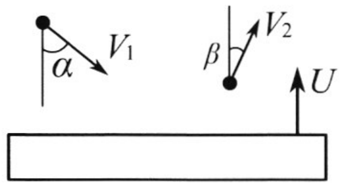
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11

Вариант 11-02

Шифр

(заполняется секретарём)



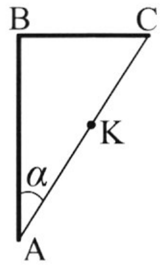
1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 6 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{2}{3}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \dfrac{1}{3}\right)$ 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 гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия T_1 = 330 K, а неона T_2 = 440 K. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. R = 8,31 Дж/(моль·К).

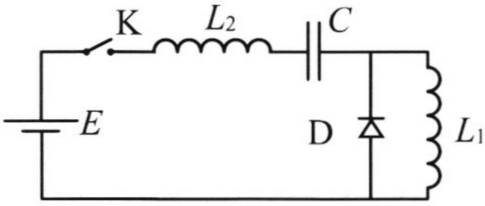
1) Найти отношение начальных объемов гелия и неона.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал неон гелию?



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?

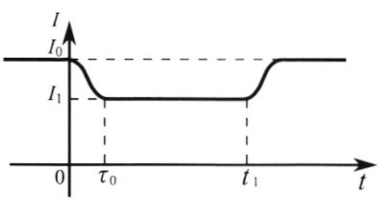
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.



4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями L_1 = 3L, L_2 = 2L, 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 F_0 и $F_0/3$, соответственно. Расстояние между линзами 1,5F_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 5F_0/4 от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 8I_0/9$.



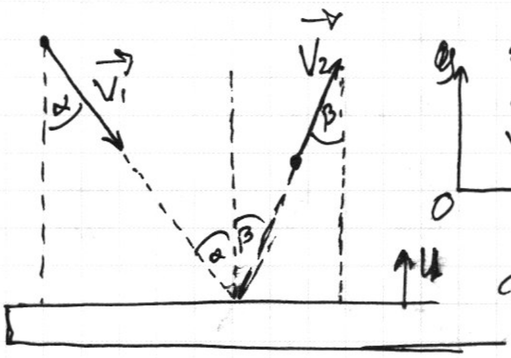
1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.
2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

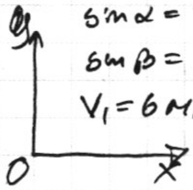
Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

1) Перейдём в С.О. связанную с плитой.





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

$\sin\beta = \frac{1}{3}$

$V_1 = 6$ м/с.

$\cos\beta = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

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

Обозначим проекции скоростей шарика на оси Ox и Oy до и после удара: $V_{0y} = V_1 \cdot \cos\alpha + U$ $\qquad V_{0x} = V_1 \cdot \sin\alpha$

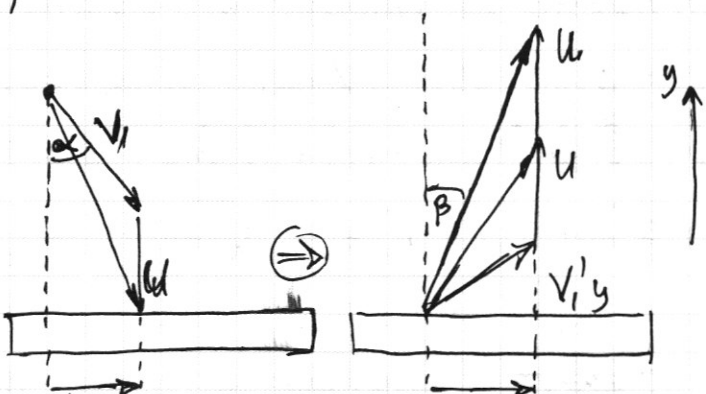
$V_{ky} = V_2 \cdot \cos\beta - U \qquad V_{kx} = V_2 \cdot \sin\beta$

Так как в отсутствие трения вдоль оси Ox на ~~[illegible]~~ шарик никакие силы не действуют (т.к. плита гладкая), изменение горизонтальной составляющей скорости равно 0. т.е. $V_{0x} = V_{kx} \Rightarrow V_1 \cdot \sin\alpha = V_2 \cdot \sin\beta \Rightarrow$

$\Rightarrow V_2 = \frac{V_1 \cdot \sin\alpha}{\sin\beta} = 6\text{ м/с} \cdot \frac{2}{\cancel{3}} \cdot \frac{\cancel{3}}{1} = 12$ м/с.

~~Ответ 1: $V_2 = 12$ м/с.~~

2) $\cos\beta = \frac{2U + V_1'{}_y}{V_2}$



$V_2 \cdot \cos\beta = 2U + V_1'{}_y \Rightarrow$

$\Rightarrow V_1'{}_y = V_2 \cos\beta - 2U$

$0 < V_1'{}_y < V_1 \cdot \cos\alpha$

$0 < V_2 \cdot \cos\beta - 2U < V_1 \cdot \cos\alpha$.

$V_1 \cdot \sin\alpha \qquad V_1 \cdot \sin\alpha$.

С.О. плиты $\qquad$ ЛСО

$-V_2 \cdot \cos\beta < 2U < V_1\cos\alpha - V_2\cos\beta \Rightarrow V_2 \cdot \cos\beta > 2U > V_2 \cdot \cos\beta - V_1 \cdot \cos\alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{1}{2} V_2 \cdot \cos\beta > U > \frac{1}{2}(V_2 \cos\beta - V_1 \cdot \cos\alpha)$. Ограничение: $V_2 \cdot \cos\beta - \cancel{U} > 0$

$\frac{\overset{4}{\cancel{12}}\text{ м/с} \cdot 2\sqrt{2}}{\cancel{3} \cdot \cancel{2}} > U > \left(\frac{\overset{4}{\cancel{12}}\text{ м/с} \cdot 2\sqrt{2}}{\cancel{3}} - \frac{\overset{2}{\cancel{6}}\text{ м/с} \cdot \sqrt{5}}{\cancel{3}}\right) / 2 \Rightarrow 4\text{ м/с} \cdot \sqrt{2} > U > 4\text{ м/с} \cdot \sqrt{2} - \sqrt{5}$ м/с.

~~Ответ: $4\sqrt{2}$ м/с $> U > (4\sqrt{2} - \sqrt{5})$~~ м/с. Ответ: 1) $V_2 = 12$ м/с.

2) $4\sqrt{2}$ м/с $> U > (4\sqrt{2} - \sqrt{5})$ м/с.

№2.

He	Ne
$T_1 = 330K$	$T_2 = 440K$.
$\nu = 0{,}24$ моль	$\nu = 0{,}24$ моль.

1) По условию газы - идеальные одноатомные.

Т.к. в нач. момент времени поршень находится в равновесии и трения нет, то $P_{He} = P_{Ne}$.

