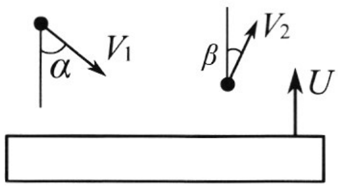
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

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.

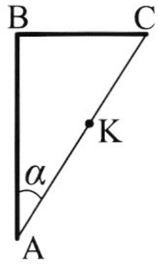
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия $T_1 = 330$ 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?

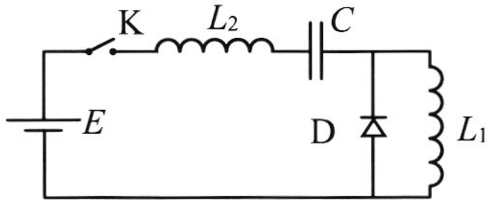
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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.

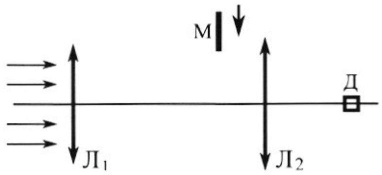


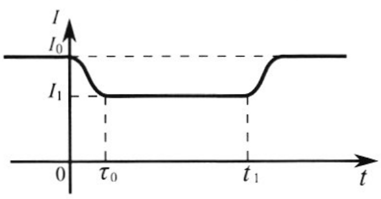
1) Найти период T этих колебаний.

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.

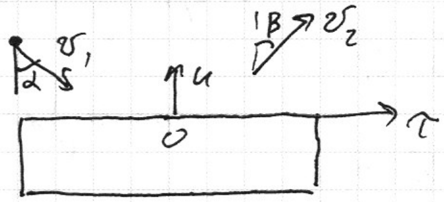
Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

1. Т.к. поверхность плиты гладкая, то нет сил, касательных к поверхности, поэтому импульс шарика на касательную ось сохраняется

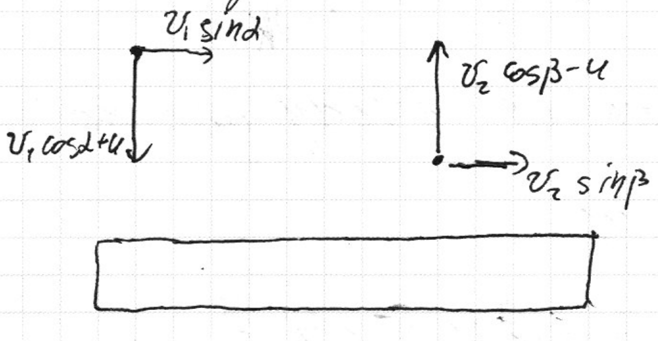
$$p_\tau = m v_1 \sin\alpha = m v_2 \sin\beta$$



$$v_2 = \frac{2}{3} \quad \frac{v_1 3}{1} = 12\ \frac{м}{с}$$

$$v_2 = 2v_1$$

2. Перейдём в СО „плита"



Неупругий удар характеризуется коэффициентом восстановления K: при K=1 - удар абсолютно упругий, при K=0 абсолютно неупругий.

⌋ W - максимальная энергия деформации, тогда остаточная энергия деформации $E_{ост} = (1-K)W$

Закон сохранения энергии запишется в следующем виде $E_{до\ удара} = (1-K)W + E_{после\ удара}$.

Энергия деформации максимальна в момент обнуления нормальной составляющей относительной скорости. В нашем случае:

$$\frac{m v_1^2 \sin^2\alpha}{2} + \frac{m(v_1\cos\alpha + u)^2}{2} = W + \frac{m v_1^2 \sin^2\alpha}{2}$$

Тогда $W = \dfrac{m(v_1\cos\alpha + u)^2}{2}$

$$\frac{m v_1^2 \sin^2\alpha}{2} + \frac{m(v_1\cos\alpha+u)^2}{2} = (1-K)\frac{m(v_1\cos\alpha+u)^2}{2} +$$

$$+ \frac{m v_2^2 \sin^2\beta}{2} + \frac{m}{2}(v_2\cos\beta - u)^2$$

$0 \le K \le 1$

$$(v_2\cos\beta - u)^2 = K(v_1\cos\alpha + u)^2$$

$$\cos\beta = \sqrt{1-\frac{1}{9}} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

$$v_2\cos\beta - u = \sqrt{K}\, v_1\cos\alpha + \sqrt{K}\, u$$

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

$$u(1+\sqrt{K}) = v_2\cos\beta - \sqrt{K}\, v_1\cos\alpha$$

$$u = v_1 \frac{2\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3} - \frac{\sqrt{5}}{3}\sqrt{K}}{1+\sqrt{K}} = \frac{v_1}{3}\,\frac{4\sqrt{2}-\sqrt{5K}}{1+\sqrt{K}}$$

