Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

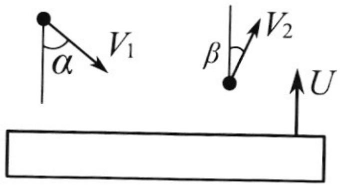
Класс 11

Вариант 11-01

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 8 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{3}{4}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \dfrac{1}{2}\right)$ 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.

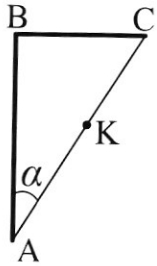
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится азот, во втором – кислород, каждый газ в количестве $\nu = 3/7$ моль. Начальная температура азота T_1 = 300 К, а кислорода T_2 = 500 К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Газы считать идеальными с молярной теплоемкостью при постоянном объеме $C_V = 5R/2$. R = 8,31 Дж/(моль·К).

1) Найти отношение начальных объемов азота и кислорода.

2) Найти установившуюся температуру в сосуде.

3) Какое количество теплоты передал кислород азоту?

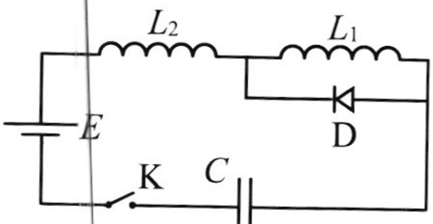
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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 $\sigma_1 = 2\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. 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 $L_1 = 2L$, $L_2 = L$, 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_1.

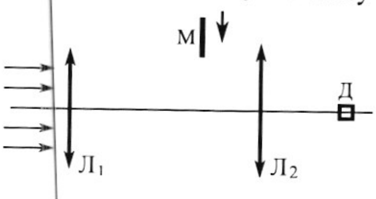


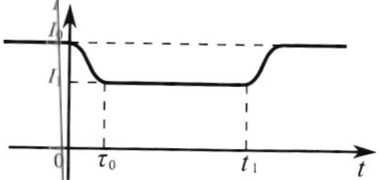
1) Найти период T этих колебаний.

2) Найти максимальный ток I_{M1}, текущий через катушку L_1.

3) Найти максимальный ток I_{M2}, текущий через катушку L_2.

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусным расстоянием F_0 у каждой. Расстояние между линзами $3F_0$. 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 $2F_0$ от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 3I_0/4$.





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

Дано:

F_0

D

I_0

$I_1 = \frac{3I_0}{4}$

$I \sim N$

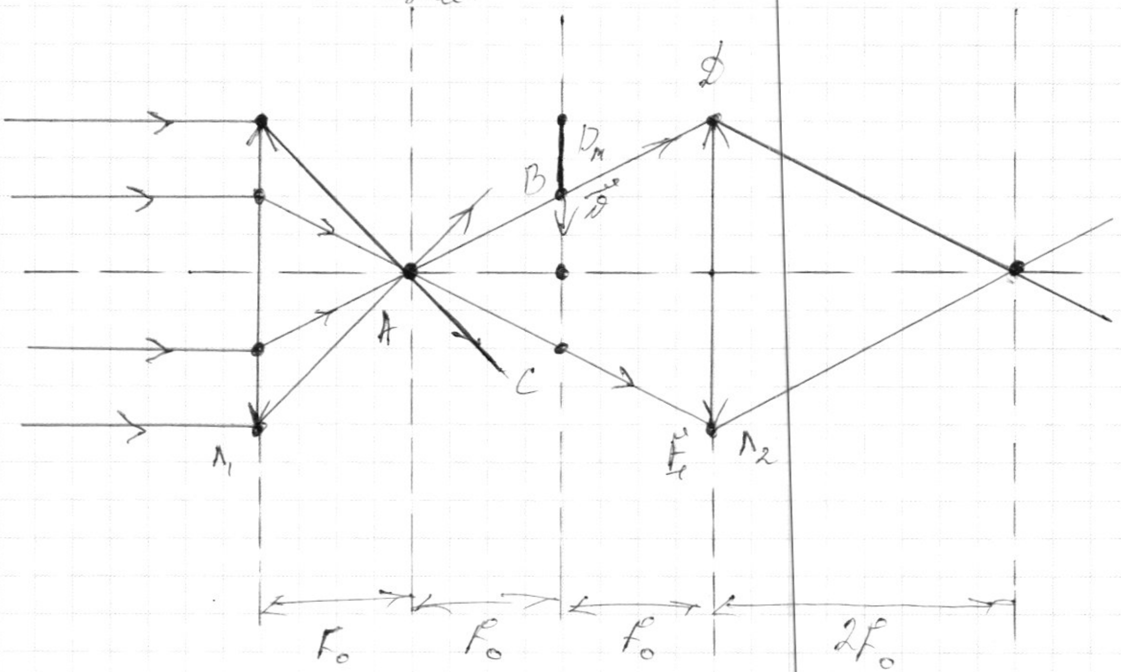
1) S_0 - ?

2) ϑ - ?

3) t_1 - ?

№5.

Решение:



1) $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$; Для $Л_1$ => $\frac{1}{F_0} = \frac{1}{d}^{\to 0} + \frac{1}{f_1}$ => $f_1 = F_0$ лучи пройдут через фокус.

Для $Л_2$: $\frac{1}{F_0} = \frac{1}{2F_0} + \frac{1}{S_0}$ => $\frac{1}{S_0} = \frac{2}{2F_0} - \frac{1}{2F_0} = \frac{1}{2F_0}$ => $\boxed{S_0 = 2F_0}$ ⇔

⇔ Это и есть расстояние между линзой и фотодетектором, по усл. свет, прош. через обе линзы фокус. именно на фотодетекторе

2) $\frac{N_1}{N_0} = \frac{I_1}{I_0} = \frac{S_1}{S_0}$ (т.к. $I \sim N$ и интенсивность в сечении всего пучка одинаковая)

$\frac{S_1}{S_0} = \frac{S_0 - S_M}{S_0} = 1 - \frac{S_M}{S_0} = \frac{I_1}{I_0} = \frac{\frac{3}{4}I_0}{I_0} = \frac{3}{4}$ => $\frac{S_M}{S_0} = \frac{1}{4}$;