$\nu_{He} = \nu_{Ne} = 0{,}24$ моль $= \nu$.

$P_{He} = P_{Ne} \Rightarrow \frac{\nu R T_1}{V_{He}} = \frac{\nu R T_2}{V_{Ne}} \Rightarrow \frac{V_{He}}{V_{Ne}} = \frac{\nu R T_1}{\nu R T_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{330K}{440K} = 0{,}75.$

~~Ответ 1: $\frac{V_{He}}{V_{Ne}} = \frac{3}{4} = 0{,}75$.~~

2) Т.к. газы - одноатомные и идеальные, то и их ~~теплоёмкости~~ молярные теплоёмкости одинаковые. Сосуд теплоизолирован. Тогда ур-е теплового баланса следующее: $Q_{\text{полученное гелием}} = Q_{\text{отданное неоном}}$.

$$C_{He}\nu_{He}(T_{и.уст.} - T_1) = C_{Ne}\nu_{Ne}(T_2 - T_{и.уст.})$$

$T_{и.уст.}$ - установившаяся в сосуде температура.

Т.к. теплота не приходит в с-му и не покидает её, процесс - адиабатный:

$0 = \Delta U_{He} + \Delta U_{Ne} + A_{газов}$; $A_{газов} = 0$.

$0 = \frac{3}{2}\nu_{He}R(T_{и.уст} - T_1) + \frac{3}{2}\nu_{Ne}\cdot R(T_{и.уст} - T_2) \Rightarrow$

$\Rightarrow \cancel{\frac{3}{2}}\cancel{\nu_{He}R}(T_{и.уст.} - T_1) = \cancel{\frac{3}{2}}\cancel{\nu_{Ne}\cdot R}(T_2 - T_{и.уст.}) \Rightarrow 2T_{и.уст.} = T_1 + T_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow T_{и.уст.} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{330K + 440K}{2} = 385K.$

~~Ответ 2: Т конечная в сосуде 385 К.~~

3) Обозначим кол-во теплоты, полученное гелием (запишем I закон термодинамики):

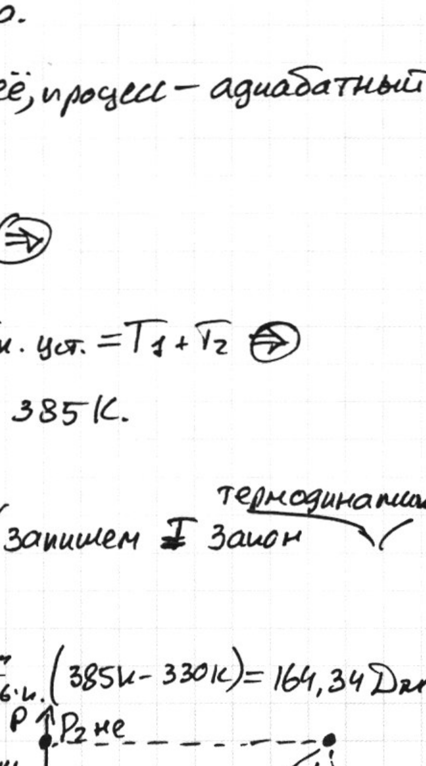
$Q_{He} = \Delta U_{He} + A_{He}$

$\Delta U_{He} = \frac{3}{2}\nu_{He}R(T_{и.уст} - T_1) = \frac{3}{2}\cdot 0{,}24 \text{ моль}\cdot 8{,}31\frac{Дж}{моль\cdot К}(385К - 330К) = 164{,}34 \text{ Дж}.$

Найдём работу, совершённую гелием при расширении.

$V_1 = \frac{3}{4}V_0$. Работа равна площади под графиком P(V):

$A_{He} = \frac{P_{1He} + P_{2He}}{2}(V_{2He} - V_{1He})$.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

Продолжение.

Найдём $V_к(He)$: $p_{He(к)} = p_{Ne(к)}$. Запишем ур-е Менделеева-Клапейрона:

$$\begin{cases} \dfrac{p_{He(к)} \cdot V_{He(к)}}{T_{к.уст.}} = \nu_{He} \cdot R \\ \dfrac{p_{Ne(к)} \cdot V_{Ne(к)}}{T_{к.уст.}} = \nu_{Ne} \cdot R \end{cases} \Rightarrow \frac{\cancel{p_{He(к)}} \cdot V_{He(к)}}{\cancel{T_{к.уст.}}} = \frac{\cancel{p_{Ne(к)}} \cdot V_{Ne(к)}}{\cancel{T_{к.уст.}}} \Rightarrow V_{He(к)} = V_{Ne(к)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{He(к)} = \frac{1}{2} V_0. \quad V_0 \text{ – общий объём сосуда.}$$

Подставляем: $A_{He} = \dfrac{\left(\dfrac{\nu_{He} \cdot R \cdot T_1}{\frac{3}{7} V_0} + \dfrac{\nu_{He} \cdot R \cdot T_к}{\frac{1}{2} V_0}\right)}{2} \cdot (V_{к\,He} - V_{1\,He}) =$

$$= \frac{0{,}24 \text{моль} \cdot 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot К}}{2} \cdot \left(\frac{7 \cdot 330\,К}{3} + \frac{385\,К}{\frac{1}{2}}\right) \frac{1}{\cancel{V_0}} \cdot \left(\frac{1}{2} \cancel{V_0} - \frac{3}{7} \cancel{V_0}\right) =$$

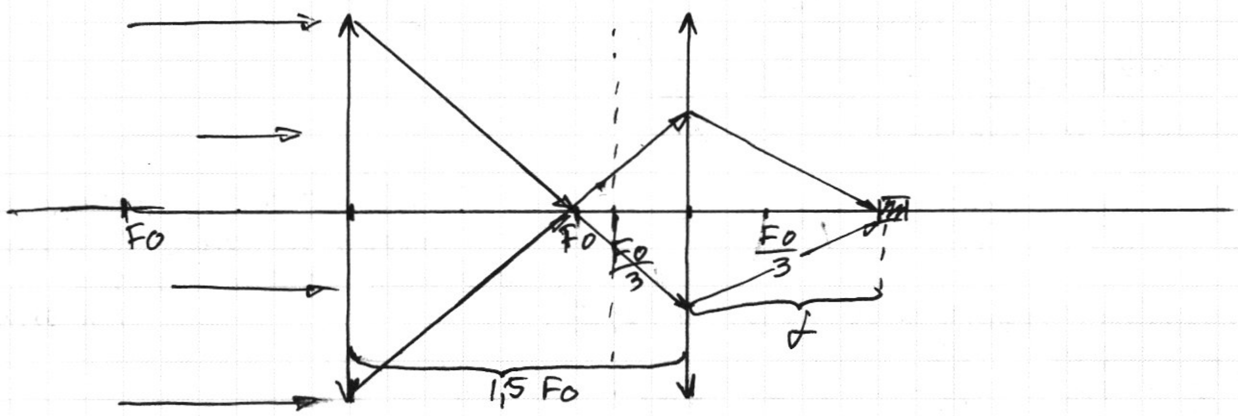
$$= \frac{0{,}24 \text{моль} \cdot 831 \frac{Дж}{моль \cdot К} \cdot \cancel{2} \cdot 770\,К}{\cancel{2}} \cdot \left(\frac{7-6}{14}\right) = 109{,}692\,Дж.$$

