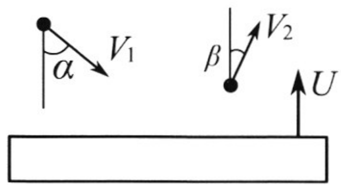
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11

Вариант 11-02

Шифр

(заполняется секретарём)



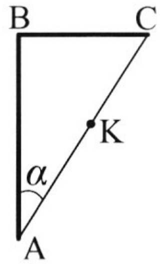
1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 6$ м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{2}{3}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты 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 $T_1 = 330$ 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).

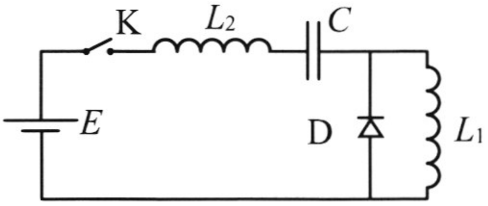
1) Найти отношение начальных объемов гелия и неона.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал неон гелию?



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?

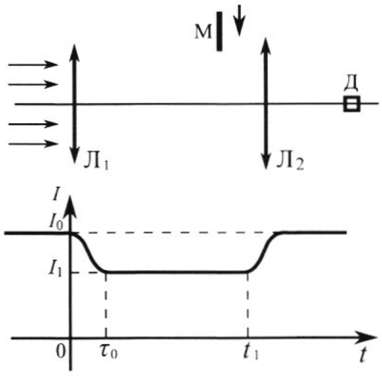
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.



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

№2

Дано:

$\nu = 6/25$ моль

$T_1 = 330$ К

$T_2 = 440$ К

$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль\cdot К}$

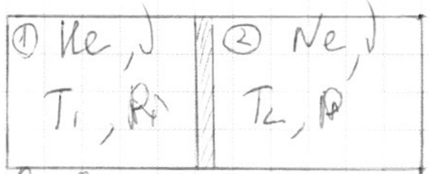
1) $\frac{V_1}{V_2}$ - ?

2) T - ?

3) $Q_{2\to 1}$

Решение:

1) Т.к. поршень изначально неподвижен $\Rightarrow$ Давления на поршень с обоих отсеков равны! при одинаковой площ. $P_1 S = P_2 S \Rightarrow P_1 = P_2$



Для гелия: $P_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow V_1 = \frac{\nu R T_1}{P_1}$

Для неона: $P_2 V_2 = \nu R T_2$

$P_1 V_2 = \nu R T_2 \Rightarrow V_2 = \frac{\nu R T_2}{P_1}$

$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{\nu R T_1}{P_1} \cdot \frac{P_1}{\nu R T_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{330}{440} = \frac{3}{4} = \underline{0{,}75}$

2) Т.к. поршень перемещается медленно то можно считать давление в обоих отсеках неизменным, ~~и равным~~ P_1

Пусть V_1' - новый объем, занимаемый гелием, V - общий объем сосуда, $V = V_1 + V_2$ - сумма начальных объемов. T - установившаяся температура

$P_1 V_1' = \nu R T \Rightarrow V_1' = \frac{\nu R T}{P_1}$

$P_1 (V - V_1') = \nu R T$

$P_1 (V_2 + \frac{3}{4} V_2 - V_1') = \nu R T$

$P_1 (\frac{7}{4} V_2 - V_1') = \nu R T$

$V_2 = \frac{\nu R T_2}{P_1} \Rightarrow P_1 (\frac{7}{4} \frac{\nu R T_2}{P_1} - \frac{\nu R T}{P_1}) = \nu R T$

$\frac{7}{4} \nu R T_2 - \nu R T = \nu R T$

$\frac{7}{4} T_2 = 2T \Rightarrow T = \frac{7}{8} T_2 = \frac{7}{8} \cdot 440 = \frac{7 \cdot 110}{2} = 7 \cdot 55 = \underline{385 \text{ К}}$

3) Т.к. сосуд теплоизолированный, а поршень движется без трения, можем считать что всё тепло, выделившееся при охлаждении неона перейдет гелию.