; $S_0 = \frac{\pi \cdot BC^2}{4}$; $S_M = \frac{\pi D_M^2}{4}$; $\triangle ABC \sim \triangle AДF_0'$ (по 3 углам) ⇔

⇔ $\frac{AC}{AF_0'} = \frac{BC}{ДF_0'} = \frac{BC}{D}$ => $\frac{BC}{D} = \frac{F_0}{2F_0}$ => $\boxed{BC = \frac{D}{2}}$

Продолжение №5

$\frac{S_M}{S_0} = \frac{1}{4}$;

$S_0 = \frac{\pi \cdot BC^2}{4}$;

$S_M = \frac{\pi \cdot D_M^2}{4}$;

$BC = \frac{D}{2}$;

$\Rightarrow \frac{\frac{\pi D_M^2}{4}}{\frac{\pi \cdot BC^2}{4}} = \left(\frac{D_M}{BC}\right)^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{D_M}{BC} = \frac{1}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{D_M = \frac{BC}{2} = \frac{D}{4}}$

3) Время от 0 до τ_0 - время, когда ~~машинка~~ мишень начала заезжать область пучка света и полностью в него заехала.
Можно записать: $D_M = v\tau_0 \Rightarrow \boxed{v = \frac{D_M}{\tau_0} = \frac{D}{4\tau_0}}$;

4) В момент времени 0 мишень начала заезжать в область пучка света, а в момент времени t_1 машинка начала выезжать из области пучка света, т.е. можно записать: $BC = v \cdot t_1 \Rightarrow \boxed{t_1 = \frac{BC}{v} = \frac{\frac{D}{2}}{\frac{D}{4\tau_0}}} =$

$= \frac{4\tau_0}{2} = \boxed{2\tau_0}$;

Ответ: 1) $S_0 = 2\tau_0$; 2) $v = \frac{D}{4\tau_0}$; 3) $t_1 = 2\tau_0$;

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$\vartheta_1 = 8\,\frac{м}{с}$.

$\sin\alpha = \frac{3}{4}$,

$\sin\beta = \frac{1}{2}$

1) ϑ_2 - ?

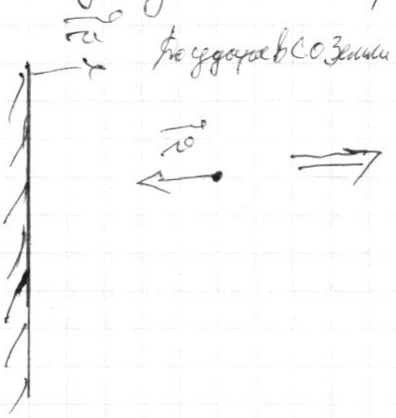
2) u - ?

№1.

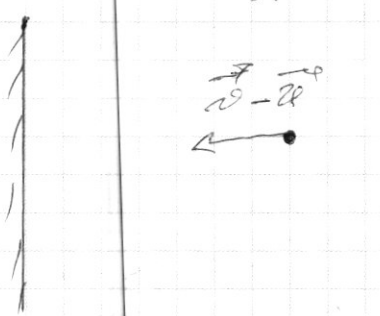
Решение:

1) Рассмотрим ~~уд~~ абсолютно упругий удар шарика, движ. со ск. $\vec{\vartheta}$, о ~~...~~ массивную плиту, движ. со скор. $\vec{u}$: $\vec{\vartheta}_{абс} = \vec{\vartheta}_{отн} + \vec{\vartheta}_{пер}$

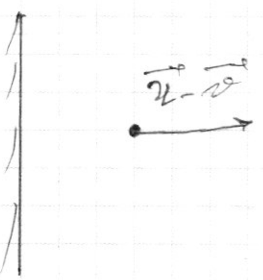
До удара в С.О Земли



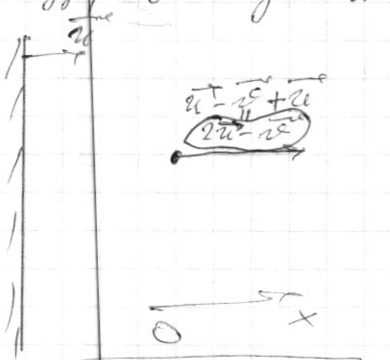
В С.О. плиты до удара:



После удара в С.О. плиты:



После удара в С.О Земли:



~~[illegible]~~

O_x: $\boxed{\vartheta_{после\ удара\ x} = 2u + \vartheta}$

□ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 3

(Нумеровать только чистовики)

Продолжение №1.

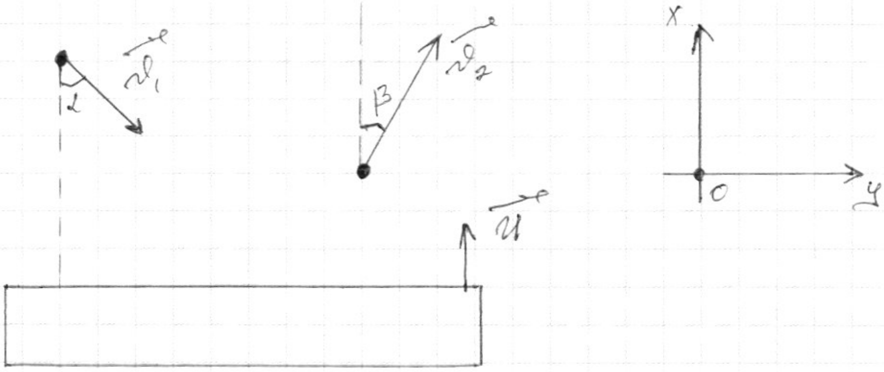
$\sin\alpha = \frac{3}{4} \Rightarrow$

$\Rightarrow \cos\alpha = \sqrt{1-\frac{9}{16}} =$

$= \frac{\sqrt{7}}{4}$;

$\sin\beta = \frac{1}{2}$;

$\cos\beta = \sqrt{1-\frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$;



1) Проекция скорости вдоль оси Oy не изменилась (т.к. плита гладкая)

$\Rightarrow v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta \Rightarrow \boxed{v_2 = v_1 \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 8 \cdot \frac{\frac{3}{4}}{\frac{1}{2}} = 8 \cdot \frac{3}{2} = 12\ \frac{м}{с}}$