Искомое кол-во теплоты, переданное неоном гелию: $Q_{He} = \Delta U_{He} + A_{He} =$

$= 164{,}34\,Дж + 109{,}692\,Дж = 274{,}032\,Дж$

Ответ: ~~неон передал гелию Q = 274 Дж~~. 1) $\dfrac{V_{He}}{V_{Ne}} = \dfrac{3}{4} = 0{,}75$ 2) $T_к = 385\,К$
3) $Q_{отданное\,He} = 274\,Дж$.

№5



№5 продолжение.

1) Лучи падают на линзу параллельно главной оптической оси ⇒ собираются в фокусе линзы. Тогда изображение всех лучей, падающих на Л1 будет в точке F_0 справа от Л1. Обозначим эту точку как Т. Изображение лучей в точке Т является источником света для линзы Л2. Тогда.

$$d = 1{,}5F_0 - F_0 = \frac{F_0}{2}. \quad F_{Л2} = \frac{F_0}{3}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{2}{F_0} + \frac{1}{f} = \frac{3}{F_0} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow f = F_0.$$

Ответ 1: Фотодетектор находится от линзы Л2 на расстоянии $f = F_0$.

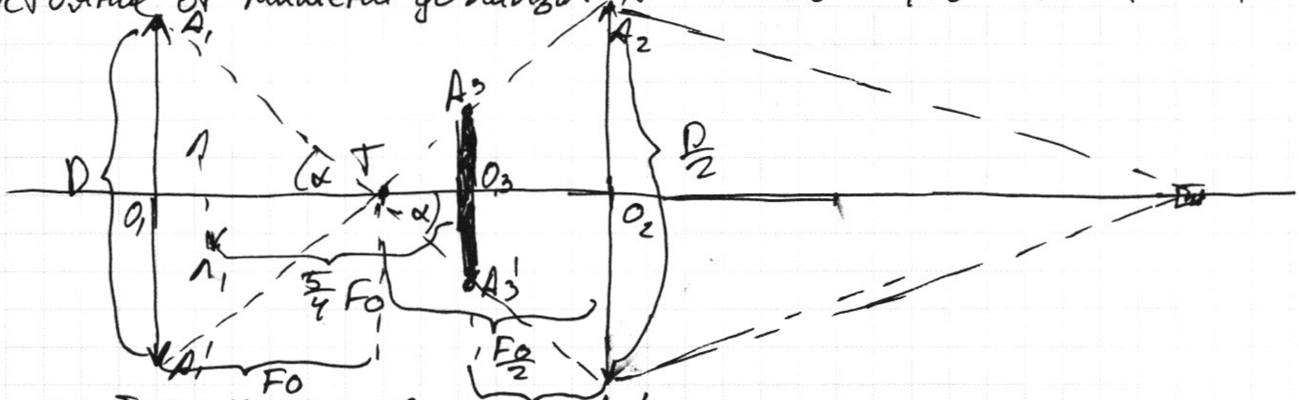
2). Ток I в фотодетекторе ~~пропорцион~~ прямопропорционален числу фотонов, падающих на него.

$$I_0 = \frac{N_0\ \text{фотонов} \cdot q_{\text{фотона}}}{\Delta t} \Rightarrow I_1 = \frac{N_1\ \text{фотонов} \cdot q_{\text{фотона}}}{\Delta t} = \frac{8I_0}{9} \Rightarrow$$

$q_{\text{фотона}}$ – заряд фотона. ⇒ N_1 фотона (число фотонов, падающих на фотодетектор при движении мишени) $= \frac{8}{9}N_0$.

Ход лучей через линзу при движении мишени:

Расстояние от мишени до линзы: $x = 1{,}5F_0 - \frac{5}{4}F_0 = \frac{6}{4}F_0 - \frac{5}{4}F_0 = \frac{F_0}{4}$.



Из подобия треугольников:

$$\frac{A_2A_2'}{A_1A_1'} = \frac{O_2T}{O_1T} = \frac{\frac{F_0}{2}}{F_0} = \frac{1}{2} \Rightarrow A_2A_2' = \frac{A_1A_1'}{2}$$

A_2A_2' – диаметр освещаемого пятна на линзе Л2 и он в 2 раза меньше диаметра линзы Л1.

Из подобия треугольников TA_3O_3 и TA_2O_2:

$$\frac{A_3O_3}{A_2O_2} = \frac{TO_3}{TO_2} = \frac{\frac{F_0}{4}}{\frac{F_0}{2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow A_3A_3' = \frac{1}{2}A_2A_2' = \frac{D}{4}.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5 Продолжение.

Найдём диаметр d мишени М. Т.к. при максимальном уменьшении ~~тока~~ тока мишень поглощает $\frac{N_0}{9}$ числа фотонов из пучка, а их число прямопропорционально площади сечения в пучке и в месте движения М все фотоны (N_0) равномерно распределены в сечении ~~с~~ диаметром $A_3A_3' = \frac{1}{4}D$, то

$$\frac{d^2_{мишени}}{(\frac{1}{4}D)^2} = \frac{\frac{1}{9}N_0}{N_0} = \frac{1}{9} \Rightarrow d^2_{мишени} = \left(\frac{1}{4}D\right)^2\cdot\frac{1}{9} \Rightarrow d = \frac{D}{4}\cdot\frac{1}{3} = \boxed{\frac{D}{12}}$$

$d_{мишени} = \frac{D}{12}$.

За время от 0 до t_0 М успевает пройти расстояние, равное своему диаметру. Тогда: $V_{мишени} = \frac{\frac{D}{12}}{t_0} = \frac{D}{12t_0}$.

~~Ответ 2: $V_{мишени} = \frac{D}{12t_0}$~~

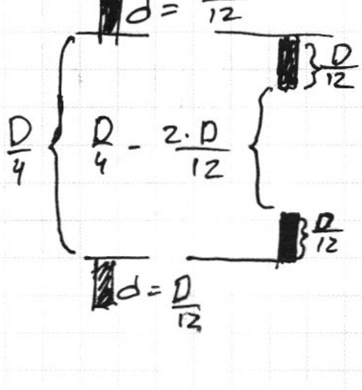
3) Время t_1 мы найдём с помощью того, что ток в фотодетекторе минимален только тогда, когда мишень полностью находится в световом потоке.

