Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

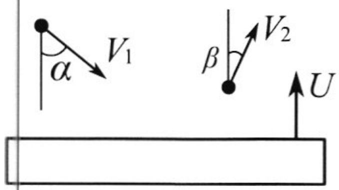
Класс 11

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 $\alpha\left(\sin\alpha = \frac{2}{3}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \frac{3}{5}\right)$ с вертикалью.



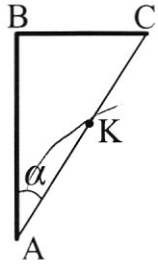
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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?

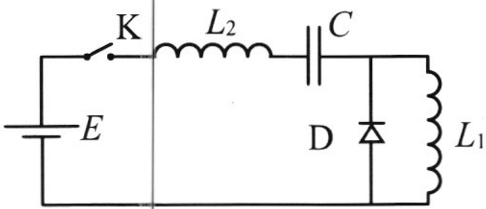
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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?

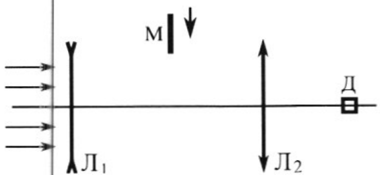
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

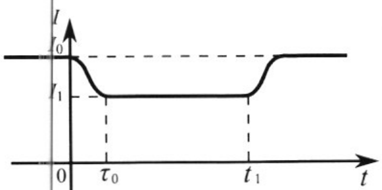
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.



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

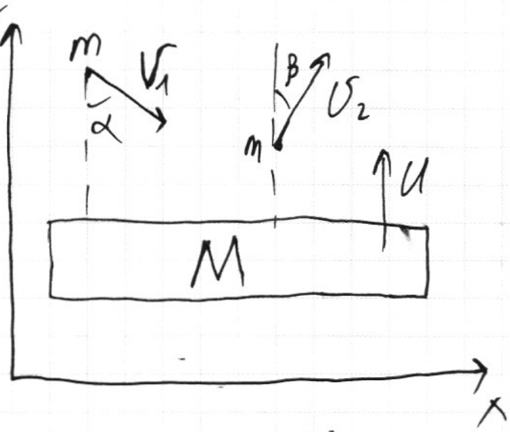
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. лист 1



$\upsilon_1 = 18\ \frac{м}{с}$

$\sin\alpha = \frac{2}{3}$ $\quad \sin\beta = \frac{3}{5}$

$\upsilon_2 - ?$; $u - ?$

m – масса шарика

M – масса плиты

из сохранения импульса вдоль оси X:

$\cancel{m}\upsilon_1 \sin\alpha = \cancel{m}\upsilon_2 \sin\beta$ ~~(считаем, что M >> m) не изменяется~~

$$\boxed{\upsilon_2 = \upsilon_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}}$$

$$\upsilon_2 = 18 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{5}{3} = \boxed{20\ \frac{м}{с}} \quad (1)$$

Перейдём в с.о. связанную с плитой и рассмотрим y-составляющ скоростей:

$$\upsilon'_{1y} = -\upsilon_{1y} - u = -(\upsilon_1 \cos\alpha + u); \quad \upsilon'_{2y} = \upsilon_2 \cos\beta - u \quad (2)$$

т.к $M >> m$, считаем, что после соударения скорость плиты не изменилась $\Rightarrow$ по з. сохр. энергии

$$\upsilon'_{1x} = \upsilon_{1x} = \upsilon_{2x} = \upsilon'_{2x}$$

$$\frac{\cancel{m}(\upsilon'^2_{1y} + \upsilon'^2_{1x})}{\cancel{2}} = \frac{\cancel{m}(\upsilon'^2_{2y} + \upsilon'^2_{2x})}{\cancel{2}} \rightarrow \upsilon'^2_{1y} = \upsilon'^2_{2y}$$

из логических рассуждений (скорость должна измениться)

$$\upsilon'_{2y} = -\upsilon'_{1y} \xrightarrow{(2)} \upsilon_2 \cos\beta - u = \upsilon_1 \cos\alpha + u$$

$$u = \frac{1}{2}(\upsilon_2 \cos\beta - \upsilon_1 \cos\alpha) \overset{(1)}{=} \frac{1}{2}(16 - 6\sqrt{5}) = 8 - 3\sqrt{5}$$

