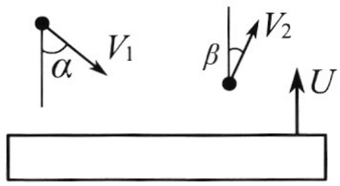
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

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 $\alpha\left(\sin\alpha = \frac{2}{3}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \frac{1}{3}\right)$ с вертикалью.



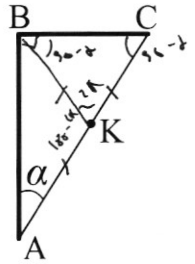
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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 К, а неона T_2 = 440 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 гелия и неона.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал неон гелию?

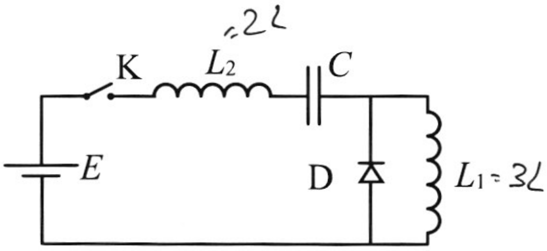
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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?

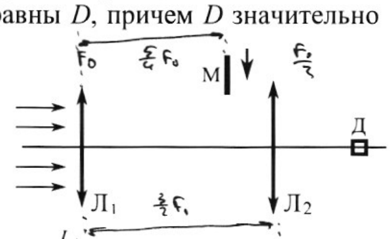
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

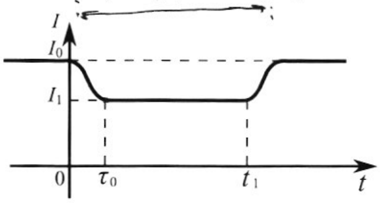
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.



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.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

$\nu = \frac{6}{25}$ моль

$T_1 = 330$ K

$T_2 = 440$ K

$i = 3$

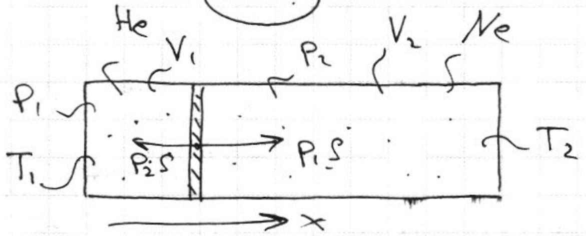
$R = 8,31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

$\frac{V_1}{V_2}$ - ?

T_0 - ?

Q - ?

(1)



S - площадь поршня

p_1, p_2 - давление He и Ne соответственно

1). У-ие равновесия поршня Ox:

$p_1 S - p_2 S = 0 \Rightarrow p_1 = p_2 = p$

2). У-ие Менделеева-Клапейрона для газов:

$$\left.\begin{aligned} He:&\ pV_1 = \nu R T_1 \\ Ne:&\ pV_2 = \nu R T_2 \end{aligned}\right| \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{330}{440} = \boxed{\frac{3}{4} = \frac{V_1}{V_2}}$$

(2)

3). Т.к. поршень двигается медленно, то давления газов в левой и правой части сосуда в любой момент времени равны. Рассмотрим элементарные работы He и Ne

$dA_{He} = p_x S \cdot dx$, тогда $dA_{Ne} = -p_x S dx \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{dA_{He}}{dA_{Ne}} = -1 \Rightarrow dA_{He} = -dA_{Ne} \Rightarrow A_{He} = -A_{Ne}$ - работы, которые совершили He и Ne за весь процесс одинаковы по модулю и противоположны по знаку.

4). Т.к. сосуд теплоизолирован, то всё тепло которое отвели от Ne пошло к He $\Rightarrow Q_{He} = -Q_{Ne}$.

5) I начало термодинамики для He: $Q_{He} = A_{He} + \Delta U_{He}$, где ΔU_{He} - изменение ~~энергии~~ внутренней энергии He.

$\Delta U_{He} = \frac{3}{2}\nu R T_0 - \frac{3}{2}\nu R T_1 = \frac{3}{2}\nu R (T_0 - T_1)$

Получаем $Q_{He} = A_{He} + \frac{3}{2}\nu R (T_0 - T_1)$ (1)

6) I начало термодинамики для Ne: $Q_{Ne} = A_{Ne} + \Delta U_{Ne}$

$\Delta U_{Ne} = \frac{3}{2}\nu R T_0 - \frac{3}{2}\nu R T_2 = \frac{3}{2}\nu R (T_0 - T_2)$

Получаем $Q_{Ne} = A_{Ne} + \frac{3}{2}\nu R (T_0 - T_2)$ (2)

7) (1)+(2): $Q_{He} + Q_{Ne} = A_{He} + A_{Ne} + \frac{3}{2}\nu R(T_0 - T_1) + \frac{3}{2}\nu R (T_0 - T_2)$

т.к. $Q_{He} = -Q_{Ne}$ и $A_{He} = -A_{Ne}$, то получаем

$\frac{3}{2}\nu R T_0 + \frac{3}{2}\nu R T_0 = \frac{3}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_2 \Rightarrow$ $\boxed{T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{330 + 440}{2} = 385\,K}$

(3) 8) Пусть в произвольный момент времени у He температура и объём T_1'; V_1', у Ne, T_2', V_2' их давление p'. Запишем у-ие из пункта 7 решения

(Закон сохранения энергии: $U_1 + U_2 = U_1' + U_2' \Rightarrow \frac{3}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_1 =$

$= \frac{3}{2}\nu R T_1' + \frac{3}{2}\nu R T_2' \Rightarrow T_1 + T_2 = T_1' + T_2'$ (3)

9) у-ие Менделеева-Клапейрона для этого момента времени:

He: $p'V_1' = \nu R T_1'$; Ne: $p'V_2' = \nu R T_2'$ $\Rightarrow$

$T_1' = \frac{p'V_1'}{\nu R}$; $T_2' = \frac{p'V_2'}{\nu R}$ (4) подставим в (3)

$\frac{pV_1}{\nu R} + \frac{pV_2}{\nu R} = \frac{p'V_1'}{\nu R} + \frac{p'V_2'}{\nu R} \Rightarrow p(V_1 + V_2) = p'(V_1' + V_2')$

$V_1 + V_2 = V_1' + V_2'$, т.к. сосуд не изменяет объём $\Rightarrow \cancel{V_1}\ p = p' \Rightarrow$

