Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

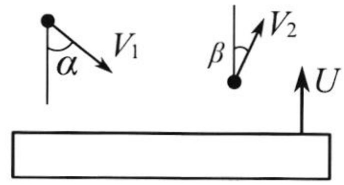
Класс 11

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.

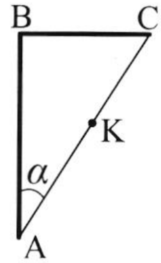
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона $T_1 = 320$ 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?

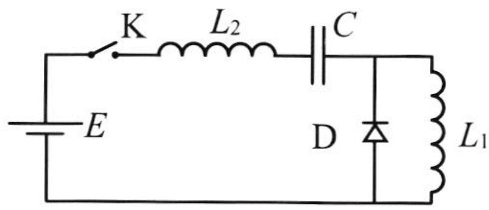
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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 $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. 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 $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, 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.

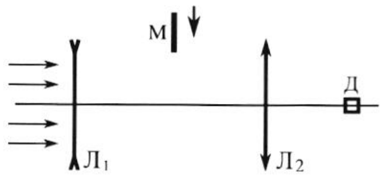


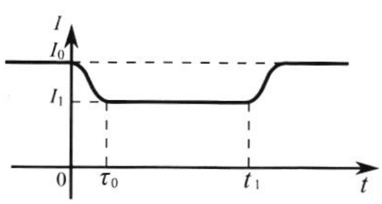
1) Найти период T этих колебаний.

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.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

$v_1 = 18$ м/с

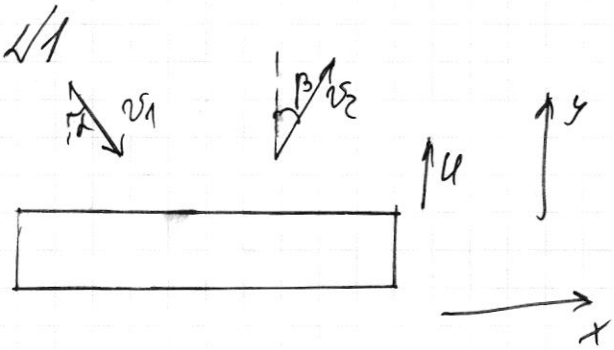
$\sin\alpha = \frac{2}{3}$

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

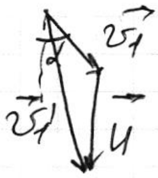
---

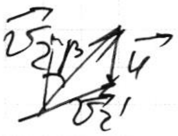
v_2 - ?

u - ?



В СО плиты:





Стоит отметить, что т.к. $\vec{u}$ направлена вверх и поверхность гладкая, то ударная сила на шарик действует вдоль оси Oy => вдоль оси Ox $\Sigma \vec{F} = 0$ => ~~во время~~ =>

=> закон сохранения импульса =>

$=> m v_1 \sin\alpha = m v_2 \sin\beta$ (плита массивная, её скорость не изменяется)

$\Downarrow$

$v_2 = \frac{v_1 \sin\alpha}{\sin\beta} => v_2 = \frac{v_1 \cdot \frac{2}{3}}{\frac{3}{5}} => v_2 = v_1 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{5}{3} =>$

$=> v_2 = v_1 \cdot \frac{10}{9} =>$

$=> v_2 = 18$ м/с $\cdot \frac{10}{9} => v_2 = 20$ м/с

Рассмотрим теперь действие ударных сил на шарик: ~~закон~~ Второй закон Ньютона в импульсной форме на Oy: $F_{уд} t_{уд} = m v_2 \cos\beta - (-m v_1 \cos\alpha) => F_{уд} t_{уд} = m v_2 \cos\beta + m v_1 \cos\alpha$

№1

В СО плиты:

$\frac{1}{2}$ $\alpha \cdot 2\pi$

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

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

$\cancel{\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + Q}$

8,31 + 60 = 498,60

$\cancel{F_{уд}\,dt =}$

$v_1 \cos\alpha + u$

$\cancel{F_{уд}\,dt = v_2\cos\beta - u + (v_1\cos\alpha + u)}$

$F_{уд}\,dt = mv_2\cos\beta + mv_1\cos\alpha$

$\cancel{v_1\cos\alpha + u}$

$\sqrt{5} = 2{,}25$ м/с

$\cancel{v_1\cos\alpha + 2u}$ $v_1\cos\alpha + 2u - (-v_1\cos\alpha)$

6,75 м/с

$v_1\cos\alpha + 2u + v_1\cos\alpha$

$\cancel{F_{уд}\,dt = 2mv}$

2,25 + 6 = 13,50

0,5 + 2

$\frac{2{,}5}{2} = 1{,}25$

10x

№2

$p_0 \frac{T_1}{T_0} = \frac{p_0}{p} \cdot \frac{V_A}{V_{A1}}$

$V_{kp} = V_A \cdot \frac{10}{8}$

$V_A \frac{18}{8} V_A = V_0$

$\frac{T_1}{T_0} = \frac{V_A}{V_{A1}}$

$\frac{T_1}{T_0} = \frac{p_0}{p} \cdot \frac{\frac{8}{18}V_0}{\frac{V_0}{2}} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{T_1}{T_0} = \frac{p_0}{p} \cdot \frac{8}{9}$

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

$\frac{320}{360}\ \frac{8}{9} \Rightarrow p_0 = p$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Р/м тогда граничные случаи: Если удар абсолютно упругий =>~~
~~=> $v_1\cos\alpha + 2u = v_2\cos\beta$~~

$\sin\alpha = \frac{2}{3} \Rightarrow \cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} \Rightarrow \cos\alpha = \sqrt{1-\frac{4}{9}} \Rightarrow$

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

$\sin\beta = \frac{3}{5} \Rightarrow \cos\beta = \sqrt{1-\sin^2\beta} \Rightarrow \cos\beta = \sqrt{1-\frac{9}{25}} \Rightarrow \cos\beta = \frac{4}{5}$

Р/м в СО плиты:

$\downarrow v_1\cos\alpha + u \qquad \uparrow v_2\cos\beta - u$

Р/м граничный случай упругого удара, т.к. при всех остальных будут потеряны энергии и скорость будет меньше => (из рассуждения в СО плиты) => тогда будет верно, что $v_1\cos\alpha - 2u = v_2\cos\beta$ =>

~~$u = \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2}$~~

$v_2\cos\beta - u < v_1\cos\alpha + u \Rightarrow 2u > v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow u > \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2} \Rightarrow u > \frac{\frac{v_1\sin\alpha}{\sin\beta}\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow u > \frac{\frac{18\,м/с\cdot\frac{2}{3}}{\frac{3}{5}}\cdot\frac{4}{5} - 18\,м/с\cdot\frac{\sqrt{5}}{3}}{2} \Rightarrow u > \frac{16\,м/с - 6\sqrt{5}\,м/с}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow u > 8\,м/с - 3\sqrt{5}\,м/с$

$\sqrt{5} \approx 2{,}23 \Rightarrow 6\cdot\sqrt{5} \approx 13{,}5\,м/с \Rightarrow u > 1{,}25\,м/с$

Ответ: $v_2 = 20\,м/с$; $u > 1{,}25\,м/с$

№2

$\nu = \frac{3}{5}$ моль
$T_1 = 320K$
$T_2 = 400K$
$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

$\frac{V_{A}}{V_{Kp}}$; T_0; Q

Уравнения Менделеева-Клапейрона для идеального газа:

$p_0 \cdot V_A = \nu R T_1$

$p_0 \cdot V_{Kp} = \nu R T_2$

(давления изначально равны, т.к. поршень неподвижен изначально) =>

$\Rightarrow \frac{V_A}{V_{Kr}} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{V_A}{V_{Kr}} = \frac{320K}{400K} \Rightarrow \frac{V_A}{V_{Kp}} = \frac{8}{10} \Rightarrow \frac{V_A}{V_{Kp}} = 0{,}8$

