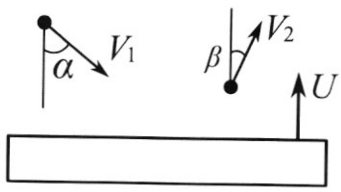
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11

Вариант 11-01

Шифр

(заполняется секретарём)



1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 8$ м/с, направленную под углом $\alpha \left(\sin\alpha = \frac{3}{4}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta \left(\sin\beta = \frac{1}{2}\right)$ с вертикалью.

1) Найти скорость V_2.

2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

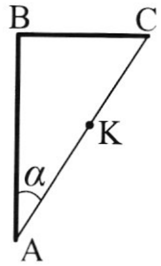
Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится азот, во втором – кислород, каждый газ в количестве $\nu = 3/7$ моль. Начальная температура азота $T_1 = 300$ К, а кислорода $T_2 = 500$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Газы считать идеальными с молярной теплоемкостью при постоянном объеме $C_V = 5R/2$. $R = 8{,}31$ Дж/(моль·К).

1) Найти отношение начальных объемов азота и кислорода.

2) Найти установившуюся температуру в сосуде.

3) Какое количество теплоты передал кислород азоту?



3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.

1) Пластина BC заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC, если пластину AB тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?

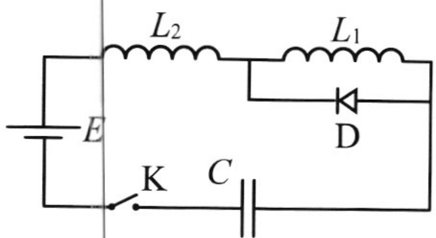
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 2\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 2L$, $L_2 = L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.

1) Найти период T этих колебаний.

2) Найти максимальный ток I_{M1}, текущий через катушку L_1.

3) Найти максимальный ток I_{M2}, текущий через катушку L_2.

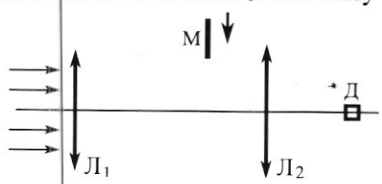


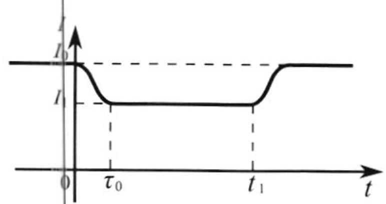
5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусным расстоянием F_0 у каждой. Расстояние между линзами $3F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D, причем D значительно меньше F_0. На линзу Л$_1$ падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе Д, на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень М, плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии $2F_0$ от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 3I_0/4$.

1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.

2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.





ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1

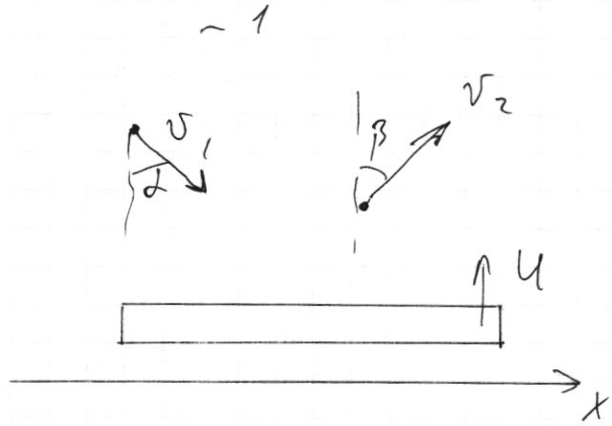
$v_1 = 8 \frac{м}{с}$

$\sin\alpha = \frac{3}{4}$

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

1) v_2 – ?

2) u – ?



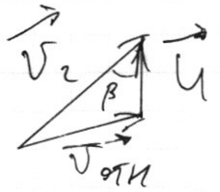
1) Плита гладкая => нет силы трения => => импульс по оси Ox сохраняется

$$m v_1 \sin\alpha = m v_2 \sin\beta \Rightarrow$$

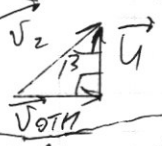
$$\Rightarrow \boxed{\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} v_1 = v_2}$$

$$v_2 = \frac{3}{4} \cdot 2 \cdot 8 \frac{м}{с} = 12 \frac{м}{с}$$

2) Перейдем в СО плиты, она массивная => => в процессе не изменит скорость => ее можно принять за инерциальную СО



$$\vec{v}_2 = \vec{u} + \vec{v}_{отн}$$



← предельное значение u.

Из треугольника скоростей видим, что при значениях u больших, чем $\sqrt{v_2^2 - v_{отн}^2}$, шарик будет скользить по плите, а не отскакивать от нее $\Rightarrow u \le \sqrt{v_2^2 - v_{отн}^2}$

В предельном случае $v_{отн} = v_2 \sin\beta \Rightarrow$

$$\Rightarrow \boxed{U_{max} = \sqrt{v_2^2 - v_2^2 \sin^2\beta} = v_2 \cos\beta}$$

$U_{max} = 12 \frac{м}{с} \cdot \frac{1}{2} = 6 \frac{м}{с} \Rightarrow U \leq 6 \frac{м}{с}$.

Ответ: 1.) $v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$; $v_2 = 12 \frac{м}{с}$

2) $U \leq 6 \frac{м}{с}$; $U \leq v_2 \cos\beta$

№2.

$C_V = \frac{i}{2}R = \frac{5}{2}R \Rightarrow i = 5$

$\nu = \frac{3}{7}$ моль

$T_1 = 300K$; $T_2 = 500K$

$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль\,К}$

1) $\frac{V_1}{V_2}$ – ?

2) T – ?