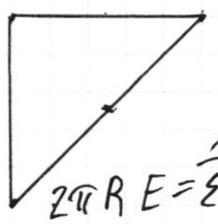
$\cos\alpha = \sqrt{1 - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$ $\quad (\alpha \in [0; \frac{\pi}{2}])$

$\cos\beta = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$ $\quad (\beta \in [0; \frac{\pi}{2}])$

$$\boxed{\begin{aligned} \upsilon_2 &= 20\ \frac{м}{с} \\ u &= (8 - 3\sqrt{5})\ \frac{м}{с} \end{aligned}}$$

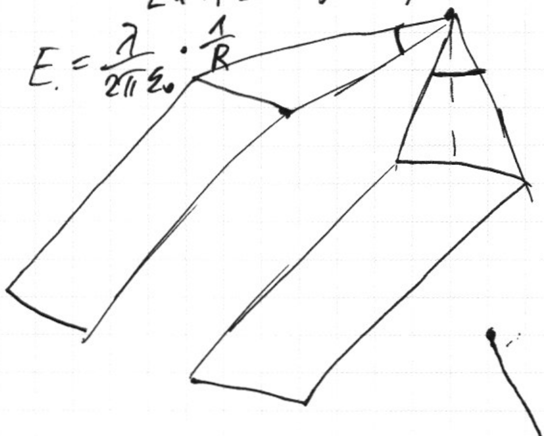
☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)



$$2\pi R E = \frac{1}{\varepsilon_0}\lambda$$

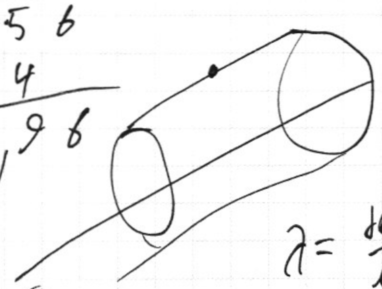
$$E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{R}$$



$$\begin{array}{r} 1{,}4 \\ \times\ 1{,}4 \\ \hline 5\ 6 \\ +\ 1\ 4 \\ \hline 1{,}9\ 6 \end{array}$$

$$2\pi R\cancel{l} E = \lambda \cancel{l}$$

$$E = \frac{\lambda}{2\pi R}$$



$$\lambda = \frac{dq}{l} =$$

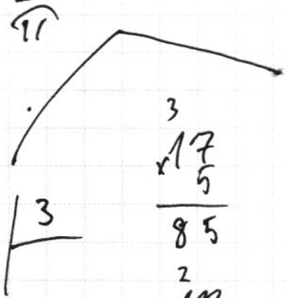
$$\sigma = \frac{q}{l\,b} = \frac{\lambda}{b} \qquad \lambda = \sigma b$$

$$b = l\,tg\,\alpha \qquad \lambda = \sigma l\,tg\,\alpha$$

$$E = \frac{\sigma \cancel{l}\,tg\,\alpha}{2\pi \cancel{l}}\cos\alpha$$

$$E = \frac{\sigma \sin\alpha}{2\pi\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\,\frac{\sin\alpha}{\pi}$$

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



$$3{,}14 \,\big|\, 3$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times\ 5 \\ \hline 85 \end{array}$$

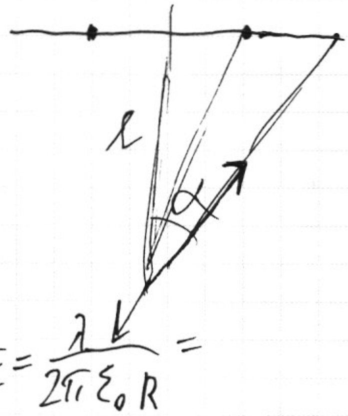
$$\lambda = 2\sigma l\,tg\,\alpha$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times\ 4 \\ \hline 68 \end{array}$$

$$\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\cdot\frac{\cancel{\pi}}{9\cancel{18}\cancel{\pi}} = \frac{1}{18}\,\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{\cancel{2}\sigma\cancel{l}\,tg\,\alpha}{\cancel{2}\pi\varepsilon_0 R} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\cdot\frac{\cancel{\pi}}{9\cancel{\pi}}$$