Если в сосуде температура установилась, поршень никуда не двигается $\Rightarrow \boxed{p_1 = p_2}$ $^{\text{"}p\text{"}}$ =>

$\Rightarrow p \cdot V_{A_H} = \nu R T_0$

$p \cdot V_{Kp_H} = \nu R T_0 \Rightarrow \frac{V_{A_H}}{V_{Kr_H}} = 1 \Rightarrow$ объёмы газов в этот момент равны.

Т.к. поршень двигается медленно => силы давления в каждый момент уравновешивают друг друга, => работы по перемещению поршня одного и другого газа взаимнообратны (по знаку) => можем рассмотреть всю систему:

ЗСЭ для всей системы:

$\frac{3}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_2 = \frac{3}{2} \cdot 2\nu R T_0 \Rightarrow T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2} \Rightarrow T_0 = \frac{320K + 400K}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow T_0 = 360K$

(тепло тоже только между газами передаётся)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Первое начало термодинамики для аргона:

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

Т.к. поршень двигался медленно давление $p = const \Rightarrow$

$$\Rightarrow Q = p \cdot \Delta V_{Ar} + \frac{3}{2}\nu R(T_0 - T_1)$$

$$p = \frac{\nu R T_1}{V_{Ar}} \Rightarrow Q = \frac{\nu R T_1}{V_{Ar}} \cdot (V_{Ak} - V_{Ar}) + \frac{3}{2}\nu R(T_0 - T_1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = \frac{\nu R T_1 \cdot V_{Ak}}{V_{Ar}} - \nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_0 - \frac{3}{2}\nu R T_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = \frac{\nu R T_1 \cdot V_{Ak}}{V_{Ar}} - \frac{5}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_0$$

$$V_{kp} = V_{Ar}\frac{10}{8} \Rightarrow V_A + \frac{10}{8}V_{Ar} = V_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{Ar} = \frac{8}{18}V_0 \Rightarrow V_{Ak} = \frac{V_0}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_{Ak}}{V_{Ar}} = \frac{V_0}{2} \cdot \frac{18}{8 V_0} \Rightarrow \frac{V_{Ak}}{V_{Ar}} = \frac{9}{8} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = \nu R T_1 \cdot \frac{9}{8} - \frac{5}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_0$$

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

$$\Rightarrow Q = \nu R T_1\left(\frac{9}{8} - \frac{5}{2}\right) + \frac{3}{2}\nu R\left(\frac{T_1 + T_2}{2}\right) \Rightarrow Q = \frac{-11}{8}\nu R T_1 + \frac{3}{4}\nu R T_1 + \frac{3}{4}\nu R T_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = \left(-\frac{11}{8} + \frac{3}{4}\right)\nu R T_1 + \frac{3}{4}\nu R T_2 \Rightarrow Q = -\frac{5}{8}\nu R T_1 + \frac{3}{4}\nu R T_2 \Rightarrow \cancel{Q = -\frac{5}{8} \cdot 3}$$

$$\Rightarrow Q = \nu R\left(-\frac{5}{8}T_1 + \frac{3}{4}T_2\right) \Rightarrow Q = \frac{3}{5}\text{ моль} \cdot 8{,}31\frac{Дж}{моль \cdot К}\left(-\frac{5}{8} \cdot 340К + \frac{3}{4} \cdot 400К\right) \Rightarrow$$

$Q \approx 499\,Дж$

$$\Rightarrow Q = \frac{3}{5}\text{ моль} \cdot 100К \cdot 8{,}31\frac{Дж}{К \cdot моль} \Rightarrow$$

Ответ: $\frac{V_A}{V_{Ar}} = 0{,}8$; $T_0 = 360К$; $Q \approx 499\,Дж$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

