r} 49 \\ \times\ 7 \\ \hline 243 \end{array}$$

6

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times\ 14 \\ \hline +68 \\ 17\ \ \\ \hline 238 \end{array}$$

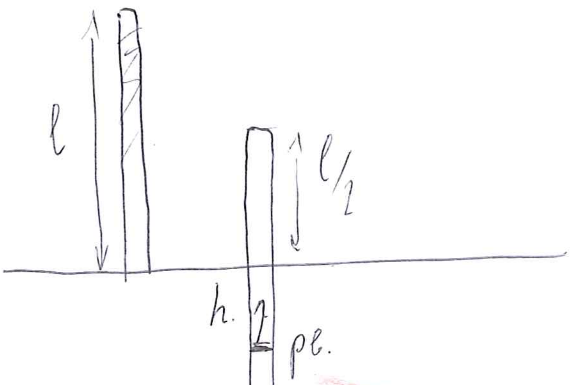
2

соединим проволокой - потенциалы выровнялись.

~~потенциал шара~~

потенциал внутри сферы - 0.

2.5.3



$p_в = \rho_в h g.$

$p_в = \frac{\nu RT}{\cancel{k}V}$, $V = (\frac{l}{2}+h)S.$

$p_{нп} = 14{,}5 \cdot 10^3$ Па.

$p_в + p_{нп} = p_{атм}.$

ЧЕРНОВИК

$$p_{нас} + \frac{\nu R T_0}{l S} = p_0$$

$$p_{нас} + \frac{2\nu R T_0}{(l+2h)S} = hg\rho_0.$$

$$\frac{\nu R T_0}{S} = (p_0 - p_{нас})l.$$

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

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

$$l(2(p_0-p_{нас}) + p_{нас}) + 2hp_{нас} = (l+2h)(hg\rho_0).$$

$$l(2(p_0-p_{нас}) + p_{нас} - hg\rho_0) = 2h(hg\rho_0 - p_{нас}).$$

$$l(2p_0 - hg\rho_0 - p_{нас}) = 2h(hg\rho_0 - p_{нас})$$

$$\frac{0{,}9(4{,}5\cdot 10^3 - 14{,}5\cdot 10^3)}{2\cdot 10^5 - 4{,}5\cdot 10^3 - 14{,}5\cdot 10^3}.$$

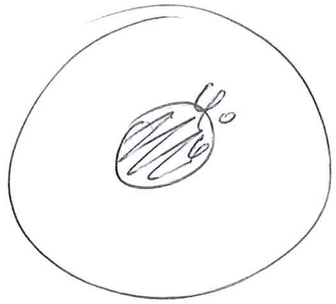
ЧЕРНОВИК. ~~14~~

большое расстояние - друг на друга не влияют.

потенциал шара - ?

$$\varphi = \frac{KQ}{R} \ (???) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q}{R}$$ - внутри шара. и на поверхности.

сфера - $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q}{R}$ - внутри и на поверхности.



$$\varphi_0 = \varphi_1 + \varphi_2 = \frac{KQ_1}{R_1} + \frac{KQ_2}{R_2},$$

~~Q~~

сфера заземлена $\Rightarrow \varphi_0 = 0$.

$$\frac{Q_1}{R_1} = \frac{-Q_2}{R_2}.$$

соединили проволокой и потенциал выровнялся

$L = ?$ $\quad L = \frac{\mathcal{E}_i(t)}{\dot{I}(t)} = \frac{\mathcal{E}_i}{\dot{I}}.$

$$\begin{array}{r} 64 \\ \times\ 64 \\ \hline 256 \\ 384\ \ \\ \hline 40{,}96 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 40{,}96 \\ \times\ 6{,}4 \\ \hline 16384 \\ 24576\ \ \\ \hline 262{,}144 \end{array}$$

1 2 2 3 3

$\sqrt{264} =$ 60+36.

$$\begin{array}{r|l} 264 & 16 \\ -16 & \overline{16} \\ \hline 104 & \\ -96 & \\ \hline 8. & \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ \times\ 16 \\ \hline 96 \\ 16\ \ \\ \hline 256 \end{array}$$

3

ЧЕРНОВИК:

$$L = \frac{U(\tau)}{\dot{I}(\tau)}$$

$U_c(\tau) = \mathcal{E}(t) - U_R(t) - U_c(\tau)$

$\mathcal{E}d$