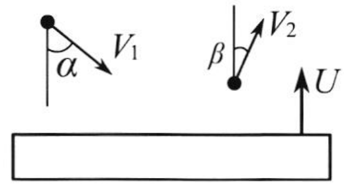
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11 **Вариант 11-04**

Шифр
(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 18 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{2}{3}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \dfrac{3}{5}\right)$ с вертикалью.



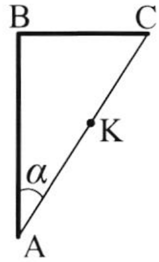
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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 аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона T_1 = 320 К, а криптона T_2 = 400 К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. R = 8,31 Дж/(моль·К).

1) Найти отношение начальных объемов аргона и криптона.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?

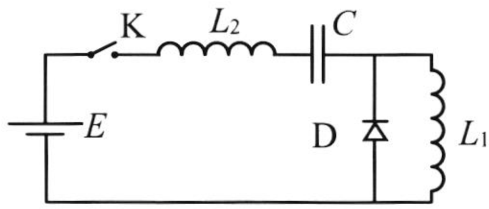
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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

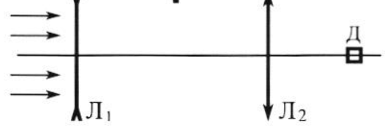
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

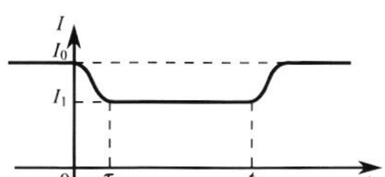
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.



1) Найти период T этих колебаний.
2) Найти максимальный ток I_{01}, текущий через катушку L_1.
3) Найти максимальный ток I_{02}, текущий через катушку L_2.

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусными расстояниями -2F_0 и F_0, соответственно. Расстояние между линзами 2F_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 F_0 от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 7I_0/16$





.

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

Задача 2

Дано:

$\nu = \frac{3}{5}$ моль

$T_1 = 320$ K

$T_2 = 400$ K

$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

1) $\frac{V_1}{V_2} = ?$

2) $T_k = ?$

3) $Q = ?$

аргон	криптон
$\nu\ T_1 V_1$	$\nu\ T_2 V_2$

1) Пусть V_1 - объем, занимаемый аргоном в начальный момент, V_2 - объем криптона в нач. момент.

Т.к. сосуд теплоизолирован, а температуры газов выравниваются медленно, можно считать, что давления газов равны между собой.
Запишем уравнения состояний газов в нач. момент:

Для аргона: $p_0V_1 = \nu RT_1$
Для криптона: $p_0V_2 = \nu RT_2$ $\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320}{400} = \frac{4}{5} = 0{,}8$

Отсюда отношение начальных объемов аргона и криптона равно: $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = 0{,}8$

2) Вся система не получает тепла из вне, тогда из закона сохранения энергии мы имеем, что:
$\Delta U_0 + A_0 = 0$, где ΔU_0 - суммарное изменение внутренней энергии газов, A_0 - суммарная работа двух газов.

Т.к. в любой промежуток времени ~~работа~~ давление газов равно, то можно сказать, что т.к. объем системы постоянен $\Rightarrow$ если объем одного газа вырос, то объем другого на столько же уменьшится $\Rightarrow$ ~~любая маленькая работа~~ ~~всю~~ малую работу в системе в ~~любой~~ промежуток времени можно записать, как:
$\Delta A = p_x\Delta V - p_x\Delta V = 0$

Отсюда работа газов за время установления температуры $A_0 = 0 \Rightarrow \Delta U_0 = 0$

В свою же очередь $\Delta U_0 = \Delta U_1 + \Delta U_2$, где ΔU_1 - изм. внутр. энергии аргона, ΔU_2 - криптона:

$\Delta U_1 = \frac{3}{2}\nu R(T_k - T_1)$
$\Delta U_2 = \frac{3}{2}\nu R(T_k - T_2)$ $\Rightarrow \frac{3}{2}\nu R(T_k - T_1) + \frac{3}{2}\nu R(T_k - T_2) = 0 \Rightarrow 2T_k = T_1 + T_2 \Rightarrow$

$$\boxed{T_k = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{400K+320K}{2} = 360K}$$

3) Из ЗСЭ для аргон имеем, что $\Delta U_1 + A_1 = Q$

ΔU_1 мы посчитали ранее: $\Delta U_1 = \frac{3}{2}\nu R(T_k - T_1)$

Найдем A_1: Т.к. ~~общее~~ давление газов в любой промежуток равно, то малая работа, за малый промежуток времени равна $\Delta A = p_x \Delta V = \nu R \Delta T$ (Из уравнения состояния газа). Тогда $A_1 = \int_{T_1}^{T_k} \nu R \Delta T = \nu R(T_k - T_1) \Rightarrow Q = \frac{3}{2}\nu R(T_k - T_1) + \nu R(T_k - T_1) = \frac{5}{2}\nu R(T_k - T_1) = \frac{3}{2}\cdot\frac{3}{5}\text{ моль}\cdot 8{,}31\frac{Дж}{моль\,К}\cdot(360K - 320K) = \left(\frac{9}{10}\cdot 8{,}31\cdot 40\right)Дж = 36\cdot 8{,}31\,Дж = 299{,}26\,Дж$; В Q подставим формулу для T_k: $Q = \frac{3}{2}\nu R\left(\frac{T_2 - T_1}{2}\right)$

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = 0{,}8$ 2) $T_k = \frac{T_1+T_2}{2} = 360K$