$\Rightarrow$ процесс изобарный $C_p = \frac{i+2}{2} = \frac{5}{2}R$

10) I начало термодинамики для He: $Q = C_p \nu (T_0 - T_1) =$

$= \frac{5}{2}\nu R\left(\frac{T_2 + T_1}{2} - T_1\right) = \frac{5}{2}\nu R\,\frac{T_2 - T_1}{2} = \frac{5}{4}\nu R (T_2 - T_1) \approx \frac{5}{4}\cdot\frac{6}{25}\cdot 8{,}31 \cdot 110 \approx 274$ Дж

$\boxed{Q \approx 274\text{ Дж}}$

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{4}$; 2) $T_0 = 385\,K$; 3) $Q \approx 274$ Дж

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

$v_1 = 6$ м/с

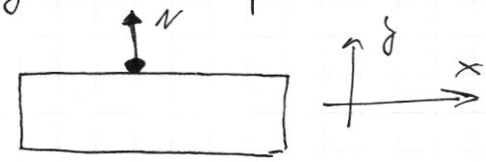
$\sin\alpha = \frac{2}{3}$

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

v_2 - ?

u - ?

1. 1) Т.к. поверхность гладкая, то во время удара на шарик не действуют силы трения => вдоль оси OX силы на него не действуют => вдоль оси OX выполняется закон сохранения импульса (ЗСИ)



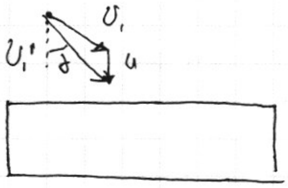
m - масса шарика

ЗСИ OX: $\cancel{v_1 \sin\alpha = 0}$ $mv_1\sin\alpha = mv_2\sin\beta \Rightarrow v_1\sin\alpha = v_2\sin\beta$

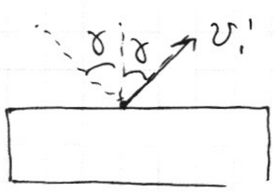
$v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = v_1 \cdot \frac{2}{3\cdot\frac{1}{3}} = 2v_1 = 12$ м/с $\boxed{v_2 = 12 \text{ м/с}}$

2. 2) Предположим, что был абс. упругий удар, тогда определим скорость шара после отскока от стенки.

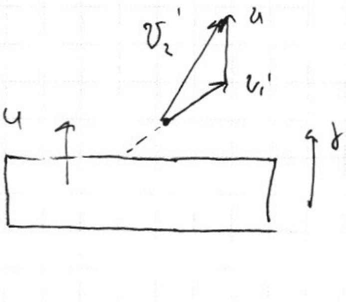
В СО стенки



СО стенки после отскока



В СО земли после отскока.



Получаем, что модуль скорости шарика вдоль оси Oy увеличился на $2u$.

3) Если бы удар был неупругим, то вдоль Oy скорости изменилась бы

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

меньше чем на $2u$, т.к. иначе не выполнялся бы ЗСЭ и ЗСИ.

Значит $v_2 \cos\beta < 2u \Rightarrow v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}\cdot\cos\beta < 2u \Rightarrow$

$\Rightarrow u > \frac{1}{2} v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}\cdot\cos\beta$

$\sin^2\beta+\cos^2\beta=1 \Rightarrow \cos\beta=\sqrt{1-\sin^2\beta}$ ($\cos\beta>0$, т.к. острый угол)

$u > \frac{1}{2} v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}\cdot\sqrt{1-\sin^2\beta} = \frac{1}{2}\cdot 2v_1\cdot\sqrt{1-\frac{1}{9}} = v_1\sqrt{\frac{8}{9}} = \frac{2\sqrt{2}}{3}v_1$

$u > \frac{2\sqrt{2}}{3}v_1$; $\frac{2\sqrt{2}}{3}\cdot 6 = 4\sqrt{2}$ м/с $\Rightarrow$ $\cancel{u > \frac{2\sqrt{2}}{\cdot}}$ $\boxed{u > 4\sqrt{2} \text{ м/с}}$

$\boxed{\text{Ответ: 1) } v_2 = 12 \text{ м/с} \quad \text{2) } u > 4\sqrt{2} \text{ м/с}}$

$4\sqrt{2} \approx 5{,}64$ м/с

$u > 5{,}64$ м/с

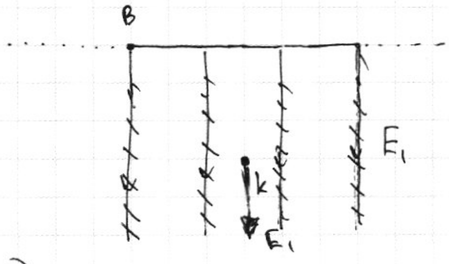
№3.

① $\alpha = \frac{\pi}{4}$

$\frac{E_2}{E_1}$ - ?
$\sigma_1 = 4\sigma$
$\sigma_2 = \sigma$
E_0 - ?

1) $E = \frac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}$ - напряжённость бесконечной пластины, оно всюду постоянно и $\perp$ её поверхности

2) Только пластина BC заряжена.

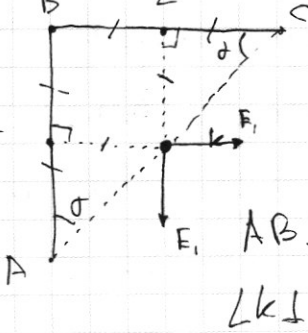


~~$E_A = \frac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}$ - поле в + напряжённость в точке k~~

σ_0 - ~~поверхностная плотность заряда~~

E_1 - поле пластины BC

3) 2 пластины. Т.к. $\alpha = \frac{\pi}{4}$, то $AB = LC \Rightarrow kL = LC \Rightarrow TB = TA$.



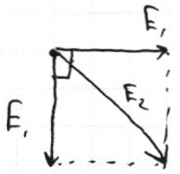
Т.к. AB тоже заряжена σ_0, то она в точке k создаёт точно такое же поле $E_1 = \frac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}$. Т.к. $AB \perp BC$ и поле от пластин $\perp$ им, поэтому $Lk \perp BC$ и $Tk \perp AB$, то напряжённости тоже $\perp$ друг другу.

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4). По принципу суперпозиции поле в точке K складывается от полей пластин AB и BC.



Th Пифагора: $E_1^2 + E_1^2 = E_2^2 \Rightarrow E_2^2 = 2E_1^2$

$E_2 = E_1\sqrt{2} \Rightarrow \boxed{\dfrac{E_2}{E_1} = \sqrt{2}}$ - ~~продолжение на стр 11~~ !!!