Как видно, эта функция всюду убывает при $0 \le K \le 1$, поэтому

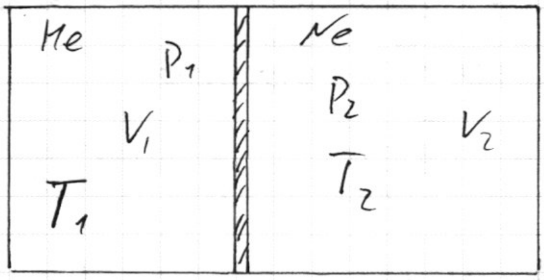
$$\frac{v_1}{3}\,\frac{4\sqrt{2}-\sqrt{5}}{2} \le u \le \frac{4\sqrt{2}}{3} v_1 \;;\Rightarrow (4\sqrt{2}-\sqrt{5})\frac{м}{с} \le u \le 8\sqrt{2}\,\frac{м}{с}$$

Ответ: $v_2 = 12\,\frac{м}{с}$; $(4\sqrt{2}-\sqrt{5})\frac{м}{с} \le u \le 8\sqrt{2}\,\frac{м}{с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

1.



Т.к. поршень в равновесии, то $P_1 = P_2$

Уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$P_1 V_1 = \nu_1 R T_1$$
$$P_2 V_2 = \nu_2 R T_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_{He}}{V_{Ne}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{4}.$$

2. Т.к. система из двух газов теплоизолирована и работа одного газа противоположна работе другого, то закон сохранения энергии запишется в следующем виде:

$$U_{10} + U_{20} = U_1 + U_2$$

$$U_{10} = \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu R T$$

$$U_{20} = \frac{3}{2} \nu R T_2$$

$$U_2 = \frac{3}{2} \nu R T$$

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

$$T = \frac{330 + 440}{2} K = (165 + 220) K = 385 \text{ K}$$

3. Т.к. поршень едет медленно, то в любой момент времени можно считать, что $P_1 = P_2$. При этом $V_1' + V_2' = const$ – объём сосуда не меняется, $T_1' + T_2' = const$ – из ЗСЭ.

При этом $\frac{V_1'}{V_2'} = \frac{T_1'}{T_2'}$ и $V_2' = V_0 - V_1'$

$T_2' = 2T - T_1'$

$\frac{V_0 - V_1'}{V_1'} = \frac{2T - T_1'}{T_1'}$ $\quad \frac{V_0}{V_1'} - 1 = \frac{2T}{T_1'} - 1$ $; \Rightarrow \frac{T_1'}{V_1'} = \frac{2T}{V_0} =$

$=$ const. Значит давление газов в любой момент времени равно начальному, и процесс изобарный. Тогда

$$Q = \frac{5}{2}\nu R(T - T_1) = \frac{5}{2}\nu R \cdot \frac{T_2 - T_1}{2} = \frac{5}{4}\nu R(T_2 - T_1) =$$

$$= \frac{5}{4}\nu R\left(\frac{4}{3}T_1 - T_1\right) = \frac{5}{12}\nu R T_1 = \frac{5}{12} \cdot \frac{6}{25} \cdot 8{,}31 \cdot 330 \text{ Дж} =$$

$$\approx \frac{5 \cdot 2}{12} \cdot 330 \text{ Дж} \approx \frac{5}{6} \cdot 330 \text{ Дж} = 5 \cdot 55 \text{ Дж} = 275 \text{ Дж}$$

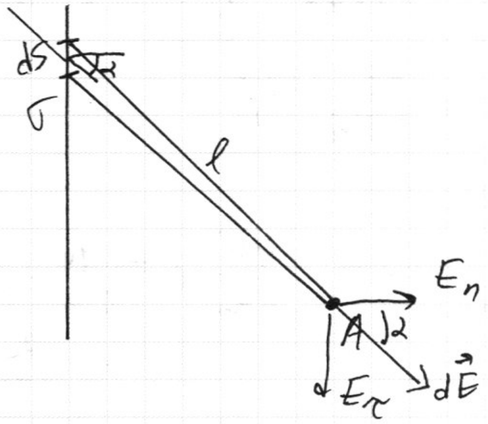
Ответ: $\frac{V_{He}}{V_{Ne}} = \frac{3}{4}$; $T = 385$ К; $Q = 275$ Дж

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

1. В силу теоремы Фалеса перпендикуляр, опущенный из точки K на BC и AB, делит их пополам вне зависимости от угла α. Из этого факта и симметрии следует, что каждая плоскость в точке K создаёт поле, направленное по нормали к её поверхности.