3) $Q = \frac{3}{4}\nu R(T_2 - T_1) = 299{,}26\,Дж$

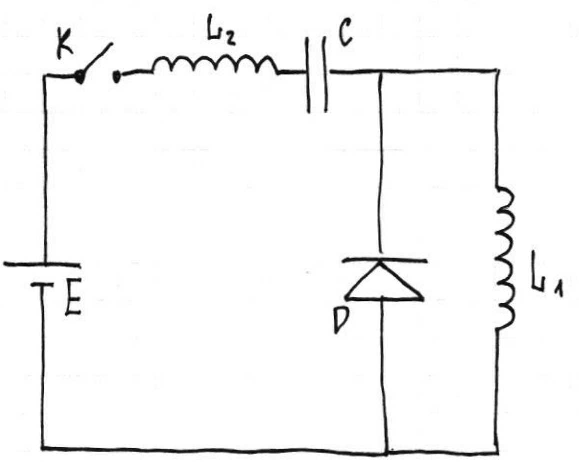
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4

Дано:

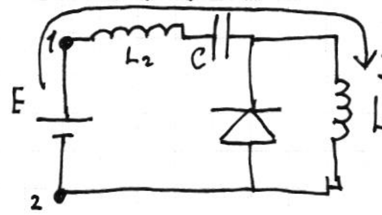
E; $L_1 = 5L$; $L_2 = 4L$; C; D

1) T_2?
2) $I_{01} =$?
3) $I_{02} =$?



1) Изначально ток будет выходить из источника, т.к. конденсатор не будет заряжен. Отсюда получим, что диод не будет пропускать ток.

В начале:



Когда напряжение на конденсаторе достигнет макс. значения будет другая ситуация. Найдем время t_1 зарядки конденсатора. Запишем уравнения из законов Кирхгофа, для нач. случая:

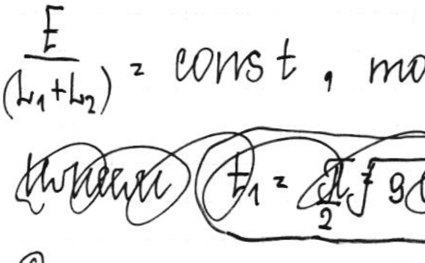
$$E = (L_1 + L_2)\frac{\Delta I}{\Delta t} + \frac{q}{C} = (L_1 + L_2)\ddot{q} + \frac{q}{C}$$

Выразим $\ddot{q} = \frac{\Delta I}{\Delta t}$:
$$\frac{E - \frac{q}{C}}{(L_1 + L_2)} = \frac{E}{(L_1+L_2)} - \frac{q}{C(L_1+L_2)} = \ddot{q}, \text{ т.к.}$$

$\frac{E}{(L_1+L_2)} = const$, то $\omega^2 = \frac{1}{C(L_1+L_2)}$ => $\cancel{t_1 = \frac{2\pi}{\omega}\sqrt{C(L_1+L_2)} = \frac{\pi}{2}\sqrt{C(L_1+L_2)}}$

~~Получаем~~ $\cancel{t_1 = \frac{\pi}{2}\sqrt{9CL} = \frac{3\pi}{2}\sqrt{CL}}$ Имеем, что $t_1 = \frac{\pi}{2}\sqrt{C(L_1+L_2)} = \frac{3\pi}{2}\sqrt{CL}$

Рассмотрим 2^{ую} ситуацию, когда напряжение „C" уменьшается:



В этом случае ток направлен против источника.
Так как напряжение, создаваемое на диоде током, равно нулю, то $L_1\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = 0$, а так как в момент когда напряжение на конденсаторе максимально ток в цепи

равен нулю, ведь только если ток уменьшается до нуля и дальше, то можно считать, что ток развернулся в направление =>, во второй ситуации ток через L_1 равен нулю => $L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$ =>

$\mathcal{E} = L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} + \frac{q}{C} = L_2 \ddot{q} + \frac{q}{C}$ => $\frac{E - \frac{q}{C}}{L_2} = \frac{E}{L_2} - \frac{q}{CL_2} = \ddot{q}$, т.к. $\frac{E}{L_2} = const$,

то $\omega = \sqrt{\frac{1}{CL_2}}$ во второй случае, тогда $t_2 = \pi\sqrt{CL_2} =$

$= 2\pi\sqrt{CL}$; во второй случае напряжение падает до минимального, а дальше аналогично первому растет до нуля => $T = 2t_1 + t_2 = 3\pi\sqrt{CL} + 2\pi\sqrt{CL} = 5\pi\sqrt{CL}$

2) Рассмотрим 1ый случай, запишем ЗСЭ:

$$qE = \frac{q^2}{2C} + (L_1 + L_2)\frac{I^2}{2} \Rightarrow \frac{I^2}{2}(L_1 + L_2) = qE - \frac{q^2}{2C} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I^2 = \frac{2}{(L_1+L_2)}\left(qE - \frac{q^2}{2C}\right).$$ Если производная от этой функции ноль, то I^2 - максимально: $\left(qE - \frac{q^2}{2C}\right)' = E - \frac{q}{C} = 0$ =>

ток максимален в 1ом случае при $q = EC$ =>

$$I^2_{max1} = \frac{2}{(L_1+L_2)}\left(CE^2 - \frac{CE^2}{2}\right) = \frac{CE^2}{(L_1+L_2)} = \frac{CE^2}{9L} \Rightarrow I_{max1} = \frac{E}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$$