$$\lambda = \sigma l\,tg\,\alpha$$



$$\lambda = \sigma l\,tg\,\alpha$$

$$E = \frac{\lambda}{\quad}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times\ 17 \\ \hline 119 \\ +\ 17\ \ \\ \hline 289 \end{array}$$

$$E = \frac{\sigma\sin\alpha}{2\pi\varepsilon_0}$$

$$C = \frac{q}{B}$$

$$C = \frac{\text{Кл}}{B}$$

$$E = \frac{\lambda l}{2\pi\varepsilon_0 R} =$$

$$\frac{\text{Кл}\ B\ \cancel{}}{\cancel{x}\cdot\text{Кл}}$$

$$\frac{\text{Кл}}{B\cdot BC^2} = \frac{\text{Кл}}{BC}$$

$$x'\cancel{D} = \frac{Fx}{x-F}$$

$$\sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$\dot{I}L = B \qquad L = \frac{BC^2}{\text{Кл}}$$

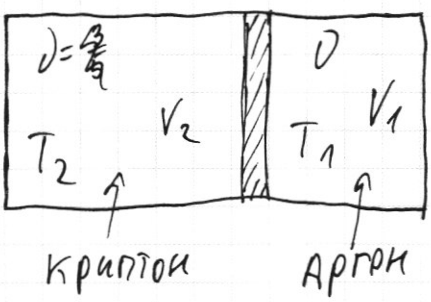
$$\frac{1}{x'} = \frac{1}{F} + \frac{1}{x}$$

$$C = \frac{q}{U} = \frac{\text{Кл}}{B}$$

$$\frac{\text{Кл}}{C^2}L = B$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. лист 1 V - полный объём



~~$\nu = 3/5$ моль~~ $T_1 = 320$ К

$\nu = \frac{3}{5}$ моль $T_2 = 400$ К

$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль\ К}$

$\frac{V_2}{V_1}$ - ? T_0 - ?

ΔQ - ?

$$\left.\begin{array}{l} PV_2 = \nu R T_2 \\ PV_1 = \nu R T_1 \end{array}\right. \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{\cancel{32}\,8}{\cancel{40}\,10} = 0{,}8$$

$\boxed{\frac{V_2}{V_1} = 0{,}8}$ $\boxed{V_2 = \frac{8}{18} V}$

$V_1 + V_2 = V$ $V_2\left(1 + \frac{10}{8{,}8}\right) = V$

Заметим, что работа совершаемая аргоном по модулю равна и противоположна по знаку работе криптона

$\left(\text{т.к. } dA = P\,dV,\ P \text{ одинаково с двух сторон, а } dV_1 = -dV_2\right)$

Внешняя теплота не подаётся.

$$\begin{cases} \frac{3}{2}\nu R\, dT_1 = -dA_1 + dQ \\ \frac{3}{2}\nu R\, dT_2 = -dA_2 - dQ \end{cases} \oplus$$

(из 1 н. термодинамики)

$$\frac{3}{2}\nu R\,(dT_1 + dT_2) = 0 \Rightarrow dT_2 = -dT_1$$

$$\Downarrow$$

$$T_2 - \Delta T = T_1 + \Delta T$$

$$\delta T = \frac{T_2 - T_1}{2} = 40 \text{ К}$$

Тогда $T_0 = T_1 + \delta T = \boxed{360 \text{ К} = T_0}$

~~Очевидно, что в установившемся режиме $V_2' = V_1'$~~

~~$PV_2 = \nu R T_2 \to P = \nu R \frac{T_2}{V_2}$, далее T_2, V_2, P - текущие,~~

~~$P\,dV_2 + V\,dP_2 = \nu R\, dT_2$~~

~~$\delta A_2 = P\,dV_2$~~ в установивш. режиме $V_2' = V_1' = \frac{V}{2}$

Заметим, что изменения давления мало: $P = \nu R \frac{T_2}{V_2}$

$$\left.\begin{array}{l} P_0 = \nu R \frac{T_2}{V_2} \\ P_1 = \nu R \frac{T_0}{V_2'} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{P_0}{P_1} = 0{,}\cancel{8}\,1 \cdot \frac{1}{\cancel{8}} \cdot \frac{\cancel{18}\,9}{\cancel{8}} = 0{,}9$$

