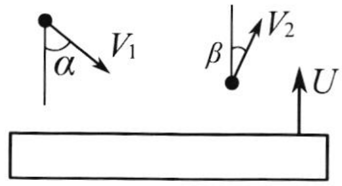
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

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



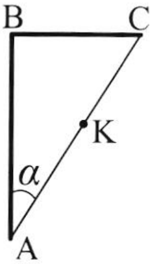
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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?

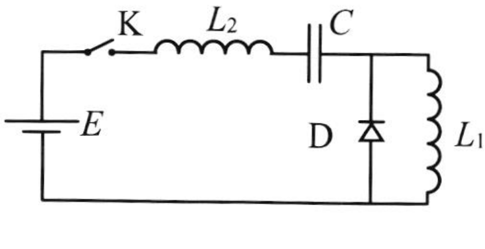
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?

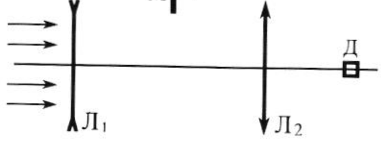
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

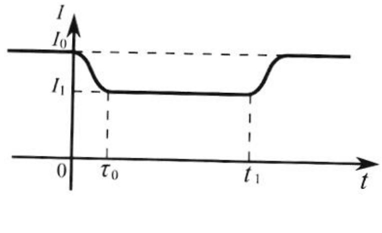
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.



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

N 2

Дано:

$\nu = 3/5$ моль

$T_1 = 320K$

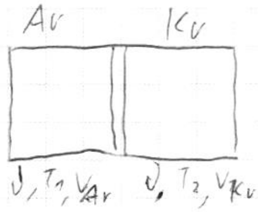
$T_2 = 400K$

$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

1). $\frac{V_{Ar}}{V_{Kr}}$ – ?

2). T_K – ?

3). Q – ?



$P_{Ar} = P_{Kr}$

$PV = \nu RT \Rightarrow \begin{cases} P_{Ar}V_{Ar} = \nu R T_1 \\ P_{Kr}V_{Kr} = \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{V_{Ar}}{V_{Kr}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320}{400} = \frac{4}{5}$

$U_0 = \frac{3}{2}\nu RT_1 + \frac{3}{2}\nu RT_2$

$U_K = \frac{3}{2}\nu RT_K + \frac{3}{2}\nu RT_K = 3\nu RT_K$

$U_0 = U_K$

$\frac{3}{2}\nu RT_1 + \frac{3}{2}\nu RT_2 = 3\nu RT_K \Rightarrow T_K = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{320+400}{2} = 360K$

~~$\frac{P_{Ar0}}{P_{ArK}} = \frac{\nu R \frac{T_1}{V_{Ar}}}{\nu R \frac{T_K}{(V_{Ar}+V_{Kr})}} = \frac{T_1}{T_K}\frac{V_{Ar}+V_{Kr}}{V_{Ar}} = \frac{320}{360}$~~ $\frac{P_{Ar0}}{P_{ArK}} = \frac{\nu R}{\nu R} \cdot \frac{T_1}{V_{Ar}} \cdot \frac{V_{Ar}+V_{Kr}}{2T_K} = \frac{T_1}{T_K} \cdot \frac{V_{Ar}+V_{Kr}}{2V_{Ar}} = \frac{320}{360} \cdot \frac{9}{8} = 1 \Rightarrow P = const$

~~$Q = A + \Delta U$~~ ~~$Q = A + \Delta U$~~ Так как этот процесс изобарный, то

~~$A = PdV$~~ $C_p = \frac{5}{2}R \Rightarrow Q = C_p\nu(T_K - T_1) = \frac{5}{2}\nu R\frac{T_2-T_1}{2} = \frac{5}{2}\cdot\frac{3}{5}\cdot 8{,}31\cdot$

~~$PV = \nu RT \Rightarrow \nu R dT = PdV + VdP$~~ $\cdot \frac{400-320}{2} = \frac{3}{2}\cdot 8{,}31\cdot 40 = 60\cdot 8{,}31 = 498{,}6$ Дж

Ответ: 1). $\frac{V_{Ar}}{V_{Kr}} = \frac{4}{5}$; 2). $T_K = 360K$; 3). $Q = 498{,}6$ Дж.