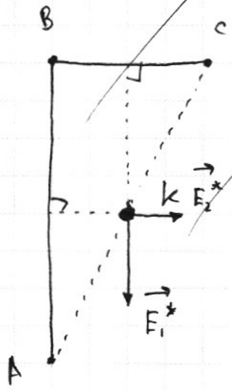
ПРОДОЛЖЕНИЕ НА СТР 11 !!!

(2) $\sigma_1 = 4\sigma$; $\sigma_2 = \sigma$; $\alpha = \frac{\pi}{4}$

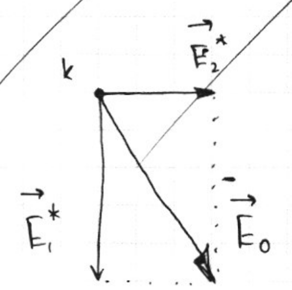
5) $E_1^* = \dfrac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}$ - поле пластины BC

$E_2^* = \dfrac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}$ - поле пластины AB

6).



Сложим E_1^* и E_2^* по принципу суперпозиции



$\vec{E_0} = \vec{E_1}^* + \vec{E_2}^*$

Th Пифагора:

$E_0^2 = E_1^2 + E_2^2$

$E_0^2 = \dfrac{\sigma_1^2}{4\varepsilon_0^2} + \dfrac{\sigma_2^2}{4\varepsilon_0^2}$

$E_0^2 = \dfrac{1}{4\varepsilon_0^2}(\sigma_1^2 + \sigma_2^2) \Rightarrow E_0 = \dfrac{1}{2\varepsilon_0}\sqrt{\sigma_1^2+\sigma_2^2} = \dfrac{1}{2\varepsilon_0}\sqrt{\sigma^2 + 16\sigma^2} = \boxed{\dfrac{\sigma\sqrt{17}}{2\varepsilon_0} = E_0}$

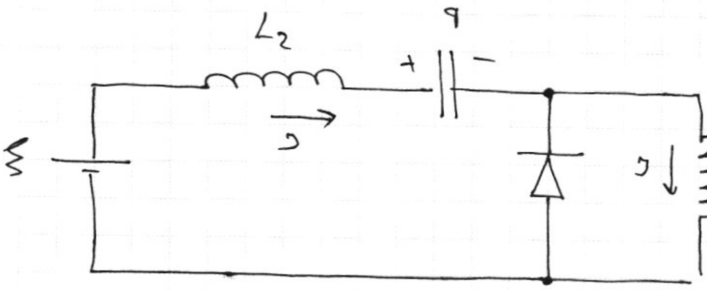
Ответ: 1). $\dfrac{E_2}{E_1} = \sqrt{2}$ 2). $E_0 = \dfrac{\sigma\sqrt{17}}{2\varepsilon_0}$

№4.

$\mathcal{E}$; $L_1 = 3L$; $L_2 = 2L$; C
T-?; I_{01}-? I_{02}-?

(1) 1) Запишем II пр-во Кирхгофа для контура содержащего катушки в момент,

Когда диод закрыт, тогда через L_1 и L_2 идёт одинаковый ток.



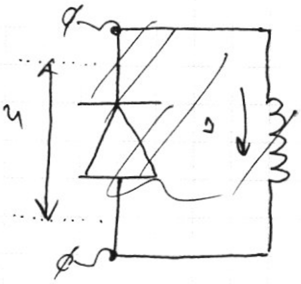
II пр-ло Кирхгофа: $\mathcal{E} - L_2\dot{J} - L_1\dot{J} = \frac{q}{C} \Rightarrow \mathcal{E} = \ddot{q}(L_1+L_2) + \frac{q}{C} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2} = \ddot{J} + \frac{q}{C(L_1+L_2)}$ — у-ие гармонических колебаний

со смещённым положением равновесия. $\omega_{12} = \frac{1}{\sqrt{C(L_1+L_2)}} = \frac{1}{\sqrt{5LC}}$

$T_{12} = \frac{2\pi}{\omega_{12}} = 2\pi\sqrt{5LC}$, $\boxed{\cancel{T_{12} = 2\pi\sqrt{5LC}}}$ $T_{12} = 2\pi\sqrt{5LC}$

~~2) Рассмотрим параллельное соединение L_1 и D.~~



~~II пр-ло Кирхгофа: $-L_1\dot{J} = -u$~~

~~$\dot{J} = \frac{u}{L_1}$, заметим, что $u \geq 0$, т.к.~~

~~D-идеальный $\Rightarrow \dot{J} \geq 0 \Rightarrow$ ток через L_1~~

~~всегда возрастает или остаётся неизменным~~

T_{12} - период колебаний в контуре $L_1 L_2$

2) Через $\tau_1 = \frac{T_{12}}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{5LC}$ ток через L_1 становится максимальным. В этот момент, т.к. D-идеальный напряжение на L_2 становится равным 0 и через диод начинает идти ток, а через L_1 он остаётся постоянным и равным $J_m = \omega_{12} q_m$, где $q_m = \mathcal{E}C$ - максимальный заряд на C $\Rightarrow J_{m_1} = \frac{\mathcal{E}C}{\sqrt{5LC}}$.

3) Рассмотрим цепь после того, как в L_1 пошёл J_m.

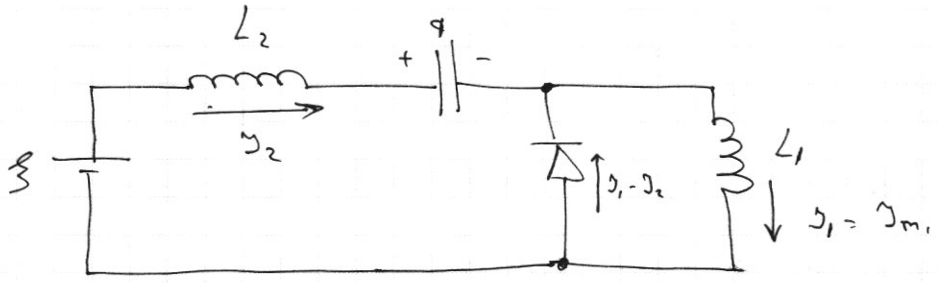
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



обход с L_2 и D: $\mathcal{E} - L_2 \dot{I}_2 = \frac{q}{C} \Rightarrow \mathcal{E} = L_2 \ddot{q} + \frac{q}{C}$

$\frac{\mathcal{E}}{L_2} = \ddot{q} + \frac{q}{L_2 C} \Rightarrow \omega_2 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C}}$; $T_2 = 2\pi\sqrt{L_2 C} = 2\pi\sqrt{2LC}$ -

- ток будет колебаться с таким периодом до тех пор, пока $I_1 - I_2 \geq 0$. $t = 0$ в момент начала этих колебаний

$q(t) = q_0^* + q_m^* \cos(\omega_2 t + \varphi_0)$; $q(0) = C\mathcal{E} = q_0 + q_m^* \cos(\varphi_0)$

$I(t) = -\omega q_m^* \sin(\omega_2 t + \varphi_0)$; $I(0) = I_{m_1} = -\omega_2 q_m^* \sin\varphi_0$.