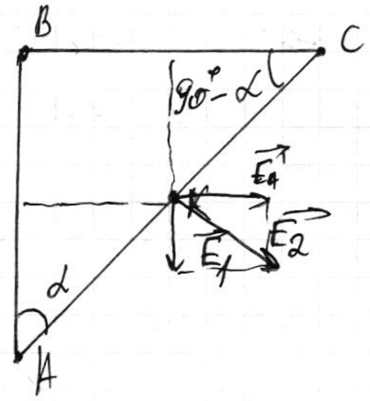
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

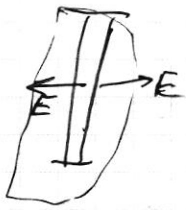
$\alpha = \frac{\pi}{4}$ $(\alpha = 45^\circ)$
$AK = KC$

$\frac{E_1}{E_2}$; E_K

Т.к. пластины бесконечные, то по теореме Гаусса для пластины:



$\frac{\sigma \cdot S}{\varepsilon_0} = 2E \cdot S$ $\Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$



(перпендикулярно поверхности пластины)

$E_1 = \frac{\sigma_{BC}}{2\varepsilon_0}$

Для $E_A' = \frac{\sigma_{BC}}{2\varepsilon_0}$ По принципу суперпозиции полей:

$\vec{E_A}' + \vec{E_1} = \vec{E_2} \Rightarrow E_2 = \sqrt{E_A'^2 + E_1^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow E_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{\sigma_{BC}}{\varepsilon_0} \Rightarrow$

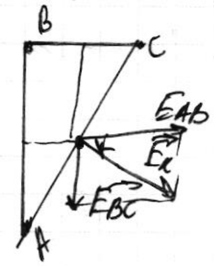
$\Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} \approx 1,41$

Теперь посмотрим другую ситуацию, где $\alpha = \frac{\pi}{9}$

$\sigma_{BC} = \sigma$
$\sigma_{AB} = \frac{2\sigma}{7}$

из принципа суперпозиции полей:

$\vec{E_A} = \vec{E_{BC}} + \vec{E_{AB}}$



$E_{BC} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ $E_{AB} = \frac{\sigma}{7\varepsilon_0} \Rightarrow E_a = \sqrt{E_{BC}^2 + E_{AB}^2} \Rightarrow$

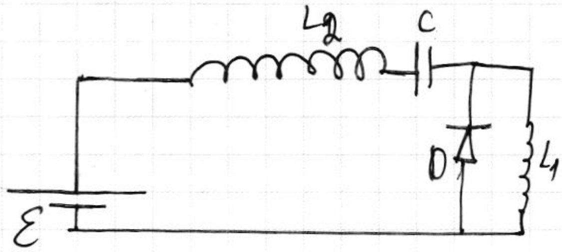
$\Rightarrow E_K = \sqrt{\frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2} + \frac{\sigma^2}{49\varepsilon_0^2}} \Rightarrow E_K = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{1}{4}+\frac{1}{49}} \Rightarrow E_K = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\cdot\frac{\sqrt{53}}{2\cdot 7} \Rightarrow$

$\Rightarrow E_K = \frac{\sigma}{14\varepsilon_0}\cdot\sqrt{53}$

Стоит отметить, что значение угла α не столь важно в данной задаче, т.к. точка K находится в поле бесконечных пластин и на середине отрезка.