$Q_{21} = Q_{He} = -Q_{Ne} = \frac{3}{2} \Delta U + A = \Delta U + p\Delta V =$

$= \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$

$$Q_{2\to1} = -\frac{5}{2}\nu R(-T_2+T) = -\frac{5}{2}\nu R\left(-T_2+\frac{7}{8}T_2\right) = \frac{5}{2}\nu R\left(T_2-\frac{7}{8}T_2\right) =$$

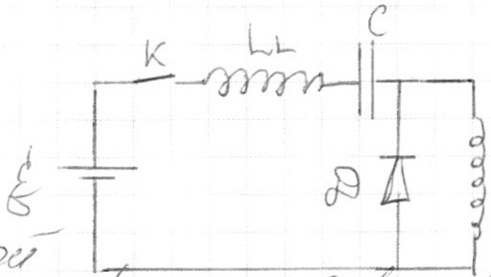
$$= \frac{5}{2}\nu R\cdot\frac{T_2}{8} = \frac{5}{2}\cdot\frac{6}{25}\cdot 8{,}31\cdot\frac{440}{8} = \frac{3}{8}\cdot 55\cdot 8{,}31 =$$

$$= 33\cdot 8{,}31 = 274{,}23 \text{ Дж}$$

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = 0{,}75$; 2) $T = \frac{7}{8}T_2 = 385K$

3) $Q_{2\to1} = \frac{5}{16}\nu R T_2 = 274{,}23$ Дж

№4.

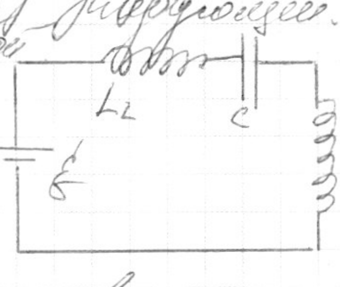


Дано: $\mathcal{E}$, $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$, C

1) T - ?
2) I_{01} - ?
3) I_{02} - ?

Решение:

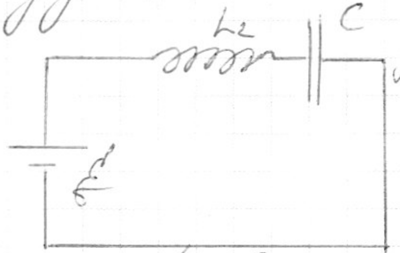
1) При замыкании ключа до полной зарядки конденсатора диод закрыт $\Rightarrow$ схема эквивалентна следующей. Период колебаний в такой схеме по ф-ле Томсона:



$T_1 = 2\pi\sqrt{L_0 C}$, где $L_0 = L_1 + L_2$

$T_1 = 2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C} = 2\pi\sqrt{5LC}$

Далее диод открывается и весь ток течет через диод. $\Rightarrow$ схема эквивалентна следующей.



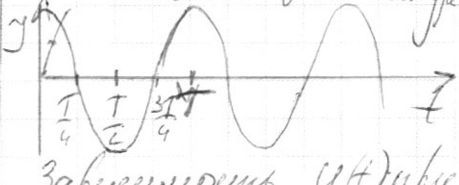
Период колебаний для такой схемы:

$T_2 = 2\pi\sqrt{L_2 C} = 2\pi\sqrt{2LC}$

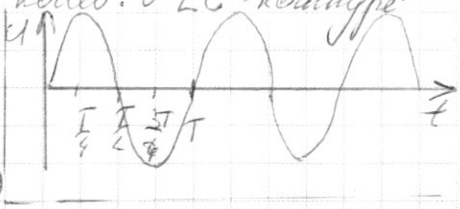
Т.е. общий период колебаний системы:

$T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} = \pi\sqrt{5LC} + \pi\sqrt{2LC} = \pi(\sqrt{5LC} + \sqrt{2LC})$

Зависимость $I(t)$ при колебаниях в LC-контуре



Зависимость $U(t)$ при колеб. в LC-контуре



2) Зависимость напряжения в конденсаторе от времени. В начальный момент напряжение на конденсаторе $= 0$, ток через катушки тоже равен нулю; колебания напряжения на конденсаторе происходят ~~вокруг~~ около имеют вид.

$U_C(t) = \mathcal{E} - \mathcal{E}\cos\left(\frac{1}{\sqrt{5LC}}t\right)$

Далее на странице №6

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

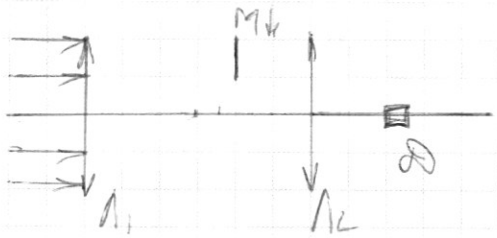
Дано: F_0, D, τ_0

t_2 - ?, t_1 - ?