2. Пусть у нас есть заряженная плоская поверхность, тогда

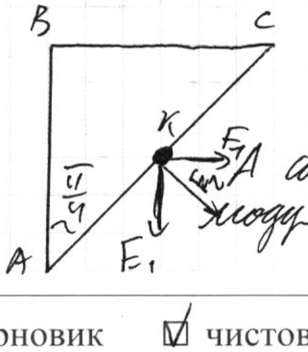


$E_n = k\sigma\Omega$, где Ω - телесный угол, под которым видна поверхность из точки A.

$$dE_n = dE\cos\alpha = \frac{k\,\sigma dS}{l^2}\cos\alpha = k\sigma\, d\Omega$$

$E_n = k\sigma\Omega$

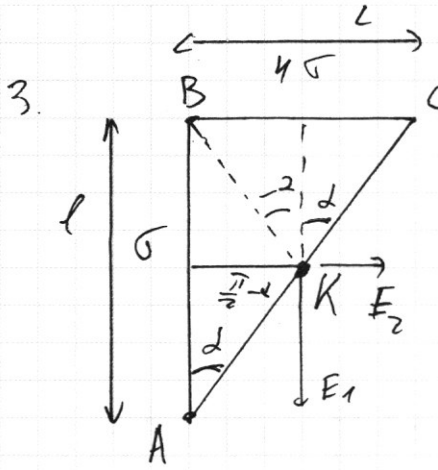
В нашем случае



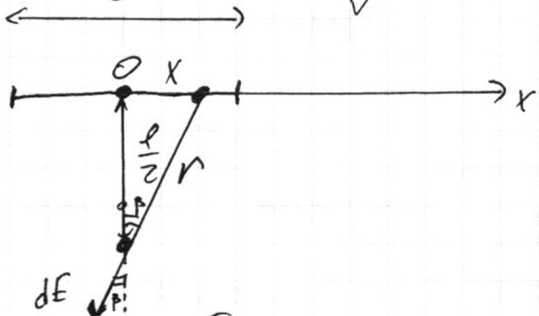
Тогда $\dfrac{E_2}{E_1} = \Omega_2$

В пункте 1 очевидно, что пластинка A создаёт поле такое же по модулю, но направлено под 90°.

3.



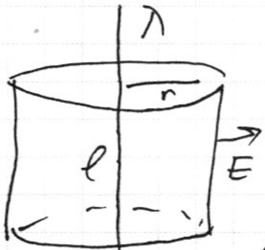
Рассмотрим отдельно пластину BC



$tg\alpha = \frac{L}{l}$

$L = l\, tg\alpha$

Т.к. пластина бесконечная, то её можно порезать на нити и проинтегрировать.



по теореме Гаусса

$$E \cdot 2\pi r l = \frac{\lambda l}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$$

В нашем случае $d\lambda = \sigma dx$

$$dE_n = dE\cos\beta = \frac{4\sigma\cos\beta\, dx}{2\pi\varepsilon_0 r} = \frac{4\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\cos^2\beta}{\frac{l}{2}}\cdot\frac{l}{2}\frac{d\beta}{\cos^2\beta} = \frac{4\sigma}{2\pi\varepsilon_0}d\beta$$

$r\cos\beta = \frac{l}{2}$

$\frac{l}{2}tg\beta = x \qquad dx = \frac{l}{2}\frac{d\beta}{\cos^2\beta}$

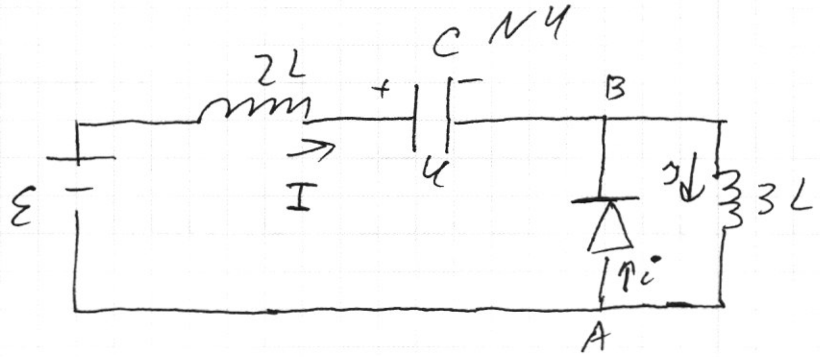
$$\text{Тогда } E_1 = \frac{4\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\int_{-\alpha}^{\alpha} d\beta = \frac{4\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\cdot 2\alpha = \frac{4\sigma}{\pi\varepsilon_0}\alpha = \frac{4\sigma}{\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\pi}{8} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$E_2 = \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\int_{-(\frac{\pi}{2}-\alpha)}^{\frac{\pi}{2}-\alpha} d\beta = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0}\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right) = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0}\left(\frac{\pi}{2}-\frac{\pi}{8}\right) = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1-\frac{1}{4}\right) = \frac{3\sigma}{8\varepsilon_0}$$

