Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

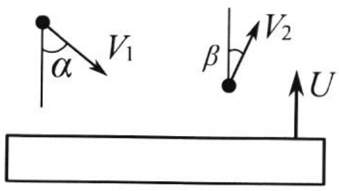
Класс 11

Вариант 11-03

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 12 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{1}{2}\right)$ 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.

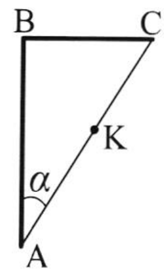
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода T_1 = 350 К, а азота T_2 = 550 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 водорода и азота.

2) Найти установившуюся температуру в сосуде.

3) Какое количество теплоты передал азот водороду?

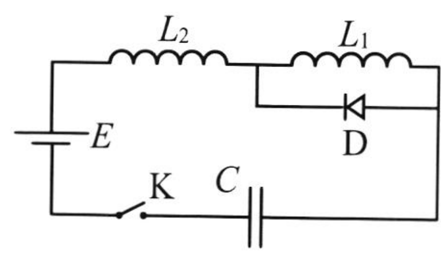
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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 $\sigma_1 = 3\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/5$. 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 $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, 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.

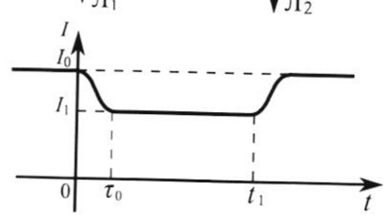


1) Найти период T этих колебаний.

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 фокусными расстояниями $3F_0$ 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). $I_1 = 5I_0/9$.



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

1) В нач. момент давление газов одинаковы и равны p_0 т.к. равновесн. поршня
У-е Менделеева - Клапейрона:

H_2: $\nu RT_1 = p_0 V_1$
N_2: $\nu RT_2 = p_0 V_2$
$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{35}{55} = \frac{7}{11}$.

2) В уст. реж. температуры равны T'; давление - p':

$\nu RT' = p'V_1'$
$\nu RT' = p'V_2'$
$\Rightarrow V_1' = V_2' = V'$

3) Для системы азот + водород: Q извне не поступала, работа внутр. сил равна нулю ($pdV - pdV = 0$ - из равенства давлений) $\Rightarrow$ не изм. внутр. энергия:

$C_V \nu \cancel{R} T_1 + C_V \nu \cancel{R} T_2 = C_V \nu \cancel{R} T' + C_V \nu \cancel{R} T' \Rightarrow$

$\Rightarrow T' = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{350+550}{2} = \frac{900}{2} = 450K$

4) Это изобарный процесс, $C_p = C_V + R = \frac{5}{2}R + R = \frac{7}{2}R$

И азот отдал $-\nu C_p (T' - T_2) = \frac{7}{2}\nu R(T_2 - T') =$

$= \frac{7}{2} \cdot \frac{6}{7} \cdot 8{,}31 \cdot 100 = 3 \cdot 831 = 2493$ Дж. - теплоты

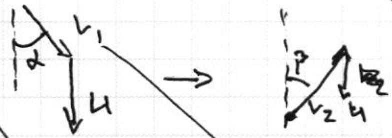
Ответ: $\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{7}{11}$; $T_{уст} = T' = \frac{T_1+T_2}{2} = 450K$;

$\Delta Q = \frac{7}{2}\nu R(T_2 - T') = 2493$ Дж.

Прим. Это следует из Th. единств.: такой процесс очев. подходит, значит реализуется.

№1

1) Чтобы пренебрегать изм. скорости массивного тела после удара, надо перейти в его СО. – т.н. эффект большого ~~[illegible]~~ это тела

2)


β обязательно острый т.к. должен отлететь

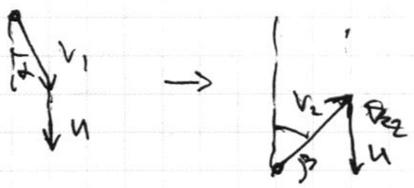
ЗСИ для системы шарик + плита на нормаль:

$v_1\cos\alpha + u = u - v_2\cos\beta$

2) Т.к. поверхность гладкая => трения нет => горизонтальные компоненты скоростей не изм.:

$v_1\sin\alpha = v_2\sin\beta \Rightarrow v_2 = v_1\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 12\cdot\frac{1/2}{1/3} = 12\cdot\frac{3}{2} = 18$ м/с.