N 1

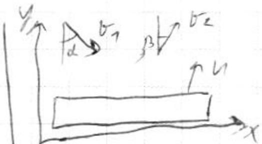
Дано:

$v_1 = 18$ м/с

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

$\sin\beta = \frac{3}{5}$

v_2, U – ?



Так как плита может изменить только вертикальную (вдоль оси y) составляющую скорость шарика, то горизонтальная (вдоль оси x) составляющая скорости шарика сохраняется.

$v_1\sin\alpha = v_2\sin\beta \Rightarrow v_2 = v_1\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 18\cdot\frac{\frac{2}{3}}{\frac{3}{5}} = \frac{180}{9} = 20$ м/с

В случае ~~абсо~~ абсолютно упругого удара вертикальная составляющая скорости падения в системе отсчета связанной с плитой, равнялась бы скорости отражения:

~~$\overline{v_1\cos\alpha + u} = \overline{v_2\cos\beta + u}$~~ ~~$v_1\cos\alpha + u$~~ $\overline{v_1\cos\alpha} = \overline{v_{пад}} + \overline{u} \Rightarrow \overline{v_{пад}} = \overline{v_1\cos\alpha} - \overline{u}$

$\overline{v_2\cos\beta} = \overline{v_{отр}} + \overline{u} \Rightarrow \overline{v_2\cos\beta} - \overline{u} = \overline{v_{отр}}$

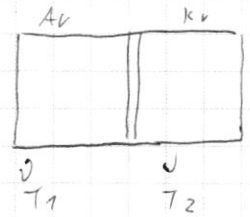
на y: $\begin{cases} -v_{пад} = -v_1\cos\alpha - u \\ v_{отр} = v_2\cos\beta - u \end{cases} \Rightarrow v_1\cos\alpha + u = v_2\cos\beta - u \Rightarrow u = \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2}$

а в случае абсолютно неупругого удара $\overline{u} = \overline{v_2\cos\beta} \Rightarrow$

$u = v_2\cos\beta$

Но так как удар неупругий, значит $v_{пад} > v_{отр} \Rightarrow$ ~~$v_1\cos\alpha + u$~~

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



$$\mathcal{E}-L_2\frac{dI_2}{dt}-\frac{q}{C}-L_1\frac{dI_1}{dt}=0$$

$$PV=\nu RT$$

$$P_1=P_2 \Rightarrow \frac{V_1}{V_2}=\frac{\nu RT_1}{\nu RT_2}=\frac{T_1}{T_2}=\frac{320}{400}=\frac{4}{5}$$

$P_{1k}=P_{2k}$, $T_{1k}=T_{2k}$ $\quad \frac{P_k V_{1k}}{P_{2k}V_{2k}}=\frac{V_{1k}}{V_{2k}}=\frac{\nu R T_{1k}}{\nu R T_{2k}}=\frac{T_{1k}}{T_{2k}}=1 \Rightarrow V_{1k}=V_{2k}$

$dQ=dA+\delta U$

$\delta U=\frac{3}{2}\nu R\,dT$

$dA=P\,dV$

$P\,dV+V\,dP=\nu R\,dT$

$V_1+V_2=V_{1k}+V_{2k}=2V_{1k}$

$V_1=4V \Rightarrow V_2=5V \Rightarrow V_{1k}=4{,}5V=V_{2k}$

$8{,}31 \times 6 = 49{,}86$

$P_0=\frac{\nu RT_1}{V_1}+\frac{\nu RT_2}{V_2}$

$P_k=\frac{\nu RT}{V}+\frac{\nu RT_2}{V}$

$P_1=\frac{\nu RT_1}{V_1}=\frac{\nu RT_2}{V_2}=\frac{\nu R\cdot 320}{4V}$

$P_{1k}=\frac{\nu RT_{1k}}{V_{1k}}=\frac{\nu RT_{2k}}{V_{2k}}=\frac{\nu R\cdot 360}{4{,}5V}$

$\frac{P_0}{P_k}=\frac{\frac{T_1}{V_1}+\frac{T_2}{V_2}}{\frac{2T}{V}}=\frac{\frac{2T_1}{V_1}}{\frac{2T}{V}}=\frac{2T_1V}{2TV_1}$