2) Шарик отскочил от плиты (т.е. удаляется от неё) $\Leftrightarrow$ (или не приближается к ней)

$\Leftrightarrow \boxed{v_2 \cos\beta \geq u}$ (1)

(др. стороны, т.к. удар неупругий: $v_2 \cos\beta \leq 2u_x + |v_{1x}|$)

$\boxed{v_2 \cos\beta < 2u + v_1 \cos\alpha} \Rightarrow \boxed{u > \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2}}$ (2)

(1): $u \leq 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 6\sqrt{3} \Rightarrow \boxed{u \leq 6\sqrt{3}\ \frac{м}{с}}$

(2): $\boxed{u > \frac{12\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} - 8\cdot\frac{\sqrt{7}}{4}}{2} = (3\sqrt{3}-\sqrt{7})\frac{м}{с}}$

$\Rightarrow \begin{cases} u \leq 6\sqrt{3}\ \frac{м}{с} \\ u > (3\sqrt{3}-\sqrt{7})\frac{м}{с} \end{cases} \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow u \in \left((3\sqrt{3}-\sqrt{7})\frac{м}{с};\ 6\sqrt{3}\ \frac{м}{с}\right]$

Ответ: 2) $u \in \left((3\sqrt{3}-\sqrt{7})\frac{м}{с};\ (6\sqrt{3})\frac{м}{с}\right]$; 1) $v_2 = 12\ \frac{м}{с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$T_1 = 300K$

$T_2 = 500K$

$\nu = \frac{3}{4}$ моль

$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

$C_V = \frac{5}{2}R$

1) $\frac{V_1}{V_2}$ – ?

2) T_0 – ?

3) ΔU_{N_2} – ?

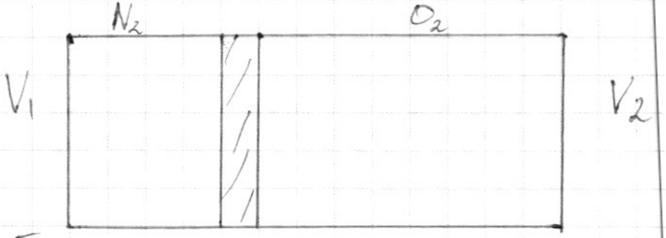
№2

Решение:

1) $C_V = \frac{dQ}{\nu dT} = \frac{dU + dA}{\nu dT} = \frac{\frac{i}{2}\nu R dT + \overbrace{PdV}^{=0}}{\nu dT} = \frac{i}{2}R$ т.к. V = const

$dQ = dU + dA$

$C_V = \frac{5}{2}R = \frac{i}{2}R \rightarrow \boxed{i = 5}$ для наших газов. (N_2 и O_2)



$T_1 = 300K$ $\qquad$ $T_2 = 500K$

2) По закону Менделеева-Клапейрона (давление газов равны)

$PV_1 = \nu RT_1$

$PV_2 = \nu RT_2$ $\Rightarrow \boxed{\frac{V_1}{V_2}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{300}{500} = \boxed{\frac{3}{5} = 0{,}6}$

3) По условию температуры газов начинают <u>медленно</u> выравниваться, а поршень начинает <u>медленно</u> двигаться. → Весь большой процесс можно разбить на много маленьких процессов, причем в каждом из которых $P_{N_2} = P_{O_2}$, а перемещение поршня dx, ~~такое~~ тогда $dA_{N_2} = P_{N_2}dV = P_{N_2}Sdx$, а $dA_{O_2} = P_{O_2} \cdot dV = -P_{O_2}Sdx$ и $dA_{N_2} + dA_{O_2} = 0$, т.е. энергия системы сохраняется. ⇒

⇒ $W_1 = W_2 \rightarrow U_1 + U_2 = U_1' + U_2'$

Продолжение №2

$U_1 + U_2 = U_1' + U_2'$;

$U_1 = \frac{5}{2}\nu RT_1$; $U_2 = \frac{5}{2}\nu RT_2$; $\cancel{U_1' = \frac{5}{2}\nu RT_1}$; $U_2' = \frac{5}{2}\nu RT_0$

$U_1' = \frac{5}{2}\nu RT_0$;

$\frac{5}{2}\nu RT_1 + \frac{5}{2}\nu RT_2 = \frac{5}{2}\nu RT_0 + \frac{5}{2}\nu RT_0 \Rightarrow 5\nu RT_0 = \frac{5}{2}\nu R(T_1+T_2) \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow \boxed{T_0 = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{300+500}{2} = 400K}$

4) $\Delta U_{N_2} = \frac{5}{2}\nu R(T_0 - T_1) = \frac{5}{2} \cdot \frac{3}{7} \cdot 8{,}31 \cdot (400-300) = \frac{15}{14} \cdot 8{,}31 \cdot 100 =$

$= 1 \cdot 8{,}31 \cdot 100 = 831$ Дж.

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = 0{,}6$; 2) $T_0 = 400K$; 3) $\Delta U_{N_2} = 831$ Дж.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

Пластины AB и BC - бесконечные

1) $\alpha = \frac{\pi}{4}$;

2) $\sigma_1 = 2\sigma$

$\sigma_2 = \sigma$

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

1) $\frac{E_0}{E_1}$ - ?

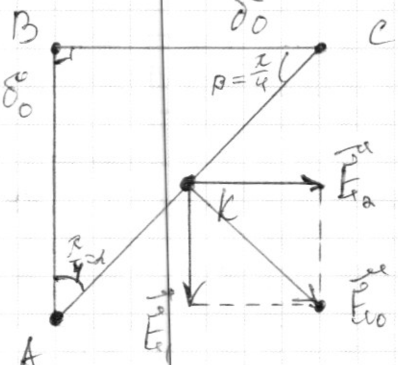
2) E_{00} - ?

№3

Решение:

1) Напряжённость поля создаваемого каждой из пластин в точке K пропорциональна углу под которым они видны из точек A и C соответственно.

Т.е. $E_{\text{пластины}} = K \cdot \frac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}$ $\boxed{K \sim \alpha}$ некий коэфф.