3) В СО плиты можно считать удар упругим:



β острый т.к. отлетает.

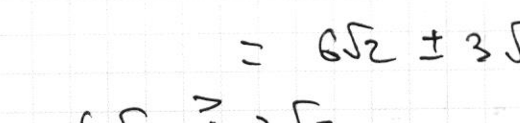
Т.к. упруго:

$v_1|\cos\alpha| + u = v_2|\cos\beta| - u \Rightarrow$

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

4) Возможен вариант когда α – тупой: $\cos\alpha = -\sqrt{1-\sin^2\alpha}$

Тогда $u = \frac{v_2|\cos\beta| + v_1|\cos\alpha|}{2}$.



Итого: $u = \frac{v_2\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3} \pm v_1\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = \frac{18\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3} \pm 12\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}}{2} =$

$= 6\sqrt{2} \pm 3\sqrt{3}$;

$6\sqrt{2} \overset{>}{\vee} 3\sqrt{3}$

$36\cdot2 = 72 > 9\cdot3 = 27$

в обоих случаях $u > 0$ => ~~вниз~~ движ. вверх => подх.

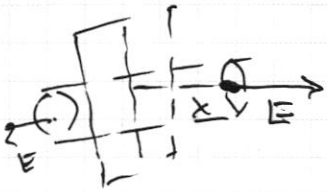
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ на №1: $v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 12$ м/с

$$u = \frac{v_2|\cos\beta| \pm v_1|\cos\alpha|}{2} = 6\sqrt{2} \pm 3\sqrt{3} \text{ м/с}.$$

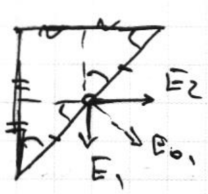
№3.

1) Рассмотрим бесконечную полоску, заряж. равномерно. Из симметрии, поле в плоскости, ей перпендикулярной и проходящ. через середину, перпендикулярно плоскости:



По Th Гаусса на расст. x для тонкого цилиндра:

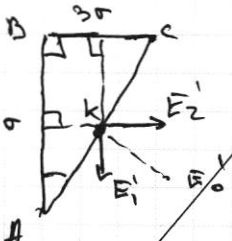
$$E \cdot 2S = \frac{\sigma S}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

2) 

Точка K как раз находится в таком полож. В первом случае $E_1 = E_2$ т.к. одинаковые поверх. плотности и симметрия!

$\Rightarrow E_{0,} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = E_1\sqrt{2} \Rightarrow \frac{E_{01}}{E_1} = \sqrt{2}$.

3) Во втором случае



$$E_1' = \frac{3\sigma}{\varepsilon_0}; \quad E_2' = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

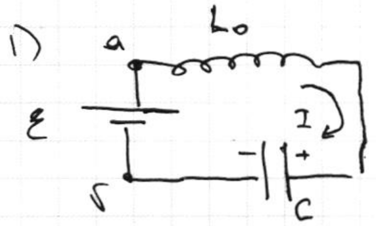
$$E_0' = \sqrt{E_1'^2 + E_2'^2} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{10}$$

[K нах. на середине т.к. ср. линии]

Ответ: $\sqrt{2}$; $\frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{10}$

№3 на стр. 6:

№4

1) 

для такой цепи:

$\varphi_a - \varphi_b = \mathcal{E} = L_0\dot{I} + \frac{q}{C}$; $\dot{I} = \dot{q}$

$\Rightarrow L_0\ddot{I} = -\frac{\dot{q}}{C} = -\frac{I}{C}$

$\ddot{I} = \frac{-1}{L_0C} I$; $T = 2\pi\sqrt{L_0C}$ – период гармон. колеб

$\omega = \frac{1}{\sqrt{L_0C}}$;

№4 на стр. 9

2) Колебания будут следующие: сначала ток идет через обе катушки, $L_0 = L_1 + L_2$ – половину периода T_1, [по часовой]. Потом ток будет течь половину периода T_2 только через L_2 $(L_0 > L_2)$ т.к. диод закоротит L_1 =>

$$\Rightarrow T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} = \pi\sqrt{(L_1+L_2)C} + \pi\sqrt{L_2C} = \pi\sqrt{7LC} + \pi\sqrt{3LC}$$