$U_0=\frac{3}{2}\nu RT_1+\frac{3}{2}\nu RT_2$

$U_k=\frac{3}{2}\nu RT_{1k}+\frac{3}{2}\nu RT_{2k}=3\nu RT_{1k}$

$\Rightarrow T_1+T_2=2T_{1k}=\frac{320+400}{2}=360\,K$

$Q=\Delta U=\frac{3}{2}\nu R(T_{1k}-T_1)=\frac{3}{2}\nu R\,\frac{T_2-T_1}{2}=\frac{3}{4}\nu R\,(T_2-T_1)$

$v_1\sin\alpha=v_2\sin\beta \Rightarrow v_2=v_1\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}=\frac{10}{9}v_1$

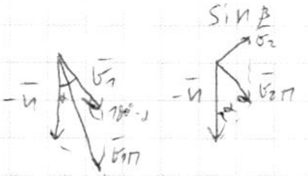
$v_1\cos\alpha$ $\quad u$ $\quad v_2\cos\beta$

$\bar v_1=\bar v_{1п}+\bar u$

$\bar v_{1п}=\bar v_1-\bar u$

$\bar v_2=\bar v_{2п}+\bar u$

$\bar v_{2п}=\bar v_2-\bar u$



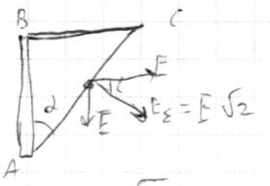
$\frac{mv_{1п}^2}{2}\geq\frac{mv_{2п}^2}{2}$ $\quad v_1\cos\alpha+u>v_2\cos\beta-u>u$

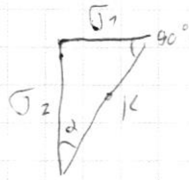
$v_{1п}^2\geq v_{2п}^2$ $\quad \frac{v_2\cos\beta}{2}>u\geq\frac{v_2\cos\beta-v_1\cos\alpha}{2}$

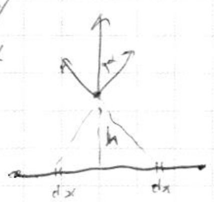
$v_1^2+u^2+2v_1u\cos\alpha\geq v_2^2+u^2-2v_2u\cos\beta$

$v_1^2-v_2^2+2u(v_1\cos\alpha-v_2\cos\beta)\geq 0$

$2u\leq\frac{1}{2}\frac{v_2^2-v_1^2}{v_1\cos\alpha-v_2\cos\beta}$







$\cos\alpha=\frac{\sqrt5}{3}$

$\cos\beta=\frac{4}{5}$

$dE=k\frac{dq}{(h^2+x^2)^{3/2}}$

$E_1=\frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}$

$E_2=\frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}$

$q(t)=A\cos(\omega t+\varphi_0)$

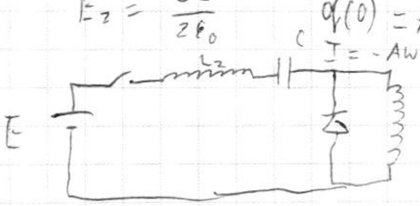
$q(0)=A\cos(\varphi_0)$

$I=-A\omega\sin(\omega t+\varphi_0)$

$E=\frac{q}{C}\Rightarrow q=CE$ $\quad A=CE$

$U_0=\frac{LI^2}{2}$ $\quad \frac{\sqrt5}{3}$ $\quad \frac{4}{5}$

$U_k=\frac{CE^2}{2}$ $\quad 5\sqrt5 \quad 12$



$$\mathcal{E}-\frac{q}{C}-L_2\frac{dI_2}{dt}-L_1\frac{dI_1}{dt}=0$$

$I_0 \to max \Rightarrow u_1=0$

$\frac{(L_2+L_1)I^2}{2}=\frac{3CE^2}{2}$

$I=E\sqrt{\frac{3C}{L_1+L_2}}$

$\sqrt{53}\approx 7{,}3$

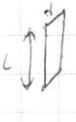
$\frac{L_2I_2^2}{2}+\frac{L_1I_1^2}{2}+\frac{q^2}{2C}=const$