Решение.

1) Для первой линзы т. к. пучок света ||:

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow f_1 = F_0$$



Расстояние между ~~фокусом~~ f_1 и линзой Л2:

$$d_2 = \frac{3}{2}F_0 - F_0 = \frac{F_0}{2}$$

Для 2ой линзы:

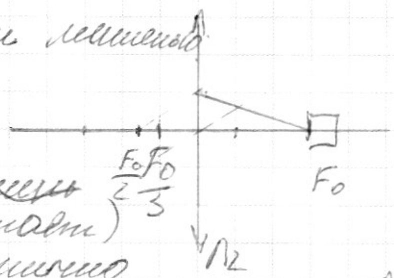
$$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{3}{F_0} \Rightarrow \frac{1}{f_2} = \frac{3}{F_0} - \frac{2}{F_0} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow f_2 = F_0$$

2) Мощность света пропорциональна площади светового потока.

Рассмотрим вторую линзу:

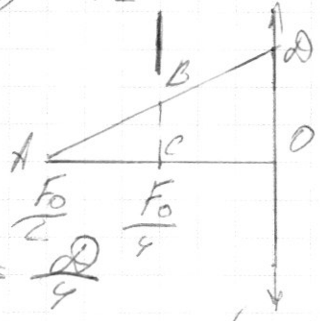
Расстояние между Л2 и мишенью

$$L = \frac{3}{2}F_0 - \frac{5}{4}F_0 = \frac{1}{4}F_0$$



В тот момент, когда ~~мишень~~ (М) убывает ~~(…)~~ (возрастает) мишень ~~начинает~~ частично пересекает световой пучок

$\triangle ABC \sim \triangle AOD$ ($\angle A$ - общий, $\angle ACB = \angle AOD = 90^\circ$)



$$k = \frac{AC}{AO} = \frac{BC}{DO} \qquad \frac{AC}{AO} = \frac{\frac{F_0}{2} - \frac{F_0}{4}}{\frac{F_0}{2}}$$

$$\frac{AC}{AO} = \frac{\frac{F_0}{4}}{\frac{F_0}{2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow BC = \frac{DO}{2} = \frac{D}{4}$$

BC - радиус светового потока на расстоянии $\frac{F_0}{4}$ от Л2.

$$S_0 = \pi r^2 = \frac{\pi D^2}{16} \quad (r = BC)$$ - до мишени.

Если $S_0 \sim P \sim I$, то об. площадь не закрытого мишенью света $S_1 \sim I_1$, тогда площадь мишени есть $S_M = S - S_1 \sim \Delta I$.

$$S_1 = \frac{8}{9}S_0 \quad (\text{из } I_1 = \frac{8}{9}I_0)$$

$$S_M = S_0 - \frac{8}{9}S_0 = \frac{1}{9}S_0$$

Отсюда можно найти радиус мишени: $S_м = \pi r_м^2$

$$\pi r_м^2 = \frac{1}{9}\frac{\pi D^2}{16} \Rightarrow r_м = \sqrt{\frac{D^2}{9\cdot 16}} = \frac{D}{3\cdot 4} = \frac{D}{12}$$

Сила тока уменьшается в течение времени τ_0, за которое мишень преодолевает расстояние $2r_м$ ("въезжает" в световой поток)

$$\Rightarrow v = \frac{2r_м}{\tau_0} = \frac{D}{6\tau_0}$$

3) t_1: За время t_1 мишень въедет в световой поток ~~а каждая её точка A пройдет расстояние~~ а её точка A пройдет весь световой поток (по диаметру)

$$\Rightarrow t_1 = \frac{2r}{v} = \frac{2\cdot\frac{D}{4}}{v} = \frac{D}{2v} = \frac{D}{2\cdot D}\cdot 6\tau_0 = 3\tau_0$$

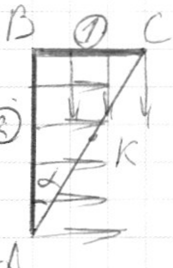
Ответ: 1) $f_2 = F_0$ 2) $v = \frac{D}{6\tau_0}$ 3) $t_1 = 3\tau_0$

№3

Дано:
1) $\alpha = \frac{\pi}{4}$, $\sigma_{AB} = \sigma_{BC}$
2) $\sigma_1 = 4\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$, $\alpha = \frac{\pi}{8}$

1) $\frac{E_K'}{E_K}$ - ?
2) E_K - ?