Диаметр пучка фотонов в месте движения мишени равен $A_3A_3' = \frac{D}{4}$.

~~Искомое время t_1~~: $V\cdot(t_1 - t_0) = \frac{D}{4} - \frac{2D}{12} = \frac{3D-2D}{12} = \frac{D}{12} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ Время $t_1 = \frac{D}{12V} + t_0 = \frac{D}{\frac{12\cdot D}{12t_0}} + t_0 = \frac{D\cdot 12t_0}{12D} + t_0 = 2t_0$. $t_1 = 2t_0$

~~Ответ 3: Время $t_1 = 3t_0$~~



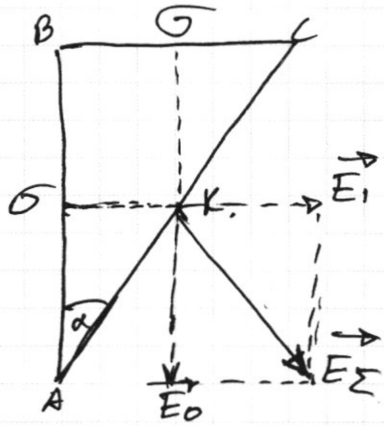
Ответ: 1) от линзы до фотодетектора — $F = F_0$.
2) $v_{мишени} = \frac{D}{12t_0}$
3) $t_1 = 2t_0$

№3.

1) Напряжённость электрического поля равномерно заряженной плоскости: $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$\varepsilon_0 = 8{,}854 \cdot 10^{-12} \frac{Ф}{м}$ - эл. постоянная.

σ - поверхностная плотность заряда на плоскости.



Напряжённость эл. поля в точке K при заряженной пластине BC.

$E_0 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$.

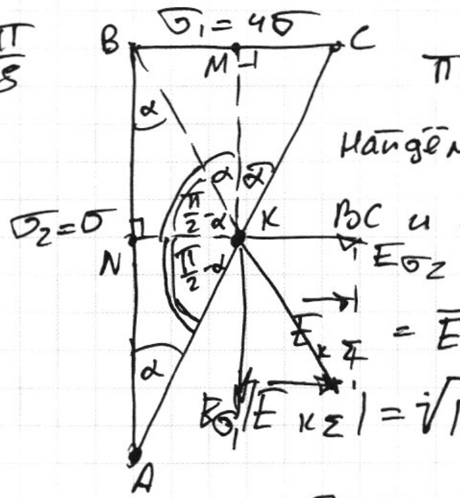
После зарядки пластины AB с такой же поверхностной плотностью заряда σ напряжённость эл. поля в точке K равна векторной сумме напряжённос~~тей~~-тей эл. полей каждой из пластин: $\vec{E_\Sigma} = \vec{E_0} + \vec{E_1}$

$|\vec{E_1}| = |\vec{E_0}| = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$, т.к. точка K находится на равном расстоянии от AB и BC при $\alpha = \frac{\pi}{4}$ (по условию).

По правилу сложения векторов суммарная напряжённость эл. поля в точке K равна $\vec{E_\Sigma} = \vec{E_1} + \vec{E_0} \Rightarrow |\vec{E_\Sigma}| = \sqrt{E_1^2 + E_0^2} = \sqrt{2} \cdot E_0$.

2) Т.к. составляющая напряжённости эл. поля, перпендикулярна пов-ти равномерно заряженного участка плоскости, то она равна $E_\perp = \frac{\sigma \cdot \Omega}{4\pi\varepsilon_0}$, где $\Omega = \frac{S}{R^2}$ для сферы радиуса R и S - площадью на ней.

$\alpha = \frac{\pi}{8}$



Пусть $AC = L$. Тогда $AK = KC = \frac{L}{2}$.

Найдём расстояния от точки K до плоскостей BC и AB. $KN = \frac{L}{2} \cdot \sin\alpha$.

$KM = \frac{L}{2} \cdot \cos\alpha$.

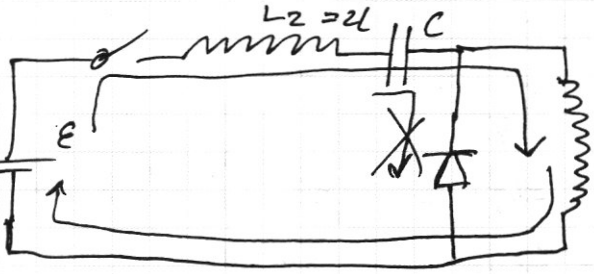
$\vec{E_{K\Sigma}} = \vec{E_{\sigma_1}} + \vec{E_{\sigma_2}}$

$|E_{K\Sigma}| = \sqrt{|\vec{E_{\sigma_1}}|^2 + |\vec{E_{\sigma_2}}|^2}$

Продолжение — на странице 9.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4.



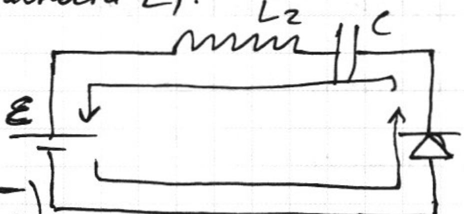
Диод-идеальный, значит при зарядке конденсатора в течение времени равного ~~...~~ половине периода колебаний, ток идёт не через диод, а через L_1.

Через диод ток не идёт.

Время зарядки конденсатора равно половине периода колебаний ~~...~~ электромагнитного контура, состоящего из последовательно соединённых катушек L_1 и L_2 ($L_0 = L_1 + L_2$). По формуле Томсона:

$$\tau_1 = \frac{1}{2}T_1 = \frac{1}{2}\cdot 2\pi\sqrt{L_0\cdot C} = \pi\cdot\sqrt{(L_1+L_2)\cdot C}$$

При разрядке конденсатора диод открыт, следовательно ток течёт через диод и не течёт через катушку индуктивности L_1:



$$\tau_2 = \frac{1}{2}T_2 = \frac{1}{2}2\pi\cdot\sqrt{L_2\cdot C}$$

тогда искомый период:

$$T_0 = \tau_1 + \tau_2 = \pi\left(\sqrt{L_2\cdot C} + \sqrt{(L_1+L_2)\cdot C}\right)$$

Максимальный I через L_1 мы найдём записав ЗСЭ при зарядке конденсатора (при ~~...~~ закрытом диоде):

$$W_0 + A_\varepsilon = W_к + Q$$

$$W_к = \frac{CU_{c_1}^2}{2} + \frac{L_1 I_1^2}{2} + \frac{L_2 I_2^2}{2}$$

$$A_\varepsilon = \varepsilon\cdot\Delta q_\varepsilon = \varepsilon q_C = \varepsilon(C\cdot U_{c_1})$$

Найдём U_{c_1}, когда ток на катушке L_1 – максимален: Запишем закон Кирхгофа: $\varepsilon = U_{L_2} + U_{c_1} + U_{L_1}$; $U_{L_2} = 0$; $U_{L_1} = 0 \Rightarrow U_{c_1} = \varepsilon$. (т.к. в момент макс. тока на L_1 и L_2 скорость изменения тока $\left(\frac{\Delta I_L}{\Delta t}\right) = 0$, а $U_L = \frac{\Delta I_L}{\Delta t}\cdot L = 0\cdot L$.).