т.к. $U_C(0) = \mathcal{E}$, то ток в цепи равен максимальному току ⇒

⇒ I_2 начнёт уменьшаться сразу. И будет совершать колебание с периодом $\boxed{T = T_2 = 2\pi\sqrt{2LC}}$ -

~~(2)~~ ~~4)~~ но эти колебания наступают не сразу, а

(2) спустя $\tau_1 = \frac{T_{12}}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{5LC}$. ($I_1 - I_2 > 0$ - всегда, т.к. $I_{2m} = I_{m_1}$)

4) Из пункта 1 решения перепишем ур-ие колебаний

$$\frac{\mathcal{E}}{L_1 + L_2} = \ddot{q} + \frac{q}{C(L_1 + L_2)} \Leftrightarrow \frac{\mathcal{E}}{5L} = \ddot{q} + \frac{q}{5LC}$$

Зависимости $q(t)$ и $I(t)$ выглядят так

$q(t) = q_0 + q_m \cos(\omega_{12} t + \varphi_0)$

$I(t) = -\omega_{12} q_m \sin(\omega_{12} t + \varphi_1)$

$q(0) = 0 \Rightarrow q_0 + q_m \cos\varphi_0 = 0$; $I(0) = 0 \Rightarrow \sin\varphi_0 = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0$

5). $\frac{\mathcal{E}}{5L} = \omega_{12}^2 q_0 \Rightarrow \frac{\mathcal{E}}{5L} = \frac{1}{5LC} q_0 \Rightarrow q_0 = C\mathcal{E}$

Тогда $q(t)$ $C\mathcal{E} + q_m \cos 0 = 0 \Rightarrow q_m = -C\mathcal{E}$

Итоговые зависимости: $q(t) = C\mathcal{E} - C\mathcal{E}\cos\omega_{12} t$

$I(t) = -\omega_{12} C\mathcal{E} \sin\omega_{12} t$

Тогда максимальный ток через L_1 достигается через τ_1 и он равен $I_m = \omega C\mathcal{E} = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{5LC}}$ - это и есть максимальный ток через L_1. После его достижения ток через L_1 остаётся постоянным $\boxed{I_{01} = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{5LC}}}$

(3.) 5) Перепишем ур-ие из пункта 3 решения:

$\frac{\mathcal{E}}{2L} = \ddot{q} + \frac{q}{2LC}$; $\frac{\mathcal{E}}{2L} = q_0^* \cdot \omega_{12}^2 \Rightarrow \frac{\mathcal{E}}{2L} = \frac{q_0^*}{2LC} \Rightarrow q_0^* = C\mathcal{E}$

$q(t) = q_0^* + q_m^* \cos(\omega t + \varphi_0)$; $q(0) = C\mathcal{E} = C\mathcal{E} + q_m^* \cos(\varphi_0) \Rightarrow$

$I(t) = -\omega q_m \sin(\omega t + \varphi_0)$ $\Rightarrow \cos\varphi_0 = 0 \Rightarrow \varphi_0 = \frac{\pi}{2}$

$I(0) = -\omega q_m \cdot \sin\varphi_0 = -\omega q_m \cdot \sin\frac{\pi}{2} = -\omega q_m \Rightarrow$ в начале этих колебаний ток через L_2 - максимален $\Rightarrow$ $\boxed{I_{02} = I_{01} = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{5LC}}}$

Ответ: 1) $T = 2\pi\sqrt{2LC}$ 2) $I_{01} = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{5LC}}$ 3) $I_{02} = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{5LC}}$

№5.

$F_1 = F_0$
$F_2 = \frac{F_0}{3}$
$l = \frac{3}{2}F_0$
$D << F_0$
$I \sim P$
$l_M = \frac{5}{4}F_0$
$I_1 = \frac{8}{3}I_0$
x -?
v -? t_1 -?

(1) 1) После преломления лучей в $Л_1$ они собираются в её фокусе т.к. они ⊥ линзе $Л_1 \Rightarrow f_1 = F_1 = F_0$

2) ~~f_2~~ $d_2 = l - f_1 = \frac{3}{2}F_0 - F_0 = \frac{1}{2}F_0$ - расстояние между изображением S_1 и линзой $Л_2$

3) $\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow \frac{3}{F_0} = \frac{2}{F_0} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow f_2 = F_0$ -

- расстояние между $Л_2$ и изображением в системе

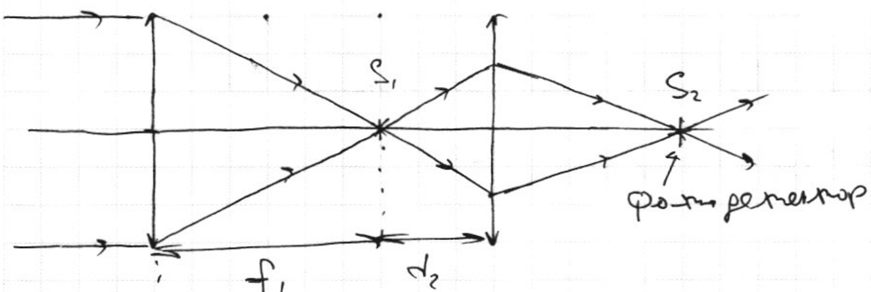
☐ черновик ☑ чистовик Страница № 8

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

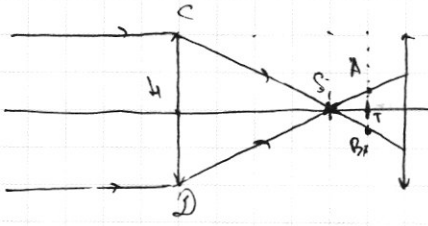
4). Т.к. лучи фокусируются на фотодетекторе, то $\boxed{x = f_2 = F_0}$

Поясняющий рисунок



② 5) В момент времени $t = [\tau_0; t_1]$ - мишень M полностью находилась в пучке лучей. Тогда $\frac{I_0}{I_1} = \frac{S_0}{S_1}$, где S_0 - площадь всего светового пучка в плоскости, где находится M, а S_1 - площадь всего пучка минус площадь M.