Решение:

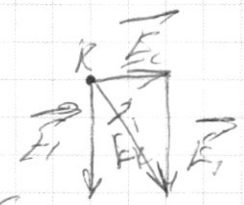


1) Напряженность поля равномерно заряженной пластины:

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

Т.к. напряженности складываются векторно, то для точки K:

$$E_K' = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{(2\varepsilon_0)^2} + \frac{\sigma^2}{(2\varepsilon_0)^2}} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{2}$$



До зарядки второй пластины:

$$E_K = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \Rightarrow \frac{E_K'}{E_K} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{2}\cdot\frac{2\varepsilon_0}{\sigma} = \sqrt{2}$$

2) Т.к. пластины расположены под прямым углом друг к другу, а напряженность поля пластины не зависит от расстояния до нее, то напряженность в т. K можно найти по т. Пифагора (без использования α):

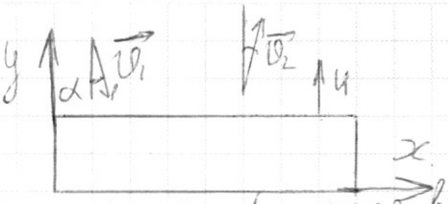
$$E_K = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{\left(\frac{4\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2} = \sqrt{\frac{17\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}} = \sqrt{17}\cdot\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

Ответ: 1) $\frac{E_K'}{E_K} = \sqrt{2}$ 2) $E_K = \sqrt{17}\cdot\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



Дано:
$\upsilon_1 = 6$ м/с
α ($\sin\alpha = \frac{2}{3}$)
β ($\sin\beta = \frac{1}{3}$)

1) υ_2 - ?
2) u

Решение:

1) В процессе движения (т.к. плита движется вертикально) горизонтальная проекция скоростей шарика сохраняется.

ЗСИ на Ox: $m\upsilon_1 \sin\alpha = m\upsilon_2 \sin\beta$

$$\upsilon_2 = \frac{\upsilon_1 \sin\alpha}{\sin\beta} = 6 \cdot \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^{-1} = 12 \text{ м/с}$$

2) ~~В процессе удара кинетическая энергия шарика переходит в тепловую а также в кинетическую энергию отталкивающегося шарика~~

После удара система не двигается как единое целое ⇒ скорость плиты должна быть меньше $\upsilon_2\cos\beta$ (вертикальной составляющей)

На Oy: $\upsilon_{1отн} = -\upsilon_1\cos\alpha - u$ ($\upsilon_{абс}$, $u_{пер}$)

$\upsilon_{2отн} = \upsilon_2\cos\beta - u$

ЗСИ на Oy: $\upsilon_{1отн} = \upsilon_{2отн}$

$-\upsilon_1\cos\alpha - u = \upsilon_2\cos\beta - u$

$\Rightarrow u < \upsilon_2\cos\beta$

$$\cos\beta = \sqrt{1-\sin^2\beta} = \sqrt{1-\frac{1}{9}} = \sqrt{\frac{8}{9}} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

$$u < \upsilon_2\cos\beta = \upsilon_1\sin\alpha \cdot ctg\beta = 6 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{2\sqrt{2}}{\cancel{4}} = 8\sqrt{2} \text{ м/с}$$

Ответ: $\upsilon_2 = \upsilon_1\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 12$ м/с

$u < \upsilon_1 \sin\alpha\, ctg\beta$; $u < 8\sqrt{2}$ м/с

№4

~~$I(t) = \dot{q}(t) = C\mathcal{E}\sin\left(\frac{1}{\sqrt{5LC}}t\right)\frac{1}{\sqrt{5LC}} = \sqrt{\frac{C}{5L}}\mathcal{E}\sin\left(\frac{t}{\sqrt{5LC}}\right)$~~

