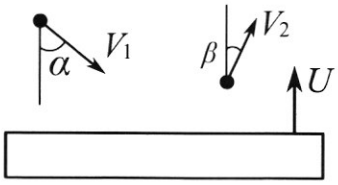
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

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.



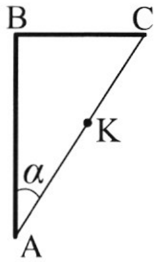
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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?

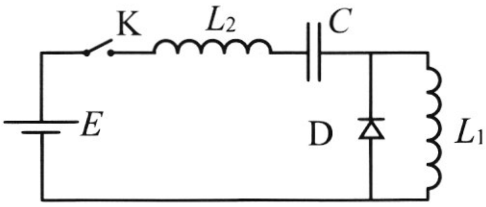
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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?

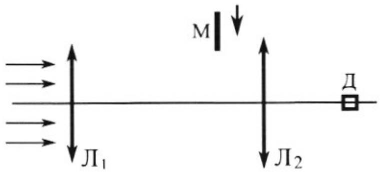
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

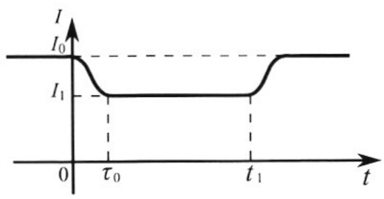
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.



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). $I_1 = 8I_0/9$.



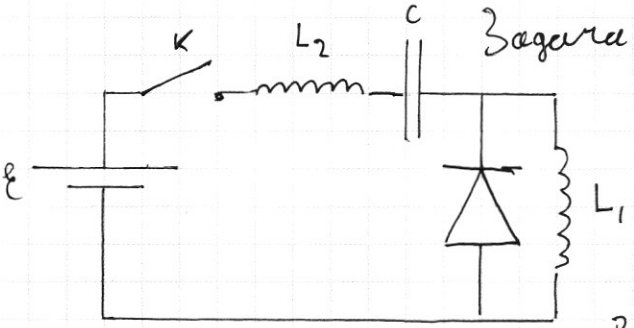


1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.
2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4.



$L_1 = 3L \quad L_2 = 2L$

Когда K замыкают, ток начинает течь по часовой стрелке, пока C не зарядится полностью. В этом случае диод закрыт, и ток идёт через L_1.

После зарядки C ток начинает течь в обратную сторону, диод открывается, и ток через L_1 не идёт.

1) диод ~~открыт~~ закрыт:

$\mathcal{E} - L_2\dot{I} - L_1\dot{I} = \frac{q}{C}$

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

$\ddot{q} + \frac{q}{5CL} = \frac{\mathcal{E}}{5L} \qquad \omega_1 = \frac{1}{\sqrt{5CL}}$

$q = q' + C\mathcal{E}$

$\ddot{q}' = \ddot{q}$

$\ddot{q}' + \omega_1^2 q' = 0$

$q'(t) = A\sin(\omega_1 t) + B\cos(\omega_1 t)$

$q(0) = 0 \Rightarrow q'(0) = -C\mathcal{E} \Rightarrow B = -C\mathcal{E}$

$\dot{q}(0) = 0 \Rightarrow \dot{q}'(0) = 0 \Rightarrow A = 0$

$q'(t) = -C\mathcal{E}\cos(\omega_1 t) \qquad I(t) = \dot{q}(t) = C\mathcal{E}\omega_1 \sin(\omega_1 t)$

$q(t) = C\mathcal{E} - C\mathcal{E}\cos(\omega_1 t) \qquad I_{01} = C\mathcal{E}\omega_1 = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{5CL}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$