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{1+\frac{9}{16}} = \frac{5\sigma}{8\varepsilon_0}$$

Ответ: $\frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2}$; $\quad E = \frac{5\sigma}{8\varepsilon_0}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\mathcal{J} = I + i$

Диод открыт, когда $\varphi_A - \varphi_B \geq 0$. В начальный момент ток через катушку L_1 растёт $\Rightarrow$ диод закрыт и $I = \mathcal{J}$

$\mathcal{E} = 5L\dot{I} + u \qquad I = C\dot{u}\ ; \Rightarrow \quad 5LC\ddot{u} + u = \mathcal{E}$

$U(t) = \mathcal{E} + A\cos\left(\frac{t}{\sqrt{5LC}} + \varphi\right)$ В начальный момент

$I(t) = -A\sqrt{\frac{C}{5L}}\sin\left(\frac{t}{\sqrt{5LC}} + \varphi\right)$ $I(0) = 0 \quad u(0) = 0$

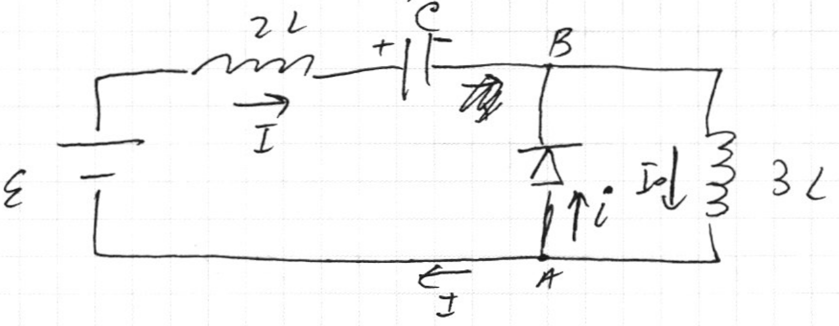
$\varphi = 0\ ;\ A = -\mathcal{E}$

$U(t) = \mathcal{E}\left(1 - \cos\frac{t}{\sqrt{5LC}}\right) \quad I(t) = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}\sin\left(\frac{t}{\sqrt{5LC}}\right)$

$\varphi_A - \varphi_B = -3L\dot{I} = -3L\cdot\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}\cdot\frac{1}{\sqrt{5LC}}\cos\left(\frac{t}{\sqrt{5LC}}\right) =$

$= -\frac{3}{5}\mathcal{E}\cos\left(\frac{t}{\sqrt{5LC}}\right)$. Видно, что через время $t \geq \frac{\pi}{2}\sqrt{5LC}$ $\varphi_A - \varphi_B$ будет ≥ 0. Значит через время $t_1 = \frac{\pi}{2}\sqrt{5LC}$ диод откроется и $\varphi_A - \varphi_B = 0$, т.к. диод идеальный. Но тогда

$3L\dot{y} = 0 \;\Rightarrow\; y = I_0 = const$



В момент времени t_1

$U = \mathcal{E}$

$I = I_0 = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$

Начиная с момента времени t_1 $\varphi_A - \varphi_B = 0$

$I + i = I_0$. Диод будет открыт до тех пор, пока $i \geqslant 0$.

$I = C\dot{u}$

$\mathcal{E} = 2L\dot{I} + U \;\Rightarrow\; 2LC\ddot{u} + u = \mathcal{E}$

$U(t) = \mathcal{E} + A\sin\left(\frac{t}{\sqrt{2LC}} + \varphi\right)$ где $t=0$ - момент открытия диода

$I(t) = A\sqrt{\frac{C}{2L}}\cos\left(\frac{t}{\sqrt{2LC}} + \varphi\right)$

$U(0) = \mathcal{E}$

$I(0) = I_0$

$\varphi = 0$ $\quad A\sqrt{\frac{C}{2L}} = I_0 \;\Rightarrow\; A = \sqrt{\frac{2L}{C}} \cdot \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}} = \sqrt{\frac{2}{5}}\,\mathcal{E}$

$U(t) = \mathcal{E}\left(1 + \sqrt{\frac{2}{5}}\sin\left(\frac{t}{\sqrt{2LC}}\right)\right)$

$I(t) = I_0\cos\left(\frac{t}{\sqrt{2LC}}\right)$. Но тогда $i = I_0\left(1 - \cos\frac{t}{\sqrt{2LC}}\right)$