давление изменилось лишь на 10%, можем этим пренебречь (его изменением)

2. Лист 2

$P\,dV_2 = dA_2$ считаем, что давление меняется слабо

$\Downarrow$

$P\,\Delta V_2 = A_2$ $\Delta V_2 = V_2' - V_2 = \left(\frac{1}{2} - \cancel{8}\frac{4}{9}\right)V = \frac{9-8}{18}V = \boxed{\frac{1}{18}V}$

$P_0 = \nu R \frac{18 T_2}{8V}$

для повышения точности возьмём

$P_1 = \nu R \frac{2T_2}{V}$ $P = \frac{P_0 + P_1}{2} = \frac{\nu R}{2V}\left(\frac{9}{4} + \frac{2}{1}\right) = \frac{\nu R}{2V}\frac{17}{4} = \boxed{\frac{17}{8}\frac{\nu R}{V}}$

Таким образом $A_2 \approx \frac{17}{8}\frac{\nu R}{\cancel{V}} \cdot \frac{1}{18}\cancel{V} \approx \frac{\nu R}{8} = \frac{3}{40}\cdot 8{,}31$

$\frac{3}{2}\nu R \cancel{\ell}\Delta T + A_2 = \Delta Q$

$\frac{3}{\cancel{2}}\nu R \cdot \cancel{40}^{20} + \frac{\nu R}{8} = 60\,\nu R + \frac{\nu R}{8} \approx \cancel{0}\,60\,\nu R = \Delta Q$

$\Delta Q = \cancel{60} \cdot \frac{3}{\cancel{5}}\,12 \cdot 8{,}31 = 36 \cdot 8{,}31 = 299{,}1\cancel{7}6$ Дж

$$\begin{array}{r} \times\; 8{,}31 \\ 36 \\ \hline 4986 \\ +\;2493 \\ \hline 299{,}16 \end{array}$$

$\boxed{\Delta Q = 299{,}16 \text{ Дж}}$

<u>Ответ</u>: 1) $\frac{V_2}{V_1} = 0{,}8$ 3) $\Delta Q = 299{,}16$ Дж

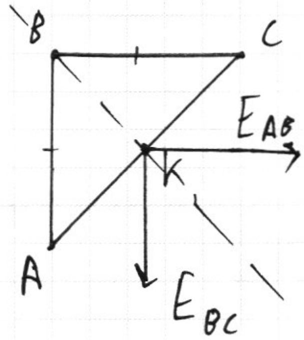
2) $T_0 = 360$ K

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3. 1) $\alpha = \frac{\pi}{4} = 45^\circ \Rightarrow \triangle ABC$ – равнобедренный

↑ лист 1

то есть точка K – биссектр, мед, высота $\triangle ABC \Rightarrow$



она равноудалена от одинаковых пластинок и лежит на ~~оси~~ плоскости симметрии

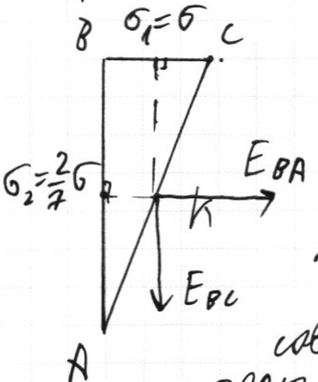
$\Rightarrow E_{AB} = E_{BC} = E$ по св-ву средней линии

~~если AB зарядить~~ $\overline{E}_{AB} \parallel (BC)$, $\overline{E}_{BC} \parallel (BA)$ $\Rightarrow$

$$\Rightarrow E' = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = E\sqrt{2}$$

$\boxed{\frac{E'}{E} = \sqrt{2} \approx 1{,}4}$ напряженность поле увеличится в $\sqrt{2}$ раз.