~~ЗСЭ $\int \mathcal{E}\, I\, dt = W_2 - W_1 + Q = 0$~~

~~Изначально~~

Зависимость напряжения на конденсаторе от времени. В начальный момент напряжение на конденсаторе $=0$, ток через катушку также равен нулю; колебания напряжения на конденсаторе происходят вокруг положения равновесия $U_{cp} = \mathcal{E}$

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

$$\Rightarrow I(t) = \dot{q}_c(t) = C\mathcal{E}\cdot\omega\sin\omega t = C\mathcal{E}\cdot\frac{1}{\sqrt{5LC}}\sin\left(\frac{1}{\sqrt{5LC}}t\right)$$

$$\Rightarrow I_{max}(t) = I_{max}\left(\frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{5LC}}\right) = \sqrt{\frac{C}{5L}}\mathcal{E} = I_{01}$$

- это будет и максимальным током для катушки 2, но ~~за первые~~ не за весь период.

3) Когда диод открыт. (он открывается, когда напряжение на конденсаторе максимально)

$U_c = 2\mathcal{E}$

$$U_c(t) = 2\mathcal{E}\cos\left(\frac{t}{\sqrt{2LC}}\right)$$

$$I_L(t) = C\dot{U} = \frac{-2C\mathcal{E}\sin}{\sqrt{2LC}}\left(\frac{t}{\sqrt{2LC}}\right) = -\sqrt{\frac{2C}{L}}\mathcal{E}\sin\left(\frac{t}{\sqrt{2LC}}\right)$$

$I_{2} \Leftarrow \sin\left(\frac{t}{\sqrt{2LC}}\right) = -1 \Rightarrow I_{02} = \sqrt{\frac{2C}{L}}\mathcal{E}$ $(I_{02} > I_{01})$

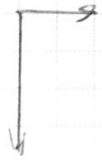
Ответ: 1) $T = \pi\left(\sqrt{5LC} + \sqrt{2LC}\right)$

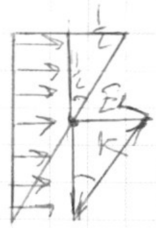
2) $I_{01} = \sqrt{\frac{C}{5L}}\mathcal{E}$ 3) $I_{02} = \sqrt{\frac{2C}{L}}\mathcal{E}$

$E_2 =$

$AC = \frac{\sqrt{3}C}{\sin\frac{\pi}{8}} =$

$E_1 = \frac{4\sigma}{2\varepsilon_0}$ $E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$





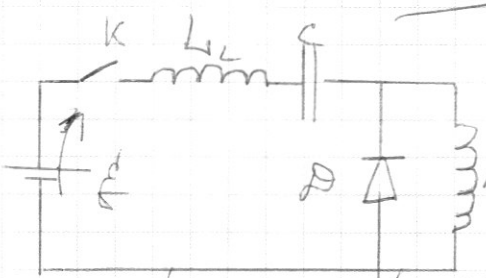
$KC = \sqrt{\frac{\sqrt{3}C}{2\sin\frac{\pi}{8}}}$

$\cancel{E_2^2 = E_1^2 + E}$ $E = \sqrt{E_2^2 + E_1^2} = \sqrt{\frac{16\sigma^2}{4\varepsilon_0^2} + \frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}} = \sqrt{\frac{17\sigma^2}{4\varepsilon_0}}$

$= \boxed{\sqrt{17}\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}}$

N 4.

$L_1 = 3L$ $L_2 = 2L$

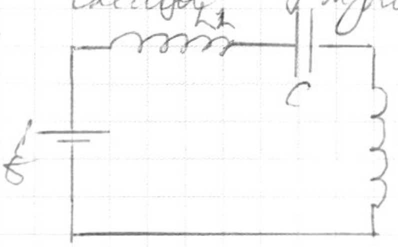


Когда ключ замыкают: ~~$\mathcal{E}$~~ Начинает течь ток.

Сначала заряжается конденсатор, пока через диод нет далее, когда конденсатор зарядится ток начинает течь в другую сторону и диод открывается

Когда диод закрыт.

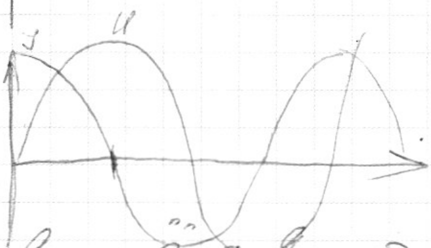
Схема эквивалентна:



$U(t)$

По ф-ле Томсона:

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



$L\ddot{q} = \cancel{LU}\frac{q}{C}$ $\ddot{q} = -\frac{q}{LC}$ $\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$

Но Индуктивность двух катушек. $L_0 = L_1 + L_2$

$T = 2\pi\sqrt{(L_1 + L_2)C}$ - только для полупериода.