3) Q – ?

1) Поршень движется без трения, система замкнута $\Rightarrow$

$\Rightarrow p_1 = p_2 = p$

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \end{cases}$$

$$\boxed{\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}}$$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{300}{500} = \frac{3}{5}$

2) В процессе теплообмена азот нагревается, получает теплоту Q, расширяется и совершает работу A'. Кислород - охлаждается, отдает Q, совершает работу $-A'$

$$\left.\begin{aligned} А:\ Q &= \frac{5}{2}\nu R(T - T_1) + A' \\ К:\ -Q &= \frac{5}{2}\nu R(T - T_2) - A' \end{aligned}\right\}$$

$0 = \frac{5}{2}\nu R(T - T_1) + \frac{5}{2}\nu R(T - T_2)$

$$\boxed{T = \frac{T_1 + T_2}{2}}$$

$T = \frac{300 + 500}{2} K$

$T = 400K$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Процесс медленный, $F_{тр}=0 \Rightarrow p_1=p_2=p=const$
$\Rightarrow A' = p\Delta V$. Азот получает Q от кислорода:

$$Q = \frac{5}{2}\nu R(T-T_1) + p\Delta V \quad (\text{для азота})$$

$$Q = \frac{5}{2}\nu R(T-T_1) + \nu R(T-T_1)$$

$$Q = \frac{7}{2}\nu R(T-T_1) = \frac{7}{2}\nu R\,\frac{T_2-T_1}{2}$$

$$\boxed{Q = \frac{7\nu R(T_2-T_1)}{4}}$$

$$Q = \frac{7\cdot\frac{3}{7}\cdot 8{,}31\cdot 200}{4}\text{ Дж} = 3\cdot 8{,}31\cdot 50 \text{ Дж} =$$

$= 1\,246{,}5$ Дж.

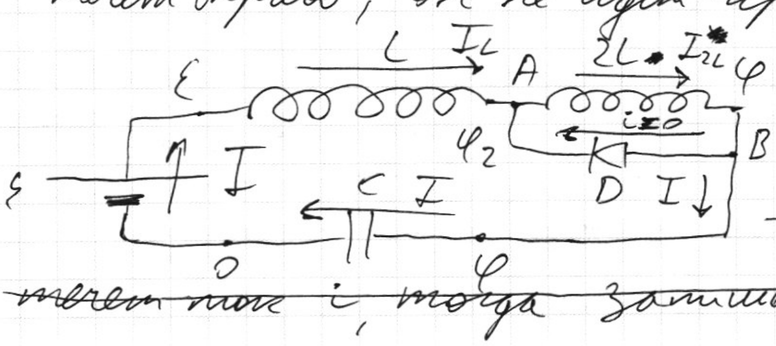
Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}$; $\frac{V_1}{V_2}=\frac{3}{5}$

2) $T=\frac{T_1+T_2}{2}$; $T = 400K$

3) $Q=\frac{7\nu R(T_2-T_1)}{4}$; $Q=1246{,}5$ Дж.

№4.

Заметим, что, когда ток через катушки течет вправо, он не идет через диод D. (D - идеальный диод)



Воспользуемся методом узловых потенциалов.

~~Пусть через диод D течет ток i, тогда запишем ЗСЗ для т. A и т. B:~~

~~A: $I + i = I^*$~~
~~B: $I^* = I$~~

$i(0) = 0 \Rightarrow i(t) = 0$
Весь ток, что проходит через C → проходит и через 1/4 ... $\Rightarrow i = 0$

В момент полной зарядки конденсатора тока в цепи нет $\Rightarrow$ ЗСЭ: $\mathcal{E} q_{max} = \frac{q_{max}^2}{2C} \Rightarrow$

$\Rightarrow q_{max} = 2C\mathcal{E}$

До того, как конденсатор полностью зарядился, $I_L = I_{2L}$ и течет вправо

Запишем ЗСЭ для произвольного момента времени до того, как конденсатор зарядился полностью.

$$\mathcal{E} q = \frac{L I_L^2}{2} + \frac{L I_{2L}^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$$

$$I_L = I_{2L} = I$$

$$\Rightarrow \mathcal{E} q = \frac{3 L I^2}{2} + \frac{q^2}{2C} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (\mathcal{E} q)' = \left(\frac{3LI^2}{2}\right)' + \left(\frac{q^2}{2C}\right)'$$

(дифференцируем по времени)

$$\mathcal{E} \dot{q} = \frac{3L\,2I\dot{I}}{2} + \frac{2q\dot{q}}{2C} \quad (I = \dot{q} \Rightarrow \dot{I} = \ddot{q})$$

$$\mathcal{E}\dot{q} = 3L\dot{q}\ddot{q} + \frac{1}{C} q\dot{q}$$

В произвольный момент времени $\dot{q} \neq 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \mathcal{E} = 3L\ddot{q} + \frac{1}{C} q$$

$$\frac{1}{3LC} q + \ddot{q} = \frac{\mathcal{E}}{3L}$$

Получаем уравнение гармонических колебаний, где $\omega = \sqrt{\frac{1}{3LC}}$, а $\boxed{T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{3LC}}$

Отметим, что колебание проходит по такому закону только когда заряжается конденсатор.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Когда конденсатор разряжается, ток течет через диод D и не течет через катушку L_1 => в ней нет колебаний тока. => I_{m1} может быть лишь в случае зарядки конденсатора.

$$\mathcal{E} q = \frac{3LI^2}{2} + \frac{q^2}{2C}$$

$$I = I_{max} \Rightarrow \frac{3LI^2}{2} = \frac{3LI_{max}^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mathcal{E} q - \frac{q^2}{2C} = max$$