C зарядится через $t_1 = \frac{\pi}{\omega_1} = \pi \cdot \sqrt{5CL}$

$q_1 = q(t_1) = 2C\mathcal{E}$

2) диод открыт:

$$\mathcal{E} - L_2\dot{I} = \frac{q}{C}$$

$$\frac{q}{2LC} + \ddot{q} = \frac{\mathcal{E}}{2L}$$

$$q = q' + C\mathcal{E} \qquad \omega_2 = \frac{1}{\sqrt{2LC}}$$

$$\ddot{q} = \ddot{q}'$$

$$\ddot{q}' + \omega_2^2 q' = 0$$

$$q' = A\sin(\omega_2 t) + B\cos(\omega_2 t)$$

$$q(0) = q_1 = 2C\mathcal{E} \Rightarrow q'(0) = C\mathcal{E} \Rightarrow B = C\mathcal{E}$$

$$\dot{q}(0) = 0 \Rightarrow \dot{q}'(0) = 0 \Rightarrow A = 0$$

$$q' = C\mathcal{E}\cos(\omega_2 t)$$

$$q(t) = C\mathcal{E} + C\mathcal{E}\cos(\omega_2 t)$$

$$I(t) = \dot{q}(t) = -C\mathcal{E}\omega_2\sin(\omega_2 t)$$

$$C\mathcal{E}\omega_2 = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}} > \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}} \Rightarrow I_{02} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$$

C разрядится через $t_2 = \frac{\pi}{\omega_2} = \pi \cdot \sqrt{2CL}$

$$q(t_2) = 0$$

$$T = t_1 + t_2 = \pi\sqrt{CL}(\sqrt{5} + \sqrt{2})$$

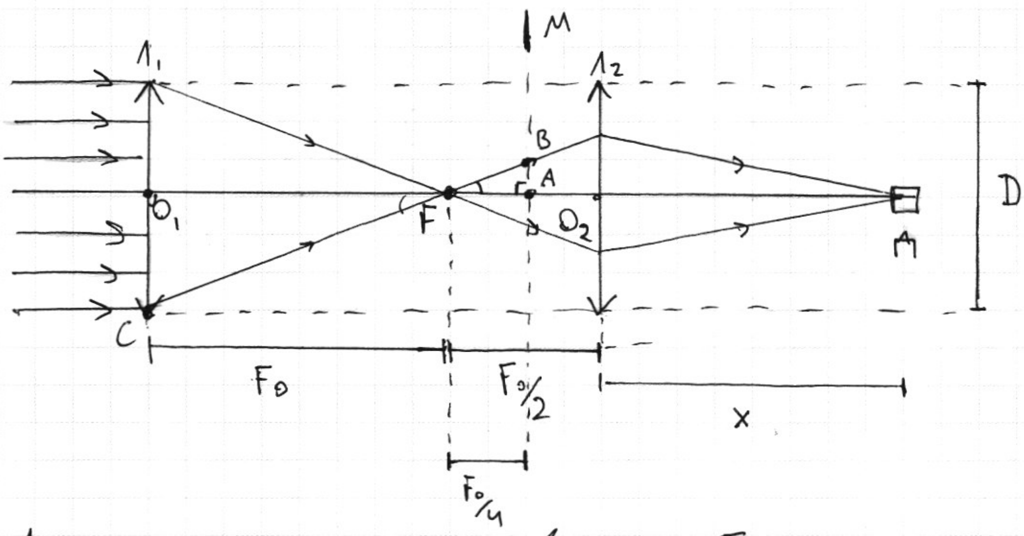
Ответ: 1) $\pi\sqrt{CL}(\sqrt{5}+\sqrt{2})$.

2) $\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$.

3) $\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5.



Лучи будут фокусироваться в точке F на расстоянии $\frac{F_0}{2}$ от $Л_2$.