Ответ: $\frac{E_2}{E_1}=\sqrt{2}$; $E_K = \frac{\sqrt{53}}{14}\cdot\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

№4



$L_1=5L$
$L_2=4L$
C
$\mathcal{E}$

$T;\ I_{01};\ I_{02}$

Изначально диод закрыт (пока ток не пойдёт обратно через L_1 он и будет закрыт)

Если диод откроется, то $I_{L_1}=const$

Тогда понятно, что происходит в цепи: изначально ток идёт через 2 катушки, но потом в одной течёт постоянный ток, а в диоде нет (а он открыт) (диод идеальный) $\Rightarrow$

$\Rightarrow \cancel{-\mathcal{E}+}\ -\mathcal{E} - \left(-L_2\frac{dI}{dt}\right) + \frac{q}{C} - \left(-L_1\frac{dI}{dt}\right) = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow (L_2+L_1)\frac{dI}{dt} + \frac{q}{C} = \mathcal{E} \Rightarrow \ddot{q} + \frac{q}{C(L_2+L_1)} = \frac{\mathcal{E}}{L_2+L_1}$ уравнение гармонических колебаний

$q = A\cos(\omega t+\varphi_0) + C\mathcal{E}$; $q(0)=0$

$\dot{q}(0)=0$ (т.к. ток не может мгновенно возрасти, есть $\dot{I}$)

$-A\omega\sin\varphi_0 = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0 \Rightarrow 0 = A + C\mathcal{E} \Rightarrow A = -C\mathcal{E} \Rightarrow q = C\mathcal{E}(1-\cos\omega t)$

$\dot{q} = C\mathcal{E}\cdot\omega\cdot\sin\omega t$

Но т.к. нам мешает диод ещё, то нам нужно здесь взять только эту часть времени, где $\dot{q}>0$ =>

=> понятно, что это полпериода таких колебаний

$$\omega=\sqrt{\frac{1}{C(L_2+L_1)}} \Rightarrow T_1=\frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow T_1=2\pi\sqrt{C(L_2+L_1)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_1'=\pi\sqrt{(L_2+L_1)\cdot C}$$

Далее участвует в колебаниях только L_2 и C =>

$$\Rightarrow -\mathcal{E}+L_2\frac{dI}{dt}+\frac{q}{C}=0 \Rightarrow \mathcal{E}=\frac{q}{C}+L_2\frac{dI}{dt} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \ddot{q}+\frac{q}{L_2C}=\frac{\mathcal{E}}{L_2}$$ – уравнение гармонических колебаний, положительное направление тока по часовой стрелке.

Тут всё аналогично предыдущим колебаниям, берём половину периода =>

$$\Rightarrow T_2'=\pi\sqrt{L_2C} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T=T_1'+T_2'=$$

$$\Rightarrow T=\pi\sqrt{C}\left(\sqrt{L_2}+\sqrt{L_1+L_2}\right) \Rightarrow T=\pi\sqrt{C}\cdot\left(\sqrt{4L}+\sqrt{9L}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T=\pi\sqrt{LC}\left(\sqrt{4}+\sqrt{9}\right) \Rightarrow T=\pi\sqrt{LC}\left(\sqrt{4}+3\right) \Rightarrow T=5\pi\sqrt{LC}$$

$$q=A_n\cos(\omega_n t+\varphi_0)+C\mathcal{E}$$

$q(0)=2C\mathcal{E}$ => $A_n+C\mathcal{E}=2C\mathcal{E} \Rightarrow A_n=C\mathcal{E} \Rightarrow q=C\mathcal{E}\cos\omega_n t+C\mathcal{E}$ =>

$\dot{q}(0)=0 \Rightarrow \varphi_0=0$

$$\Rightarrow q=C\mathcal{E}(1+\cos\omega_n t) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{q}=-C\mathcal{E}\omega_n\sin\omega_n t$$

(ток через L_2, пока снова не станет положительным)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$8{,}31 - 60 = 49{,}86$$

$$\frac{5}{2} R \nu (T_0 - T_1) = \frac{5}{2} \cdot 8{,}31 \cdot \frac{3}{5} \cdot (3601 - 3204)$$

$$8{,}31 \cdot \frac{3}{2} \cdot 404$$

$$60 \cdot 8{,}31$$

$$\sqrt{53}$$

$$7{,}1 \cdot 7{,}1 = 50{,}41$$

$$7{,}2 \cdot 7{,}2 = 51{,}84$$

$$7{,}3 \cdot 7{,}3 = 53{,}29$$

$$7{,}25 \cdot 7{,}25 = 5$$

$$7{,}3 \quad \frac{73}{10} \quad \frac{72}{10}$$

☑ 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

Т.к. во время „выпущения" диода „в игру", ток через L_1 был $I_1=0$ => во время диода, т.к. $\varphi=0$ =>