Найдем заряд конденсатора, при котором функция $f(q) = \mathcal{E} q - \frac{q^2}{2C}$ принимает максимальное значение. Нетрудно заметить, что $f(q)$ – парабола с ветвями, направленными вниз => => $f(q) = f_{max}(q)$ в вершине этой параболы => $q_0 = -\frac{\mathcal{E}}{2\left(-\frac{1}{2C}\right)} = C\mathcal{E}$

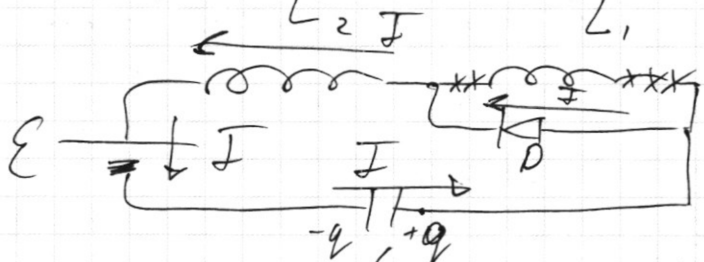
Подставим q_0 в исходное уравнение

$$C\mathcal{E}^2 = \frac{3LI_{max}^2}{2} + \frac{C^2\mathcal{E}^2}{2C}$$

$$3LI_{max}^2 = C\mathcal{E}^2 \Rightarrow \boxed{I_{max} = \sqrt{\frac{C}{3L}}\,\mathcal{E}}$$

$$\boxed{I_{m1} = I_{max} = \sqrt{\frac{C}{3L}}\,\mathcal{E}}$$

3) Теперь нужно понять, когда ток через катушку L_2 равен I_{m2}, в момент разрядки или зарядки конденсатора. В момент зарядки $I_{max_1} = I_{max_2}$. Найдем максимальный ток через катушку L_2 в процессе разрядки конденсатора и сравним его с I_{m2}.



Ток через L_1 не идет, т.к. диод работает, как проводник без сопротивления $\Rightarrow$ ЗСЭ: $-q^*\mathcal{E} = \frac{LI^2}{2} + \frac{q^{*2}}{2C} - \underbrace{\frac{q_{max}^2}{2C}}_{\text{начальная W конденсатора при разрядке}}$

$$-q^*\mathcal{E} = \frac{LI^2}{2} + \frac{q^{*2}}{2C} - \frac{4C^2\mathcal{E}^2}{2C}$$

$$-q^*\mathcal{E} = \frac{LI^2}{2} + \frac{q^{*2}}{2C} - 2C\mathcal{E}^2$$

$$\frac{LI^2}{2} = -\frac{q^{*2}}{2C} - q^*\mathcal{E} + 2C\mathcal{E}^2$$

Снова видим справа функцию параболической зависимости с ветвями, направленными вниз $\Rightarrow$ максимум такой ф-ции в вершине и $q^*_0 = \frac{\mathcal{E}}{2(-\frac{1}{2C})} = -C\mathcal{E} \Rightarrow$ заряд уменьшился $\Rightarrow$ на $C\mathcal{E}$

$$\cancel{\Rightarrow \frac{LI^{*2}_{max}}{2} = -\frac{C^2\mathcal{E}^2}{2C} + C\mathcal{E}^2 + 2C\mathcal{E}^2}$$

$$\cancel{\frac{LI^{*2}_{max}}{2} = -}$$

$$\frac{LI_{m2}^2}{2} = -\frac{C^2\mathcal{E}^2}{2C} - C\mathcal{E}^2 + 2C\mathcal{E}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \Rightarrow$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\Rightarrow I_{m_2} = \sqrt{\frac{C}{L}}\,\mathcal{E}$, что больше, чем $I_{m_1} = \sqrt{\frac{C}{3L}}\,\mathcal{E}$

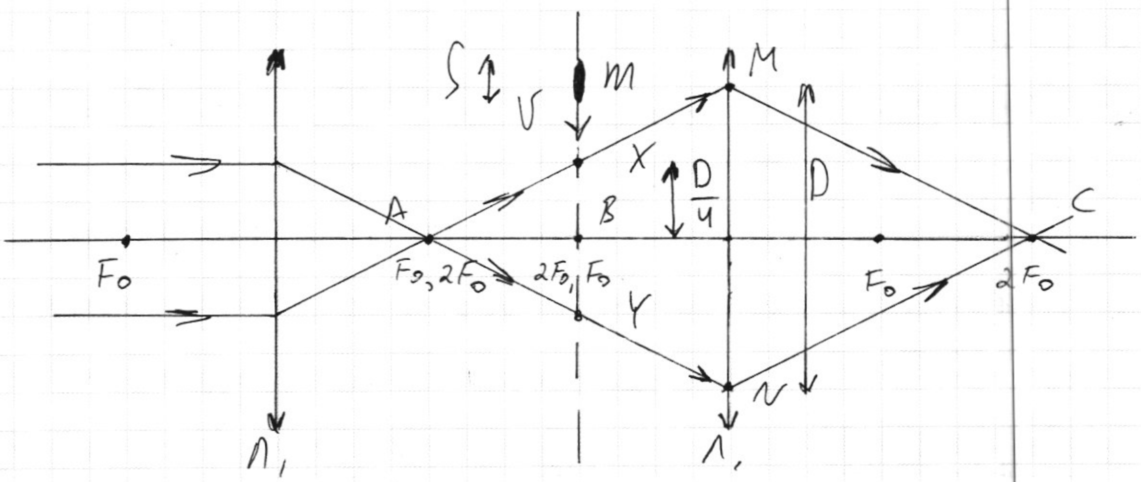
$\Rightarrow$ максимальный ток через катушку L_2 протекает при разрядке конденсатора.