Данный ток течет, как и через 1ую, так и через вторую катушку

Найдем максимальный ток во второй случае, запишем ЗСЭ: Когда ток разворачивается на конденсаторе напряжение равно: $qE = \frac{q^2}{2C}$ => $2CE = q$ => $2E = U_C$ => ЗСЭ для второго случая: $qE = \frac{L_2 I^2}{2} - \frac{C(2E)^2}{2} + \frac{(-q+2CE)^2}{2C}$ => упростив

получим: $3qE - \frac{q^2}{2C} = \frac{L_2 I^2}{2}$ => $I^2 = \frac{2}{L_2}\left(3qE - \frac{q^2}{2C}\right)$, аналогично первому случаю, если $(3qE - \frac{q^2}{2C})' = 0$, то I максимален => если

$\left(3qE - \frac{q^2}{2C}\right)' = 3E - \frac{q}{C} = 0 \Rightarrow 3CE = q \Rightarrow I^2_{max2} = \frac{2}{L_2}\left(9CE^2 - \frac{9}{2}CE^2\right) =$

$= \frac{2}{L_2}\cdot\frac{9}{2}CE^2 = \frac{9CE^3}{L_2} = \frac{9CE^2}{4L} \Rightarrow I_{max2} = \frac{3}{2}E\sqrt{\frac{C}{L}}$. Данный ток течет только через катушку 2, т.к. $I_{max2} > I_{max1} \Rightarrow I_{max2} = I_{02}$, $I_{max1} = I_{01}$, тогда имеем ответ

Ответ: 1) $T = 5\pi\sqrt{CL}$; ~~2) $I_{01} = \frac{E}{3}\sqrt{C}$~~

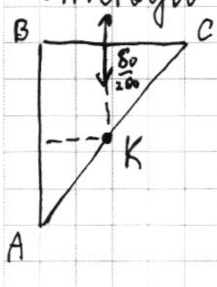
2) $I_{01} = \frac{E}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$

3) $I_{02} = \frac{3}{2}E\sqrt{\frac{C}{L}}$

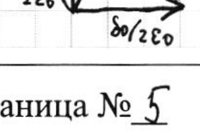
Задача 3

1) Пусть в нач момент поверхностная плотность пластины BC равна δ_0, тогда, т.к. она бесконечна, а $\delta_0 = \frac{\Delta Q}{\Delta S}$, то по теореме Гаусса $2E\Delta S = \frac{\Delta Q}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\Delta Q}{2\varepsilon_0\Delta S} = \frac{\delta}{2\varepsilon_0}$, где E – напряженность поля, создаваемого пластиной BC, оно направлено $\perp$ BC.

Отсюда поле, создаваемое BC в точке K равно $\frac{\delta}{2\varepsilon_0} = E$



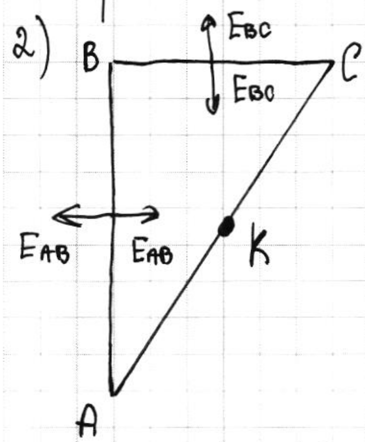
Если такой же поверхностной плотностью зарядить AB, то оно будет, исходя из аналогичных рассуждений в точке K создавать поле напряженностью $E_{AB} = \frac{\delta_0}{2\varepsilon_0}$, перпендикулярное AB и $\bar{E}$, создаваем. BC $\Rightarrow$ имеем, что в этом случае в точке K поле равно: $E'_K = \sqrt{2\left(\frac{\delta_0}{2\varepsilon_0}\right)^2} = \sqrt{2}\,\frac{\delta_0}{2\varepsilon_0} \Rightarrow \frac{E'_K}{E} = \sqrt{2} \Rightarrow$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Напряженность увеличится в $\sqrt{2}$ раз.

2)



Здесь, исходя из бесконечности и плоскости пластин, как и в 1ом пункте, они создают постоянна по напряженности поле и перпендикулярна плоскости.

$E_{BC} = \frac{\delta_1}{2\varepsilon_0}$, $E_{AB} = \frac{\delta_2}{2\varepsilon_0}$, аналогично, как в 1ом пункте, т.к. $AB \perp BC$, то $\bar{E}_{BC} \perp \bar{E}_{AB}$ $\Rightarrow$

$$E_K = \sqrt{E_{BC}^2 + E_{AB}^2} = \frac{\sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2}}{2\varepsilon_0} = \frac{\sqrt{\delta^2 + \frac{4\delta^2}{49}}}{2\varepsilon_0} = \frac{\delta}{14\varepsilon_0}\sqrt{53}$$

$$\Downarrow$$

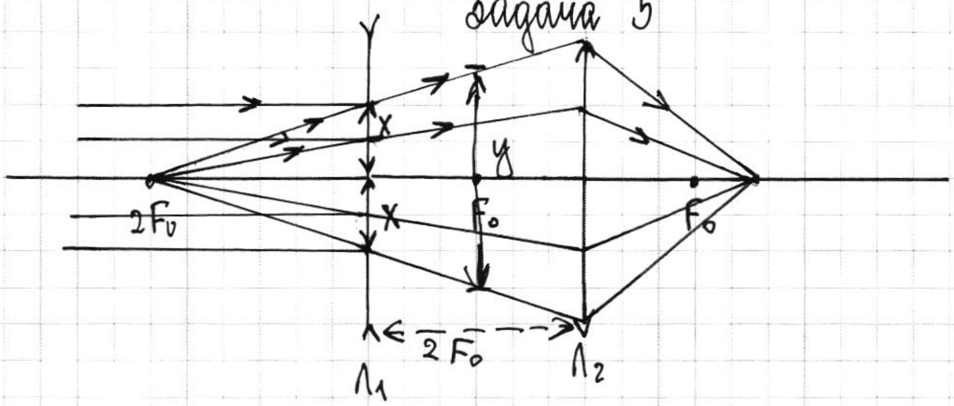
$E_K = \frac{\delta}{14\varepsilon_0}\sqrt{53}$, где E_K - поле в точке K.