№4 продолжение.

Тогда q на конд-ре $= C\cdot\mathcal{E} \Rightarrow A_{\mathcal{E}} = \mathcal{E}\cdot q = \mathcal{E}\cdot C\cdot\mathcal{E} = C\mathcal{E}^2$.

В момент максимального тока при зарядке C токи I_{L1} и I_{L2} равны.

$I_1 = I_2 = I_0$.

Тогда ЗСЭ:

$$\left.\begin{aligned} W_{C1} &= \frac{CU_{1C}^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \\ W_{L1} &= \frac{L_1 I_1^2}{2} = \frac{L_1 I_0^2}{2} \\ W_{L2} &= \frac{L_2 I_2^2}{2} = \frac{L_2 I_0^2}{2} \end{aligned}\right\} W_1 ; \quad A_{\mathcal{E}} = W_1, \text{ т.к. } W_0 = 0 \text{ и } Q = 0. \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C\mathcal{E}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{L_1 I_0^2}{2} + \frac{L_2 I_0^2}{2}$$

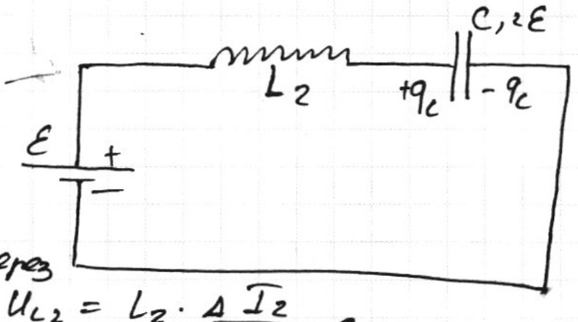
$$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{I_0^2(L_1+L_2)}{2} \Rightarrow \underline{I_0 = \mathcal{E}\cdot\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}}$$

Максимальное U_C конденсатора равно $2\mathcal{E}$, т.к. ~~...~~.

если $U_C = U_{C\,max}$, то $I_{L1} = I_{L2} = 0$. и $W_{L1} = W_{L2} = 0$. Тогда

$$A_{\mathcal{E}} = \mathcal{E}\cdot C\cdot U_{C\,max} = W_1 = \frac{C\cdot U_{C\,max}^2}{2} \Rightarrow U_{max} = 2\mathcal{E}.$$

Найдём теперь ~~максимальный~~ максимальный ток, который будет течь через катушку L_2 при разрядке конденсатора.



При максимальном $U_{C1} = 2\mathcal{E}$

$q_{max\,c1} = C\cdot 2\mathcal{E}$.

В момент максимального тока, текущего через катушку L_2 напряжение на ней $U_{L2} = L_2\cdot\frac{\Delta I_2}{\Delta t} = 0$.

Значит (по З. Кирхгофа) U_C в этот момент равно $U_{C2} = \mathcal{E}$. и заряд конденсатора – $q_{C2} = C\cdot\mathcal{E}$.

ЗСЭ при разрядке конденсатора: $W_1 + A_{\mathcal{E}} = W_2 + Q$.

$$W_1 = \frac{C\cdot(2\mathcal{E})^2}{2}; \quad A_{\mathcal{E}} = \mathcal{E}(q_{C2} - q_{max\,c1}) = \mathcal{E}(C\mathcal{E} - 2C\mathcal{E}).$$

$$W_2 = \frac{C\cdot U_C^2}{2} + \frac{L I_{max}^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{L I_{max}^2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 продолжение.

ЗСЭ при разрядке конденсатора:

$$W_1 + A_\mathcal{E} = W_2 + Q$$

$$\frac{C\cdot 4\mathcal{E}^2}{2} + \mathcal{E}(C\mathcal{E} - 2C\mathcal{E}) = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{L_2 I_{MAX_2}^2}{2}$$

$$2C\mathcal{E}^2 - C\mathcal{E}^2 - \frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{L_2 I_{MAX_2}^2}{2}$$

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{L_2 I_{MAX_2}^2}{2} \Rightarrow \underline{I_{MAX_2} = \mathcal{E}\cdot\sqrt{\frac{C}{L_2}}}$$

Ответ: 1) $T_0 = \pi\left(\sqrt{L_2 C} + \sqrt{(L_1+L_2)\cdot C}\right)$

2) $I_{01} = \mathcal{E}\cdot\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}$

3) $I_{02} = \mathcal{E}\cdot\sqrt{\frac{C}{L_2}}$

№3 Продолжение

2) Попробуем посчитать телесный угол, который соответствует плоскости BC и BA для положения точки K:

а) $\Omega_{BC} = \pi + 2\cdot \operatorname{arctg}\alpha = \pi + 2\operatorname{arctg}\frac{KN}{KM} = \pi + 2\operatorname{arctg}\frac{\frac{L}{2}\cdot\sin\alpha}{\frac{L}{2}\cdot\cos\alpha} =$

$$= \pi + 2\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha) = \pi + 2\alpha = \pi + \frac{\pi}{4} = \frac{5\pi}{4}.$$

б) $\Omega_{AB} = \pi + 2\operatorname{arctg}(90-\alpha) = \pi + 2\operatorname{arctg}\frac{KM}{KN} = \pi + \pi - 2\operatorname{arctg}\frac{KM}{KN} =$

$$= 2\pi - \frac{\pi}{4} = \frac{7\pi}{4}.$$

Подставим известные углы в формулу $E_\perp = \frac{\sigma\cdot\Omega}{4\pi\varepsilon_0}$.

$$|\vec{E_{\sigma_1}}| = \frac{4\sigma\cdot\Omega_{BC}}{4\pi\varepsilon_0} = \frac{4\sigma\cdot\frac{5\pi}{4}}{4\pi\varepsilon_0} = \frac{5\sigma}{4\varepsilon_0}$$