$i \geqslant 0$ при любом t. Значит с момента открытия диод больше никогда не закроется и $T = 2\pi\sqrt{2LC}$

$I_{01} = I_{02} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

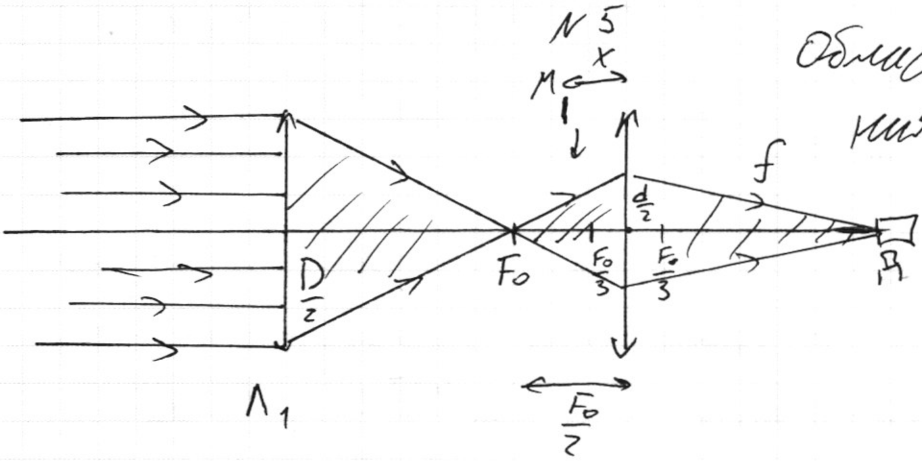
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 5



Область распространения лучей заштрихована.

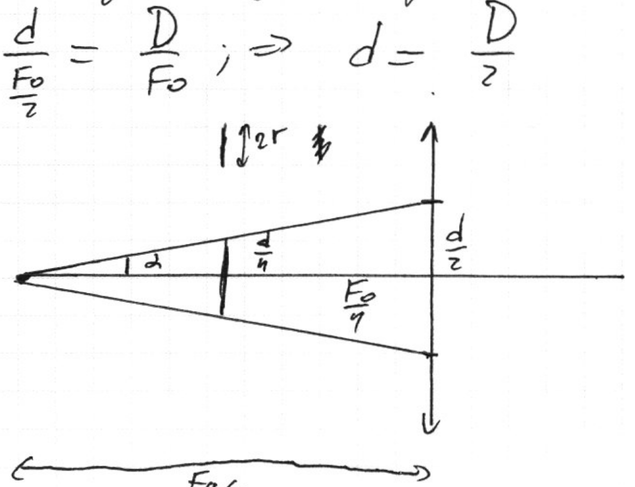
Первая линза формирует изображение пучка в своём фокусе.

Запишем формулу тонкой линзы для второй линзы $\frac{2}{F_0}+\frac{1}{f}=\frac{3}{F_0}$; $\Rightarrow$ $f=F_0$ - расстояние между Λ_2 и детектором.

$x=\frac{3}{2}F_0-\frac{5}{4}F_0=\frac{F_0}{4}$. Диаметр области, куда попадают лучи, на второй линзе равен d. Тогда из подобия треугольников

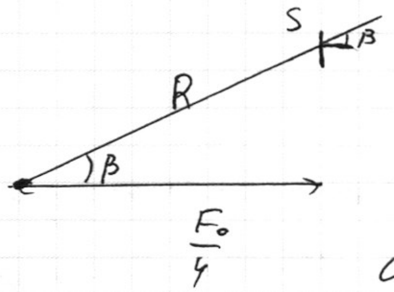
$\frac{d}{\frac{F_0}{2}}=\frac{D}{F_0}$; $\Rightarrow$ $d=\frac{D}{2}$

$\alpha=\frac{2D}{2\cdot 2\cdot F_0}=\frac{D}{2F_0}\ll 1$ т. к. $D\ll F_0$.



Радиус мишени равен r. Т.к. $r<d$, то $r\ll F_0$.

Найдём телесный угол, который закрывает мишень. Т.к. $r << F_0$, то



$$\Omega = \frac{S\cos\beta}{R^2} = \frac{16S}{F_0^2}\cos^3\beta \qquad R = \frac{F_0}{4\cos\beta}$$

Т.к. $\beta \le \alpha$, то $\beta << 1$

$$\cos\beta \approx 1 - \frac{\beta^2}{2} \approx 1$$

Значит $\Omega = \frac{16\pi r^2}{F_0^2}$. Т.к. $\alpha << 1$, то общий телесный угол, в который попадает свет, идущий в детектор, $\Omega_0 = \frac{4\pi d^2}{4 \cdot F_0^2} = \frac{\pi \cdot D^2}{F_0^2 \cdot 4}$