Далее открывается диод $\Rightarrow$

~~вита тока в контуре L_1 начинает~~

Весь ток пойдет через него. $T = 2\pi\sqrt{LC}$

Полупериод: $T_2 = \pi\sqrt{LC}$

Общий период $T = \pi\sqrt{(L_1 + L_2)C} + \pi\sqrt{L_2 C} =$

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

Далее: ток через катушку L_1

$U(t) = \mathcal{E} - (\mathcal{E} - 2\mathcal{E})\cos\omega t$ - в нач. момент.

$U(t_0) = 0$ ~~в конце и~~ $U_{max} = \mathcal{E}$

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

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

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

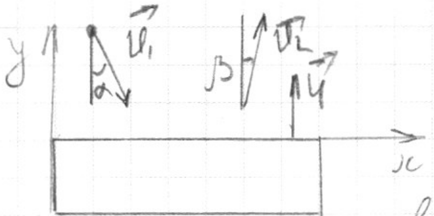
v_2, u

Решение:

$v_1 = v_{абс}$

$u = v_{пер}$ $v_{отн} =$

~~$v_{абс}$~~



~~При ударе~~ Т.к. удар произошел за малое время, применяем ЗСЭ на Ox:

$\cancel{m}v_1\sin\alpha = \cancel{m}v_2\sin\beta \Rightarrow v_2 = \frac{v_1\sin\alpha}{\sin\beta} = 6\cdot\frac{2}{3}\cdot\frac{3}{1} = 12$ м/с

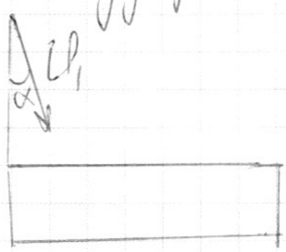
ЗСИ на Oy: для движущейся с/о:

~~$Mu - mv_1\cos\alpha = mv_2\cos\beta + Mu$~~

$\cancel{m}(-v_1\cos\alpha + u) = \cancel{m}(v_2\cos\beta + u)$

До удара $v_1 - v_{абс}$ после удара

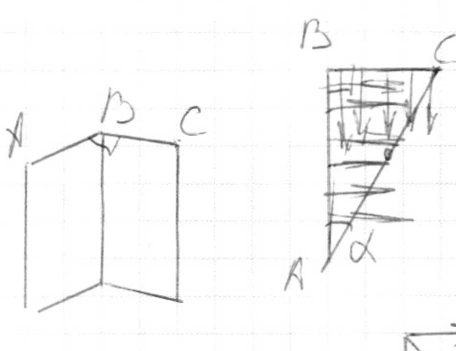
$v_{отн} = v_{абс} - u$



$v_{отн} = \sqrt{v_1^2 + u^2 - v_1 u \cos\alpha}$

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

$v_{отн} = \sqrt{v_1^2 + u^2 - v_1 u\cos\alpha}$



До зарядки AB:

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

~~Ум~~ ABC - равнобедренный $\Delta \Rightarrow x = \frac{\sqrt{2}}{2}AB$

Т.к. напряженности складываются векторно.

$E_k = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{2} \Rightarrow \frac{E_k'}{E_k} = \sqrt{2}x/4$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

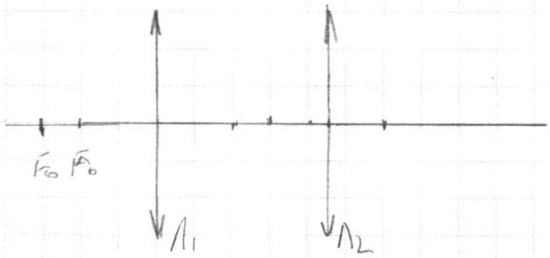
Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

№5.