Ур-е тонкой линзы для $Л_2$:

$$\frac{2}{F_0}+\frac{1}{x}=\frac{3}{F_0} \Rightarrow x=F_0$$

Треугольники ABF и O_1CF подобны ~~[illegible]~~, т.к. $\angle BAF=\angle CO_1F=\frac{\pi}{2}$

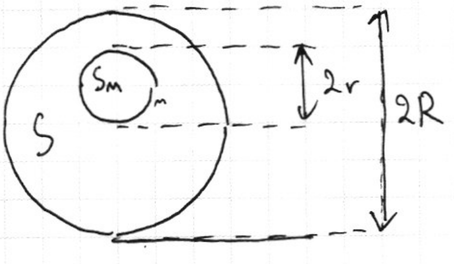
$\angle CFO_1=\angle AFB$

$$\Rightarrow \frac{AB}{AF}=\frac{O_1C}{O_1F}$$ Пусть $AB=R$.

$$AF=\frac{F_0}{4};\ O_1C=\frac{D}{2};\ O_1F=F_0$$

$$\frac{4R}{F_0}=\frac{D}{2F_0} \Rightarrow R=\frac{D}{8};$$ Пусть r – радиус мишени.

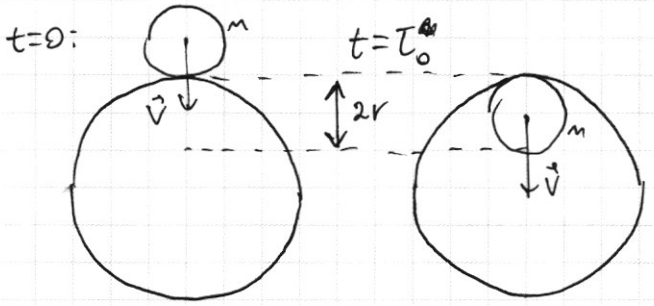
Рассмотрим плоскость ~~[illegible]~~ мишени:



$$S=\pi R^2;\ S_м=\pi r^2$$

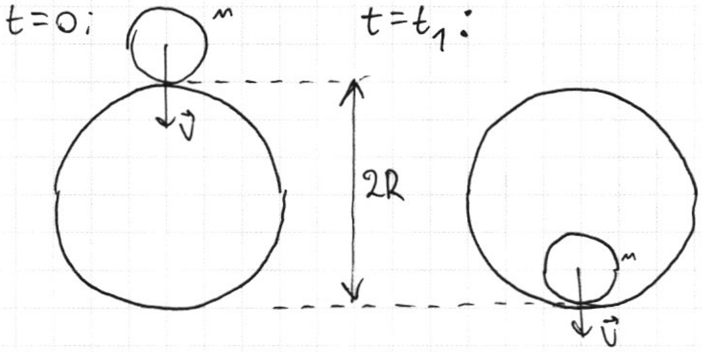
$$\frac{I_1}{I_0}=\frac{S-S_м}{S}=1-\frac{r^2}{R^2}=\frac{8}{9} \Rightarrow \frac{r^2}{R^2}=\frac{1}{9} \Rightarrow R=3r$$

$$r=\frac{R}{3}=\frac{D}{24}$$



$2r = V\tau_0$

$V = \frac{2r}{\tau_0} = \frac{D}{12\tau_0}$



$2R = Vt_1$

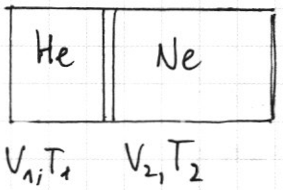
$t_1 = \frac{2R}{V} = \frac{D}{4V} = 3\tau_0$

Ответ: 1) F_0

2) $\frac{D}{12\tau_0}$

3) $3\tau_0$

Задача 2.



$P_1 = P_2 = P$

$P_1V_1 = \nu RT_1$

$P_2V_2 = \nu RT_2$

$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{330K}{440K} = \frac{3}{4}$

$V_1' = V_2'$, т.к. $T_1' = T_2'$ и $P_1' = P_2'$

Теплопередача происходит медленно, поэтому $p = const$.