2) $E_1 = K\frac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}$

$E_2 = K\frac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}$

В первом случае коэф. K для обеих пластин равны, т.к. они видны под один. углами.

$E_0 = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \frac{K\sigma_0}{2\varepsilon_0}\sqrt{2}$; $\Rightarrow$ $\boxed{\frac{E_0}{E_1} = \frac{\frac{K\sigma_0}{2\varepsilon_0}\sqrt{2}}{\frac{K\sigma_0}{2\varepsilon_0}} = \sqrt{2}}$;

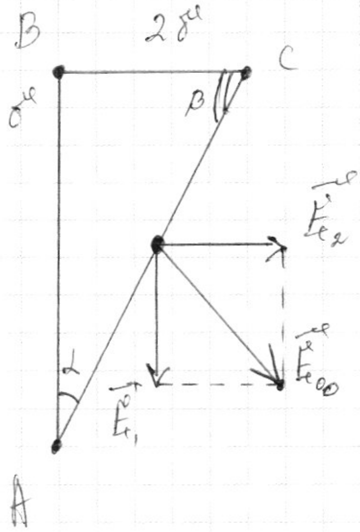
3) Заметим, что при $\alpha = \frac{\pi}{2}$; $E_{BC} = \frac{\sigma_0}{2\varepsilon_0} \Rightarrow K\left(\frac{\pi}{2}\right) = 1$; $\Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow$ $K(\alpha) = \sin\alpha$;

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Продолжение №3



4) $E_{e_{00}}^2 = E_{e_1}^2 + E_{e_2}^2$; $\alpha = \frac{\pi}{7}$; $\beta = \frac{5\pi}{14} = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{7}$

$$E_{e_1} = \frac{2\sigma}{2\varepsilon_0} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{7}\right)$$

$$E_{e_2} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \sin\left(\frac{5\pi}{14}\right)$$

$$E_{e_{00}}^2 = \sqrt{\left(\frac{2\sigma}{2\varepsilon_0} \sin\left(\frac{\pi}{7}\right)\right)^2 + \left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \sin\left(\frac{5\pi}{14}\right)\right)^2} =$$

$$= \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \sqrt{4\sin^2\left(\frac{\pi}{7}\right) + \sin^2\left(\frac{5\pi}{14}\right)} =$$

$$= \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \sqrt{4\sin^2\left(\frac{\pi}{7}\right) + \sin^2\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{7}\right)} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \sqrt{3\sin^2\frac{\pi}{7} + \underbrace{\sin^2\frac{\pi}{7} + \cos^2\frac{\pi}{7}}_{1}} =$$

$$= \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \sqrt{3\sin^2\frac{\pi}{7} + 1} = \left[\text{для малых углов } \sin\varphi \simeq \varphi; \right] \simeq$$

$$\simeq \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \sqrt{3 \cdot \frac{\pi^2}{49} + 1} \simeq \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \sqrt{\frac{1}{16} \cdot 10 + 1} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \sqrt{\frac{5}{8} + 1} =$$

$$= \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \sqrt{\frac{13}{8}} = \frac{\sigma\sqrt{13}}{4\sqrt{2}\,\varepsilon_0};$$

Ответ: 1) $\frac{E_{e_0}}{E_{e_1}} = \sqrt{2} \simeq 1{,}4$; 2) $E_{e_{00}} = \frac{\sigma\sqrt{13}}{4\sqrt{2}\,\varepsilon_0}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$L_1 = 2L_0$

$L_2 = L_0$

L_0

$\mathcal{E}_0$

C

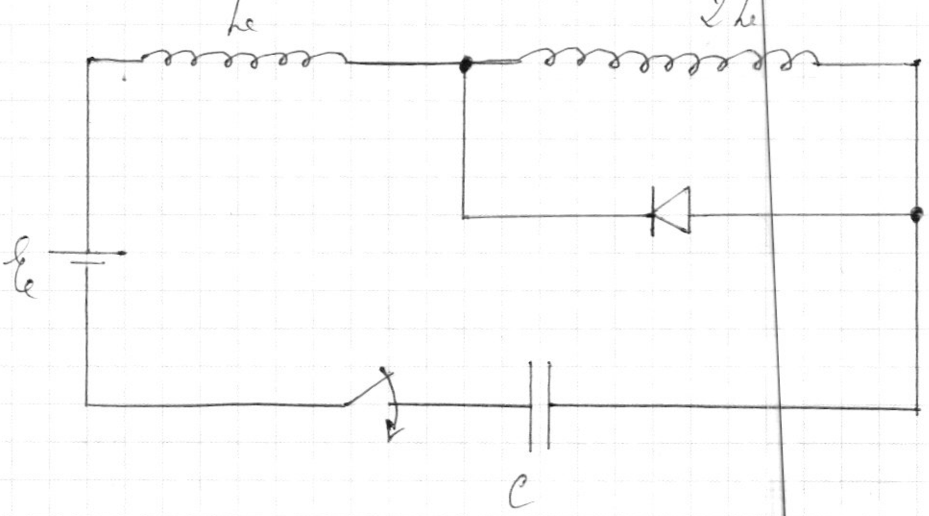
1) T - ?

2) $I_{м1}$ - ?

3) $I_{м2}$ - ?

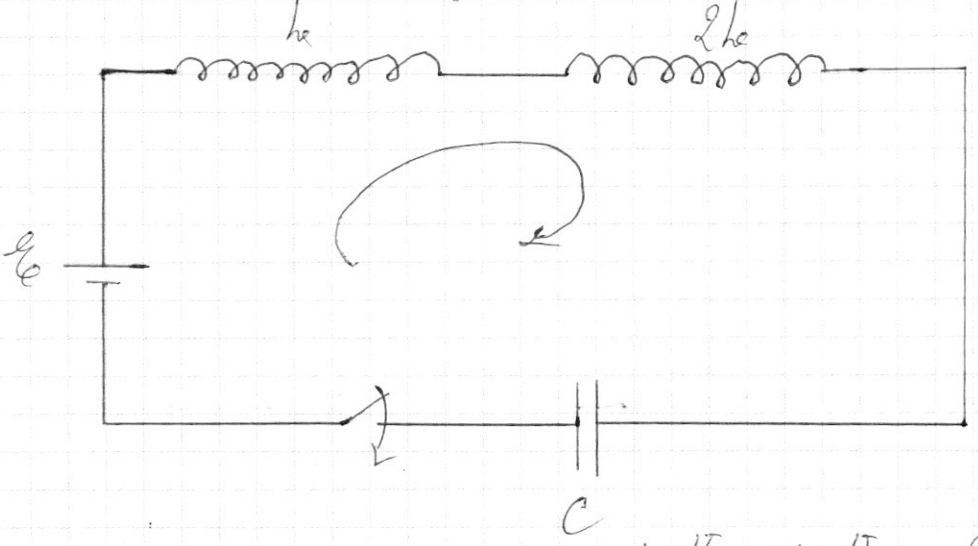
№4.