$P \sim \Omega \sim I$; $\Rightarrow$ $I_0 = k\Omega_0$; $I_1 = k(\Omega_0 - \Omega)$

Значит $\Omega = \frac{1}{9}\Omega_0$ $\quad \frac{16\pi r^2}{F_0^2} = \frac{1}{9} \cdot \frac{\pi D^2}{4F_0^2}$

$4r = \frac{D}{3 \cdot 2} \Rightarrow r = \frac{D}{24}$. Но тогда за время τ_0 мишень ~~полностью~~ входит в область ~~ра~~ распространения света и $v\tau_0 = 2r = \frac{D}{12}$; $\Rightarrow$

$\Rightarrow v = \frac{D}{12\tau_0}$. За время t_1 - мишень пересекает всю область и $vt_1 = \frac{d}{2} = \frac{D}{4}$

$t_1 = \frac{12 D \cdot \tau_0}{4 \cdot D} = 3\tau_0$

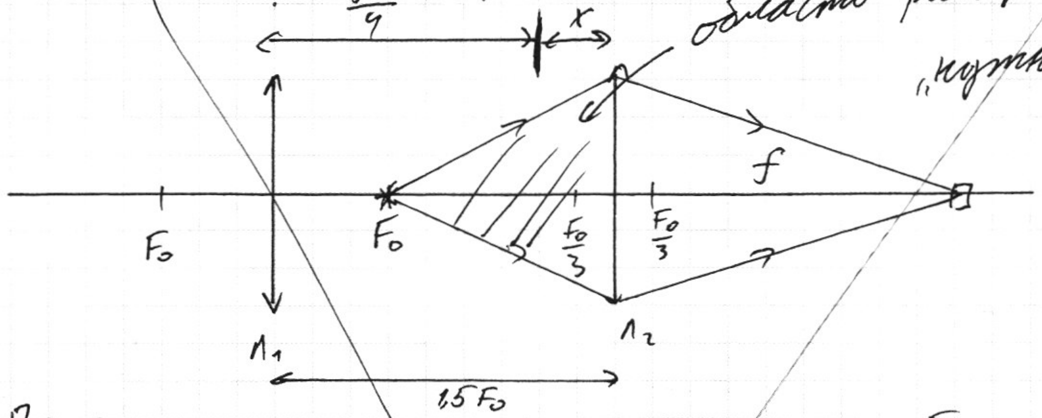
Ответ: $f = F_0$; $v = \frac{D}{12\tau_0}$; $t_1 = 3\tau_0$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

область распространения „нужных" лучей



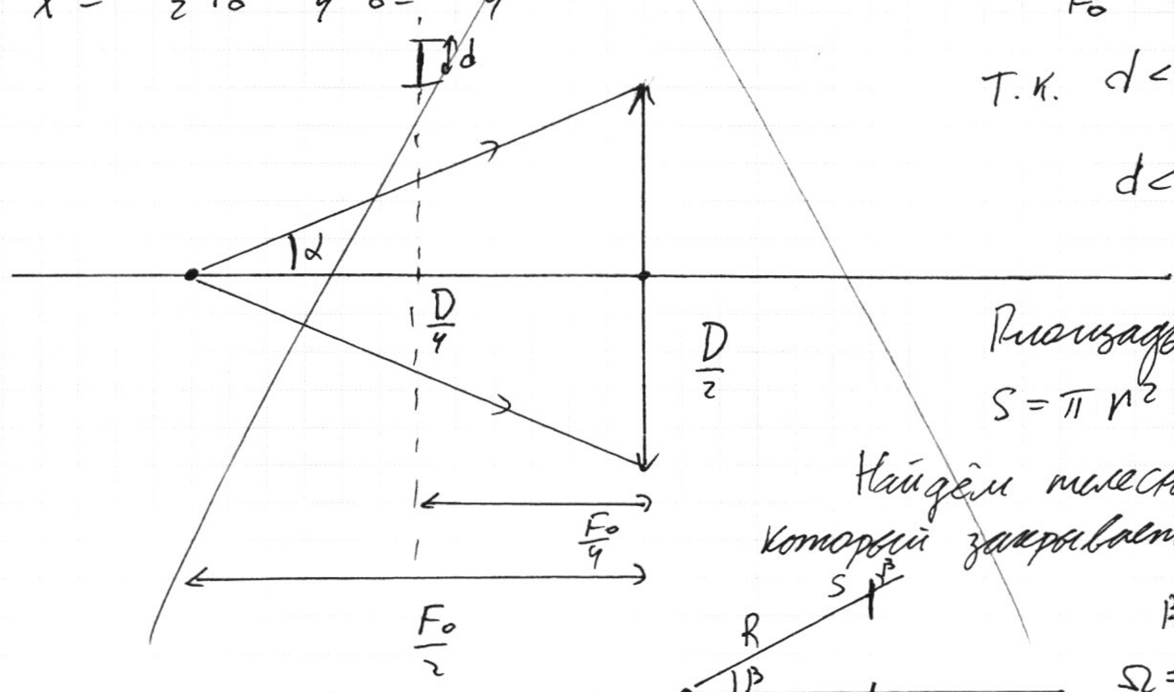
Первая линза формирует изображение пучка в своём фокусе