Ответ: 1) Увеличится в $\sqrt{2} \approx 1{,}41$ раз $\Rightarrow$ увеличится примерно в 1,41 раз

2) $E_K = \frac{\delta}{14\varepsilon_0}\sqrt{53}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5



1) Для ответа на первый вопрос можно считать, что т.к. лучи параллельны между собой и $\perp$ линзам, то d стремится к ∞ => после прохождения Л1 лучи сфокусируются в точке ее фокуса на расстоянии $2F_0$ влево от $Л_1$: $\frac{1}{-2F_0} = \frac{1}{f_0}$ => $f_0 = -2F_0$

Эта точка фокуса лучей будет находится на расстоянии $2F_0 + 2F_0 = 4F_0$ слева от линзы 2 и будет для неё действительным предметом, отсюда, конечная точка фокуса лучей находится на расстоянии f_k от Л2 и равно оно:

$$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{4F_0} + \frac{1}{f_k} \Rightarrow \frac{3}{4F_0} = \frac{1}{f_k} \Rightarrow f_k = \frac{4F_0}{3}$$

Это и есть ответ на 1ый вопрос.

2) Заметим, что в фотодетектор попадают лишь те лучи, которые находятся на расстоянии x от главной оптической оси, где $\frac{x}{2F_0} = \frac{D}{2\cdot 4F_0}$ => $x = \frac{D}{4}$

Тогда, если мишень находится на расстоянии F_0 от линз $Л_1$ и $Л_2$ (между ними), то она пройдет расстояние y взаимодействуя с лучами, где

$$\frac{y}{3F_0} = \frac{D}{4F_0} \Rightarrow y = \frac{3}{4}D$$

Ток уменьшается из-за перекрытия части лучей мишенью, ~~это происх~~ полностью мишень входит в поток света за τ_0 $\Rightarrow$ если размер мишени z, то ее скорость $\frac{z}{\tau_0} = V$. Тогда $V(t_1 - \tau_0) = y - 2z = \frac{3}{4}D - 2z$

$$\Rightarrow t_1 = \frac{\frac{3}{4}D - 2z}{V} + \tau_0 \Rightarrow t_1 = \tau_0 + \left(\frac{3D - 8z}{4z}\right)\tau_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t_1 = \frac{\tau_0}{4z}(3D - 4z)$$

Найдем z:

~~Так как сила тока пропорциональна~~ ширине пучка света, то $I_0 = ky$, а $I_1 = \frac{7I_0}{16} = k(y - z)$

Откуда $\frac{7}{16} = \frac{y-z}{y} \Rightarrow \frac{7}{16}y = y - z \Rightarrow z = y - \frac{7}{16}y = \frac{9}{16}y \Rightarrow$

$$\Rightarrow z = \frac{9}{16}\cdot\frac{3}{4}D = \frac{27}{64}D$$

Тогда скорость мишени $V = \frac{27}{64}\frac{D}{\tau_0}$

А время $t_1 = \frac{\tau_0}{\frac{27D}{64}\cdot 4}\left(3D - \frac{27}{64}\cdot 4D\right) = \frac{\tau_0}{27D}\cdot 16D\left(3 - \frac{27}{16}\right) =$

$$= \frac{16}{27}\tau_0\left(\frac{21}{16}\right) = \frac{21\tau_0}{27} = \frac{7}{9}\tau_0$$

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Найдем z: т.к. $I \sim \rho^2$, то имеем, что

$$\left.\begin{array}{l} I_0 = ky^2 \\ \frac{7}{16} I_0 = k(y-z^2) \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{7}{16} = \frac{(y-z)^2}{y^2} \Rightarrow \frac{7}{16}y^2 = y^2+z^2-2yz \Rightarrow$$

$$\Rightarrow z^2 - 2yz + \frac{9}{16}y^2 = 0 \Rightarrow D = 4y^2 - \frac{9}{4}y^2 = \frac{7}{16}y^2 \Rightarrow \sqrt{D} = \frac{y}{4}\sqrt{7} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow z = \frac{2y \pm \frac{y}{4}\sqrt{7}}{2} = y \pm \frac{y}{8}\sqrt{7}, \text{ т.к. } z<y, \text{ то } z = y - \frac{y}{8}\sqrt{7} \Rightarrow$$

Найдем $t_1 = \frac{\tau_0}{4z}(3D-4z) = \tau_0\left(\frac{3D}{4z} - 1\right) = \tau_0\left(\frac{3D}{y(4-\frac{\sqrt{7}}{2})} - 1\right) =$

$$= \tau_0\left(\frac{4}{4-\frac{\sqrt{7}}{2}} - 1\right) = \frac{\tau_0}{4-\frac{\sqrt{7}}{2}}\left(\frac{\sqrt{7}}{2}\right) = \frac{\sqrt{7}\,\tau_0}{8-\sqrt{7}}, \text{ т.к. } t_1 < \tau_0 \Rightarrow$$

t_1 подходит.