6). $l_1 = \cancel{4}\, l_M - F_1 = \frac{5}{4}F_0 - F_0 = \frac{1}{4}F_0$ - расстояние от S_1 до M



$\triangle CS_1D \sim \triangle AS_1B$: $\frac{CD}{AB} = \frac{HS_1}{S_1T} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{D}{D_0} = \frac{F_0}{\frac{1}{4}F_0} \Rightarrow D_0 = \frac{D}{4} \Rightarrow$

$\Rightarrow S_0 = \frac{\pi D_0^2}{4} = \frac{\pi}{4}\cdot\frac{D^2}{16} = \frac{\pi D^2}{32}$

7) $S_1 = S_0 - \frac{\pi d^2}{4}$, где d - диаметр M.

$\frac{I_0}{I_1} = \frac{S_0}{S_1} \Leftrightarrow \frac{I_1}{I_0} = \frac{S_1}{S_0} \Leftrightarrow \frac{8}{9} = \frac{S_0 - \frac{\pi d^2}{4}}{S_0} \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow \frac{8}{9} = 1 - \frac{\pi d^2 \cdot 32}{4\cdot \pi D^2} \Leftrightarrow \frac{1}{9} = \frac{8d^2}{D^2} \Rightarrow \underline{\underline{d = \frac{2\sqrt{2}}{3}D}}$ -

8) ~~В момент $t = [0; \tau_0]$ мишень не полностью находилась в~~ пучке. Полностью в пучке она оказалась, когда пройдено расстояние

~~равное своему диаметру $d \Rightarrow V = \frac{d}{\tau_0} = \frac{D 2\sqrt{2}}{3\tau_0}$~~

~~$\boxed{V = \frac{D 2\sqrt{2}}{3\tau_0}}$~~

~~(3) 3). За время от τ_0 до t_1 миниен проходит расстояние~~
~~$y = D_0 - D = \frac{D}{4} - \frac{D 2\sqrt{2}}{3} = D$~~

$d^2 = \frac{1}{72} D^2 \Rightarrow$ ~~$d = \frac{D}{9}$~~ $d = \frac{D}{6\sqrt{2}} \Rightarrow d = \frac{D\sqrt{2}}{12}$

8). В момент $t \in [0; \tau_0]$ миниен проходит расстояние равное своему диаметру $\Rightarrow V = \frac{D}{\tau_0} = \frac{D\sqrt{2}}{12\tau_0}$

$\boxed{V = \frac{D\sqrt{2}}{12\tau_0}}$

3. 9). За время от τ_0 до t миниен проходит расстояние
$y = D_0 - d = \frac{D}{4} - \frac{D\sqrt{2}}{12} = D\,\frac{3-\sqrt{2}}{12}$

10). $t_1 = \frac{y}{V} = \frac{D(3-\sqrt{2})\cdot 12\tau_0}{12\cdot D\sqrt{2}} = \frac{3-\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\tau_0 = \boxed{\frac{3\sqrt{2}-2}{2}\tau_0 = t_1}$

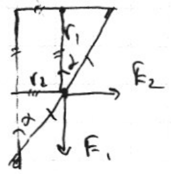
Ответ: 1) $x = F_0$ 2). $V = \frac{D\sqrt{2}}{12\tau_0}$ 3). $t_1 = \frac{3\sqrt{2}-2}{2}\tau_0$

№3 (продолжение)

~~(2) 1). В силу симметрии в ... поле ~~от BC ⊥~~ напряжённость ~~⊥ BC~~ от BC ⊥ BC, Q от AB ⊥ AB.~~

~~2). $E \sim \sigma$; $E \sim \frac{1}{r^2}$, где r – расстояние от пластины до точки $\Rightarrow E = \gamma\frac{\sigma}{r^2}$; $E_1 = \gamma\frac{\sigma_1}{r_1^2}$; $E_2 = \gamma\frac{\sigma_2}{r_2^2}$~~

~~E_1^*~~

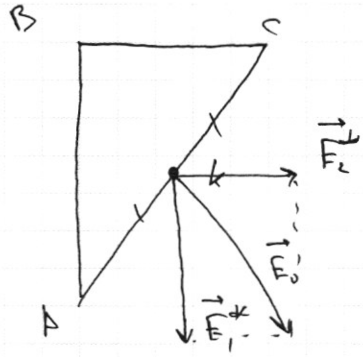


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2 №3 (продолжение)

$E_1^* = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}$ – поле от BC

$E_2^* = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}$ – поле от AB



По принципу суперпозиции

$\vec{E_0} = \vec{E_1^*} + \vec{E_2^*}$

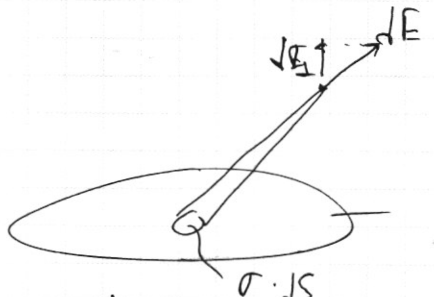
$E_0^2 = E_1^{*2} + E_2^{*2}$

$E_0 = \frac{1}{2\varepsilon_0}\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \frac{\sigma\sqrt{17}}{2\varepsilon_0}$

Ответ: 1) $\frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2}$; 2) $E_0 = \frac{\sigma\sqrt{17}}{2\varepsilon_0}$

продолжение P. S.