Решение:



1) Рассмотрим ситуацию, когда диод открывается. Пусть через катушку L_0 течет ток I, а $\mathcal{E}_{i;з1}$ достаточно, чтобы диод открылся. Диод открылся ⇒ в этот момент ток через катушку должен стать равен нулю и весь ток должен потечь через открытый диод, и все это должно произойти очень быстро ⇒ $\frac{dI}{dt}$ - очень большая величина в этот момент ⇒ значит, что катушка L_0 не даст току изменяться т.к. $\mathcal{E}_{i;з1}$ меняет знак и будет стремиться к бесконечности. ⇒ Диод можно выбросить из схемы.

Продолжение №4.



2) По II правилу Кирхгофа: $\mathcal{E}_0 - L_0\frac{dI}{dt} - 2L_0\frac{dI}{dt} = \frac{q_0}{C}$

$$\mathcal{E}_0 - 3L_0\frac{dI}{dt} = \frac{q_0}{C} \Rightarrow q_0''\cdot 3L_0 - \mathcal{E}_0 + \frac{q_0}{C} = 0 \Rightarrow q_0'' + \frac{q_0}{3L_0C} - \frac{\mathcal{E}}{3L_0} = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow q_0'' + \frac{1}{3L_0C}(q_0 - \mathcal{E}_0 C) = 0; \quad \boxed{\psi = q_0 - \mathcal{E}_0 C} \Rightarrow \psi'' = q_0'' \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \psi'' + \underbrace{\frac{1}{3L_0C}}_{\omega^2}\psi = 0 \Rightarrow \boxed{\omega = \sqrt{\frac{1}{3L_0C}}} \Rightarrow \boxed{T = 2\pi\sqrt{3L_0C}}$$

$$\left.\begin{aligned} \psi &= \psi_0 \sin(\omega t+\varphi_0) \\ \psi' &= \psi_0\omega \cos(\omega t+\varphi_0) \\ \psi'' &= -\psi_0\omega^2 \sin(\omega t+\varphi_0) \end{aligned}\right| \Rightarrow \begin{aligned} q_0 &= \mathcal{E}_0 C + \psi_0 \sin(\omega t+\varphi_0) \\ q_0' &= \mathcal{E}_0 C + \psi_0\omega \cos(\omega t+\varphi_0) \\ q_0'' &= +\mathcal{E}_0 C - \psi_0\omega^2 \sin(\omega t+\varphi_0) \end{aligned}$$

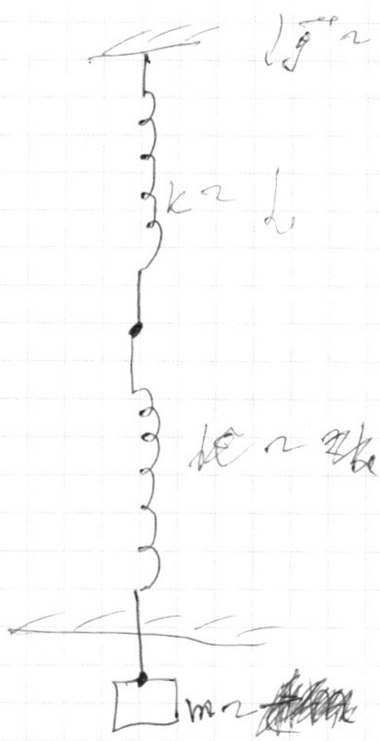
$$t=0 \Rightarrow \begin{matrix} q_0 = 0 \\ q_0' = 0 \end{matrix} \Rightarrow \begin{matrix} -\mathcal{E}_0 C = \psi_0 \sin(\varphi_0) \\ -\mathcal{E}_0 C = \psi_0\omega\cos(\varphi_0) \end{matrix} \Rightarrow \begin{matrix} tg(\varphi_0) = \omega \\ \frac{1}{\sin^2\varphi_0} = 1 + tg^2\varphi_0 \end{matrix} \Leftrightarrow$$

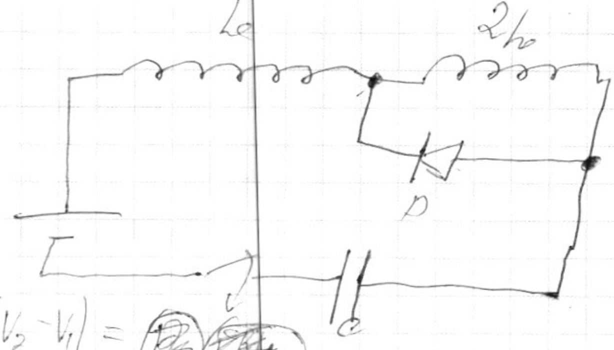
$$\Leftrightarrow \sin\varphi_0 = \pm\sqrt{\frac{1}{1+\omega^2}} \Rightarrow \psi_0 = \frac{-\mathcal{E}_0 C}{\sin\varphi_0} = \frac{+\mathcal{E}_0 C}{+\sqrt{\frac{1}{1+\omega^2}}} = \mathcal{E}_0 C\sqrt{1+\omega^2}$$

$$\psi'_м = I_м = \psi_0\omega = \mathcal{E}_0 C\omega\sqrt{1+\omega^2} = \mathcal{E}_0 C\sqrt{\frac{1}{3L_0C}\cdot\left(1+\frac{1}{3L_0C}\right)} = \frac{\mathcal{E}_0 C}{\sqrt{3L_0C}}\sqrt{1+\frac{1}{3L_0C}}$$

$$I_{м1} = I_{м2}$$

Ответ: 1) $T = 2\pi\sqrt{3L_0C}$; 2) $I_{м1} = \frac{\mathcal{E}_0 C}{\sqrt{3L_0C}}\sqrt{1+\frac{1}{3L_0C}}$; 3) $I_{м2} = \frac{\mathcal{E}_0 C}{\sqrt{3L_0C}}\sqrt{1+\frac{1}{3L_0C}}$;