Ответ: 1) $T = 2\pi\sqrt{3LC}$

2) $I_{m_1} = \sqrt{\frac{C}{3L}}\,\mathcal{E}$

3) $I_{m_2} = \sqrt{\frac{C}{L}}\,\mathcal{E}$

№5.



Точка A является фокусом $Л_1$ и двойным фокусом $Л_2$, точка B – $2F_0$ $Л_1$ и F_0 $Л_2$, т.к. расстояние между линзами $3F_0$.

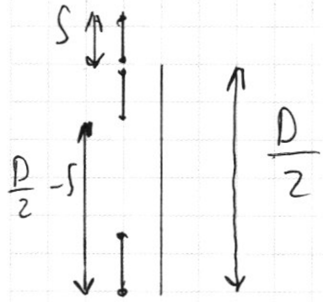
Проходя через $Л_1$ параллельный пучок света фокусируется в F_0 – фокусе $Л_1$ и $2F_0$ – двойном фокусе $Л_2$ $\Rightarrow$ после прохождения через $Л_2$ он сфокусиру-ется в $2F_0$ (точка C) и попадет в фотодетектор $\Rightarrow$
$\Rightarrow$ расстояние между $Л_2$ и фотодетектором – $\boxed{2F_0}$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

2) По графику зависимости I от t можем определить, что мишень полностью внутри пучка во время от t_0 до t_1,

от 0 до t_0 – мишень входит в пучок, уменьшая его площадь и уменьшая силу тока на выходе детектора =>

=> $S = v t_0$, где S – диаметр мишени.



Из подобия треугольников AMN и AXY видим, что путь мишени внутри пучка $= \frac{D}{2} - S$ =>

=> $\frac{D}{2} - S = v_0(t_1 - t_0)$

(время, которое мишень движется полностью внутри: $t_1 - t_0$)

Также отметим, что $I \sim N \sim S$ =>

=> $\frac{I_1}{I_0} = \frac{S^*}{S_0}$, где S_0 – площадь пучка на расстоянии F_0 от $Л_2$ без мишени, а S^* – с мишенью, тогда:

$\frac{3}{4} = \frac{\pi\left(\frac{D}{4}\right)^2 - \pi\left(\frac{S}{2}\right)^2}{\pi\left(\frac{D}{4}\right)^2}$ => $3\left(\frac{D}{4}\right)^2 = 4\left(\frac{D}{4}\right)^2 - 4\left(\frac{S}{2}\right)^2$ =>

=> $4\left(\frac{S}{2}\right)^2 = \left(\frac{D}{4}\right)^2$ => $S = \frac{D}{4}$ =>

=> $\frac{D}{4} = v t_0$ => $\boxed{v = \frac{D}{4t_0}}$

3) $\frac{D}{2} - \frac{D}{4} = v_0(t_1 - t_0)$ => $\frac{D}{4} = \frac{D}{4t_0}(t_1 - t_0)$ =>

=> $t_0 = t_1 - t_0$ => $\boxed{t_1 = 2t_0}$

Ответ: 1) $2F_0$ 2) $\frac{D}{4t_0} = v$ 3) $t_1 = 2t_0$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$BO_2 = O_2C$, $BO_1 = O_1A$ $\Rightarrow$ $E_1 \perp BC$, $E_2 \perp AB$ $\Rightarrow$ $E_1 \perp E_2$

1) $\alpha = \frac{\pi}{4} \Rightarrow BC = AB$

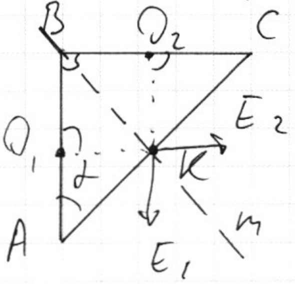


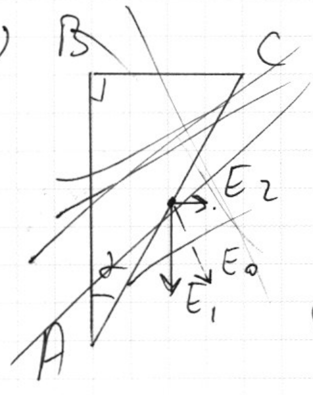
Рисунок симметричен относительно $m \Rightarrow E_1 = E_2$ (т.к. $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$)

$E_1 \perp BC$; $E_2 \perp AB$; $AB \perp BC \Rightarrow$

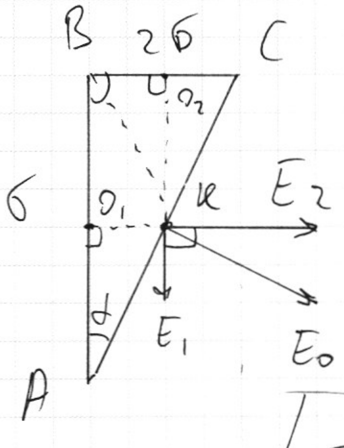
$\Rightarrow E_1 \perp E_2 \Rightarrow E_0 = \sqrt{2}\, E_1 \Rightarrow$

$\Rightarrow$ E увеличится в $\sqrt{2}$ раз ; $\frac{E_0}{E_1} = \sqrt{2}$.