Запишем формулу тонкой линзы для второй линзы: $\frac{2}{F_0}+\frac{1}{f}=\frac{3}{F_0}$;⇒ $\frac{1}{f}=\frac{1}{F_0}$;⇒ $f=F_0$ - расстояние между $Л_2$ и детектором.

$x=\frac{3}{2}F_0-\frac{5}{4}F_0=\frac{F_0}{4}$

$\alpha=\frac{D}{F_0}\ll 1$

Т.к. $d<D$, то $d\ll F_0$



Площадь диска $S=\pi r^2$

Найдём телесный угол, который закрывает диск

$\beta<\alpha$

$\Omega=\frac{S\cos\beta}{R^2}$

Т.к. ~~δff~~ $r \ll F_0$ и $\beta < \alpha \ll 1$

Тогда $\cos\beta = 1 - \frac{\beta^2}{2} \approx 1$ $\quad \Omega = \frac{16\,S}{F_0^2}$

$R = \frac{F_0}{4\cos\beta} \approx \frac{F_0}{4}\left(1 + \frac{\beta^2}{2}\right) \approx \frac{F_0}{4}$. Телесный угол, в который попадает свет, падающий на линзу:

$\Omega_0 = \frac{4\pi D^2}{4 \cdot F_0^2} = \frac{\pi D^2}{F_0^2}$. $P \sim \Omega \sim I$, тогда

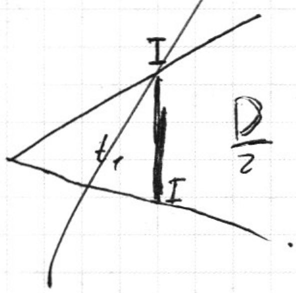
$I_0 = k\Omega_0$ $\qquad \frac{\Omega_0 - \Omega}{\Omega_0} = \frac{8}{9}$ $\qquad \Omega = \frac{1}{9}\Omega_0$

$I_1 = k(\Omega_0 - \Omega)$

$\frac{16\pi r^2}{F_0^2} = \frac{1}{9}\frac{\pi D^2}{F_0^2}$ $; \Rightarrow r = \frac{D}{12}$

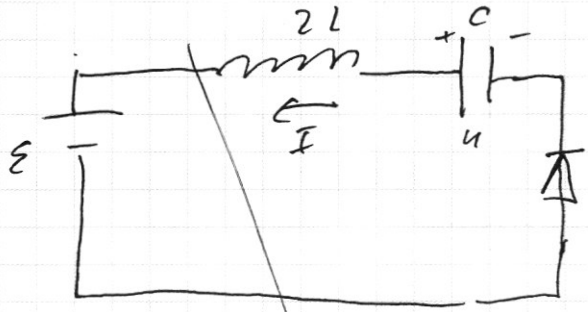
Но тогда $v\tau_0 = 2r = \frac{D}{6}$ $; \Rightarrow v = \frac{D}{6\tau_0}$

При этом



$v t_1 = \frac{D}{2}$

$t_1 = \frac{D}{2v} = \frac{D\,6\tau_0}{2 \cdot D} = 3\tau_0$



$U = 2L\dot{I} + \mathcal{E}$

$I = -C\dot{u}$

$I(0)=0$

$u(0)=2\mathcal{E}$

$2LC\ddot{u} + u = \mathcal{E} \; ; \Rightarrow \; u(t) = A\cos\left(\frac{t}{\sqrt{2LC}} + \varphi\right) + \mathcal{E}$