$P_2V_2 - P_1V_1 = P_0(V_2 - V_1) =$

$\mathcal{E}_0 + \mathcal{E}_{S_1,S_1} + \mathcal{E}_{S_2,S_2} = \frac{q_0}{C}$

$\mathcal{E}_0 - L_0\frac{dI}{dt} - 2L_0\frac{dI}{dt} = \frac{q_0}{C}$

$\mathcal{E}_0 - 3L_0\frac{dI}{dt} = \frac{q_0}{C}$

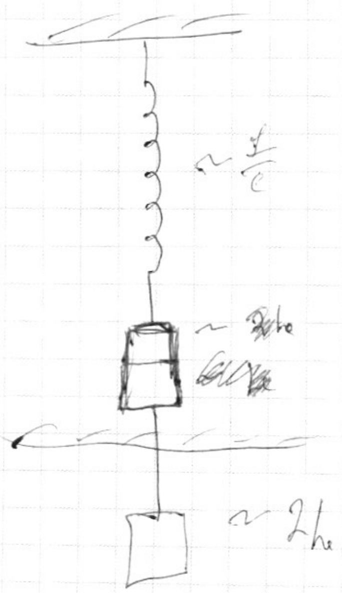
$\frac{L_0I^2}{2} + \frac{q_0^2}{2C} = E_0$

$\frac{2L_0 I I'}{2} + \frac{2q_0q_0'}{2C} = 0 \to L_0 I I' + \frac{q_0}{C} I = 0$

$L_0 q_0'' + \frac{q_0}{C} = 0 \Rightarrow q_0'' + \underbrace{\frac{q_0}{L_0C}}_{\omega^2} = 0 \to \omega = \sqrt{\frac{1}{L_0C}}$

$L = m \quad \frac{1}{C} = k$

$T = 2\pi\sqrt{L_0C}$;



$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{3L_0C}$

$\frac{L_0I^2}{2} + \frac{2L_0I^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}_0^2}{2}$

$3L_0I^2 = C\mathcal{E}_0^2 \to \boxed{I_M = \mathcal{E}_0\sqrt{\frac{C}{3L_0}}}$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

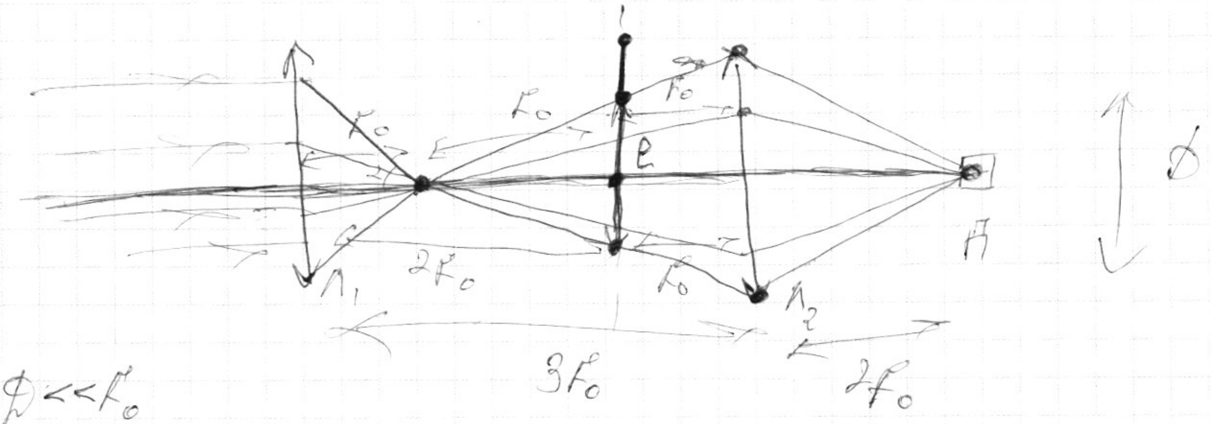
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$D << F_0$

$I_0 \sim N$; $\tg\alpha = \frac{R}{F_0} = \frac{x}{2F_0} \Rightarrow x = 2R = d$

$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{2F_0} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{2}{2F_0} - \frac{1}{2F_0} = \frac{1}{2F_0} \Rightarrow \boxed{f = 2F_0}$!!!

$\frac{I_1}{I_0} = \frac{S_1}{S_0} = \frac{S_0 - S_M}{S_0} = 1 - \frac{S_M}{S_0} = \frac{\frac{3}{4}I_0}{I_0} = \frac{3}{4}$

$\frac{S_M'}{S_0} = \frac{1}{4}$; $S_0 = \pi R^2$; $\cancel{\frac{R}{D} = \frac{F_0}{2F_0} \Rightarrow \boxed{R = \frac{D}{2}} \Rightarrow S_0 = \frac{\pi D^2}{4}}$

$\cancel{S_M = \frac{\pi D_M^2}{4}}$

$\cancel{\left(\frac{D_M}{D}\right)^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{D_M}{D} = \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{D_M = \frac{D}{2}}; D_M = v\tau_0 \Rightarrow \boxed{v = \frac{D}{2\tau_0}}}$

$\frac{l}{D} = \frac{F_0}{2F_0} \Rightarrow l = \frac{D}{2} \Rightarrow S_0 = \frac{\pi l^2}{4}$; $\left(\frac{D_M}{l}\right)^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow \boxed{D_M = \frac{l}{2} = \frac{D}{4}}$