$pV_1' = \nu RT$

$\cancel{pV_2' = \nu RT}$

$V_1' = V_2' = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{V_1 + \frac{4}{3}V_1}{2} = \frac{7}{6}V_1$

$V_1 = \frac{\nu RT_1}{p} \Rightarrow V_1' = \frac{7}{6}\frac{\nu RT_1}{p}$

$p \cdot \frac{7}{6}\frac{\nu RT_1}{p} = \nu RT$

$T = \frac{7}{6}T_1 = \frac{7}{6} \cdot 330K = 385K$

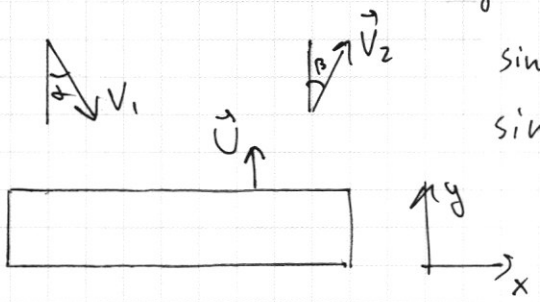
$\Delta Q = \Delta U + A = \frac{3}{2}\nu R(T - T_1) + p(V_1' - V_1) = \frac{3}{2}\nu R(T - T_1) + \nu R(T - T_1) = \frac{5}{2}\nu R(T - T_1) =$

$= \frac{5}{2} \cdot \frac{6}{25}\text{моль} \cdot 8{,}31\frac{\text{Дж}}{\text{моль К}} \cdot (385K - 330K) = 274{,}23\text{Дж}$

Ответ: 1) $\frac{3}{4}$; 2) 385К; 3) 274,23Дж.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1.



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

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

По оси x ~~на~~ на шарик ~~…~~ не действует никаких сил, поэтому его скорость по оси x не меняется при ударе. $V_{1x} = V_{2x} = V_x$.

$V_x = V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta$

$V_2 = V_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 2V_1 = 12$ м/с

$\cos\alpha = \frac{\sqrt{5}}{3}$; $\cos\beta = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

$V_{1y} = -\frac{\sqrt{5}}{3}V_1$; $V_{2y} = \frac{2\sqrt{2}}{3}V_2 = \frac{4\sqrt{2}}{3}V_1$

В системе отсчёта плиты:

$V'_{1y} = -\frac{\sqrt{5}}{3}V_1 - U$ $\quad V'_{2y} = \frac{4\sqrt{2}}{3}V_1 - U$

Удар неупругий $\Rightarrow$ есть потери энергии:

$E_{нач.} > E_{кон.}$

$\frac{mV'^2_{1y}}{2} + \frac{mV_x^2}{2} > \frac{mV'^2_{2y}}{2} + \frac{mV_x^2}{2}$

$|V'_{1y}| > |V'_{2y}|$

$\frac{\sqrt{5}}{3}V_1 + U > \frac{4\sqrt{2}}{3}V_1 - U$

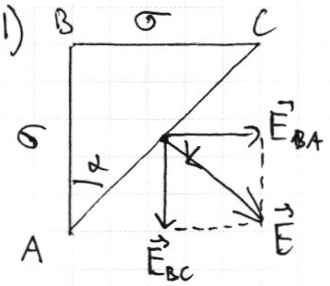
$2U > \frac{V_1}{3}(4\sqrt{2} - \sqrt{5})$

$U > \frac{V_1}{6}(4\sqrt{2} - \sqrt{5})$ $\qquad U > (4\sqrt{2} - \sqrt{5})$ м/с

Ответ: 1) 12 м/с.

2) $(4\sqrt{2} - \sqrt{5})$ м/с.