Т.к. парал. ∥ пучок:

1 линза: $\frac{1}{f} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow f = F_0$



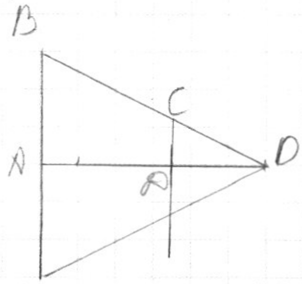
$\frac{1}{1{,}5F_0 - F_0} + \frac{1}{f_2} = \frac{3}{F_0}$

$\frac{1}{0{,}5F_0} + \frac{1}{f_2} = \frac{3}{F_0}$

$\frac{1}{f_2} = \frac{3}{F_0} - \frac{2}{F_0} = \frac{1}{F_0}$ $f_2 = F_0$

2) Скорость движения меньше.

В моменты хода по графику $J(t)$ убывает и возрастает линзу перекрывает часть потока света, на горизонтальном участке - весь поток.

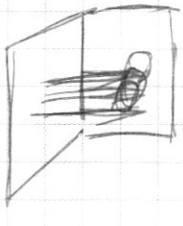


$\Delta ABO \sim \Delta DCO$

$\frac{3}{2}F_0 - \frac{5}{4}F_0 = \frac{1}{4}F_0$

$k =$

Мощность света пропорциональна площади площадки.



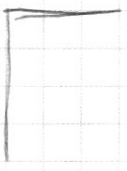
$S = \pi D r^2 = \frac{\pi D^2}{16}$ $S' = \frac{8 S_0}{9} S$

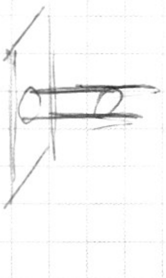
$P \sim J \sim S$ $\frac{\pi D^2}{\pi r^2} =$ $E \cdot \pi r^2 = \frac{1}{\varepsilon_0} q \frac{4\pi r^3}{3}$

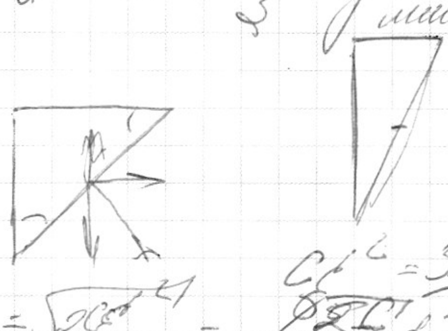
$S = \frac{\pi D^2}{4}$ $S' = \pi D^2 r^2$ $E \cdot \pi r^2 = \frac{1}{\varepsilon_0} \sigma$

$\frac{2}{9} = \frac{r^2}{D^2}$ $\frac{8}{9} = \frac{\pi D^2}{4 \cdot \pi r^2} \cdot \frac{4\pi r^2}{\pi D^2}$

$\Rightarrow r^2 = \frac{2D^2}{9} \Rightarrow d = \sqrt{2} \cdot \frac{D}{3}$ - диаметр линзы.







m

$v_{01} = \sqrt{\frac{2qU}{5L}} = \sqrt{\frac{2qU}{5L}\,\ell}$ $CU^2 = \frac{5L J_1^2}{2}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

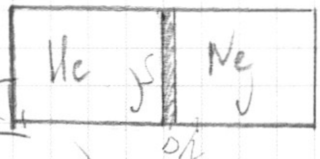
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

1) Изначально поршень неподвижен $\Rightarrow P_{He} = P_{Ne}$



$P_{He} V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow V_1 = \frac{\nu R T_1}{P_1}$

$P_1 (V - V_1) = \nu R T_2 \Rightarrow V_2 = \frac{\nu R T_2}{P_2}$ $\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{\nu R T_1}{P_1} \cdot \frac{P_2}{\nu R T_2}$

$P_1 V_2 = \nu R T_2$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{4} \Rightarrow V_1 = \frac{3}{4} V_2$ $\Rightarrow V_0 = 1{,}75$

$= \frac{7}{3} V_1$

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

$V_1 = 0{,}75 V_2$

$\Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{330}{440} = \frac{3}{4} = 0{,}75$

2) Т.к. температуры выравниваются медленно можем считать давление постоянным

$P_2 V_1' = \nu R T_2$ $\Rightarrow P V_1' = \frac{\nu R T}{P_1}$

$P_1 (V - V_1') = \nu R T_2$ $\quad V = \frac{7}{3} V_1 = \frac{7 \nu R T_1}{3 P_1}$