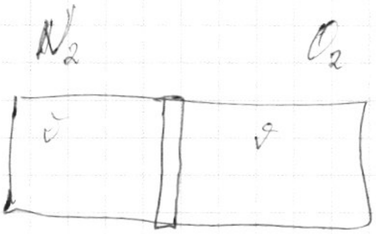
$D_M = v\tau_0 \Rightarrow \boxed{v = \frac{D}{4\tau_0}}$; $l = v t_1 \Rightarrow \boxed{t_1 = \frac{l}{v} = \frac{D}{2 \cdot \frac{D}{4\tau_0}} = 2\tau_0}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)



$T_1 = 300K$ $\qquad$ $T_2 = 500K.$

$P_1 = P_2$

$P_1V_1 = \nu RT_1$ (N_2)

$P_1V_2 = \nu RT_2$ (O_2)

$C_V = \frac{5}{2}R$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{5};$ $\qquad$ $C = \frac{dQ}{\nu dT} = \frac{\frac{i}{2}\nu RdT + PdV}{\nu dT} = \frac{i}{2}R + 0 = \frac{5}{2}R$

$\boxed{i = 5}$

$dQ = C\nu dT$

$P_0V_1 = \nu RT_0$

$P_0V_2 = \nu RT_0$ $\Rightarrow V_1 = V_2;$ $\quad U_1 + U_2 = U_1' + U_2' + A$

$\frac{5}{2}\nu RT_1 + \frac{5}{2}\nu RT_2 = \frac{5}{2}\nu RT_0 + \frac{5}{2}\nu RT_0 + \cancel{\int_{V_1}^{V_2} PdV} \to 0$ $\qquad$ $\frac{5}{2}\cdot\frac{3}{7} = \frac{15}{14} \approx 1;$

$PV^{\gamma} = const$

$\cancel{PdV = \nu R}$

$\frac{5}{2}\nu R(T_1+T_2) = 5\nu RT_0 \Rightarrow T_0 = \frac{T_1+T_2}{2} = 400K.$

$|\Delta U_{O_2}| = |\Delta U_{N_2}|$; $|\Delta U_{O_2}| = \frac{5}{2}\nu R\Delta T = \frac{5}{2}\nu R\cdot 100 = \frac{5}{\cancel{2}}\cdot\frac{3}{7}\cdot 8{,}31\cdot \cancel{100}\,50 =$

$= \frac{15}{7}\cdot 50\cdot 8{,}31 = \frac{750\cdot 8{,}31}{7} \approx 107\cdot 8{,}31 = 1{,}07\cdot 831 \approx 831$ Дж.

☑ черновик ☐ чистовик $\qquad$ Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) $\qquad$ (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

С.С.

$\vec{u}$

$\vec{v}$

$\vec{v}-\vec{u}$

$\vec{u}-\vec{v}$

$\vec{u}$

$\vec{u}-\vec{v}+\vec{u}$

$\parallel$

$2\vec{u}-\vec{v}$

x

$O_x: \boxed{2u+v}$

$\boxed{v_2\cos\beta = 2u + v_1\cos\alpha}$ $\quad v_2 = \frac{2u + v_1\cos\alpha}{\cos\beta}$

$v_1\sin\alpha = v_2\sin\beta \Rightarrow v_1\cdot\frac{3}{4} = v_2\cdot\frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{v_2 = \frac{3}{2}\cdot 8 = 12\,\frac{м}{с}}$

$u = \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2} = \frac{12\cdot\frac{\sqrt3}{2} - 8\cdot\frac{\sqrt7}{4}}{4} = \left(3\sqrt3 - \sqrt7\right)\frac{м}{с}$

$\sin\alpha = \frac34 \Rightarrow \cos\alpha = \sqrt{\frac{16}{16}-\frac{9}{16}} = \sqrt{\frac{7}{16}} = \frac{\sqrt7}{4}$

$\sin\beta = \frac12 \Rightarrow \cos\beta = \sqrt{1-\frac14} = \frac{\sqrt3}{2}$

$2u+v_1\cos\alpha = v_2\cos\beta \geq u,\ 2u + v_1\cos\alpha \geq v_2\cos\beta \geq u$

$\boxed{u \leq 12\cdot\frac{\sqrt3}{2} = 6\sqrt3}$; $\boxed{u \geq \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2}}$ =

= $\boxed{6\cdot\frac{\sqrt3}{2} - 4\cdot\frac{\sqrt7}{4} = 3\sqrt3 - \sqrt7} \Rightarrow u \in [3\sqrt3 - \sqrt7;\ 6\sqrt3]$.

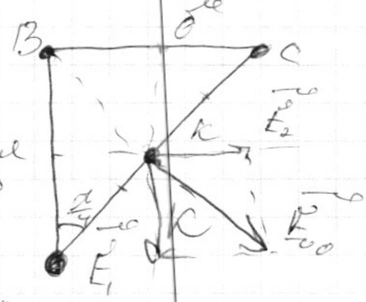
$\frac{x}{7} - \frac{x}{4} = \frac{5x}{14}$

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$E_1 = E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \quad \frac{\sin(\frac{2\pi}{7})}{\cos(\frac{\pi}{7})}$



$E_0 = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{2} E_1 =$

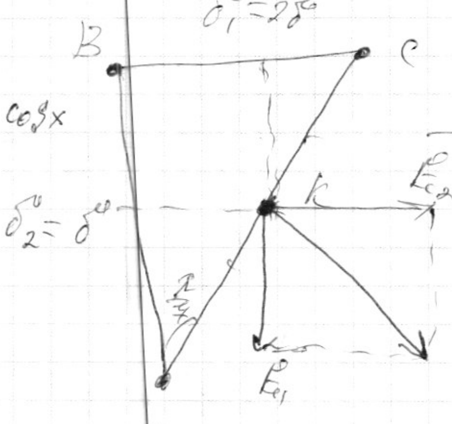
$= \frac{\sqrt{2}\sigma}{2\varepsilon_0}$; $\quad (2\sin(\frac{\pi}{7}))^2 + \sin^2\frac{5\pi}{14}$

$= 4 - 4\cos^2\frac{2\pi}{7} + 1 - \cos^2\frac{5\pi}{14}$

$\boxed{\frac{E_0}{E_1} = \frac{\sqrt{2}\sigma}{2\varepsilon_0}\cdot\frac{2\varepsilon_0}{\sigma} = \sqrt{2}}$ $\quad 5 - (4\cos^2\frac{\pi}{7} + \cos^2\frac{5\pi}{14})$