1)



$dE = \frac{k\sigma dS}{r^2} \Rightarrow dE_\perp = \frac{k\sigma dS\cos\alpha}{r^2} = \frac{k\sigma}{r^2} d\Omega \rightarrow$

$\Rightarrow E_\perp = \frac{k\sigma}{r^2} \oint \Omega$ – поле от пластины в точке

$E_1 = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0 r_1^2} \cdot \Omega_1 = \cancel{\frac{\sigma \cdot \beta / 2\alpha}{4\pi\varepsilon_0 r_1^2}} = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0 r_1^2} \cdot \frac{2\pi}{2\alpha} \cdot 4\pi = \frac{\sigma\pi}{4\alpha\varepsilon_0 r_1^2}$

$$F_2 = \frac{\sigma}{4\varepsilon_0 r_2^2} \cdot \Omega_2 = \frac{\sigma}{4\varepsilon_0 r_2^2} \cdot \frac{\cancel{2}\pi}{\pi - \alpha} \cdot 4\pi$$

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$T_1+T_2 = T_1'+T_2'$

$pV_1=\nu RT_1$; $p'V_1'=\nu RT_1'$

$pV_2=\nu RT_2$ $p'V_2'=\nu RT_2'$

$\frac{p}{\nu R}(V_1+V_2)=\frac{p'}{\nu R}(V_1'+V_2')$

p'

$\frac{\cancel{5}\cdot\cancel{2}\cdot 3\cdot \cancel{110}\cdot 11\cdot 8{,}31\cdot\cancel{2}\cdot\cancel{8}}{\cancel{2}\cdot\cancel{2}\cdot\cancel{8}\cdot\cancel{8}} = 33\cdot 8{,}31$

$\frac{5}{4}\cdot\frac{6}{25}\cdot 8{,}31\cdot 110 = 33\cdot 8{,}31$

$$\begin{array}{r} \times\; 8{,}31 \\ 11 \\ \hline 831 \\ 831 \\ \hline \times\; 91{,}41 \\ 3 \\ \hline 274{,}23 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times\; 8{,}31 \\ 33 \\ \hline +\;2493 \\ 2493 \\ \hline 274{,}23 \end{array}$$

№1.

$v_1 = 6$ м/с

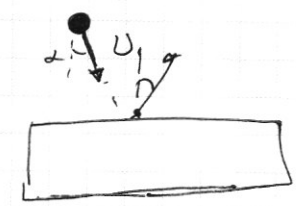
$\sin\alpha = \frac{2}{3}$

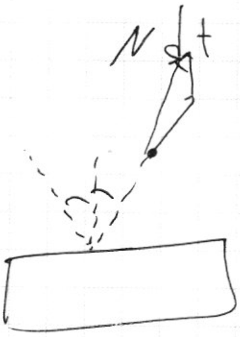
$\sin\beta = \frac{1}{3}$

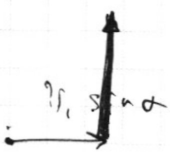
v_2 - ?

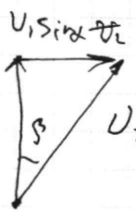
u - ?

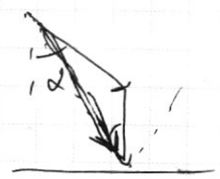
$v_1\sin\alpha = v_2\sin\beta$





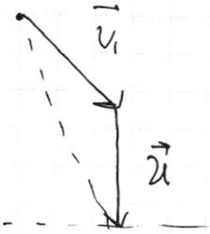






☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

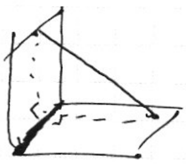


$$v_1\cos\alpha + 2u = v_1\frac{\sqrt{5}}{3} + 2u$$

$$\cos\alpha = \sqrt{1-\frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

(3)

$= 90°$

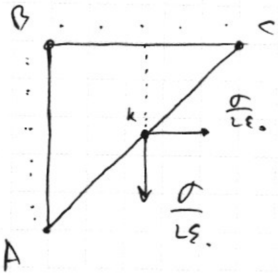


$\alpha = \frac{\pi}{4}$

$\alpha = \frac{\pi}{4}$

$$\begin{array}{r} 1{,}41 \\ + \quad 4 \\ \hline 5{,}6 \end{array}$$

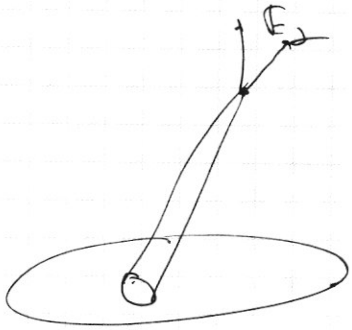
(1)



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

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

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



$$dE = \frac{k\sigma dS}{r^2} =$$

$$dE_2 = \frac{k\sigma dS\cos\alpha}{r^2} = \frac{k\sigma}{r^2}\,d\Omega$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

He; Ne $(i=3)$

$\nu = \frac{6}{25}$ моль

$T_1 = 330\,K$ (He)

$T_2 = 440\,K$ (Ne)

$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль\cdot K}$

$\frac{V_1}{V_2}$ -?

T_0 -?

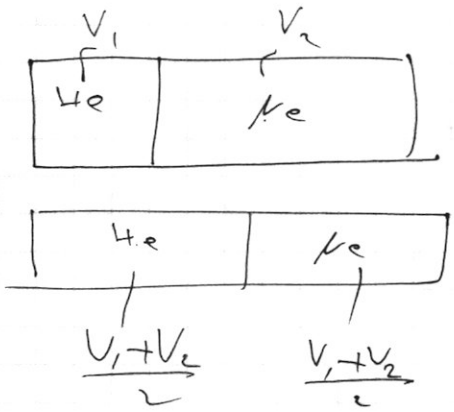
Q_1 -?

① $\left.\begin{array}{l} pV_1 = \nu R T_1 \\ pV_2 = \nu R T_2 \end{array}\right| \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$

② $\frac{3}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_2 = \frac{3}{2}\nu R T_0 + \frac{3}{2}\nu R T_0$

$T_1 + T_2 = 2T_0 \Rightarrow T_0 = \frac{T_1+T_2}{2}$

③



Ne нагрел He

$Q = A_r + \frac{3}{2}\nu R\left(\frac{T_1+T_2}{2} - T_1\right)$

$p = \frac{\nu R T}{V}$; $p(V) = \frac{\nu R T}{V}$

$Q = \frac{3}{2}\nu R T_0 - \frac{3}{2}\nu R T_1 = \frac{3}{2}\nu R\left(\frac{T_1+T_2}{2} - T_1\right) = Q.$