3) $I_{M_1} \to max \Rightarrow \dot{I}_{M_1} = 0 \Rightarrow U_{L_1} = 0$: ((в случае макс: это случай с колеб. тока через две катушки)

ЗСЭ: (т.к. ($U_C = \mathcal{E}$ т.к. $U_L = 0$):

$$\underbrace{\mathcal{E}\cdot C\mathcal{E}}_{A_{источника}} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{L_0 I_{M_1}^2}{2} ; \quad L_0 = L_1 + L_2 :$$

$$\Rightarrow I_{M_1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$$

4) I_{M_2} аналог. но при меньшем из L_0: $L_2 = 3L$:

$$I_{M_2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$$

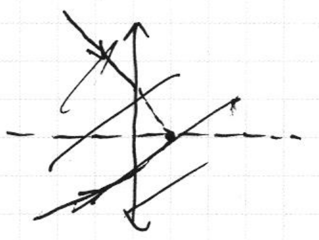
~~Ответ: $\pi\sqrt{LC}(\sqrt{7}+\sqrt{3})$; $\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$; $\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$~~

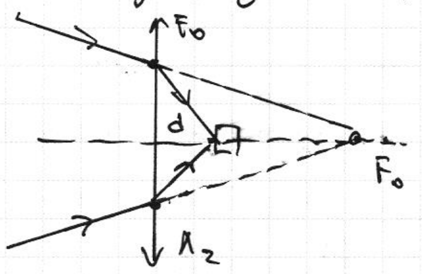
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

1) Параллельный пучок лучей (∥ ГОО) соберется в фокусе первой линзы — на расст. $3F_0$ ($3F_0 - 2F_0 = F_0$)
Несложно заметить, что это правый фокус правой линзы.

2) Формула линзы для правой линзы:



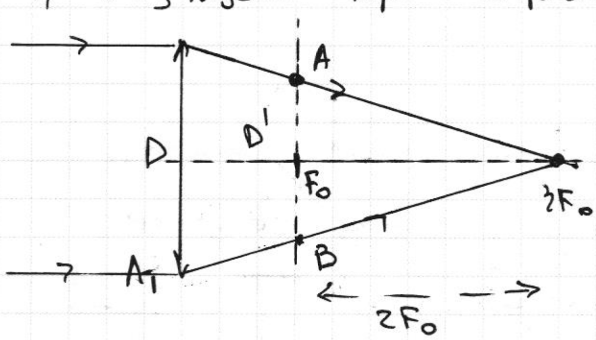


$$-\frac{1}{F_0} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_0}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{d} = \frac{2}{F_0} \Rightarrow d = \frac{F_0}{2}.$$

Значит, расстояние от $Л_2$ до детектора — $d = \frac{F_0}{2}$.

3) Ход лучей при встрече с М:



диаметр сечения D' при F_0 из подобия:

$$\frac{D'}{D} = \frac{2F_0}{3F_0} = \frac{2}{3} \Rightarrow D' = \frac{2}{3}D$$

4) $0 \le t \le \tau_0$ — время, когда нижняя часть М уже влетела, а верхняя — нет. Пусть её диаметр D_M, тогда:

$$V\tau_0 = D_M.$$

5) М закрывает площадь, дающую $I_0 - I_1 = I_0 - \frac{5}{9}I_0 = \frac{4}{9}I_0$ тока на детекторе. Значит, отношение площадей D' и M:

$$\cancel{\frac{\pi D'}{\pi M}} \quad \cancel{\frac{\pi D'^2}{\pi D_M^2} = \frac{I_0 - I_1}{I_0} = \frac{4}{9} \Rightarrow D' = \frac{2}{3}}$$

$$\frac{\pi D_m^2}{\pi D'^2} = \frac{I_0 - I_1}{I_0} = \frac{4}{9} \Rightarrow D_m^2 = \left(\frac{2}{3}D'\right)^2 \cancel{= \frac{2}{3}\cdot\left(\frac{3}{3}D\right)^2 = \frac{4}{3}D^2} \Rightarrow D_m = \frac{2}{3}D'$$

[То, что мощность прошедшего света пропорциональна площади в таком перпендикулярном сечении следует из графика: при $\tau_0 \le t \le t_1$ – сила тока не меняется].