Найдем скорость линзы: $V = \frac{z}{\tau_0} = \frac{y\left(1-\frac{\sqrt{7}}{8}\right)}{\tau_0} =$

$$= \frac{3D}{4\tau_0}\frac{(8-\sqrt{7})}{8} \Rightarrow V = \frac{3D}{32\tau_0}(8-\sqrt{7})$$

Ответ: 1) $F_k = \frac{4F_0}{3}$

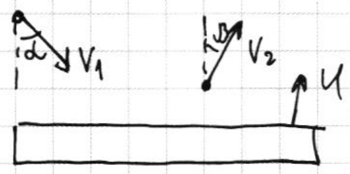
2) $V = \frac{3D}{32\tau_0}(8-\sqrt{7})$

3) $t_1 = \frac{\sqrt{7}}{8-\sqrt{7}}\tau_0$

Задача 1

Дано:
$V_1 = 18\,\frac{м}{с}$
$\sin\alpha = \frac{2}{3}$
$\sin\beta = \frac{3}{5}$

$V_2 = ?$
$u = ?$



$\cos\alpha = \frac{\sqrt{5}}{3}$

$\cos\beta = \frac{4}{5}$

1) Так как поверхность плиты гладкая, а скорость ее горизонт. поверхности вертикальна, то горизонтальная составляющая скорости шарика не меняется из-за удара $\Rightarrow V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta \Rightarrow$

$$\Rightarrow V_2 = V_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{10}{9} V_1 = 20\,\frac{м}{с}$$

2) Если удар не упругий, то мы можем воспользоваться ЗСЭ, учитывая, что скорость плиты, т.к. она массивна не изменилась и выделилось тепло $Q > 0 \Rightarrow$

$\cancel{\frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_2^2}{2} + Q}$ Перейдем в СО плиты $\Rightarrow$

ЗСЭ:

$$\frac{m(V_1\cos\alpha + u)^2}{2} - \frac{m(V_2\cos\beta - u)^2}{2} = Q > 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_1^2\cos^2\alpha + u^2 + 2V_1 u\cos\alpha - V_2^2\cos^2\beta - u^2 + 2V_2 u\cos\beta > 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2u(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta) > V_2^2\cos^2\beta - V_1\cos^2\alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u > \left(\frac{V_2^2\cos^2\beta - V_1^2\cos^2\alpha}{2(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta)}\right) = \left(\frac{V_2\cos\beta - V_1\cos\alpha}{2}\right) = \frac{V_1}{2}\left(\frac{10}{9}\cos\beta - \cos\alpha\right)$$

$$\Rightarrow u > \frac{V_1}{2}\left(\frac{10}{9}\cos\beta - \cos\alpha\right) = \frac{V_1}{6}\left(\frac{8}{3} - \sqrt{5}\right) = 3\left(\frac{8}{3} - \sqrt{5}\right)\frac{м}{с} = (8 - 3\sqrt{5})\,\frac{м}{с}$$

Ответ: 1) $V_2 = V_1\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{10}{9}V_1 = 20\,\frac{м}{с}$ 2) $u > \frac{V_1}{2}\left(\frac{10}{9}\cos\beta - \cos\alpha\right)$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

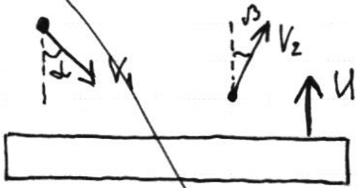
Дано:

$V_1 = 18 \frac{м}{с}$

$\sin\alpha = \frac{2}{3}$ $\sin\beta = \frac{3}{5}$

$V_2 = ?$

$u = ?$



$\cos\alpha = \frac{\sqrt{5}}{3}$

$\cos\beta = \frac{4}{5}$

1) Так как поверхность плиты гладкая и горизонтальная, а ее скорость вертикальная, то горизонтальная составляющая скорости шарика не меняется из-за удара $\Rightarrow V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta \Rightarrow V_2 = V_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} \Rightarrow$

$V_2 = V_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{2 \cdot 5}{3 \cdot 3} V_1 = \frac{10}{9} V_1 = V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{10 \cdot 18}{9} \frac{м}{с} = 20 \frac{м}{с} = V_2$

2)

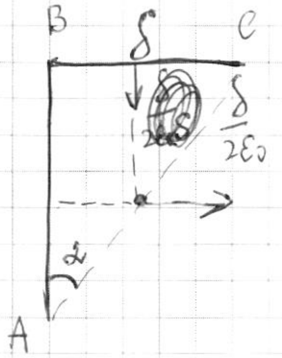
☑ черновик ☒ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №

(Нумеровать только чистовики)

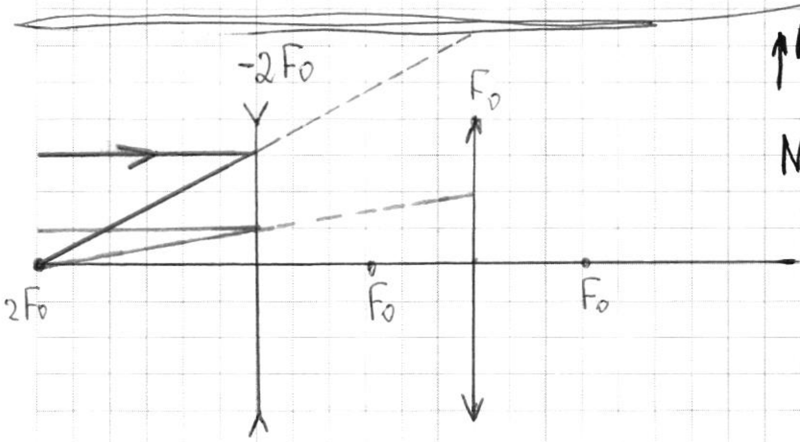
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\frac{Q}{S} = \delta$