$\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{7} = \frac{5\pi}{14} \quad 1 + 4\sin^2\frac{\pi}{7} - \cos^2\frac{5\pi}{14}$

$\sigma_1 = 2\sigma$



$\sin(\frac{\pi}{2} - x) = \cos x$

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

$\boxed{E_0 = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{\varepsilon_0^2} + \frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}} =$

$= \boxed{\frac{\sigma\sqrt{5}}{2\varepsilon_0}}$;

$4\sin^2\frac{\pi}{7} + \sin^2(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{7}) =$
$= 4\sin^2\frac{\pi}{7} + \cos^2\frac{\pi}{7} =$

$3\sin^2\frac{\pi}{7} + 1 \approx 3\cdot(\frac{\pi}{7})^2 + 1 = \frac{3\pi^2+7}{7}$

$= \frac{28}{14} + 1 =$

$E \sim K \sim \sin(\alpha)$

$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\cdot K \quad \sqrt{\frac{30}{49}+1} \approx \sqrt{\frac{3}{5}+1} = \sqrt{\frac{8}{5}} = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{5}} = \frac{\sigma\sqrt{2}}{\varepsilon_0\sqrt{5}}$

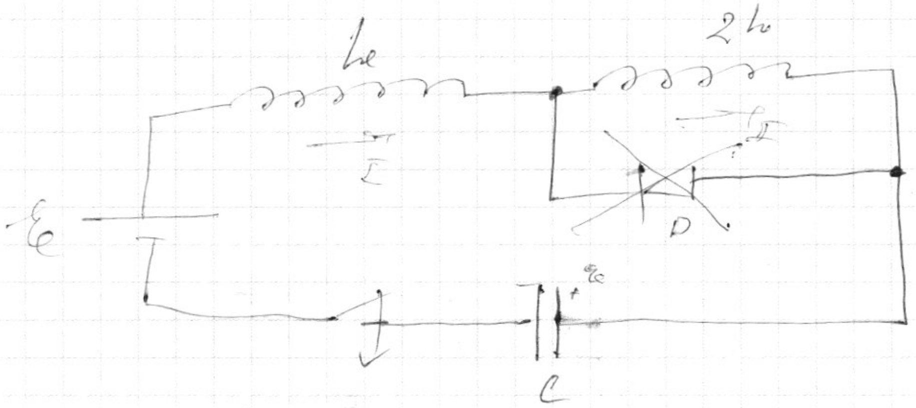
$\frac{5}{8} + 1 = \frac{13}{8} = \frac{\sqrt{13}}{2\sqrt{2}}$

$\times$ 3,14
314
1256
+ 314
942
98596

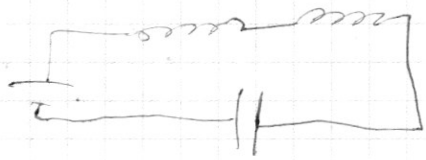
$\frac{10}{16} = \frac{5}{8}$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



$\mathcal{E}_e - 2L_0\frac{dI}{dt} - L_0\frac{dI}{dt} = \frac{q_c}{C}$



$T = 2\pi\sqrt{3L_0C}$;

$\mathcal{E}_e - 3L_0\frac{dI}{dt} = \frac{q_c}{C} = \frac{I\,dt}{C}$

$\boxed{\frac{1}{\sin^2\varphi} = 1 + tg^2\varphi}$

$3L_0\frac{dI}{dt} + \frac{q_c}{C} - \mathcal{E}_e = 0$

$\frac{1}{\sin^2\varphi} = 1 + \frac{1}{3L_0C} = \frac{3L_0C+1}{3L_0C}$

$\Downarrow$

$\sin^2\varphi = \frac{3L_0C}{3L_0C+1}$

$\frac{dI}{dt}$ $q_c'' + \frac{q_c}{3L_0C} - \frac{\mathcal{E}_e}{3L_0} = 0$

$q_c'' + \underbrace{\frac{1}{3L_0C}}_{\omega^2}(q_c - \mathcal{E}C) = 0$; $\psi = q_c - \mathcal{E}_eC$

$\psi'' = q_c''$ $\psi_0 = \sqrt{\frac{3L_0C+1}{3L_0C}}\cdot(-\mathcal{E}_eC)$

$\omega = \sqrt{\frac{1}{3L_0C}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{3L_0C}$

$\Rightarrow \sin\varphi_0 = -1$

$-\mathcal{E}_eC = q_{c0}\sin(\varphi_0)$ $\boxed{\varphi_0 = -\frac{\pi}{2}}$

$\psi'' + \frac{1}{3L_0C}\psi = 0$

$\psi = q_{c0}\sin(\omega t+\varphi_0) \Rightarrow q_c - \mathcal{E}_eC = q_{c0}\sin(\omega t+\varphi_0)$

$\psi' = q_{c0}\omega\cos(\omega t+\varphi_0) \Rightarrow I = q_{c0}\omega\cos(\omega t+\varphi_0)$

$\psi'' = -q_{c0}\omega^2\sin(\omega t+\varphi_0)$ $I_{max} = q_{c0}\omega = \frac{\mathcal{E}_eC}{\sqrt{3L_0C}}$

$-\mathcal{E}_eC = \psi_0\sin(\varphi_0) \Rightarrow \boxed{tg(\varphi_0) = \omega} = \sqrt{\frac{1}{3L_0C}} \Rightarrow \sin\varphi_0 = \sqrt{\frac{1}{1+\omega^2}}$

$-\mathcal{E}_eC = \psi_0\omega\cos(\varphi_0)$

$I_m = -\psi_0\omega = \sqrt{\frac{3L_0C+1}{3L_0C}}\cdot\mathcal{E}_eC\cdot\sqrt{\frac{1}{3L_0C}} = \sqrt{\frac{1}{1+\omega^2}}\cdot\mathcal{E}_eC\cdot\omega = \mathcal{E}_eC\sqrt{\frac{\omega^2}{1+\omega^2}}$