6) $v\tau_0 = D_m$; $\cancel{D_m = \sqrt{\left(\frac{2}{3}D\right)^2} = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{2}{3}}\,D}$.

$$\underline{D_m = \frac{2}{3}D' = \frac{4}{9}D}$$

$\Downarrow$

$$v = \frac{D_m}{\tau_0} = \frac{4D}{9\tau_0}.$$

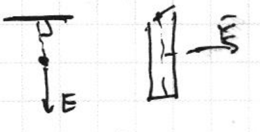
7) $0 \le t \le t_1$ – время, ~~когда впесна нижняя~~ между влетом и вылетом нижней части мишени $\Rightarrow$

$$vt_1 = D' \Rightarrow t_1 = \frac{2D}{3v} = \frac{2D}{3\cdot\frac{4}{9}\frac{D}{\tau_0}} = \frac{2\cdot 9}{3\cdot 4}\tau_0 = \frac{3}{2}\tau_0$$

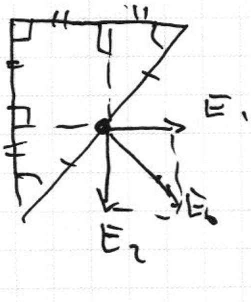
Ответ: $d = \frac{\tau_0}{2}$; $v = \frac{4D}{9\tau_0}$; $t_1 = \frac{3}{2}\tau_0$.

№3.

1) ~~В Iсл. случае~~ Поле (напр.) от равномерно заряж. полосы в плоскости, ей перпендикул. и проходящ. через её центр, перпендикулярно полосе (из симметрии).



2) В первом случае поля, создаваемые каждой из пластин, равны: (т.к. равны пов. плотность заряда и расст. до них – т.к. $\alpha = \frac{\pi}{4}$). И они перпендикулярны:



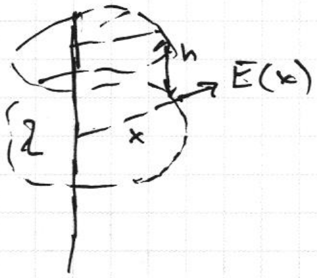
$$E_1 = E_2;\quad E_0 = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = E_1\sqrt{2}.$$

$$\Rightarrow \frac{E_0}{E_1} = \sqrt{2} = \frac{E_0}{E_2}$$ – напряженность увеличилась в $\sqrt{2}$ раз.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Найдем поле от бесконечной полосы в общ. случае.

Для бесконечного ~~ст~~ стержня по Th. Гаусса:



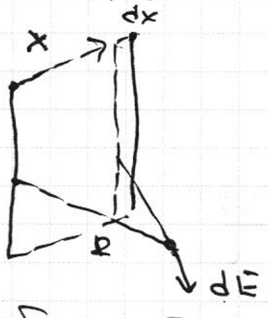
для цилиндра с радиусом x и выс. h:

$E(x)\cdot 2\pi x\cdot h = \frac{\cancel{\sigma}\lambda h}{\varepsilon_0} \Rightarrow$

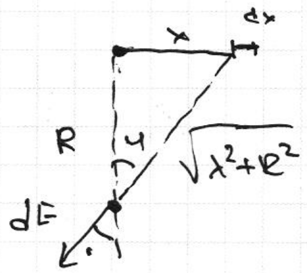
$\Rightarrow E(x) = \frac{\lambda}{2\pi x\varepsilon_0}$. [λ – заряд. на ед. длины]

4) Полосу ~~з~~ разрежем на маленькие полоски толщиной dx.

в пределе: $\sigma dx = \lambda$ – поле как от стержня.



объемный рис



в сечении

$dE = \frac{\sigma dx}{2\pi\sqrt{x^2+R^2}\,\varepsilon_0}$;

~~$\cos\varphi = \sqrt{\ }$~~

$\cos\varphi = \frac{R}{\sqrt{x^2+R^2}}$

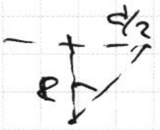
вклад в нормаль: $dE\cos\varphi = \frac{\sigma dx}{2\pi\sqrt{x^2+R^2}\,\varepsilon_0}\cdot\frac{R}{\sqrt{x^2+R^2}} =$