$L_2I\,dI_2+L_1I\,dI_1+\frac{q}{C}dq$

$53{,}00=7{,}3$

$144 \cdot 5 = 7225$

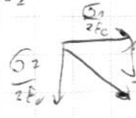
$1\,16\,00$



$q=2Ld\sigma E$

$\varphi=\frac{q}{\varepsilon_0}=\frac{Ld\sigma}{\varepsilon_0}$

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



$\frac{\sqrt{\sigma_1^2+\sigma_2^2}}{2\varepsilon_0}=\frac{\sigma\sqrt{53}}{14\varepsilon_0}$

$$\mathcal{E}-\frac{q}{C}-L_2\frac{dI}{dt}-L_1\frac{dI}{dt}=0$$

$\ddot q(L_1+L_2)+\frac{q}{C}-E=0$

$\ddot q+\frac{1}{C(L_1+L_2)}(q-EC)=0$

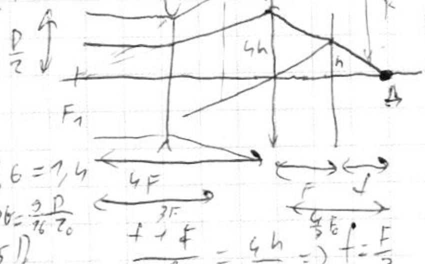
$\omega=\sqrt{\frac{1}{C(L_1+L_2)}}=\frac{1}{3\sqrt{CL}}$

$\frac{D/2}{R}=\frac{D}{2R}=\frac{2F}{3F}=\frac{2}{3}$

$R=\frac{3}{4}D$

~~5,0000~~

5,0000



$\sqrt5\approx2{,}2$

$8-2\sqrt5\approx8-6{,}6=1{,}4$

$5{,}0000=2{,}\,22$

$4\,2 \mid 100$

$44 \mid 1600$

$445 \times 5 = 2225$

$v\tau_0=l=\frac{9}{16}D\Rightarrow v=\frac{9D}{16\tau_0}$

$v(t_1+\tau_0)=1{,}5D$

$\frac{3F}{f}+f=\frac{4h}{h}\Rightarrow f=\frac{F}{3}$

$\Delta l=\frac{9}{16}\Rightarrow l=\frac{9}{16}D$ $\quad t_1=\tau_0\cdot\frac{1{,}5D}{\frac{9}{16}D}=\frac{8}{3}\tau_0$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 (продолжение)

Так как ~~уд~~ удар не абсолютно ~~н~~ неупругий, то $v_2\cos\beta > u$ (~~мячик~~ шарик должен оторваться от пластины)

Тогда $v_2\cos\beta > u > \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2}$, где

$$\cos\beta = \sqrt{1-\sin^2\beta} = \frac{4}{5}$$

$$\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \frac{\sqrt5}{3}$$

Тогда $v_2\cos\beta = 20\cdot\frac{4}{5} = 16$ м/с

$$\frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2} = \frac{20\cdot\frac{4}{5} - 18\cdot\frac{\sqrt5}{3}}{2} = \frac{16-6\sqrt5}{2} = 8-3\sqrt5 \text{ м/с} \approx 1{,}4 \text{ м/с}$$

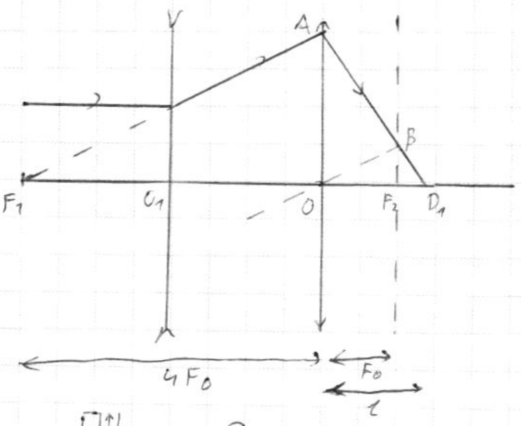
Значит 16 м/с $> u > (8-3\sqrt5)$ м/с $\Rightarrow u \in (8-3\sqrt5;\ 16)$ м/с

Ответ: 1). $v_2 = 20$ м/с; 2). $u \in (8-3\sqrt5;\ 16)$ м/с

№5

Дано:
$I_1 = \frac{7I_0}{16}$
$F_0,\ D,\ \tau_0$

1). l − ?
2). v − ?
3). t_1 − ?