$I(t) = A\sqrt{\frac{C}{2L}}\sin(\Omega t + \varphi) \; ; \; \varphi = 0$

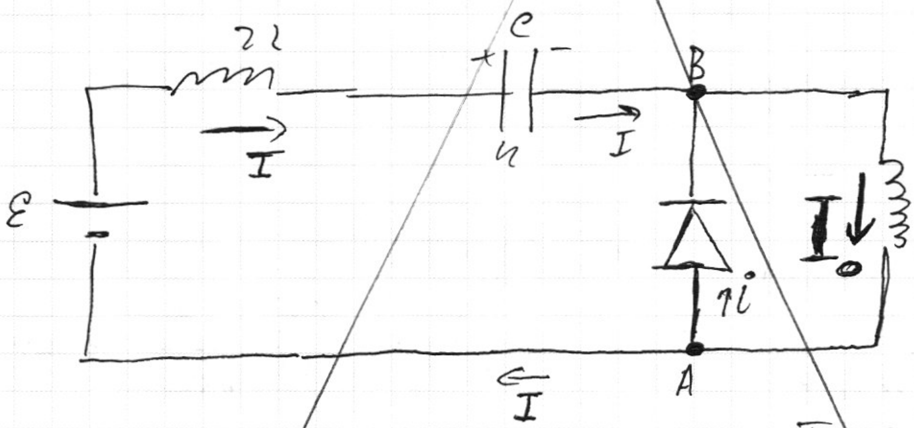
$A = \mathcal{E} \; ; \Rightarrow \; I(t) = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}\sin\Omega t \quad \Omega = \frac{1}{\sqrt{2LC}}$

$u(t) = \mathcal{E}(1 + \cos\Omega t)$

И через время $T_2 = \pi\sqrt{2LC}$ система вернётся в начальное положение

$T = \pi\sqrt{2LC} + \pi\sqrt{5LC}$

$I_{01} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}} \qquad I_{02} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}} \qquad \varphi_A - \varphi_B = -3L\dot{J}$



$I_0 = i + I$

$I(0) = I_0 = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$

$u(0) = \mathcal{E}$

$I = C\dot{u}$

$\varphi_A - \varphi_B = u + 2L\dot{I} - \mathcal{E} = 0$

$BC\Omega = I_0$

$u = A\cos\Omega t + B\sin\Omega t + \mathcal{E}$

$BC\frac{1}{\sqrt{2LC}} = \frac{\mathcal{E}\sqrt{C}}{\sqrt{5L}} \quad A=0$

$B = \sqrt{\frac{2}{5}}\mathcal{E}$

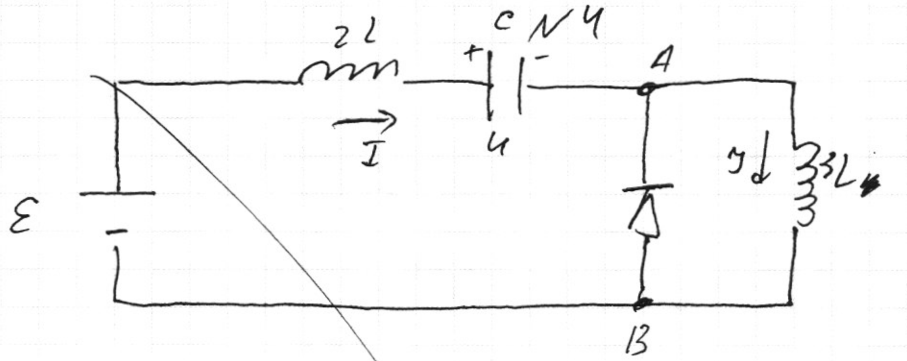
$I = -CA\Omega\sin\Omega t + BC\Omega\cos\Omega t$

$u(t) = \mathcal{E} + \sqrt{\frac{2}{5}}\mathcal{E}\sin\Omega t \qquad I(t) = I_0\cos(\Omega t)$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



В начальный момент диод закрыт, т.к. $\varphi_A - \varphi_B > 0$.

Значит $I = J$; $\Rightarrow$ $\mathcal{E} = u + 2L\dot{I} + 3L\dot{I} = u + 5L\dot{I}$

$I = C\dot{u}$; $\Rightarrow$ $\mathcal{E} = u + 5LC\ddot{u}$ $\qquad u = z + \mathcal{E}$

$5LC\ddot{z} + z = 0 \qquad z = A\cos(\omega t + \varphi)$; $\omega = \frac{1}{\sqrt{5LC}}$

$u(t) = \mathcal{E} + A\cos(\omega t + \varphi) \qquad u(0) = 0$

$I = -\omega C A \sin(\omega t + \varphi) \qquad I(0) = 0$; $\Rightarrow \varphi = 0$

$0 = \mathcal{E} + A$; $\Rightarrow$ $A = -\mathcal{E}$

$u(t) = \mathcal{E}(1 - \cos\omega t)$

$I(t) = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}\sin\omega t$

$\varphi_A - \varphi_B = 3L\dot{I} = 3L\cdot\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}\cdot\frac{1}{\sqrt{5LC}}\cos\omega t = \frac{3\mathcal{E}}{5}\cos\omega t$

Через время $T_1 = \pi\sqrt{5LC}$ ток обнулится и начнёт течь в другую сторону, диод откроется, и через катушку L_1 ток ~~этот~~ не потечёт.