2) $\alpha = \frac{\pi}{9} = 20^\circ$ α можно считать малым углом, т.е $\sin\alpha \approx tg\alpha \approx \alpha$



предлагаю считать, что ~~поле~~ расстояние до BA мало, ~~а до BC велико~~ (по сравнению с BA), а до BC ~~мало~~ велико (по сравнению с BC)

Тогда можно сказать, что поле от BA в т. K практически совпадает с полем бесконечной плоскости, а от BC полю ~~двух~~ две ~~бесконечных прямых ВиС, находящейся~~ между прямыми в двух бесконечных прямых B и C

$$E_{BA} = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} = \boxed{\frac{\sigma}{7\varepsilon_0} = E_{BA}}$$

λ – линейная плотность

поле бесконечной прямой: $E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 R}$

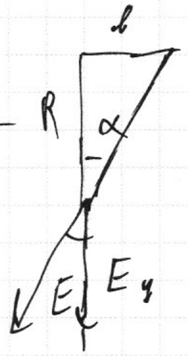
$\sigma_1 = \frac{q}{2b\ell} = \frac{\lambda}{2b}$; $b = R\,tg\alpha \rightarrow \lambda = 2R\sigma_1 tg\alpha$

$\frac{q}{\ell} = \lambda$

$$E = \frac{\cancel{2}\sigma_1 tg\alpha}{\pi\varepsilon_0}\cos\alpha = \frac{\sigma_1 \sin\alpha}{\pi\varepsilon_0}$$

3. лист 2

$$E = \frac{\sigma_1 \sin\alpha}{\pi \varepsilon_0}$$



$$E_y = \frac{\sigma_1 \sin\alpha \cos\alpha}{\pi \varepsilon_0} = \frac{\sigma_1 \sin 2\alpha}{2\pi \varepsilon_0}$$

суммарное поле двух прямых будет (x составл. скомпенсированы)

$$E_{BC} = \frac{\sigma_1 \sin 2\alpha}{\pi \varepsilon_0} \approx \frac{\sigma_1 \cdot 2\pi}{9\pi \varepsilon_0} = \boxed{\frac{2}{9}\frac{\sigma}{\varepsilon_0} = E_{BC}}$$

$$\boxed{E_{BA} = \frac{1}{7}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}}$$

$196 + 81 = 277$

$49 \cdot 4 = 160 + 36 = 196$

Аналогично п. 1):

$$E = \sqrt{E_{BA}^2 + E_{BC}^2} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{4}{81} + \frac{1}{49}} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{277}{81 \cdot 49}}$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \cdot \frac{\sqrt{277}}{63} \approx \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\frac{\sqrt{289}}{63} = \boxed{\frac{17}{63}\frac{\sigma}{\varepsilon_0} = E}$$

Если пользоваться закрасивыми числами, то можно вспомнить, что $68 = 17 \cdot 4$, $\frac{17}{63} \approx \frac{17}{68} = \frac{1}{4}$, можно сказать, что $E \approx \frac{1}{4}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$, однако, в качестве ответа, я всё равно оставлю $\frac{17}{63}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

Ответ: 1) в $\sqrt{2}$ раз

2) $E = \frac{17}{63}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

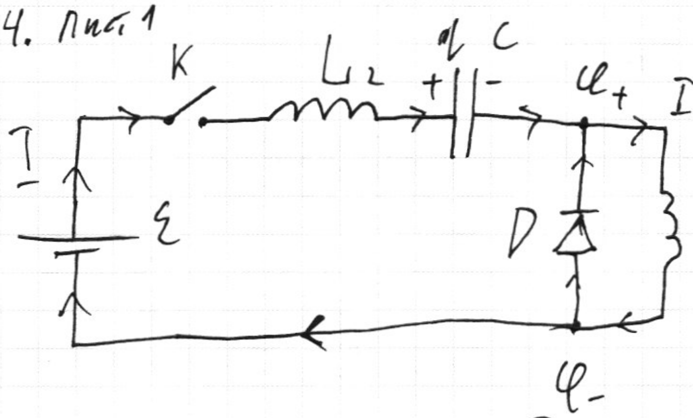
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. лист 1

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

$T - ?; \quad I_{01} - ?; \quad I_{02} - ?$



~~$\varphi_+ - \varphi_- = L_1$~~

В начальный момент диод D закрыт, $\varphi_+ - \varphi_- = L_1 \dot{I} > 0$

условие закрытости

$\mathcal{E} - (L_1 + L_2)\dot{I} = \frac{q}{C} \qquad \dot{q} = I$

$\frac{I}{C} + 9L\ddot{I} = 0 \rightarrow \ddot{I} + \frac{1}{9CL} I = 0 \qquad w_1 = \sqrt{\frac{1}{9CL}}$