$= \frac{\sigma R}{2\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{dx}{x^2+R^2} = \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{d\left(\frac{x}{R}\right)}{\left(\frac{x}{R}\right)^2+1}$

замена $\frac{x}{R} = \operatorname{tg}\varphi$; $d\left(\frac{x}{R}\right) = \operatorname{tg}'\varphi\, d\varphi = \frac{d\varphi}{\cos^2\varphi}$;

$\int\frac{d\operatorname{tg}\varphi}{\operatorname{tg}^2\varphi+1} = \int\frac{d\varphi}{\cos^2\varphi\left(\frac{\sin^2\varphi}{\cos^2\varphi}+1\right)} = \int\frac{d\varphi}{1} = \varphi + C$

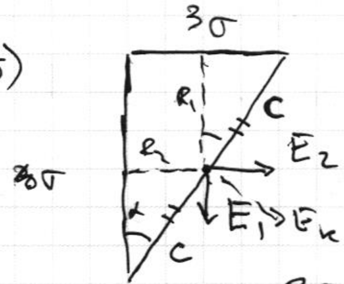
Если ~~длина пластины~~ 2d: $\int$ φ E



φ меняется в пределах от $-\operatorname{arctg}\frac{d}{2R}$ до $+\operatorname{arctg}\frac{d}{2R} = \varphi_0$ $\Rightarrow \int\limits_{-\varphi_0}^{\varphi_0} d\varphi = 2\varphi_0$ [длина пластинки - d]

$$E = \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0} \cdot 2\operatorname{arctg}\frac{d}{2R} = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0}\operatorname{arctg}\frac{d}{2R}$$

при $d \to \infty$: $\varphi_0 \to \frac{\pi}{2}$: $E \to \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$: сходится.

5) 

Пусть длина гипотенузы $2C$:

$R_1 = C\cos\alpha$; $R_2 = C\sin\alpha$

$d_1 = 2C\sin\alpha$; $d_2 = 2C\cos\alpha$

$$E_1 = \frac{3\sigma}{\pi\varepsilon_0} \cdot \operatorname{arctg}\left(\frac{2C\sin\alpha}{2C\cos\alpha}\right) = \frac{3\sigma}{\pi\varepsilon_0}\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha) = \frac{3\sigma\alpha}{\pi\varepsilon_0}$$

$$E_2 = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0} \cdot \operatorname{arctg}\left(\frac{2C\cos\alpha}{2C\sin\alpha}\right) = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0} \cdot \operatorname{arctg}(\operatorname{ctg}\alpha) =$$

$$= \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0}\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)$$

при $\alpha = \frac{\pi}{5}$: $E_1 = \frac{3\sigma}{\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\pi}{5} = \cancel{\frac{3\sigma}{5\sigma}}\ \frac{3\sigma}{5\varepsilon_0}$

$$E_2 = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0} \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{5}\right) = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{3\pi}{10} = \frac{3\sigma}{10\varepsilon_0}$$

$$E_k = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\left(\sqrt{\frac{9}{25} + \frac{9}{100}}\right) = \frac{3\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{4}{100} + \frac{1}{100}} =$$

$$= \frac{3\sigma}{10\varepsilon_0}\sqrt{5}.$$

Ответ: $\sqrt{2} = \frac{E_0}{E_2}$; $E_k = \frac{3\sigma}{10\varepsilon_0}\sqrt{5}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Пусть $T_1 = 2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C}$; $T_2 =$

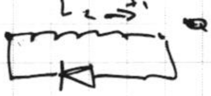
За время $\frac{T_1}{4}$ – ток через $L_1 - L_2$ вырастит до максимального значения $\Rightarrow U_{L_1 L_2} = 0 = \dot{I}_1 (L_1+L_2) \Rightarrow$

конденсатор зарядится до $\mathcal{E}$: ЗСЭ:

$$A_{ист} = \mathcal{E} \cdot C\mathcal{E} = C\mathcal{E}^2 ; \quad W = W_L + W_C = \frac{(L_1+L_2)I_1^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{I_1^2 (L_1+L_2)}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \Rightarrow I_1 = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}$$