2)



$\alpha = \frac{\pi}{7}$



$$E_1 = \frac{2\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$E_0 = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$

$$E_0 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{2^2 + 1}$$

$$\boxed{E_0 = \frac{\sqrt{5}\,\sigma}{2\varepsilon_0}}$$

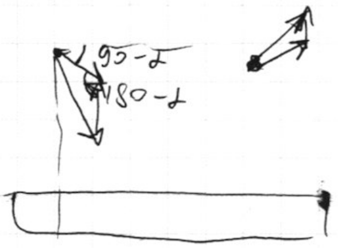
$BO_2 = O_2C$, $BO_1 = O_1A$ $\Rightarrow$

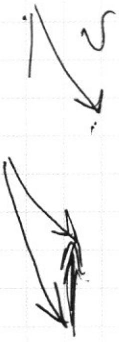
$\Rightarrow E_2 \perp AB$, $E_1 \perp BC$ $\Rightarrow E_1 \perp E_2$

Ответ: 1) $\sqrt{2}$

2) $E_0 = \frac{\sqrt{5}\,\sigma}{2\varepsilon_0}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





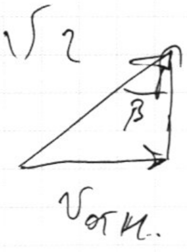
$v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta$

$v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 8 \cdot \frac{3}{4}\frac{2}{1} = 8\frac{3}{2} = 12\frac{м}{с}$

$E_1 = \frac{mv_1^2}{2}$

$E_2 = \frac{mv_2^2}{2}$

$E_2 - E_1 = Q_п.$



$\cancel{u = v_2^2 - v_{отн}^2}$

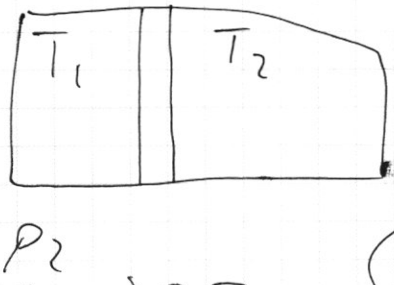
$v_2 \cos\beta = u$

$u = 6\frac{м}{с}$ — max

$C_V = \frac{5}{2}R$

$C_V = \frac{i}{2}R$

$i = 5$



$p_1 = p_2$

$p_1V_1 = \nu RT_1$

$p_2V_2 = \nu RT_2$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{5}$

$T_1 = T_2 = T$

$pV_1 = \nu RT$

$pV_2 = \nu RT$

$Q = \frac{5}{2}\nu R(T - T_1) + A'$

$Q = \frac{5}{2}\nu R(T - T_2) - A'$

$\frac{5}{2}\nu RT_1 + \frac{5}{2}\nu RT_2 =$

$= 5\nu RT$

$T_1 + T_2 = 2T$

$T = \frac{T_1 + T_2}{2}$

A: $Q = \frac{5}{2}\nu R(T - T_1) + A'$

K: $-Q = \frac{5}{2}\nu R(T - T_2) - A'$

$\cancel{\frac{5}{2}\nu R(T - T_1) = \frac{5}{2}\nu R(T_2 - T)}$

$A' = Q + \frac{5}{2}\nu R(T - T_2)$

$pV = \nu RT$

$\frac{5}{2}\nu RT_1$

$\frac{5}{2}\nu RT$

$p = c.$

$Q = \frac{5}{2}\nu R(T - T_1) + p\Delta V =$

$= \frac{5}{2}\nu R(T - T_1) + \nu R(T - T_1) =$

$= \frac{7}{2}\nu R\frac{T_2 - T_1}{2} = \frac{7\nu R(T_2 - T_1)}{4}$

$Q = \frac{7 \cdot \frac{3}{7} \cdot 8,31 \cdot 200}{4} = 3 \cdot 8,31 \cdot 50$

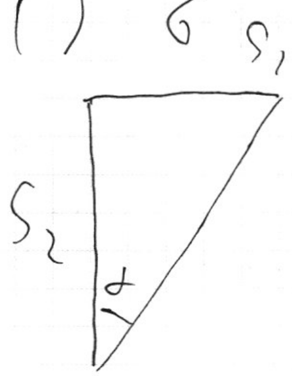
124,65 кДж.

$8,31 \cdot 3 = 24,93$

$24,93 \cdot 50 = 1246,50$

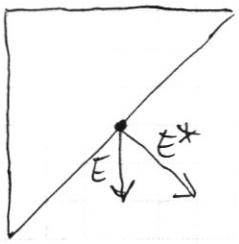
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) σ



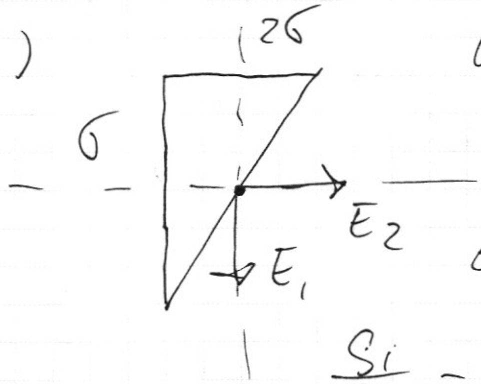
$$\frac{S_1}{S_2} = tg\alpha = 1$$

$$S_1 = S_2 = S.$$



$$E^* = \sqrt{2} E$$

2)