~~$I = I_0 \sin wt \rightarrow q = q_H - I_0 w \cos wt$~~

~~$\dot{I} = I_0 w \cos wt$~~

$q = q_H - \frac{I_{01}}{w_1} \cos w_1 t$

$I = I_{01} \sin w_1 t \quad (1)$

$\dot{I} = I_{01} w_1 \cos w_1 t$

далее (когда $\dot{I} \le 0$, $wt \ge \frac{\pi}{2}$) диод открывается

пока диод открыт $\varphi_+ - \varphi_- = 0 = L_1 \dot{I} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ сила тока через L_1 не меняется. и равна I_{01}

$\mathcal{E} - L_2 \dot{I} = \frac{q}{C} \rightarrow 4L\ddot{I} + \frac{1}{C} I = 0$

$\boxed{\ddot{I} + \frac{1}{4CL} I = 0 \qquad w_2 = \sqrt{\frac{1}{4CL}} \quad (2)}$

Заметим, что $I_D = I_0 - I \quad (3)$

$q(0) = q_H - \frac{I_{01}}{w_1} = 0$

$q = q_H - \frac{I_{01}}{w_1} \cos w_1 t$

режим (1) ~~$q = q_H - \frac{I_{01}}{w_1} \cos w_1 t \quad q(0) = q_H - \frac{I_{01}}{w_1} = 0$~~

$q_H = \frac{I_{01}}{w_1}$

~~$q = (L_1 + L_2$~~ $\quad \mathcal{E} - 9L\dot{I} = \frac{q}{C} \rightarrow$ ~~$\mathcal{E} - 9L I_{01} w_1 \cos w_1 t =$~~

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

4. лист 2

$$\mathcal{E} - 9L\dot{I} = \frac{q}{C} \qquad \dot{I} = I_{01} w_1 \cos w_1 t$$

$$q = \frac{I_{01}}{w_1} - \frac{I_{01}}{w_1} \cos w_1 t$$

$$\mathcal{E} - 9L I_{01} w_1 \cos w_1 t = \frac{I_{01}}{Cw_1} - \frac{I_{01}}{Cw_1} \cos w_1 t$$

$$\underset{\Downarrow}{\mathcal{E} - \frac{I_{01}}{Cw_1}} = I_{01} \cos w_1 t \left(9L \cancel{I_{01}} w_1 - \cancel{I_{01}} \frac{1}{Cw_1}\right)$$

$$\begin{cases} \mathcal{E} = \dfrac{I_{01}}{Cw_1} \\ 9L w_1 = \dfrac{1}{Cw_1} \end{cases} \quad \cancel{I_{01} = C\mathcal{E} 9\sqrt{CL} = 9C\mathcal{E}\sqrt{CL}} \quad w_1 = \frac{1}{3}\sqrt{\frac{1}{CL}} \quad \boxed{I_{01} = \frac{C\mathcal{E}}{3\sqrt{CL}} = \frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}}$$

Теперь решим схему с открытым диодом:

В момент его открытия $\dot{I} = 0 \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{q}{C}$

$I = I_{02} \cos wt \qquad \left(из\ \ddot{I} + \frac{1}{4CL} I = 0\right)$

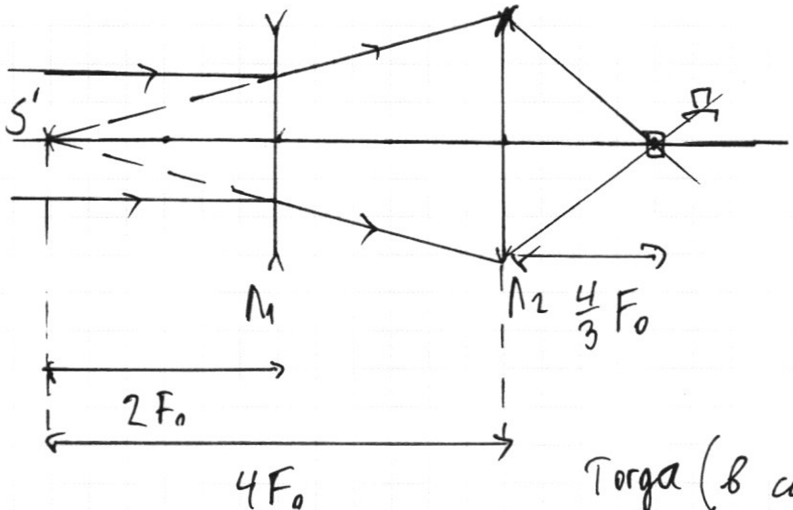
но $I(0) = I_{01} = I_{02} \Rightarrow$ максимальная с.т. на катушках совпадает $\boxed{I_{01} = I_{02} = I_0 = \frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}}$