Задача 3

1) 

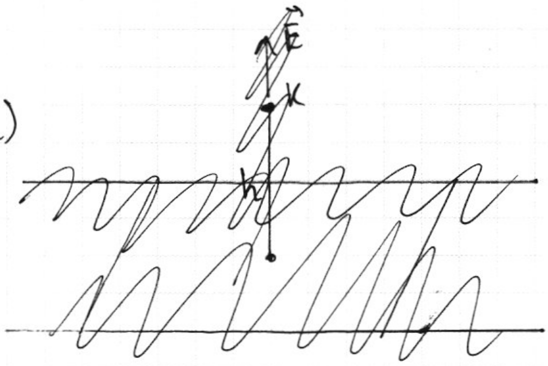
$\alpha = \frac{\pi}{4}$

$\angle BAC = \angle CBA = \frac{\pi}{4}$

$|\vec{E}_{BC}| = |\vec{E}_{BA}|$

$|\vec{E}| = \sqrt{|\vec{E}_{BC}|^2 + |\vec{E}_{BA}|^2} = \sqrt{2}\,|\vec{E}_{BA}|$

$\frac{|\vec{E}|}{|\vec{E}_{BC}|} = \sqrt{2}$

2) 

Ответ: 1) $\sqrt{2}$.

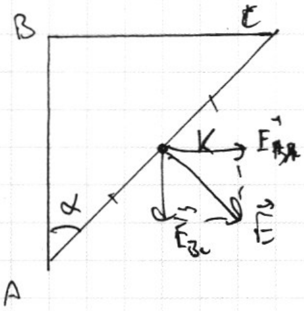
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



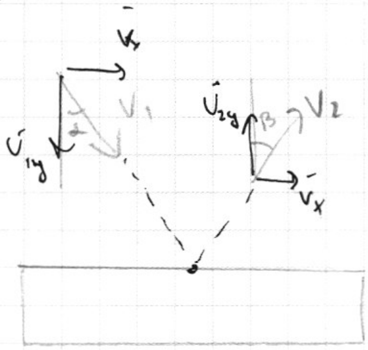
1) $\alpha = \frac{\pi}{4}$ BC – σ

$~~|E_{BC}| = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}~~$

$~~|E_{BA}| = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}~~$ $~~|E| = \sqrt{|E_{BC}|^2 + |E_{BA}|^2} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}\varepsilon_0} = \sqrt{2}|E_{BC}|~~$

~~2)~~

1)

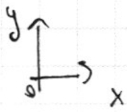


$\sin\alpha = \frac{2}{3}$ $\sin\beta = \frac{1}{3}$ $V_1 = 6$ м/с.

$\cos\alpha = \frac{\sqrt{5}}{3}$ $\cos\beta = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

$tg\alpha = \frac{2}{\sqrt{5}}$ $tg\beta = \frac{1}{2\sqrt{2}}$

$V_{1x} = V_{2x}$.



$~~tg\alpha = \frac{V_x}{V_{1y}}~~$

$\sin\alpha = \frac{2}{3} = \frac{V_x}{V_1}$ $V_x = \frac{2}{3}V_1$

$\sin\beta = \frac{V_x}{V_2} = \frac{1}{3}$ $V_x = \frac{1}{3}V_2$ $\frac{1}{3}V_2 = \frac{2}{3}V_1$

$V_2 = 2V_1 = 12$ м/с

$V_{1y} = \frac{\sqrt{5}}{3}V_1 = 2\sqrt{5}$ м/с

$V_{2y} = \frac{2\sqrt{2}}{3}V_2 = 8\sqrt{2}$ м/с.

$V_{2y}' = ~~\frac{2\sqrt{2}}{3}~~ \frac{4\sqrt{2}}{3}V_1 - U$

$V_{1y}' = -\frac{\sqrt{5}}{3}V_1 - U$

При абс упругом ударе: $|V_{1y}'| = |V_{2y}'|$

$|V_{1y}'| > |V_{2y}'|$

$\frac{\sqrt{5}}{3}V_1 + U > \frac{4\sqrt{2}}{3}V_1 - U$.