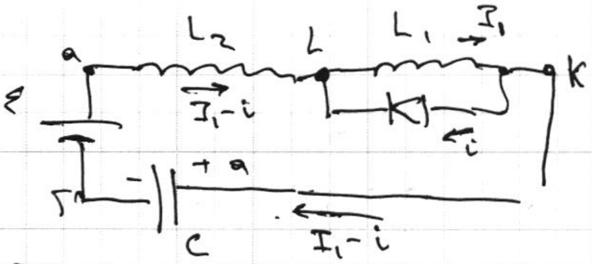
3) Далее ток через L_1 начал бы убывать, но из-за диода этого произойти не может:



$\varphi_a - \varphi_б = 0$ (открыт)

$\varphi_a - \varphi_б < 0$ – (закрыт) $\Big| \Rightarrow$ ток через L_2 либо не изм., либо растет. пока диод открыт!

4)



$$\varphi_a - \varphi_б = \mathcal{E} = L_2(I_1 - i) + \frac{q}{C} \quad (1)$$

$$\dot{q} = I_1 - i$$

Дифф. (1) получим: $L_2(-\ddot{i}) + \frac{I_1 - i}{C} = 0$

($\dot{I}_1 = 0$ – пока диод открыт)

$$\ddot{i} = \frac{1}{L_2 C}(I_1 - i) = \frac{-1}{L_2 C}(i - I_1) \Rightarrow$$

гармонич. колебания тока, но сдвинутые на I_1:

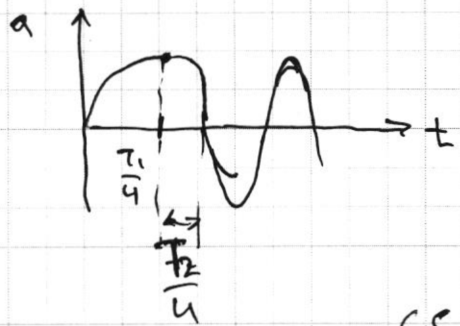
период $T_2 = 2\pi\sqrt{L_2 C}$; $\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C}}$

5) н.у.: $i'(0) = 0$ (т.к. C заряж. до $\mathcal{E}$)

$i(0) = 0$

$\Rightarrow I_1 + I \Rightarrow i = I_1(1 - \cos\omega_2 t) \geq 0$ – диод всегда открыт

6) $\dot{q} = I_1 - i = I_1 - I_1(1-\cos\omega_2 t) = I_1\cos\omega_2 t$ – ток во внешней цепи колеблется с ω_2 и ампл. I_1.
Для конденсатора с точки зрения заряда изменилось только период колеб.: он стал $T_2 = 2\pi\sqrt{L_2 C}$.



7) $\varphi_K - \varphi_L =$

$= \frac{q}{C} - \mathcal{E} + L_2(\dot{I_1 - i})$ [$=0$ следует из (4)]

8) $q(t) = C\mathcal{E} + \int_0^t \dot{q}\,dt =$

$= C\mathcal{E} + I_1\int_0^t \cos\omega_2 t\,dt = C\mathcal{E} + \frac{I_1}{\omega_2}[\sin\omega_2 t - \sin 0] =$

$= C\mathcal{E} + \frac{I_1}{\omega_2}\sin\omega_2 t$;

$(\dot{I_1 - i}) = \ddot{q} = I_1(\dot{\cos\omega_2 t}) = -I_1\omega_2\sin\omega_2 t$

$\Rightarrow \varphi_K - \varphi_L = \frac{C\mathcal{E} + \frac{I_1}{\omega_2}\sin\omega_2 t}{C} - \mathcal{E} + L_2\cdot(-I_1\omega_2\sin\omega_2 t) =$

$= \frac{I_1}{C\omega_2}\sin\omega_2 t - L_2 I_1\omega_2\sin\omega_2 t = \cancel{I_1\omega_2\left(\frac{1}{C\omega_2^2}\right.}$

$= \frac{I_1}{C\omega_2}\sin\omega_2 t\left(1 - \cancel{\frac{L_2 C}{\omega_2}} C L_2\omega_2^2\right) =$

$= \frac{I_1}{C\omega_2}\sin\omega_2 t\left(1 - CL_2\cdot\left(\frac{1}{\sqrt{CL_2}}\right)^2\right) = 0$ –

– в любой мом. времени $\Rightarrow$ ток через L_1 будет всегда течь и равным I_1. (всегда на концах диода будет нулевое напряжение).