из (3) $I_D = I_0(1 - \cos wt) \geq 0$ - диод остаётся ~~закрытым~~ открытым $\Rightarrow$ в дальнейших колебаниях L_1 не участвует и справедлива формула (2) $\to T = \frac{2\pi}{w_2} \qquad T = 2\pi\sqrt{4CL} = 4\pi\sqrt{CL}$

$$\boxed{\begin{aligned} &\text{Ответ: } T = 4\pi\sqrt{CL} \\ &I_{01} = I_{02} = \frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}} \end{aligned}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5. лист 1



паррал. лучи попадая на Л1 преломляются и их продолжения сходятся на расстоянии $2F_0$ от Л1

по усл. лучи сходятся в Д.
⇓
изображение мнимого источника S' совпадает с Д

Тогда (в системе осчёта связ с Л2 и осью X напр. влево)

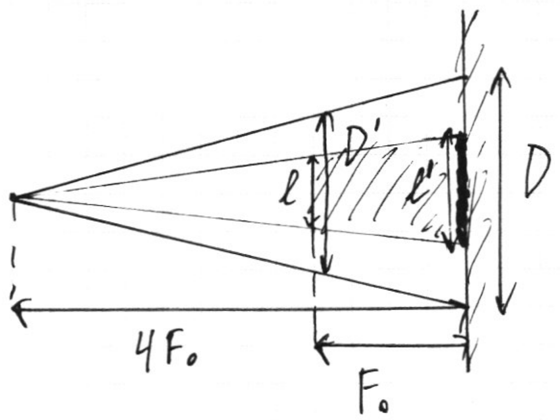
$$x' = \frac{F_0 x}{F_0 - x} = \frac{F_0 \cdot 4F_0}{-3F_0} = -\frac{4}{3}F_0$$

$\boxed{|x'| = \frac{4}{3}F_0 \text{ - расстояние от } Л_2 \text{ до фотодетектора}}$

Т.к. мишень движется равномерно со скоростью $v = const$,

$\boxed{\tau_0 = \frac{l}{v} \ (1)}$, где l - диаметр мишени.

найдём величину тени от мишени на Л2 (освещена S')



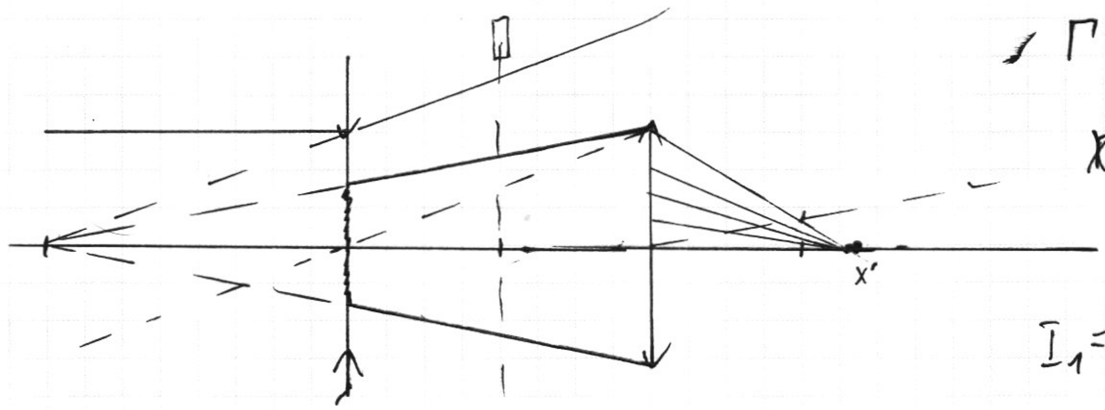
Т.к. $F_0 >> D$, искривлениями тени рядом с краями освещённой зоны может пренебречь