$2U > \frac{V_1}{3}(4\sqrt{2} - \sqrt{5})$ $U = \frac{V_1}{6}(4\sqrt{2} - \sqrt{5}) = (4\sqrt{2} - \sqrt{5})$ м/с

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

T_1	T_2
He ν	Ne ν

$\nu = \frac{6}{25}$ моль

$R = 8{,}31$ Дж/(моль К)

$T_1 = 330$ К

$T_2 = 440$ К

$P_1 = P_2$

$P_1 V_1 = \nu R T_1$

$P_2 V_2 = \nu R T_2$

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

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

$V_1 = \frac{\nu R T_1}{P_0}$

$V_2 = \frac{\nu R T_2}{P_0} = \frac{4}{3} V_1$

$V_1 + \frac{4}{3} V_1 = 2 V_1'$

$\frac{7}{3} V_1 = 2 V_1'$

$V_1' = \frac{7}{6} V_1$

$V_2' = \frac{7}{6} V_1 = \frac{7}{8} V_2$

$T_1' = T_2'$ $\quad P_1' = P_2'$ $\Rightarrow V_1' = V_2'$

$\cancel{P_1' V_1' = \nu R T_1'}$ $\quad \cancel{V_1} = \frac{\nu R T}{P_0}$

$\cancel{P_2' V_2' = \nu R T_2'}$

$P = \text{const} = \frac{\nu R T_1}{V_1}$

$P_1' \frac{7}{6} V_1 = \nu R T$

$\frac{\nu R T_1}{\cancel{V_1}} \cdot \frac{7}{6} \cancel{V_1} = \nu R T$

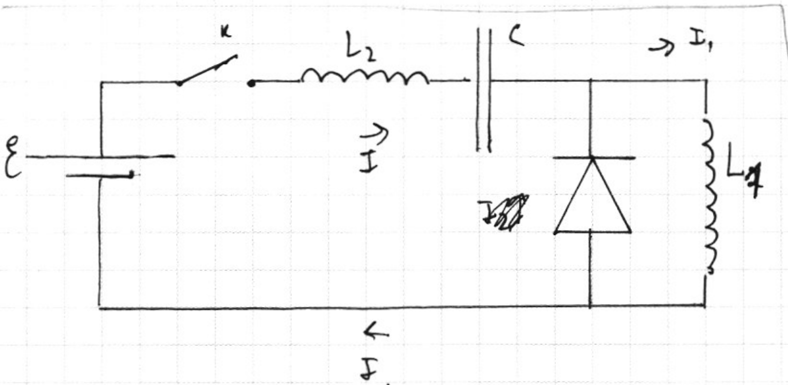
$T = \frac{7}{6} T_1 = 385$ К

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

$\Delta Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R (T - T_1) + P(V_1' - V_1) = \frac{3}{2} \nu R (T - T_1) + \nu R (T - T_1) =$

$= \frac{5}{2} \nu R (T - T_1) = \frac{5}{2} \cdot \frac{6}{25} \cdot 8{,}31 \cdot 55 =$

$= 33 \cdot 8{,}31 = 274{,}23$ (Дж)