$$\varphi = \frac{q}{2\varepsilon\varepsilon_0 \cancel{S}}$$

$\cancel{E\sigma}$

$$E = \varphi \cdot S \qquad q = \sigma S$$

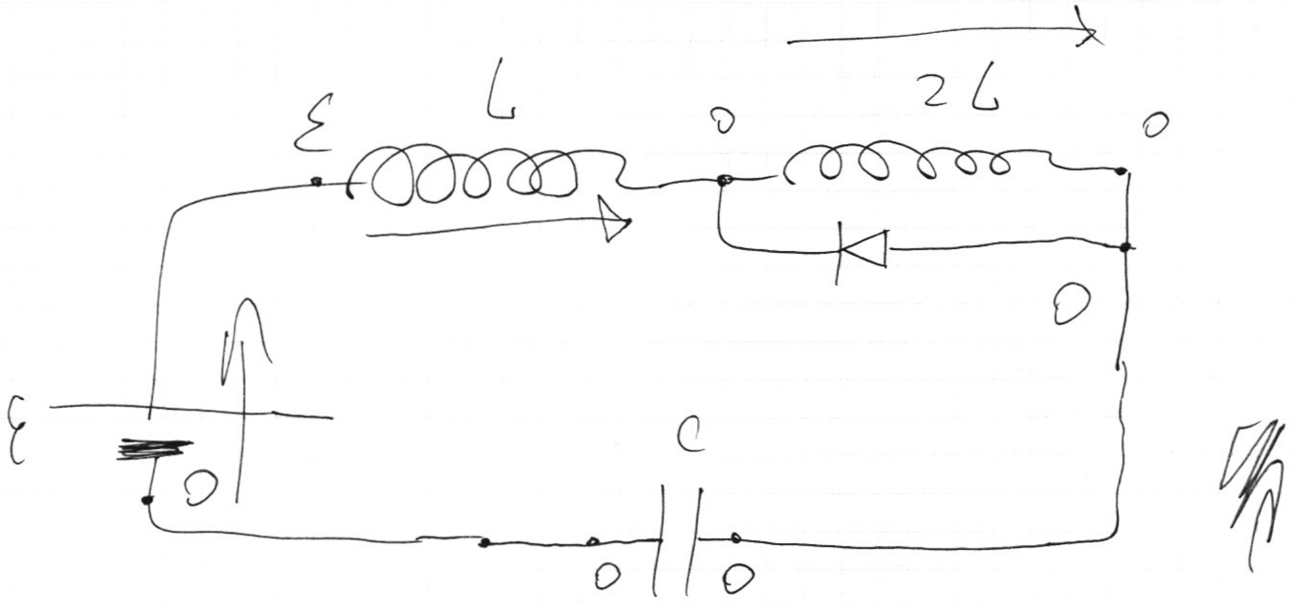
$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0} \qquad F = \frac{\sigma^2 S}{2\varepsilon\varepsilon_0 \cancel{S}}$$

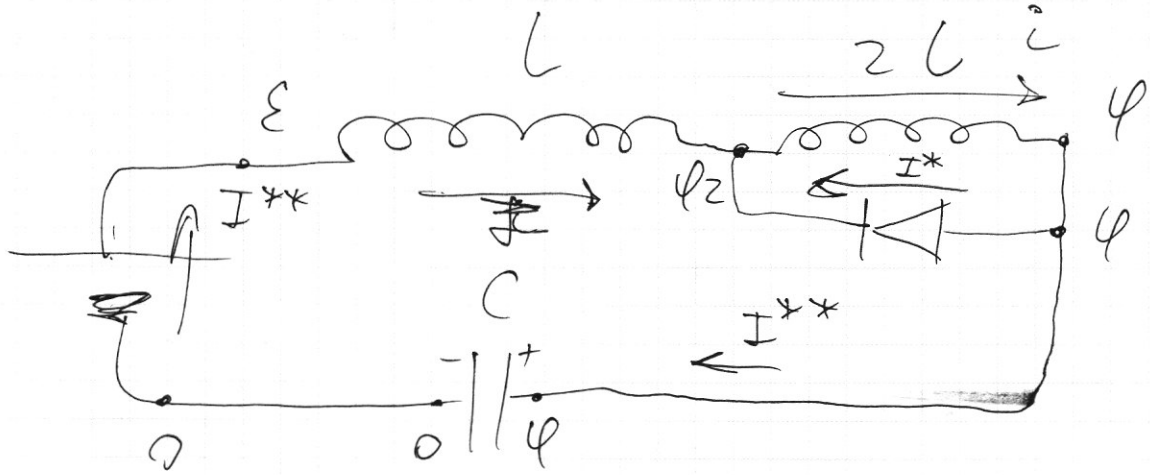
$$\frac{S_1}{S_2} = tg\frac{\pi}{7} \qquad F = \cancel{q} \frac{q^2}{2\varepsilon_0 S}$$

$$E = \frac{q}{2\varepsilon_0 S}$$

$$S_1 = S_2\, tg\frac{\pi}{7}$$

$$E_1 = \frac{q_1}{2\varepsilon_0 S_1} = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}$$





$\varepsilon - \varphi_2 = L\dot{I}$ $\qquad$ $\varepsilon - \varphi = 3L\dot{I}$

$\varphi_2 - \varphi = 2L\dot{I}$ $\qquad$ $\varepsilon = \frac{q}{C} + 3L\dot{I}$

$\varphi = \frac{q}{C}$ $\qquad$ $q + 3LC\ddot{q} = \varepsilon C$

$\omega = \sqrt{\frac{1}{3LC}}$ $\qquad$ $\cancel{q_0 = \frac{\varepsilon}{3L}}$

$$\boxed{T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{3LC}}$$

$I = i + I^{*}$

$I_1 = max \Rightarrow \varphi_2 = \varphi$ $\qquad$ $I^{**} = i - I^{*}$

$\Rightarrow I^{*} = 0$

$\varepsilon - \varphi = L\ddot{q}$ $\qquad$ $\cancel{\varepsilon - \varphi_2 = L\dot{I}}$

$\varphi = \frac{q}{C}$ $\qquad$ $\cancel{\varphi_2 - \varphi = L(\dot{I} + \dot{i})}$

$\cancel{\varphi =}$

через диод не идет ток.