из подобия $\frac{l}{2 \cdot 3F_0} = \frac{l'}{2 \cdot 4F_0}$

$\boxed{l' = \frac{4}{3} l \ (2)}$

$\boxed{D = \frac{4}{3} D' \ (2.1)}$

D' - диаметр светового пучка на F_0 от Л2



$$\Gamma = \frac{F}{F-4F} = -\frac{1}{3}$$

$$x' = \frac{4}{3}F$$

$$I_1 = \frac{7}{16} I_0$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Зад 5. лист 2

Из условия $I_1 = \frac{7}{16} I_0$

$I = \alpha S$, где S - площадь падающего на Л2 пучка света.

$S_1 = \frac{7}{16} S_0$

$S_0 = \pi \frac{D^2}{4}$

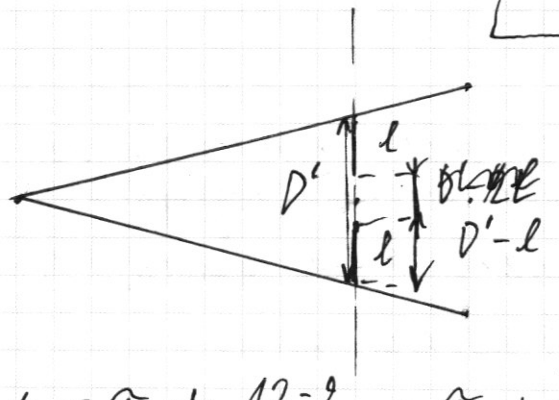
$S_1 = \pi \frac{(D)^2}{4} - \pi \frac{l'^2}{4}$

(как уже было сказано, деформацией тени пренебрегаем т.к $F_0 >> D$)

$D^2 - l'^2 = \frac{7}{16} D^2$ $\quad \frac{l'^2}{D^2} = \frac{9}{16}$ $\quad \frac{l'}{D} = \frac{3}{4}$ $\quad l' = \frac{3}{4} D$

из (2): $\frac{3}{4} D = \frac{4}{3} l$ $\quad \boxed{l = \frac{9}{16} D \quad (3)}$

подставим (3) в (1) $\quad \boxed{v = \frac{9}{16} \frac{D}{\tau_0}} \quad (4)$



$t_1 - \tau_0 = \frac{D' - l}{v}$ (см. рис.)

$t_1 = \tau_0 + \frac{\frac{3}{4} D - \frac{9}{16} D}{v}$

$t_1 = \tau_1 + \frac{12-9}{16 v_0} D = \tau_0 + \frac{3 \cancel{D} \cancel{16} \tau_0}{\cancel{16} \cdot \cancel{9} 3 \cancel{D}} = \tau_0 + \frac{1}{3} \tau_0 = \frac{4}{3} \tau_0$

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

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

1. лист 2.

Мы получили, что $u = (8-3\sqrt{5})\frac{м}{с}$, однако мы считали удар упругим.

Если считать удар неупругим, то необходимо переписать закон сохранения энергии

$$\frac{m(v_{1y}'^2 + v_{1x}'^2)}{2} = \frac{m(v_{2y}'^2 + v_{2x}'^2)}{2} + Q$$

$$v_{1y}'^2 - v_{2y}'^2 = \frac{2Q}{m} \geq 0 \rightarrow v_{1y}'^2 \geq v_{2y}'^2$$

$$|v_{1y}'| \geq |v_{2y}'|$$

$v_1 \cos\alpha$ $\quad$ $v_2 \cos\beta$

$$|v_{1y}^0 + u| \geq |v_{2y}^0 - u|$$

> 0

(иначе бы шарик упал внутрь плиты

$v_{2y} \geq u$

$$v_{1y} + u \geq v_{2y} - u$$

$$u \geq \frac{v_{2y} - v_{1y}}{2} = u_0 = (8-3\sqrt{5})\frac{м}{с}$$

$u \geq (8-3\sqrt{5})\frac{м}{с}$ — если часть энергии взаимодействия теряется, при этом нам подходит не диапазон значений, а одно из значений в этом диапазоне, зависящее от параметра Q — энергетических потерь