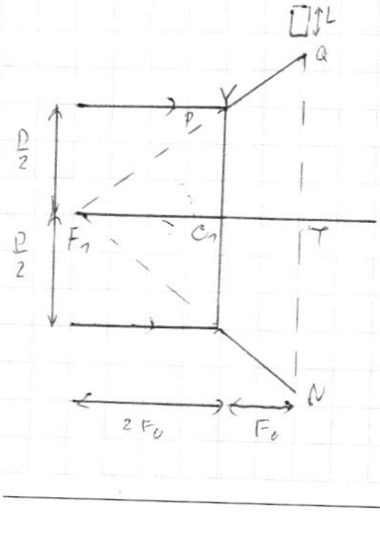
$\triangle AOF_1 \sim \triangle BF_2O$ (по 2 углам) $\Rightarrow$

$$\frac{BF_2}{AO} = \frac{OF_2}{F_1O} = \frac{F_0}{4F_0} = \frac{1}{4}$$

$\triangle AOD_1 \sim \triangle BF_2D_1$ (по 2 углам) $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{F_2D_1}{OD_1} = \frac{BF_2}{AO} = \frac{1}{4} = \frac{l-F_0}{l} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{F_0}{l} = \frac{3}{4} \Rightarrow l = F_0\cdot\frac{4}{3}.$$



Рассмотрим два луча, проходящие через края линзы.

$\triangle F_1PO_1 \sim \triangle F_1QT \Rightarrow \frac{QT}{PO_1} = \frac{F_1T}{F_1O_1} = \frac{3F_0}{2F_0} = \frac{3}{2} \Rightarrow QT = \frac{3}{2}PO_1 = \frac{3}{4}D \Rightarrow$

$\Rightarrow QN = 2QT = 1{,}5D$

Пусть длина мишени L, тогда

$v\tau_0 = L$

$vt_1 = QN = 1{,}5D$

Так как в период с τ_0 до t_1 мишень закрывает $\frac{I_0-I_1}{I_0} = \frac{I_0-\frac{7}{16}I_0}{I_0} = \frac{9}{16}$ от общего тока, то

N5 (продолжение)

Мишень в этот период закрывает $\frac{9}{16}$ всего света, значит

$L = \frac{9}{16} \cdot QN = \frac{9}{16} \cdot 1,5D = \frac{27}{32} D$

Тогда $v = \frac{L}{\tau_0} = \frac{27 \cdot D}{32 \cdot \tau_0}$

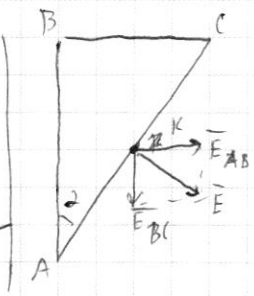
$t_1 = \frac{1,5D}{v} = \frac{1,5D}{\frac{27}{32}\frac{D}{\tau_0}} = \frac{1,5 \cdot 32}{27}\tau_0 = \frac{48}{27}\tau_0 = \frac{16}{9}\tau_0$

Ответ: 1). $l = \frac{4}{3}F_0$; 2) $v = \frac{27D}{32\tau_0}$; 3). $t_1 = \frac{16}{9}\tau_0$.

N3

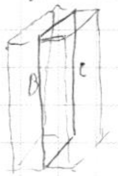
Дано:
$\alpha_1 = \pi/4$
$\sigma_1 = \sigma$
$\sigma_2 = \frac{2\sigma}{7}$
$\alpha_2 = \pi/9$

1). $\frac{E_1}{E_{BC}}$ – ?
2). E_2 – ?



ТК $AK = KC$, $\angle B = 90° \Rightarrow BK = KC = AK$

Рассчитаем напряженность, создаваемую плоскостью BC. Пусть $BC = d$, $B = L$



Построим около плоскости прямоугольный ~~паралле~~ параллепипед, у которого ~~плоскости~~ грани, параллельные BC, имеют ребра с длинами d и L.

$\left.\begin{aligned} \varphi &= 2LdE_{BC} \\ \varphi &= \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma_{BC} Ld}{\varepsilon_0} \end{aligned}\right\} \Rightarrow E_{BC} = \frac{\sigma_{BC}}{2\varepsilon_0}$

Аналогично $E_{AB} = \frac{\sigma_{AB}}{2\varepsilon_0}$

Так как $\bar{E}_{AB} \perp \bar{AB} \perp \bar{BC} \perp \bar{E}_{BC} \Rightarrow \bar{E}_{AB} \perp \bar{E}_{BC} \Rightarrow \bar{E} = \bar{E}_{AB} + \bar{E}_{BC} \Rightarrow$

$\Rightarrow E = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{AB}}{2\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{BC}}{2\varepsilon_0}\right)^2} = \frac{\sqrt{\sigma_{AB}^2 + \sigma_{BC}^2}}{2\varepsilon_0}$