$\frac{7}{3} \nu R T_1 - \nu R T = \nu R T$

$\frac{7}{3} \nu R T_1 = 2 \nu R T \Rightarrow T = \frac{7}{6} T_1 = \frac{7}{6} \cdot 440 = \frac{7}{3} \cdot 220$

$220 \cdot 440 - 385 = 55$

3) Кол-во теплоты

$Q = \Delta U + A$ – работа по перемещению поршня

Т.к. поршень теплоизолированный $\Rightarrow$ теплообмен во внешнюю среду нет $\Rightarrow$

$Q = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T) + P_1 (V_1' - V_1) =$

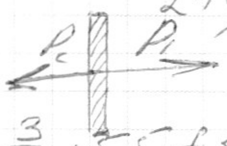
$= \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$

$8{,}31 \cdot 3{,}3 = 2493 \quad 2493 \quad 274{,}23$

Работа на перемещение поршня:

$P_2 - P_1 S$

Поршень перемещается без трения



$Q = \frac{3}{2} \cdot \frac{6}{25} \cdot \frac{5}{2} \cdot \frac{6}{25} \cdot 8{,}31 (440 - 385) = \frac{3}{5} \cdot 55 \cdot 8{,}31$

$= 3 \cdot 11 \cdot 8{,}31$

$= 33 \cdot 8{,}31$

$55 \cdot 7 = 385$

$Q = \frac{5}{2} \cdot \frac{6}{25} \cdot 8{,}31 (385 - 330)$

☑ 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

$V_{абс} = V_1$ $\quad V_{отн\,y} = V_1\cos\alpha + U$

После удара: $-V_1\cos\alpha + U = (V_2\cos\beta - U)$

$V_{абс}^{отн_2} = V_2 - U$

$V_{отн} = V_2\cos\beta + U$

$V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta = 2U$

$2U = V_2\cos\beta + V_1\cos\alpha$

$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{MU^2}{2} = \frac{mV_2^2}{2} + \frac{MU^2}{2}$

$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{MU^2}{2}$

Т.к. система не движется как дано услов $\Rightarrow$ $U < V_2$

$V_{отн} = V_{абс} - V_{пер}$

$V_{отн} = V_1\cos\alpha + U$

$\vec{V_2}$

$V_{отн}' = V_2\cos\alpha - U$

ЗСИ: ~~$V_{отн}$~~ $-V_1\cos\alpha - U_0 = V_2\cos\alpha - U$

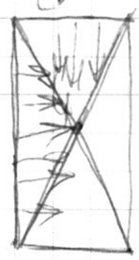
$\varepsilon_0 = 8{,}85\cdot10^{-9}$

$E = \frac{4\pi kq}{R^2}$ $\quad \frac{2\pi kq}{d} =$ $\quad \varphi = Ed$

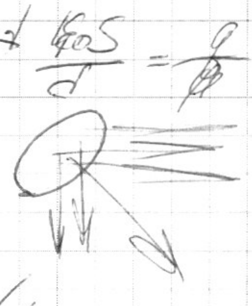
$\varphi = \frac{4\pi kq}{R}$

$C = \frac{\varepsilon_0 S}{d} = \frac{q}{\varphi} = \frac{q}{}$

$E = 2\pi k\sigma$



$E\cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\varepsilon_0 \pi r^2 d}$



Ч/з конденсатор L_1

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

$\mathcal{E}$

$\mathcal{E}' - \mathcal{E}\cos\omega t$

$C\mathcal{E}^2 = \frac{LY^2}{2} + L$

$\frac{Cq}{\mathcal{E}} = \frac{LY^2}{2} + \frac{Cq^2}{8C} - \frac{q^2}{2C} = \frac{LY^2}{2} -$

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

$\frac{C\mathcal{E}^2}{2C} = \frac{LY^2}{2} + \cancel{\frac{\mathcal{E}^2}{8C}}$

$\frac{C\mathcal{E}^2}{2C} - \frac{C\mathcal{E}^2}{8C} = \frac{LY^2}{2}$

$\frac{3C\mathcal{E}^2}{8C} = \frac{LY^2}{2}$ Y

$\frac{C\mathcal{E}}{2C} = \frac{5LY^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{8C}$

$\frac{3}{8}\mathcal{E}$ $\left(\frac{C\mathcal{E}}{2}\right)^2$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)