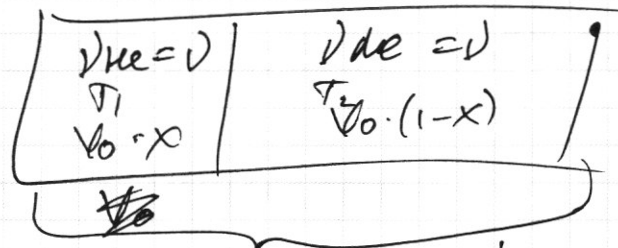
$$|\vec{E_{\sigma_2}}| = \frac{\sigma\cdot\Omega_{AB}}{4\pi\varepsilon_0} = \frac{\sigma\cdot\frac{7\pi}{4}}{4\pi\varepsilon_0} = \frac{7\sigma}{16\varepsilon_0}.$$

$$\Rightarrow |\vec{E_{K\Sigma}}| = \sqrt{\left(\frac{5\sigma}{4\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{7\sigma}{16\varepsilon_0}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{\frac{25\sigma^2}{16\varepsilon_0^2} + \frac{49\sigma^2}{256\varepsilon_0^2}} = \sqrt{\frac{449\sigma^2}{256\varepsilon_0^2}} = \frac{\sigma}{16\varepsilon_0}\cdot\sqrt{449}.$$

Ответ: 1) $\vec{E_\Sigma} = E_0\cdot\sqrt{2}$

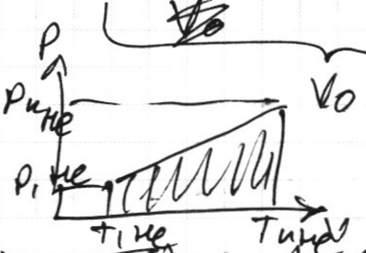
2) $|\vec{E_{K\Sigma}}| = \frac{\sigma}{16\varepsilon_0}\cdot\sqrt{449}$.



$P_{He} = P_{Ne}$

$Q_{He} = Q_{Ne}$

$\frac{\nu R T_1}{V_0 x} = \frac{\nu R T_2}{V_0(1-x)}$



$C_{He}\nu_{He}(T_k - T_1) = C_{Ne}\nu_{Ne}(T_2 - T_k)$

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

$F_2 = \frac{F_0}{3}$

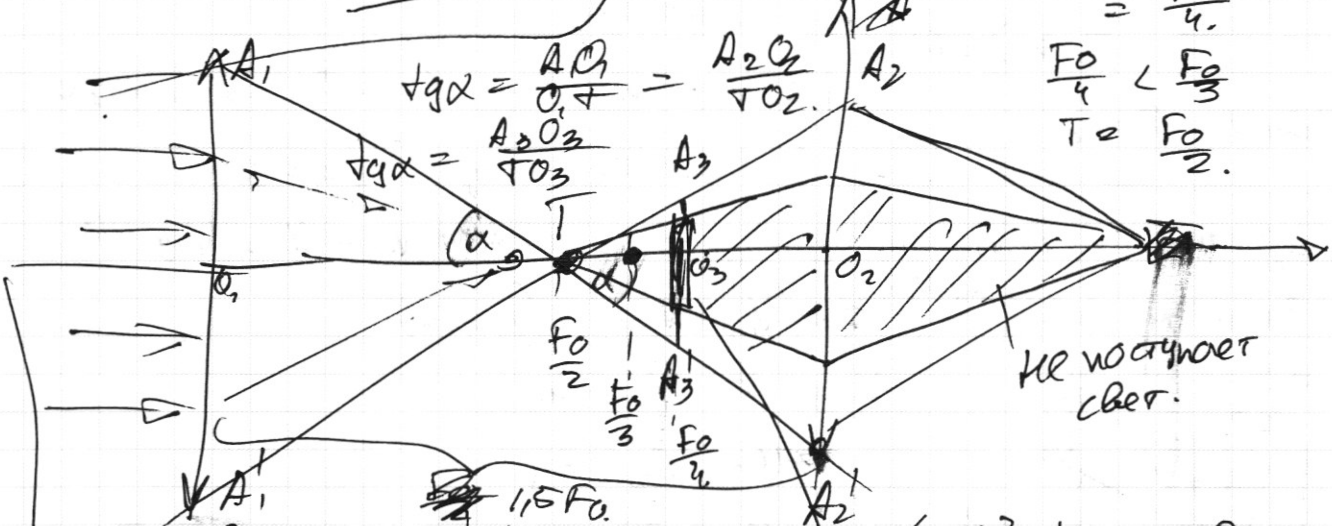
$1{,}5F_0 - \frac{5}{4}F_0 = \frac{6F_0}{4} - \frac{5F_0}{4} = \frac{F_0}{4}$

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

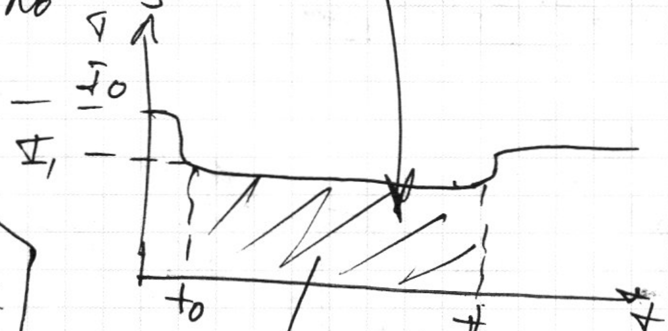
$T = \frac{F_0}{2}$.

$tg\alpha = \frac{A_1O_1}{O_1T} = \frac{A_2O_2}{TO_2}$

$tg\alpha = \frac{A_3O_3}{TO_3}$



$\frac{d^2_{мишени}}{(\frac{1}{4}D)^2} = \frac{9N_0}{N_0} = \frac{1}{9} \Rightarrow d^2_{мишени} = (\frac{1}{4}D)^2 \cdot \frac{1}{9} \Rightarrow d = \frac{D}{4}\cdot\frac{1}{3} = \frac{D}{12}$

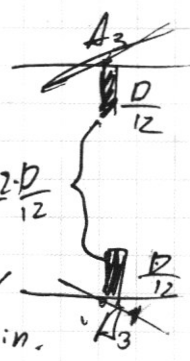


Все это время мишень находится внутри освещаемой области полностью.

$\vec{E}_{O_1} = \frac{4\sigma \cdot \Omega}{4\pi\varepsilon_0} = \frac{4\sigma \cdot \frac{5\pi}{4}}{4\pi\varepsilon_0} = \frac{5\sigma}{4\varepsilon_0}$

$E_{O_2} = \frac{\sigma \cdot \Omega_{AB}}{4\pi\varepsilon_0} = \frac{\sigma \cdot \frac{7\pi}{4}}{4\pi\varepsilon_0} = \frac{7\sigma}{16\varepsilon_0}$ $E_J = \frac{\sigma \cdot \Omega}{4\pi\varepsilon_0}$

$E_\Sigma = \sqrt{(E_{O_1})^2 + (E_{O_2})^2}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$

$\frac{1}{F_0/2} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0/3}$

$\frac{2}{F_0} + \frac{1}{f} = \frac{3}{F_0}$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow f = F_0.$

Ответ 1: $f = F_0$.