$1 - \frac{9}{25} = \frac{25-9}{25} = \frac{16}{25}$

$1 - \frac{4}{9} = \frac{9-4}{9} = \frac{5}{9}$



$\uparrow N$ $\quad \uparrow V_2 \cos\beta - V_1 \cos\alpha$

$N\Delta t = m(V_2 \cos\beta - V_1 \cos\alpha)$

$N\Delta t = mV_1 \left(\frac{10}{9} \cdot \frac{4}{5} - \frac{\sqrt{5}}{3}\right)$

$N\Delta t = mV_1 \left(\frac{8}{9} - \frac{\sqrt{5}}{3}\right)$

$\frac{mV_1}{3}\left(\frac{8}{3} - \sqrt{5}\right)$

$-\frac{1}{2F_0} = 0 + \frac{1}{f} \Rightarrow f = -2F_0$

$\frac{1}{4F_0} = \frac{1}{4F_0} + \frac{1}{f}$

$mV_1 \cos\alpha = mV_2 \cos\beta$

$\frac{3}{4F_0} \quad \frac{4F_0}{3}$

$\downarrow V_1 \cos\alpha + u$ $\quad \uparrow V_2 \cos\alpha - u$

$\left(\frac{10}{9} \cdot \frac{4}{5} - \frac{\sqrt{5}}{3}\right) = \frac{8}{9} - \frac{\sqrt{5}}{3}$

$$\frac{mv_1^2}{2} = R + \frac{mv_2^2}{2}$$

$$\left(\frac{3}{4}D - \frac{27}{32}D\right)64 I_0$$
$$27D$$

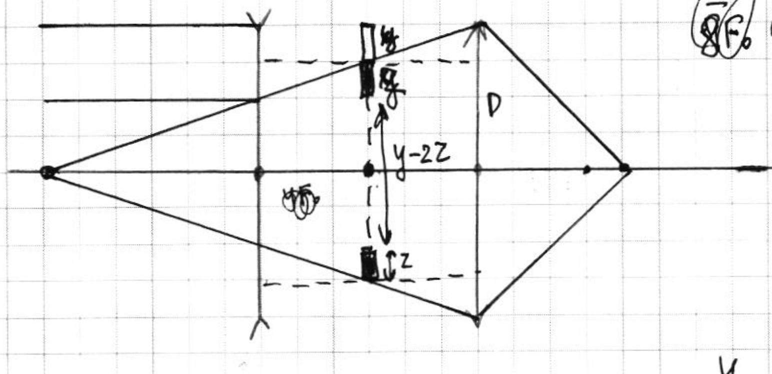
$V_1\cos\alpha + U = -U + V_2\cos\beta$

$$\frac{-V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta}{2} = U$$

$$\left(3D - \frac{27}{8}D\right)\cdot\frac{32}{27}I_0$$

$21 = 3\cdot 7$

$27 = 3\cdot 9$



$\frac{D}{8F_0}$

$\frac{3}{27}$

$$\frac{D}{4F_0} = \frac{x}{3F_0}$$

$$\frac{3D}{4} = x$$

$$\left(D - \frac{9D}{8}\right)$$

$$-\frac{D}{8}\frac{4}{27}I_0 + I_0$$

$\frac{23D}{67}$

$$\frac{y}{I_0} =$$

$16 \times 3 = 48$

$-\frac{27}{21}$

$$\frac{9}{16}y = z$$

$$z = \frac{2y \pm \frac{\sqrt{5}}{4}y}{2} = y \pm \frac{\sqrt{5}}{8}y$$

$$\frac{9}{16}\cdot\frac{3}{4}D = z$$

$h\lambda = E$

λ

$\sqrt{7} > \sqrt{4}$

$< \sqrt{9}$

$$\frac{7}{16}y^2 = y^2 - 2yz + z^2$$

$$z^2 - 2yz + \frac{9}{16}y^2 = 0$$

$$1 - \frac{7}{16} = \frac{9}{16} = \frac{z}{y}$$

$$D = 4y^2 - \frac{9}{4}y^2 = \frac{5}{4}y^2$$

Пусть $I \simeq k(y-z)$

$$\sqrt{D} = \frac{\sqrt{5}y}{4}$$

$I_0 = ky^2$

$I_0 = ky$

$$\frac{7}{16} = 1 - \frac{z}{y}$$

$$\frac{7}{16}I_0 = k(y-z)^2$$

$$\frac{7I_0}{16} = k(y-z)$$

$16 \times 4 = 64$

$$\frac{7}{16}I_0 = \frac{I_0}{y^2}(y-z)^2$$

$$\frac{7I_0}{16} = \frac{I_0}{y}(y-z)$$

$$\frac{\sqrt{7}}{8-\sqrt{7}} < 1$$

$\sqrt{7}$ $\quad 8-\sqrt{7}$ $\quad 2\sqrt{7} < 8$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

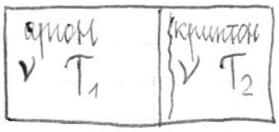
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) $pV_1 = \nu RT_1$

$pV_2 = \nu RT_2$

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

$\frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} - T_1$

$\frac{T_2 - T_1}{2}$

$\frac{32}{40} = \frac{8}{10} = \frac{4}{5}$

2) $pV_{K1} = \nu RT_K$

$pV_{K2} = \nu RT_K$

$\Rightarrow V_{K1} = V_{K2} = V_K$

$V_{K1} + V_{K2} = V_1 + V_2 = \frac{4}{5}V_2 + V_2 =$

$= \frac{9}{5}V_2$

$V_K = \frac{9}{10}V_2$

Объем криптона уменьшился

Объем аргона вырос.