г) Значит, с момента открытия диода найдут гармонич. колеб. с $\omega_2 \Rightarrow T_2 = 2\pi\sqrt{L_2 C}$; а колеб. в L_1 – нет

з) $I_{M_1} = I_1$ – ток больше изм. не будет.

См. стр. 11

а) $I_{L_2} = \dot{q} = I_1 \cos\omega_2 t \Rightarrow I_{M_2} = I_1$ -

Ответ: $\cancel{T = 2\pi\sqrt{L_2 C} = 2\pi\sqrt{3LC}}$;

$I_{M_1} = I_{M_2} = I_1 = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1 + L_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$.

$T = 0$ (колеб. в L_1 - нет)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

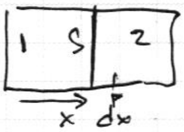
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\Delta Q = A + C_V \nu R \Delta T_1 \Rightarrow A = \Delta Q - C_V \nu R \Delta T_1 = C_V \nu R \Delta T_2 + \Delta Q$

$-\Delta Q = -A + C_V \nu R \Delta T_2 \quad \delta Q = p\,dV + C_V \nu\, dT$

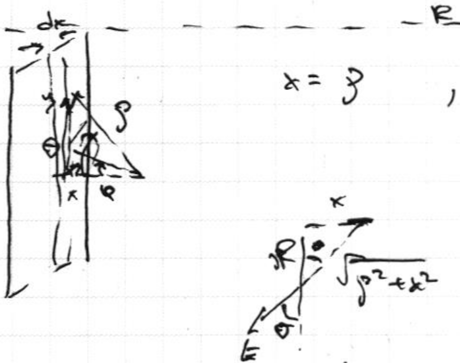


$dV_1 = S\,dx = -dV_2$

$\delta A = p\,dV_1 = pS\,dx$

$\Delta U = C_V \nu\, dT = \frac{C_V}{R}(p\,dV + V\,dp)$

$\frac{\sigma}{\varepsilon_0} - E_1 = E_1 \quad E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$



$x = \rho$

$E \cdot 2\pi x \cdot dh = \frac{\sigma\, dh}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\lambda}{2\pi x \varepsilon_0}$

$dE = \frac{\sigma\, dx}{2\pi\varepsilon_0 \sqrt{x^2+R^2}} \cdot \cos\theta$

$\cos\theta = \frac{R}{\sqrt{R^2+x^2}}$

$dE = \frac{\sigma\, dx}{2\pi\varepsilon_0 \sqrt{x^2+R^2}} \cdot \frac{R}{\sqrt{R^2+x^2}} = \frac{\sigma R}{2\pi\varepsilon_0}\int \frac{dx}{x^2+R^2} = \left[y = \frac{x}{R} = \operatorname{tg}\varphi \right] =$

$= \frac{\sigma R}{2\pi\varepsilon} \int \frac{d(\operatorname{tg}\varphi)}{\operatorname{tg}^2\varphi + 1} = \int \frac{dy}{y^2+1}$

$\operatorname{tg}'\varphi = \frac{1}{\cos^2\varphi}$ $\quad = \frac{d\varphi}{\cos^2\varphi(\operatorname{tg}^2\varphi+1)}$

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

$y = \operatorname{sh}(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{2}; \quad y'_x = \frac{e^x + e^{-x}}{2} = \operatorname{ch}(x) \quad \frac{d\varphi}{1}$

$\operatorname{ch}^2 x - \operatorname{sh}^2 x = \frac{e^{2x} + 2 + e^{-2x} - e^{2x} + 2 - e^{-2x}}{4} = 1$

$d\operatorname{tg}\varphi = \frac{1}{\cos^2\varphi} d\varphi$

$y = \operatorname{sh}(x): \quad dy = \operatorname{sh}(x)\, dx:$

$\int \frac{\operatorname{ch} x\, dx}{\operatorname{ch}^2 x} = \int \frac{dx}{\operatorname{ch} x} \quad \int \frac{d\operatorname{tg}\varphi}{\operatorname{tg}^2\varphi + 1} =$

$\operatorname{tg}'\varphi = \left(\frac{\sin\varphi}{\cos\varphi}\right)' = \frac{\cos^2\varphi - \sin\varphi\cdot(-\sin\varphi)}{\cos^2\varphi} = \frac{1}{\cos^2\varphi}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)