Масса плиты у нас не определена ⇒ ⇒ считаем её бесконечно большой.

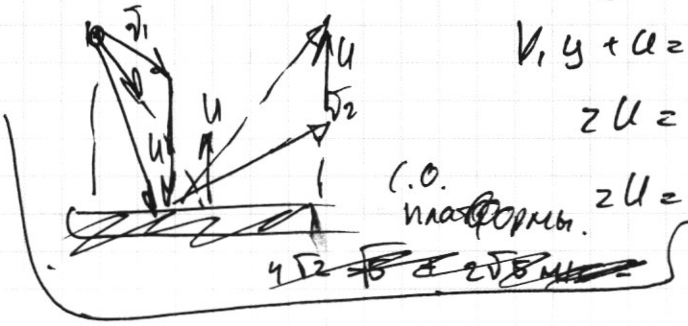
Можем перейти в с.О. связанную с Плитой. Тогда проекции скоростей V_1 и V_2 на Oy будут соотв-нно $V_{1y}+U$ и $V_{2y}-U$.

Запишем З.С.И. на Oy: $m(V_{1y}+U) = m(V_{2y}-U)$

$V_{1y}+U = V_{2y}-U.$

$2U = V_{2y} - V_{1y}$

$2U = 8\sqrt{2}$ м/с $- 2\sqrt{5}$ м/с $\Rightarrow U = 4\sqrt{2} - \sqrt{5}$ м/с.



С.О. платформы.

$\cancel{4\sqrt{2} = \sqrt{5} = 2\sqrt{5}\text{ м/с}}$

$\frac{5}{4}\cdot\frac{3}{2} = 7{,}5$

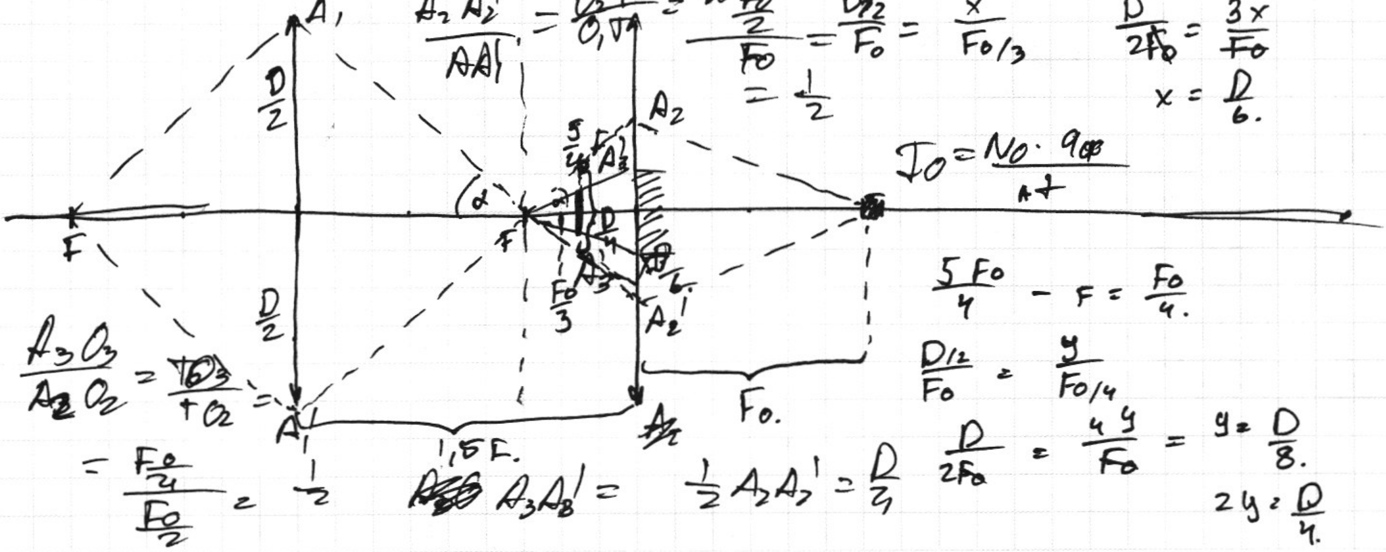
$J_1 = J_0 \cdot \frac{8}{9} = \frac{8N_0 \cdot 9\varphi}{9\pi}$

$\operatorname{tg}\alpha = \frac{D}{2F}$

$\frac{A_2A_2'}{AA'} = \frac{O_2T}{O_1T} = \frac{\frac{F_0}{2}}{F_0} = \frac{1}{2}$

$\frac{D/2}{F_0} = \frac{x}{F_0/3}$ $\quad \frac{D}{2F_0} = \frac{3x}{F_0}$ $\quad x = \frac{D}{6}.$

$J_0 = \frac{N_0 \cdot 9\varphi}{\pi}$



$\frac{5F_0}{4} - F = \frac{F_0}{4}.$

$\frac{D/2}{F_0} = \frac{y}{F_0/4}$

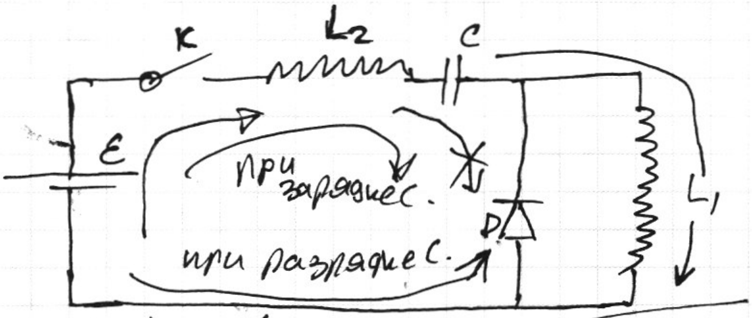
$\frac{A_3O_3}{A_2O_2} = \frac{TO_3}{TO_2} = \frac{\frac{F_0}{4}}{\frac{F_0}{2}} = \frac{1}{2}$

$A_3A_3' = \frac{1}{2}A_2A_2' = \frac{D}{4}$

$\frac{D}{2F_0} = \frac{4y}{F_0} = y = \frac{D}{8}.$

$2y = \frac{D}{4}.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$0 = I(D)$. $\mathcal{E} = U_{L_2} + U_C + U_{L_1}$

$\mathcal{E} = \frac{I_1 2L}{\Delta t} + U_C + \frac{I_2 \cdot 3L}{\Delta t}$.

$I_D = 0$ – ток через диод не идёт. $T_1 = \frac{1}{2} T_1 = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \sqrt{L_0 \cdot C}$

$L_0 = L_1 + L_2$

$I_\mathcal{E} = I_{L2} + \overset{=0}{I_C} + I_{L_1}$

единственный контур: $\mathcal{E}, K, L_2, C, L_1, \mathcal{E}$.