$\cancel{A=3}$ $A = \Delta(pV)$ $\times\frac{9}{4}$ / 36

$\Delta A = p\Delta V$

$72 \times 5 = 360$ $40 \times 9 = 360$

$p_0 \frac{9}{10} V_2 = \nu RT_K$

$p_0 V_2 = \nu RT_2$

$\Delta U + A = 0$

$\Delta U = 0$

$\frac{9}{10} T_2 = T_K$ $= \frac{400}{10} \cdot 9 = 40 \cdot 9 = 360$

$\frac{3}{2}\nu R(T_K - T_2) + \frac{3}{2}\nu R(T_K - T_1) = 0$

$2T_K = T_1 + T_2$

$T_K = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{720}{2} = 72 \cdot 5 = 360$

$8{,}31 \times 36$: 4986, 2493, 29916

$200 + 160$

$\Delta U_1 + A_1 = Q_1$

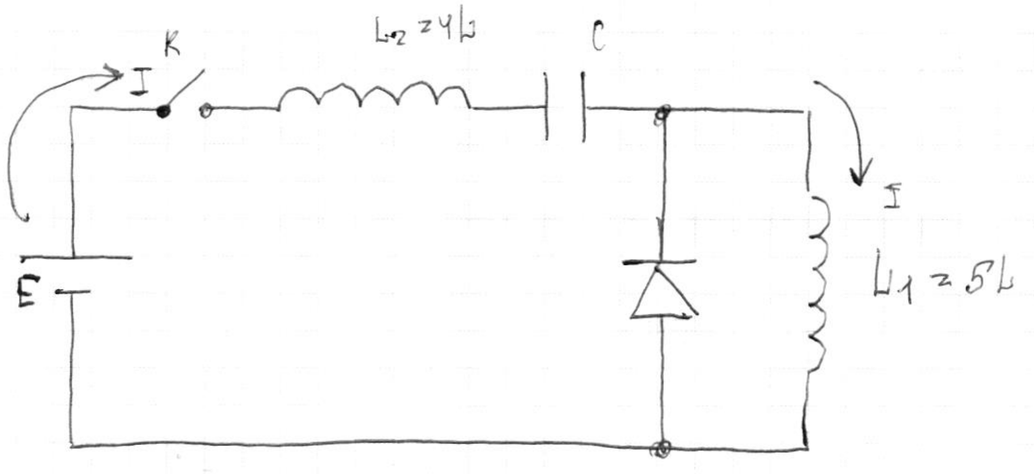
$\frac{3}{2}(T_K - T_1)\nu R + \int p_0 \Delta V = Q_1$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

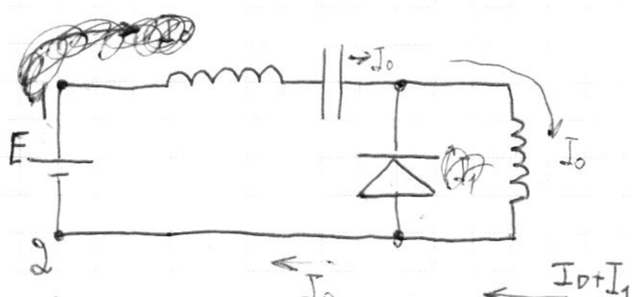


$$qE + W_0 = W_k$$

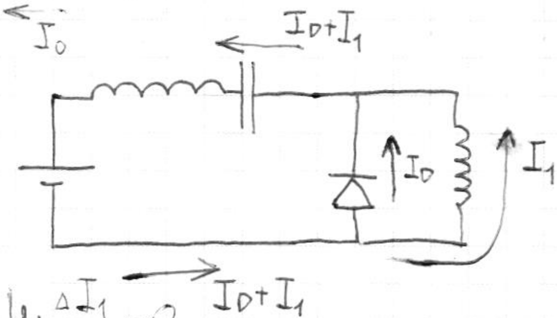
$$qE + W_0 - W_k = const$$

$$qE - W_k = const$$

В нач. момент:



$$E = L_2\frac{\Delta I}{\Delta t} + L_1\frac{\Delta I}{\Delta t} = (L_2 + L_1)\frac{\Delta I}{\Delta t}$$



1) $E = (L_2 + L_1)\frac{\Delta I}{\Delta t} + U_C$

$$L_1\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = 0$$

U_C от 0 до max

$E = U_{C max}$

$$t_1 = \pi\sqrt{(L_1 + L_2)C}$$

$$E = (L_2 + L_1)\dot{I} + \frac{q}{C}$$

$$E = (L_2 + L_1)\ddot{q} + \frac{q}{C}$$

$x\omega^2 = a$

$\cancel{x}\omega^2 = \ddot{x}$

$$\omega^2 = \frac{1}{(L_1 + L_2)C}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{(L_1 + L_2)C}}$$

$$-\frac{q}{C} + E = (L_2 + L_1)\ddot{q}$$

$$-q + EC = (L_1 + L_2)C\ddot{q}$$

$$\frac{-q}{(L_1 + L_2)C} + \frac{E}{(L_1 + L_2)} = \ddot{q}$$

$mgx = \frac{kx^2}{2}$

$mg = kx$

$\frac{m}{k}g = x$

$g = \frac{k}{m}x \Rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m}$

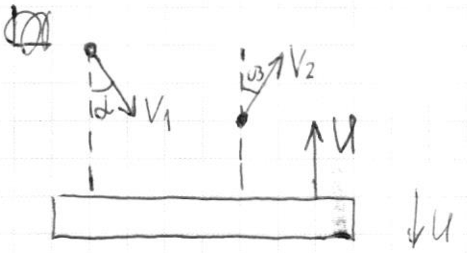
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\cos\alpha = \frac{\sqrt{5}}{3}$ $\cos\beta = \frac{4}{5}$