~~Тогда~~ 1). ~~Пусть~~ $\sigma_{AB} = \sigma_{BC} \Rightarrow \frac{E_1}{E_{BC}} = \frac{\sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2}}{E_{BC}} =$

$= \sqrt{1 + \left(\frac{E_{AB}}{E_{BC}}\right)^2} = \sqrt{1 + \left(\frac{\sigma_{AB}}{2\varepsilon_0} \cdot \frac{2\varepsilon_0}{\sigma_{BC}}\right)^2} = \sqrt{2}$

2). $E_2 = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{AB}}{2\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{BC}}{2\varepsilon_0}\right)^2} = \frac{\sqrt{\sigma_{AB}^2 + \sigma_{BC}^2}}{2\varepsilon_0} = \frac{\sqrt{\sigma^2 + \left(\frac{2\sigma}{7}\right)^2}}{2\varepsilon_0} =$

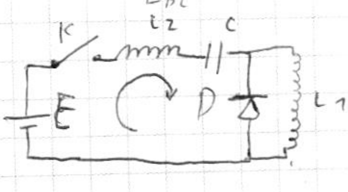
$= \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{1 + \frac{4}{49}} = \frac{\sigma\sqrt{53}}{14\varepsilon_0}$

Ответ: 1). $\frac{E_1}{E_{BC}} = \sqrt{2}$; 2) $E_2 = \frac{\sigma\sqrt{53}}{14\varepsilon_0}$

N4

Дано:
$L_1 = 5L$
$L_2 = 4L$
C, E

1). T – ?
2). I_{01} – ?
3). I_{02} – ?



$E - L_2\frac{dI}{dt} - \frac{q}{C} - L_1\frac{dI}{dt} = 0$

$(L_1 + L_2)\ddot{q} + \frac{q}{C} - E = 0$

$\ddot{q} + \frac{1}{C(L_1 + L_2)}(q - EC) = 0$

$\omega = \sqrt{\frac{1}{C(L_1 + L_2)}} = \frac{1}{3\sqrt{CL}}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

№4 (продолжение)

$E_0 = \frac{L_1 I^2}{2} + \frac{L_2 I^2}{2} = \frac{I^2}{2}(L_1+L_2)$

$E_K = \frac{CE^2}{2}$

$A = -qE = -CE^2$

$q = CE$

$E_0 + A = E_K$

$\Rightarrow \frac{I^2}{2}(L_1+L_2) - CE^2 = \frac{CE^2}{2}$

$\frac{I^2}{2}(L_1+L_2) = \frac{3CE^2}{2}$

$I = E\sqrt{\frac{3C}{L_1+L_2}} = E\sqrt{\frac{C}{3L}}$

~~q(t)~~ Так как до полной зарядки конденсатора колебания гармонические, то

$q(t) = A\cos(\omega t + \varphi_0)$

$A(t) = q'(t) = \cancel{-A\omega\sin(\omega t+\varphi_0)} = -A\omega\sin(\varphi_0)$

$q(0) = A\cos\varphi_0 = 0 \Rightarrow \left[\begin{array}{l}\varphi_0 = \frac{\pi}{2}\\ \varphi_0 = -\frac{\pi}{2}\end{array}\right.$

$I(0) = E\sqrt{\frac{C}{3L}} = -A\omega\sin(\varphi_0) \geq 0 \Rightarrow \sin\varphi_0 \leq 0 \Rightarrow \varphi_0 = -\frac{\pi}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow A\omega = E\sqrt{\frac{C}{3L}} \Rightarrow A = E\sqrt{\frac{C}{3L}}\cdot\frac{1}{\omega} = E\sqrt{\frac{C}{3L}}\cdot 3\sqrt{CL} = EC\sqrt{3}$

значит $q_{max} = A = EC\sqrt{3} \Rightarrow U_{C max} = \frac{q}{C} = \frac{EC\sqrt{3}}{C} = E\sqrt{3}$

Если ток идёт от „+" ЭДС к „−", то ток через L_1 идёт, а если ток идёт от „−" к „+", то ток через L_1 не идет (весь ток идёт через диод), значит $I_{01} = E\sqrt{\frac{C}{3L}}$ (так как в начальный момент нет падения напряжения на C конденсаторе, то ток максимален)

Когда ток пошёл в обратном направлении (от „−" к „+")