$L_1 = 3L \quad L_2 = 2L$

$\omega = \frac{1}{\sqrt{5LC}}$

$q'(t) = A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t)$

$q'(t) = -C\mathcal{E} \cos\left(\frac{1}{\sqrt{5LC}} t\right)$

$\mathcal{E} - L_2 \dot{I} - L_1 \dot{I}_1 = \frac{q}{C} \quad \Big| : 5L$

$\ddot{q}' + q' \frac{1}{5LC} = 0$

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

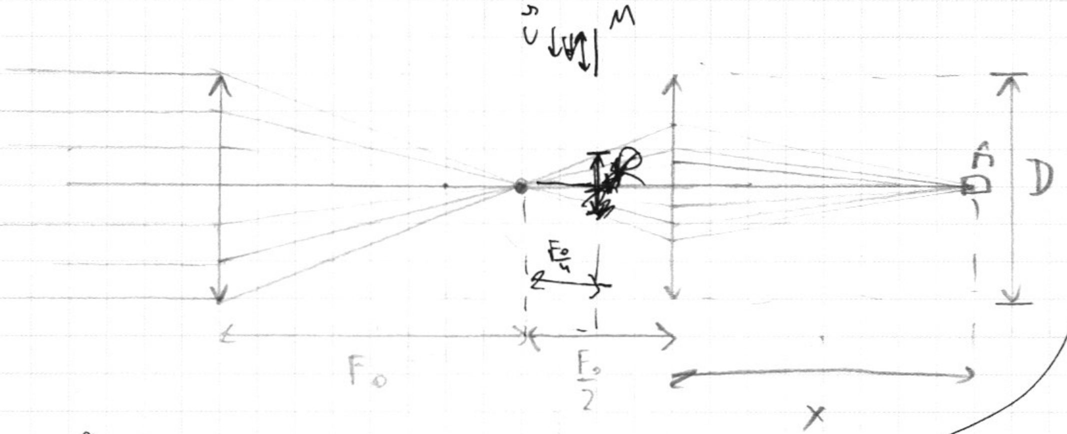
$\ddot{q} + q \frac{1}{5LC} = \frac{\mathcal{E}}{5L}$

$q = q' + C\mathcal{E}$

$\ddot{q} = \ddot{q}'$

$q'(0) = -C\mathcal{E} \quad \dot{q}'(0) = \dot{q}(0) = 0$

$B = -C\mathcal{E} \quad A = 0$



$I \sim P_{св.}$

$$\frac{2}{F_0} + \frac{1}{x} = \frac{3}{F_0}$$

$x = F_0$

$$\frac{F_0}{4R} = \frac{2F_0}{D}$$

$$R = \frac{D}{8}$$

$$S_M = \pi r^2$$

$$S = \pi R^2$$

$$I_1 = \frac{8}{9} I_0$$

$$\frac{I_1}{I_0} = \frac{S - S_M}{S} =$$

$$\frac{8}{9} = 1 - \frac{r^2}{R^2}$$

$$\frac{r^2}{R^2} = \frac{1}{9} \qquad R = 3r$$

$$r = \frac{R}{3} = \frac{D}{24}$$

$$V\tau_0 = \frac{D}{12}$$

$$V = \frac{D}{12\tau_0}$$

$$V(t_1) = 2R = \frac{D}{4}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{5CL}}$$

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

$$I(t) = C\mathcal{E}\omega \sin(\omega t)$$

$$\boxed{I_{01} = C\mathcal{E}\omega = C\mathcal{E}\frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{5CL}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}}$$

$$t_1 = \frac{\pi}{\omega} = \pi\sqrt{5CL} \qquad q = 2C\mathcal{E}$$

$$\mathcal{E} - L_2\ddot{q} = \frac{q}{C}$$

$$\ddot{q} + \frac{q}{2LC} = \frac{\mathcal{E}}{2L}$$

$$q = C\mathcal{E} + q'$$

$$\ddot{q}' + \frac{q'}{2LC} = 0$$

$$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{2LC}}$$

$$q'(t) = A\cos\omega_2 t + B\sin\omega_2 t$$

$$\boxed{T = t_1 + t_2 = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{2} + \sqrt{5})}$$

$$q(0) = 2C\mathcal{E} \quad q'(0) = C\mathcal{E}$$

$$A = C\mathcal{E} \quad \dot{q}'(0) = 0 \Rightarrow B = 0$$

$$t_2 = \frac{\pi}{\omega_2} = \pi\sqrt{2LC}$$

$$q'(t) = C\mathcal{E}\cos(\omega_2 t)$$

$$q(t) = C\mathcal{E}(1 + \cos(\omega_2 t))$$

$$\dot{q}(t) = -C\mathcal{E}\omega_2\sin(\omega_2 t)$$

$$\boxed{I_{02} = C\mathcal{E}\omega_2 = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}}$$