$\sin\alpha =$

$9-4=5$

$25-9$

$m(u+V_1\cos\alpha) = m(u-V_2\cos\beta)$

$V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta$

$$\frac{V_1 \sin\alpha}{\sin\beta} = V_2$$

$$\frac{2V_1 \cdot 5}{3 \cdot 3} = \frac{10V_1}{9} = V_2$$

$m(u+V_1\cos\alpha) + m(u-V_2\cos\beta) = 0$

$V_1\cos\alpha = V_2\cos\beta$

$$\frac{V_1}{3}\sqrt{5} = V_2\frac{4}{5}$$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$$qE = \frac{(L_1+L_2)I^2}{2} + \frac{CE^2}{2}$$

$$q = CE$$

$$\frac{CE^2}{2} = \frac{(L_1+L_2)}{2} I^2$$

$$\frac{CE^2}{(L_1+L_2)} = I^2 \Rightarrow \sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}\, E = I$$

$$qE = \frac{q^2}{2C}$$

$$2CE = q$$

$$E = (L_1+L_2)\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$qE = \frac{L_2 I^2}{2} - \cancel{2CE^2} + \frac{q^2}{2C} + \cancel{2CE^2} - 2qE$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

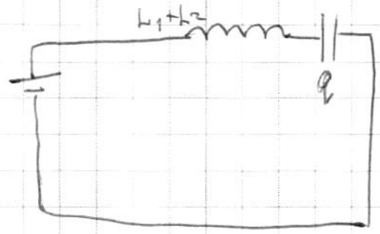
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ток снова по час стрелке



$$q\mathcal{E}+\frac{(6\mathcal{E}C)^2}{2C}=\frac{(-6\mathcal{E}C+q)^2}{2C}$$

$$q\mathcal{E}+18C\mathcal{E}^2=\frac{q^2}{2C}+18C\mathcal{E}^2-6\mathcal{E}q$$

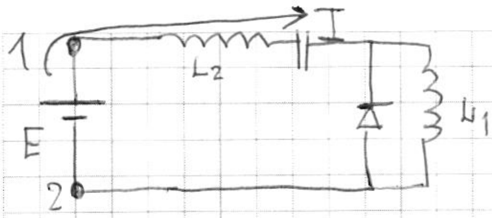
$$7q\mathcal{E}=\frac{q^2}{2C}\quad \boxed{14C\mathcal{E}=q}$$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)



ток 0 $U_C=0$

ток 0 $U_C=max$

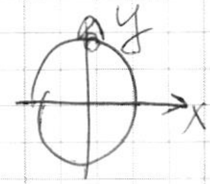
$U_C=0$ $U_C=-max$

Если диод не пуск ток, то идет по $U_C=0$ часовой стрелке.

Запишем Кирхгофа: $E=L_1\frac{\Delta I}{\Delta t}+L_2\frac{\Delta I}{\Delta t}+\frac{q}{C}$

Заряд конденсатора растет пока ток по часовой

или от $(L_1+L_2)\frac{\Delta I}{\Delta t}$



Запишем ЗСЭ:

$q\mathcal{E}=\frac{q^2}{2C} \Rightarrow 2C\mathcal{E}=q$ — макс заряд

$2C\mathcal{E}\sin(\omega t)$

$2C\mathcal{E}\sin\left(\frac{t}{\sqrt{(L_1+L_2)C}}\right) \Rightarrow \frac{\pi}{2}$ $\sin\frac{t}{\sqrt{(L_1+L_2)C}}=1$

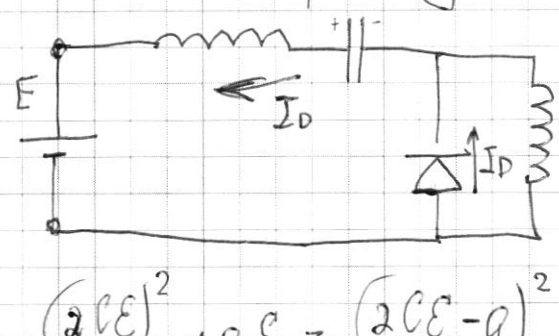
$-4\mathcal{E}C$

$\frac{\pi}{2}\sqrt{(L_1+L_2)C}=t_1$

$2C^2\mathcal{E}^2$

$\frac{4C^2\mathcal{E}^2}{2C}$ $2\mathcal{E}q$

Ток в обратку



Ток против часовой да макс. знач. конденсат. напряж.

$E=\frac{q}{C}-L_2\frac{\Delta I}{\Delta t}$

$\frac{(2C\mathcal{E})^2}{2C}+q\mathcal{E}=\frac{(2C\mathcal{E}-q)^2}{2C} \Rightarrow 2C\mathcal{E}^2+q\mathcal{E}=2C\mathcal{E}^2+\frac{q^2}{2C}-2\mathcal{E}q$

$3q\mathcal{E}=\frac{q^2}{2C} \Rightarrow 6\mathcal{E}C=q$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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