=> $L\frac{dI_1}{dt}=0$ => $I_1=const$ => $I_1=0$ =>

=> если мы хотим найти максимальное значение тока, то как мы уже знаем, что

$I=C\mathcal{E}\omega\sin\omega t$ => $I_{L01}=C\mathcal{E}\cdot\sqrt{\frac{1}{C(L_2+L_1)}}$ => $I_{L01}=C\mathcal{E}\sqrt{\frac{1}{C\cdot 9L}}$ =>

=> $I_{L01}=\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{9L}}$ => $I_{L01}=\frac{\mathcal{E}}{3}\cdot\sqrt{\frac{C}{L}}$

С током I_{L02} всё немного сложнее, т.к. там 2 зависимости и обе они зависят от времени =>

=> $I_{21}=C\mathcal{E}\cdot\sqrt{\frac{1}{C(L_2+L_1)}}$ => $I_{21}=\frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$

$|I_{22}|=C\mathcal{E}\cdot\sqrt{\frac{1}{CL_2}}$ => $|I_{22}|=\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{4L}}$

$\sqrt{\frac{C}{4L}} > \sqrt{\frac{C}{9L}}$ =>

=> $\frac{1}{\sqrt{4}} > \frac{1}{\sqrt{9}}$

$\sqrt{4}<\sqrt{9}$ =>

=> ~~I_{L02}~~ ~~$I_{L02}=\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$~~ $I_{L02}=\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{4L}}$ => $I_{L02}=\frac{\mathcal{E}}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$

Т.к. мы делали замену $\mathcal{E}=\mathcal{E}_1$ и $I_{L02}=I_{02}$

$I_{L01}=I_{01}$ =>

Тогда:

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

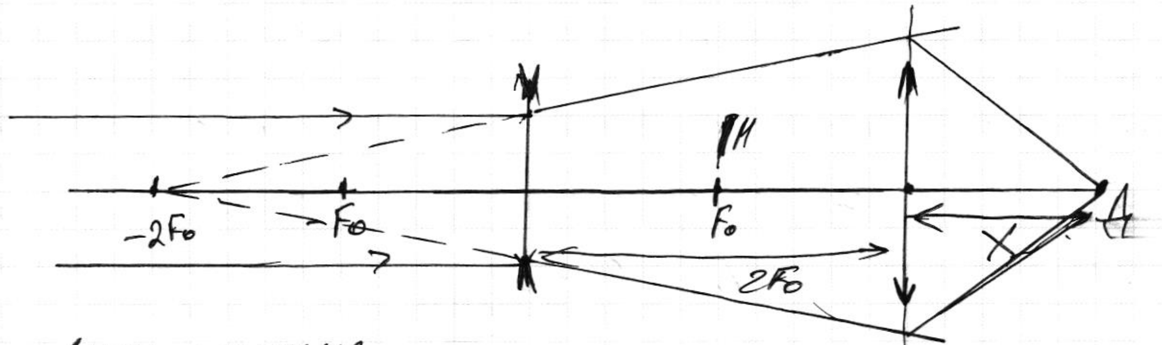
~~Ответ: $T=\pi\sqrt{LC}(\sqrt{5}+3)$; $I_{01}=\frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$; $I_{02}=\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$~~

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

№5

F_0
P
τ_0
___
$x; v; t_1$

Т.к. свет фокусируется в фотодетекторе, то там и пересекаются лучи:



Лучи, идущие параллельно главной оптической оси пересекаются в фокусе линзы (или продолжения лучей) => по формуле тонкой линзы:

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

$J = \frac{P}{S}$ — интенсивность падающего света

$I \sim P \Rightarrow I \sim J \cdot S \Rightarrow I \sim S \Rightarrow$ момент уменьшения тока означает, что часть линзы перекрывается, а дальше эта часть постоянна, пока снова не выйдет мишень.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 9
(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Из подобия:

$\frac{3F_0}{4F_0} = \frac{d}{d_н} \Rightarrow d_н = \frac{4}{3}d$, d - диаметр мишени, $d_н$ - диаметр тени от мишени на линзе $\Rightarrow$

$\Rightarrow I_0 \sim \frac{\pi D^2}{4}$

$I_1 \sim \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d_н^2}{4} \Rightarrow \frac{I_0}{I_1} = \frac{D^2}{D^2 - \frac{16}{9}d^2} \Rightarrow \frac{I_0 \cdot 16}{7 I_0} = \frac{D^2}{D^2 - \frac{16}{9}d^2} \Rightarrow$

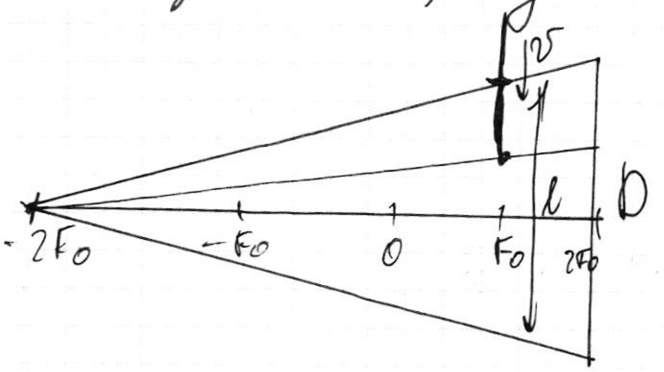
$\Rightarrow 7D^2 = 16D^2 - \frac{16\cdot16}{9}d^2 \Rightarrow 7D^2 - 16D^2 = -\frac{16\cdot16 d^2}{9} \Rightarrow$

$\Rightarrow -9D^2 = -\frac{16\cdot16d^2}{9} \Rightarrow 9\cdot9D^2 = 16\cdot16\,d^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow d^2 = \frac{9}{16}\cdot\frac{9}{16}D^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow d = \frac{9}{16}D$

Нарисуем хороший рисунок:



За время τ_0 ток уменьшился до $\frac{I_0}{16}$ I_1, т.е. это значит, что мишень полностью въехала в область „видимости" линзы за время $\tau_0 \Rightarrow \upsilon = \frac{d}{\tau_0} \Rightarrow \upsilon = \frac{9}{16}\frac{D}{\tau_0}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

понятно, что пока мишень Ежова не уйдёт из области видимости график будет ровный =>

=> из подобия: $\frac{l}{3F_0} = \frac{D}{4F_0} \Rightarrow l = \frac{3}{4}D \Rightarrow$

$\Rightarrow v(t_1 - \tau_0) = \frac{3}{4}D - d \Rightarrow v(t_1 - \tau_0) = \frac{3}{4}D - \frac{9}{16}D \Rightarrow$

$\Rightarrow v(t_1 - \tau_0) = \frac{12D - 9D}{16} \Rightarrow v(t_1 - \tau_0) = \frac{3}{16}D \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{\overset{3}{\cancel{9}}}{\cancel{16}} \frac{\cancel{D}}{\tau_0}(t_1 - \tau_0) = \frac{3}{\cancel{16}}\cancel{D} \Rightarrow 3t_1 - 3\tau_0 = \tau_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow t_1 = \frac{4}{3}\tau_0$

Ответ: $x = \frac{4}{3}F_0$; $v = \frac{9}{16}\frac{D}{\tau_0}$; $t_1 = \frac{4}{3}\tau_0$