$A(\mathcal{E}) = \mathcal{E} \cdot q$ - $\frac{CU_{C_1}^2}{2} + \frac{L_1 I_1^2}{2} + \frac{L_2 I_2^2}{2}$

ЗСЭ. $W_0 + A_\mathcal{E} = W_1 + Q$

$\cancel{\mathcal{E} \cdot q = \frac{2L \cdot I_1^2}{2} + \frac{3L \cdot I_2^2}{2} + \frac{q^2}{2C}}$.

$\mathcal{E} = U_{L_2} + U_{C_1} + U_{L_1}$

$U_{C_1} = \mathcal{E}$.

Когда макс. ток на L_2.

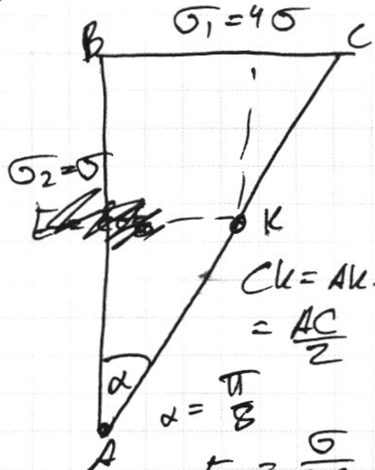
$A_\mathcal{E} = \mathcal{E} \cdot C\mathcal{E} = C\mathcal{E}^2$

при I_1 макс: $\mathcal{E} = U_C + \frac{\overset{=0}{\Delta I_2} \cdot 3L}{\Delta t}$.

$W_{C_1} = \frac{CU_K^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$

$W_{L_1} = \frac{L_1 I_1^2}{2} = \frac{L_1 I_0^2}{2}$ / $W_{L_2} = \frac{L_2 I_2^2}{2} = \frac{L_2 I_0^2}{2}$

$C\mathcal{E}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{L_1 I_0^2}{2} + \frac{L_2 I_0^2}{2}$



$CK = AK = \frac{AC}{2}$

$\alpha = \frac{\pi}{8}$

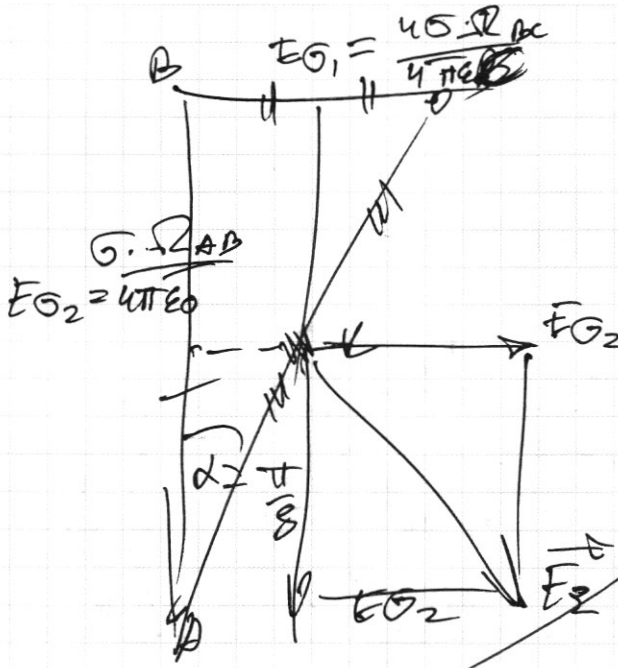
$E_0 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$.

E_K - ?

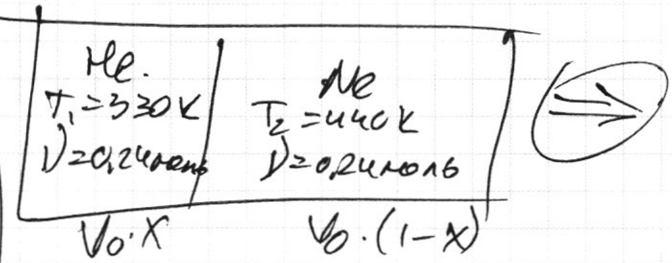
$|\vec{E_\Sigma}| = \vec{E_1} + \vec{E_0}$

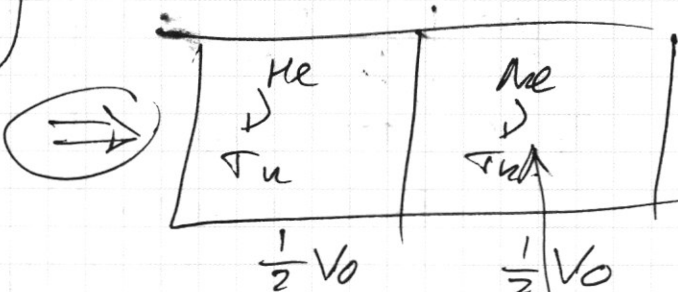
$|\vec{E_\Sigma}| = \sqrt{E_1^2 + E_0^2}$

$\vec{E_1} = \vec{E_0}$ $E_\Sigma = \sqrt{2} E_0$



$\frac{6}{25} = \frac{6 \cdot 4}{25 \cdot 4} = \frac{24}{100} = 0{,}24$ моль.





$Q_0\,He = \nu R T_1$

$Q_0\,Ne = \nu R T_2$

$Q_{сумм0} = Q_0\,He + Q_0\,Ne =$

$= \nu R T_1 + \nu R T_2$

$P_0\,He = P_0\,Ne$

$P_к He = P_к Ne.$

$\nu_{He} = \nu_{Ne} = 0{,}24$ моль $= \nu$

$Q_к He$ конеч. теплота гелия $= \nu R T_к$.

$Q_к Ne$ конеч. теплота неона $= \nu R T_к$.

$Q_{сумм.\,к.} = Q_к(He) + Q_к Ne = 2\nu R T_к$

$Q_{суммк} = Q_{сумм0} = \nu R(T_1 + T_2) = 2\nu R T_к \cdot 2.$

$T_к = \frac{T_1 + T_2}{2}.$

$Q = \frac{0{,}24 \cdot 8{,}31 \cdot 770}{2}$ $\frac{24}{100} \cdot \frac{831}{100} \cdot 385$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times\ 24 \\ \hline 3324 \\ +1662\ \ \\ \hline 19944 \\ \times\ 385 \\ \hline 99720 \\ 159552\ \ \\ +59832\ \ \ \ \\ \hline 7678440 \end{array}$$

$7678440 = 767{,}844$ Дж

$$\begin{array}{r} 7678440 \\ -6581520 \\ \hline 1096920. \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 19944 \\ \times\ 440 \\ \hline 79776 \\ +79776\ \ \\ \hline 8775360 \end{array}$$

$8775360. = 877{,}536$ Дж.

$$\begin{array}{r} 8775360 \\ -7678440 \\ \hline 1096920 \end{array}$$ Дж

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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