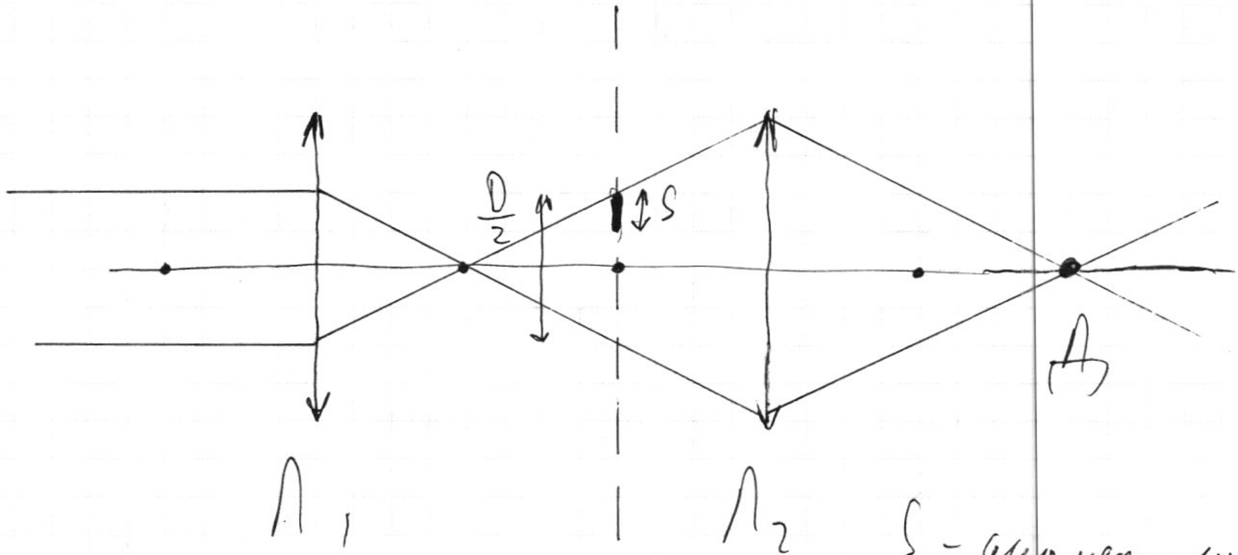
☐ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



S - диаметр шишки
D - линзы.

1) $L = 2F_0$

2) $\left(\frac{D}{2} - S\right) = (t_1 - t_0)v$

$\frac{D}{4} = (t_1 - t_0)\frac{D}{4t_0}$

$I \sim N \sim S$

$t_0 = t_1 - t_0$

$t_1 = 2t_0$

$S = \pi r^2$

$$\frac{\left(\frac{D}{4}\right)^2}{\left(\frac{D}{4}\right)^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2} = \frac{4}{3} \Rightarrow 3\left(\frac{D}{4}\right)^2 = 4\left(\frac{D}{4}\right)^2 - 4\left(\frac{S}{2}\right)^2$$

$$4\left(\frac{S}{2}\right)^2 = \left(\frac{D}{4}\right)^2$$

$$\frac{4S^2}{4} = \frac{D^2}{16}$$

$$S^2 = \frac{D^2}{16}$$

$$S = \frac{D}{4}$$

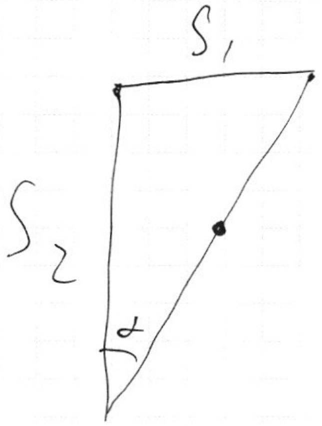
$\frac{D}{4} = (t_1 - t_0)v$

$S = t_0 v$

$\frac{D}{4} = t_0 v \Rightarrow v = \frac{D}{4t_0}$

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



$S_1 = S_2 \operatorname{tg}\alpha$

$\varphi = \frac{q}{2\varepsilon_0 S}$

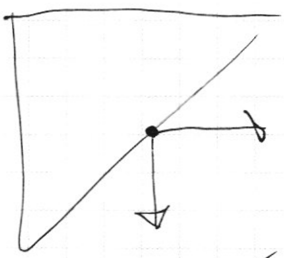
$E_1 = \varphi \cdot q = \frac{q_1^2}{2\varepsilon_0 S_1}$

$q_1 = \sigma_1 S_1 = 2\sigma S_1$

$E_1 = \frac{4\sigma^2 S_1^2}{2\varepsilon_0 S_1} = \frac{2\sigma^2 S_1}{\varepsilon_0}$

$E_2 = \frac{\sigma^2 S_2}{2\varepsilon_0}$

$E_1 = 2\sigma^2$ $\quad E_0 = \frac{\sigma^2}{\varepsilon_0}\sqrt{4S_1^2 + \frac{S_2^2}{4}}$



$E_0 = \frac{\sigma^2}{\varepsilon_0}\sqrt{4S_2^2 \operatorname{tg}^2\alpha + \frac{S_2^2}{4}} =$

$= \frac{\sigma^2 S_2}{\varepsilon_0}\sqrt{4\operatorname{tg}^2\alpha + \frac{1}{4}} =$

$= \frac{\sigma^2 S_2}{2\varepsilon_0}\sqrt{16\operatorname{tg}^2\alpha + 1}$

$\varphi = \frac{\cancel{Кл} \cdot В \cdot \cancel{м}}{м^{\cancel{2}} \cdot \cancel{Кл}}$

$\varphi = \frac{В}{м}$

$E = \frac{F}{q}$ $\quad \varphi = \frac{q}{2\varepsilon_0 S} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ $\quad \frac{Кл}{м^2}\ldots$

$\cancel{F = \frac{kq^2}{d}}$ $\quad C = \frac{\varepsilon_0 S}{d} = \ldots м$ $\quad dE = В$