$\frac{q}{C} + L_2\frac{dI}{dt} - E = 0$

$\ddot{q}L_2 + \frac{q}{C} - E = 0$

$\ddot{q} + \frac{1}{CL_2}(q - EC) = 0 \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{1}{CL_2}} = \frac{1}{2\sqrt{CL}}$

$q(t) = A_1\cos(\omega_1 t + \varphi_1)$

$q_0(0) = EC\sqrt{3} = A_1\cos(\varphi_1) = A_1 \Rightarrow \varphi_1 = 0$

$I(t) = q'(t) = -A_1\omega\sin(\omega t + \varphi_1)$

$I_{max} = A_1\cdot\omega = EC\sqrt{3}\cdot\frac{1}{2\sqrt{CL}} = E\sqrt{\frac{3C}{4L}} = I_{02} = \frac{E}{2}\sqrt{\frac{3C}{L}}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

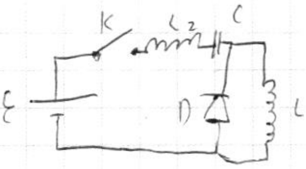
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\cancel{q_2(t) = A\cos(\omega t + \varphi_0)}$

$\mathcal{E} - \frac{q}{C} - L_2\frac{dI}{dt} - L_1\frac{dI}{dt} = 0$

$\ddot{q} + \frac{1}{C(L_2+L_1)}(q - \mathcal{E}C) = 0$

$\omega = \sqrt{\frac{1}{C(L_2+L_1)}} = \frac{1}{3\sqrt{CL}}$

$\frac{L_1 I_1^2}{2} + \frac{L_2 I_2^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = const$

$L_1 I_1 dI_1 + L_2 I_2 dI_2 + \frac{q\,dq}{C} = 0 \quad | : dt$

$L_1 I_1 \ddot{q}_1 + L_2 I_2 \ddot{q}_2 + \frac{q_1}{C} I_1 = 0$

$L_1 \ddot{q}_1 + L_2 \frac{I_2}{I_1}\ddot{q}_2 + \frac{q_1}{C} = 0$

$q_1 = q_2 \quad I_1 = I_2$

$\ddot{q}(L_1 + L_2) + \frac{q}{C} = 0$

$\omega = \sqrt{\frac{1}{C(L_1+L_2)}}$

$q_{max} = \mathcal{E}C\sqrt{3}$

$U_{max} = \frac{q}{C} = \mathcal{E}\sqrt{3}$

$\frac{q}{C} - \mathcal{E} + L_2\frac{dI_2}{dt} = 0$

$L_2\ddot{q} + \frac{q}{C} - \mathcal{E} = 0$

$\ddot{q} + \frac{1}{CL_2}(q - \mathcal{E}C) = 0$

$\omega = \sqrt{\frac{1}{CL_2}}$

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

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

$q = C\mathcal{E} \quad q = C\mathcal{E}$

$A = -q\cdot\mathcal{E} = -C\mathcal{E}^2$

$E_{1C} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \quad E_0 = \frac{I^2(L_1+L_2)}{2}$

$q(t) = A\cos(\omega t + \varphi_0)$

$q(0)$

$\frac{3C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{I^2}{2}(L_1+L_2)$

$I = \sqrt{\frac{3C}{L_1+L_2}}\,\mathcal{E} = I_0$

$\cancel{I(t) = -A\cos\omega t}$

$I(t) = -A\omega\sin(\omega t + \varphi_0)$

$q(0) = 0$

$\cos\varphi_0 = 0 \Rightarrow \varphi_0 = \pm\frac{\pi}{2}$

$-A\omega\sin\varphi_0 = \mathcal{E}\sqrt{\frac{3C}{L_1+L_2}} \Rightarrow \varphi_0 = -\frac{\pi}{2}$

$A\omega = \mathcal{E}\sqrt{\frac{3C}{L_1+L_2}}$

$A = \mathcal{E}C\sqrt{3}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N4 (продолжение)

$$T = \frac{\pi}{\omega} + \frac{\pi}{\omega_1} = \pi\left(3\sqrt{CL} + 2\sqrt{CL}\right) = 5\pi\sqrt{CL}$$

Ответ: 1) $T = 5\pi\sqrt{CL}$; 2) $I_{01} = E\sqrt{\frac{C}{3L}}$; 3) $I_{02} = \frac{E}{2}\sqrt{\frac{3C}{L}}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)