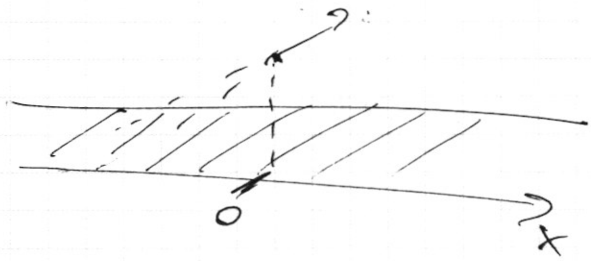
☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

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

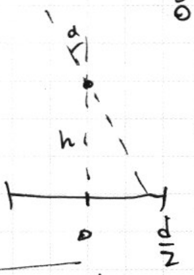
ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$2\int_0^{+\infty} \Delta E\, dx$

$\Delta E = 2\int_0^{\frac{d}{2}} \frac{k\,\rho\, dl}{r^2}\cos\alpha = 2\int_0^{\frac{d}{2}} \frac{k\rho\, dl}{(h^2+l^2)} \frac{h}{\sqrt{l^2+h^2}} =$



$= 2k\rho h \int_0^{\frac{d}{2}} \frac{dl}{(h^2+l^2)^{3/2}}$

$\cos\alpha =$

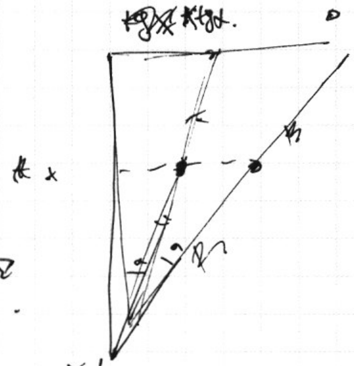
$tg\,\alpha = \frac{l}{h}$

$tg^2\alpha = \frac{l^2}{h^2} = \frac{1-\cos^2\alpha}{\cos^2\alpha}$

$\cos^2\alpha\left(\frac{l^2}{h^2}+1\right) = 1$

$\cos^2\alpha = \frac{h^2}{l^2+h^2}$

$\cos\alpha = \frac{h}{\sqrt{l^2+h^2}}$



$x = (h^2+l^2)^{\frac{1}{2}}$

$x^2 = h^2 + l^2$

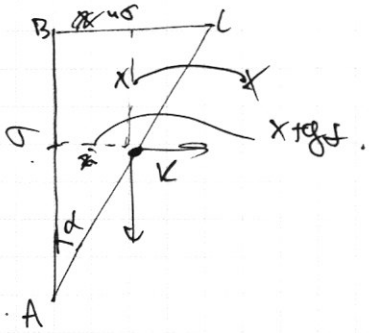
$l^2 = x^2 - h^2 \qquad l = \sqrt{x^2-h^2}$

$\frac{dl}{dx} = \frac{x}{\sqrt{x^2-h^2}} \qquad dl = \frac{x\,dx}{\sqrt{x^2-h^2}}$

$\int \frac{x\,dx}{x^3\sqrt{x^2-h^2}} = \int \frac{dx}{x^2\sqrt{x^2-h^2}} =$

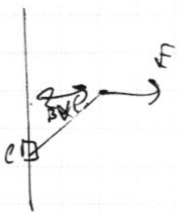
$k \quad 2\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\Delta q \cos^2\beta}{r^2}\, d\beta$

$\frac{\sigma}{2\varepsilon_0} - 2\sum_{i=0}^{\infty}$



$\alpha = \frac{\pi}{8}$

$E(h, r) = ?$



$2\int_0^{x} \Delta F \cdot dl$

$v(l) = v \cdot \sqrt{l^2 + x^2 tg^2\alpha}$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)