$Q_1 = A_1 + \Delta U_1$

$Q_2 = A_2 + \Delta U_2$ $\Rightarrow 0 = \Delta U_1 + \Delta U_2$

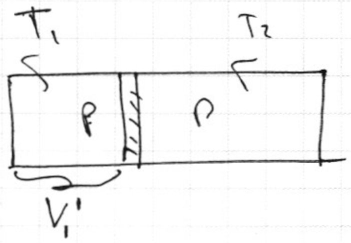
$330 + 440 = 770$

$770 : 2 = 385$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

$-\frac{330}{30} \,|\, 6$, 55, 30



$$dA = p\,dV = \frac{\nu R T_1'}{V_1'} dV_1'$$

$\cancel{p V_1' = \nu R T_1'}$ $\quad pV = \nu R T$

$$p = \frac{\nu R T}{V}$$

$$p(V) = \frac{\nu R T}{V}$$

$$\frac{\cancel{7 \cdot 330}}{\cancel{6 \cdot 385}}$$

$$-\frac{385}{35} \,|\, 7, \quad 55$$

$dA =$

$$Q_{He} = A_{He} + \frac{3}{2}\nu R (T_0 - T_2)$$

$$-Q_{He} = -A_{He} + \frac{3}{2}\nu R (T_0 - T_1)$$

$$dA = \frac{\nu R T}{V_1} dV_1$$

$$pV_1 = \nu R T_1 \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$pV_2 = \nu R T_2$$

$$V_1 + V_2 = V_0$$

$$\frac{6}{25} \cdot 8{,}31 \cdot 330$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1}{V_0 - V_1}$$

$$\frac{3}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_2 = \frac{3}{2}\nu R$$

$$T_1 + T_2 = T_1' + T_2'$$

$$\frac{V_1}{V}$$

$$V_1' = V_1 + \Delta V_1$$

$$V_2' = V_2 - \Delta V_2$$

$$V_1' + V_2' = V_1 + V_2$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\nu R T_1 \cdot 7}{V_1 \cdot 6 \nu R T_0} = \frac{7 T_1}{6 T_0}$$

$$\nu R T_1' = p V_1' \Rightarrow \frac{T_1'}{T_2'} = \frac{V_1'}{V_2'}$$

$$\nu R T_2' = p V_2'$$

$$\frac{T_1'}{T_1 + T_2 - T_1'} = \frac{V_1'}{V_2'} \Rightarrow$$

$$T_1' V_2' = (T_1 + T_2) V_1' - T_1' V_1'$$

$$T_1' V_2 - \cancel{T_1' \Delta V_2} = T_1 V_1 + T_1 \Delta V_1 + T_2 V_1 + T_2 \Delta V_1 - \cancel{T_1' \Delta V_1}$$

$$p_1 = \frac{\nu R T_0}{V_1}$$

$$T_1 V_2 + \cancel{T_1 \Delta V_1} = T_1 V_1 + \cancel{T_1 \Delta V_1} + T_2 V_1 + \cancel{T_2 \Delta V_1}$$

$$T_1 V_2 = T_1 V_1 + T_2 V_1 + T_2 \Delta V_1$$

$$T_1 + T_2 = T_1' + T_2'$$

$$dA = \frac{\nu R T_1'}{V_1'} dV_1' = \frac{\nu R T_1' V_2 (T_1 + T_2)}{V_1 V_0} dV$$

$$p_1 = \frac{\nu R T_1}{V_1}$$

$$p_2 = \frac{2\nu R T_0}{V_1 + V_2} = \frac{6 \nu R T_0}{7 V_1} =$$

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

$$T_1 + T_2 = T_1' \frac{V_1' + V_2'}{V_2'} \Rightarrow$$

$$T_1' \frac{V_0}{V_2} = T_1 + T_2$$

$$T_1' = \frac{V_2 (T_1 + T_2)}{V_0}$$

$$V_1 + V_2 = V_1 + \frac{4}{3} V_1 = \frac{7}{3} V_1$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$L_1 = 3L$
C
$T - ?$
$I_{01} - ?$
$I_{02} - ?$

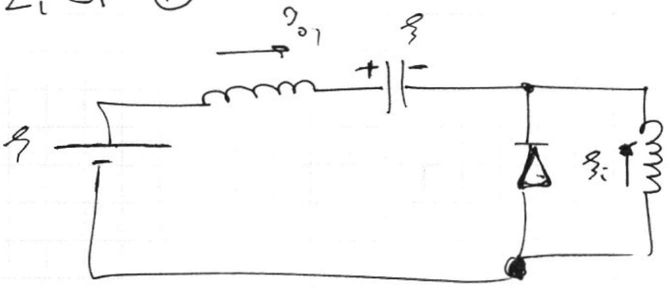
$\mathcal{E} - 2L\dot{I} - 3L\dot{I} = \frac{q}{C}$

$\mathcal{E} = 5L\ddot{q} + \frac{q}{C}$

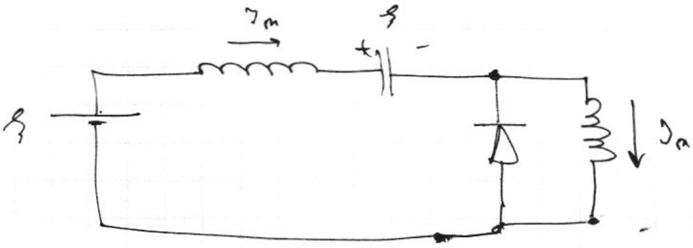
$\frac{\mathcal{E}}{5L} = \ddot{q} + \frac{5L}{C} q \qquad \omega = \sqrt{\frac{5L}{C}}$

$L_1 \dot{I}_1 = 0$

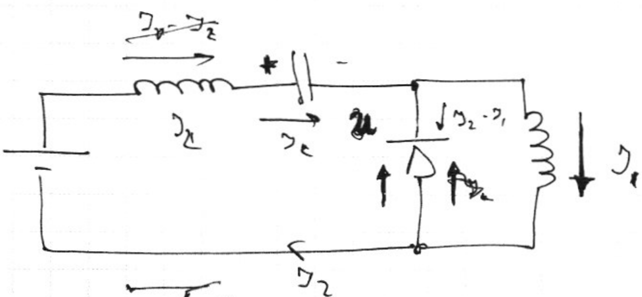
I_{max} → D - открыт

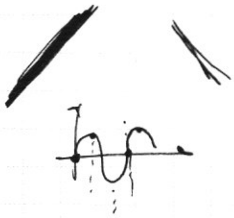


$\downarrow I_{01}$ дальше не могу!!!