$E = \frac{В}{м}$

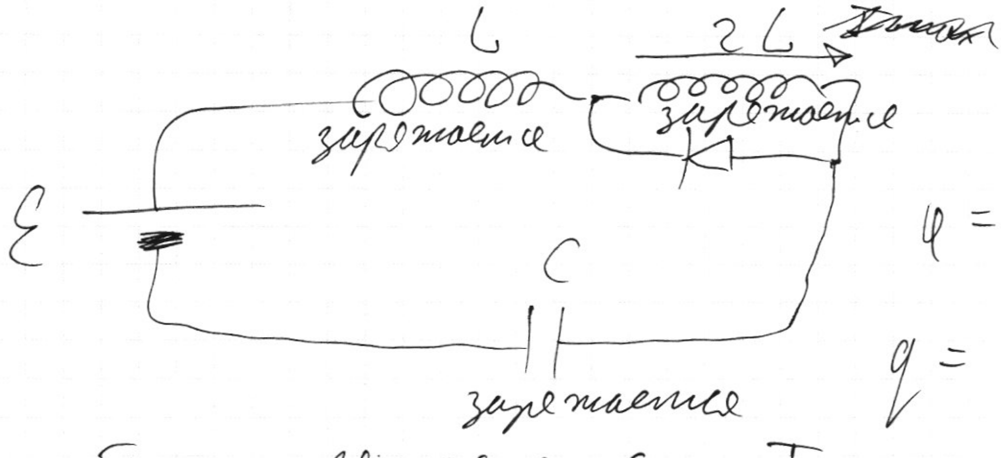
$\frac{Кл}{В} = \ldots м$

$q = CU$ $\quad c = \frac{Кл}{В}$ $\quad \ldots = \frac{Кл}{Вм}$

☐ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

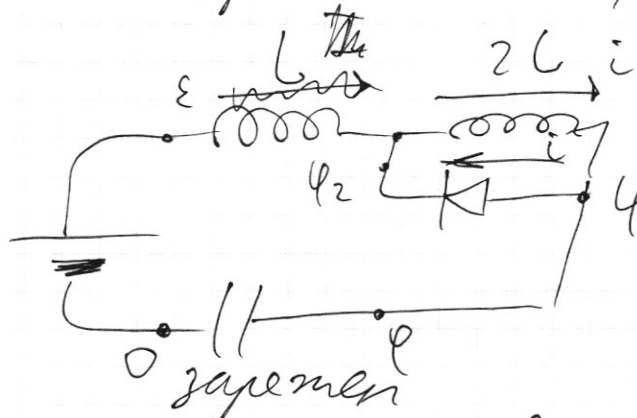
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\varphi = \frac{I_{max}\sqrt{3LC}}{C}$$

$$q = I_{max}\sqrt{3LC}$$

Пока заряжается C, $I_D = 0$



$$\mathcal{E} q = \frac{2Li^2}{2} = Li^2$$

$$\mathcal{E} I_{max}\sqrt{3LC} = Li^2$$

Найти ток в момент зарядки C.

$$q = C\varphi$$

$$q = \int_0^{\tau} I\,dt$$

ток меняется по закону ~~синуса~~ косинуса

$$I = I_{max}\cos(\omega t)$$

$$\tau = \frac{1}{4}T = \frac{\pi\sqrt{3LC}}{2}$$

$$C\varphi = I_{max}\frac{\sin(\omega t)}{\omega}\Big|_0^{\frac{\pi\sqrt{3LC}}{2}} = \frac{I_{max}}{\omega}\sin\frac{\pi}{2}$$

$$C\varphi = I_{max}\sqrt{3LC}$$

$$\frac{q_{max}}{\sqrt{3LC}} = I_{max}$$

☐ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

$$\mathcal{E} q = \frac{LI^2}{2} + \frac{2LI^{*2}}{2} + \frac{q^2}{2C} \quad (1)$$

$I_{L} = I_{2L}$ (пока заряжается C.)

$$\mathcal{E} q = \underbrace{\frac{3LI^2}{2}}_{max} + \frac{q^2}{2C}$$

$$\mathcal{E} q = \frac{q^2}{2C}$$

$$q = 2C\mathcal{E}$$

$$\mathcal{E} q - \frac{q^2}{2C} = \cancel{max}$$

$$C\mathcal{E}^2 = \frac{3LI^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$$

$$C\mathcal{E}^2 = 3LI^2$$

$$-q^2 + 2C\mathcal{E} q = \cancel{max}$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{C}{3L}}\,\mathcal{E}$$

$$q = C\mathcal{E}$$

ток $I_{2L} = max$, когда ток вершины и $U_C = C\mathcal{E}$.

в момент полной зарядки C, токи равны 0. $\Rightarrow I = I_{max} = \dot{q}_{max}$

(1): $q_{max} = 2C\mathcal{E}$ ~~...~~.

после полной зарядки, ток не идет через 2L $\Rightarrow I_{2L} = 0 \Rightarrow I_C$ max будет в этом процессе.

$$-\mathcal{E} q^* = \frac{LI^2}{2} + \frac{q^{*2}}{2C} - 2C\mathcal{E}^2$$

$$\frac{LI^2}{2} = max \Rightarrow \frac{-q^{*2}}{2C} - \mathcal{E} q^* + 2C\mathcal{E}^2 = max$$

$$-q^{*2} - 2C\mathcal{E} q^* + 4C^2\mathcal{E}^2 = max$$

$$q^*_{max} = -C\mathcal{E} \Rightarrow q = C\mathcal{E}$$

$$\frac{LI^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{C}{L}}\,\mathcal{E}$$

$$-\mathcal{E} C\mathcal{E} = \frac{LI^2}{2} + \frac{C^2\mathcal{E}^2}{2C} - 2C\mathcal{E}^2$$

$$-C\mathcal{E}^2 = \frac{LI^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - 2C\mathcal{E}^2$$

☐ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)