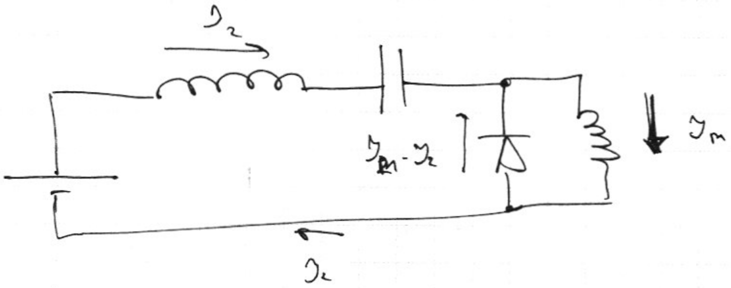


$\mathcal{E} - L_2 \dot{I}_2 +$

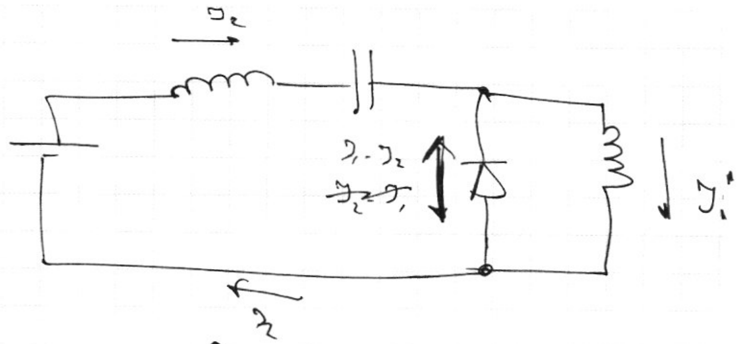


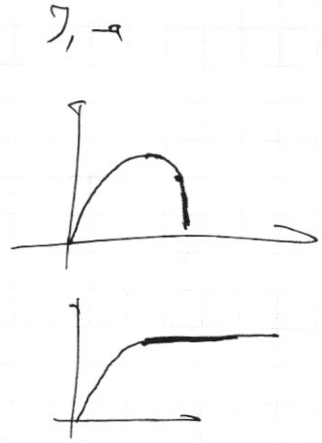


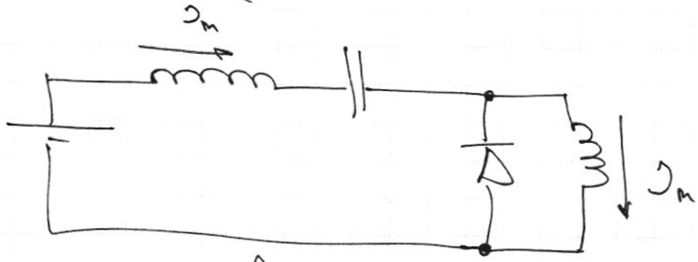
$\mathcal{E}$

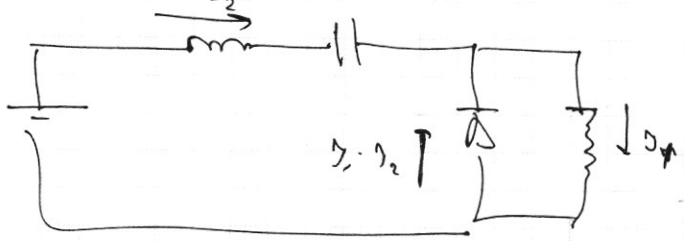


$\mathcal{E} - U \pm$





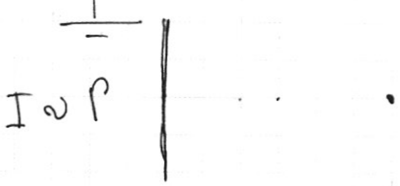




$\mathcal{E} - L_2 \dot{I}_2 = \frac{q}{C} \Rightarrow \mathcal{E} = L_2 \ddot{q}_2 + \frac{q}{C} \Rightarrow \frac{\mathcal{E}}{LC} = \ddot{q}_2 + \frac{q}{L_2 C}$

$\mathcal{E} - L_2 I_2 \qquad I_1 - I_2$

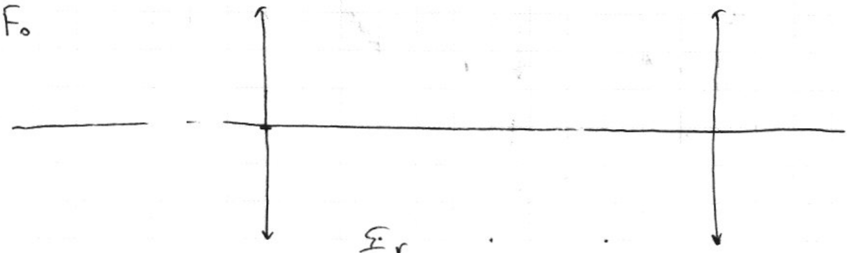
$I_2 = \frac{2\mathcal{E}}{\sqrt{4LC}}$;



$F_0 \sim \frac{F_0}{3}$

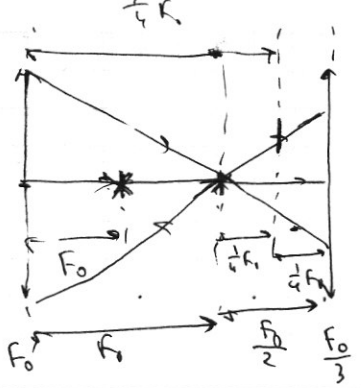
$l = \frac{3}{2} F_1$

$D << F_0$



$\frac{3}{2} F_0 \to 8$

$F_0 =$



$\frac{5}{4} F_1 - F_1$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

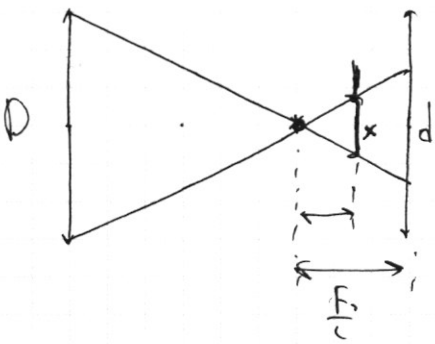
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

$F_0; \frac{F_0}{3}$

$$\frac{D}{d} = \frac{2F_0}{F_0} \Rightarrow d = \frac{D}{2}$$



$I \sim P$

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

$$V = \frac{l}{\tau_0}$$

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

$$V = \frac{l + \frac{D}{4}}{\tau_0 + t_1}$$

$$\frac{I_0}{I_1} =$$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)