Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

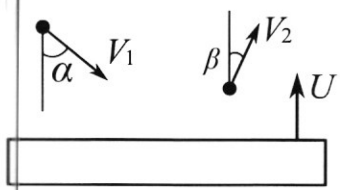
Класс 11

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.



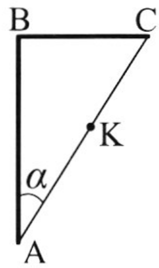
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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?

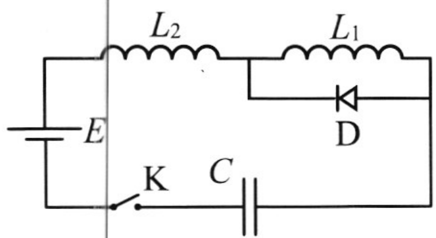
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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?

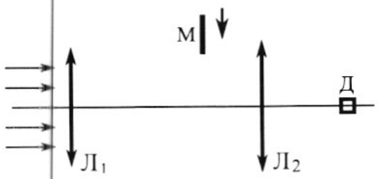
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 2\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

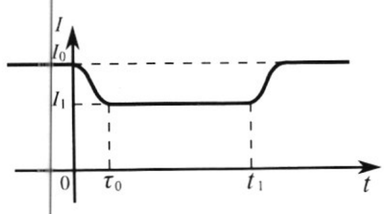
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 2L$, $L_2 = L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ К разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.



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

№ 1

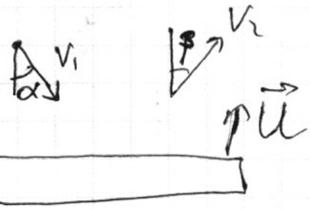
$V_1 = 8\ \frac{м}{с}$

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

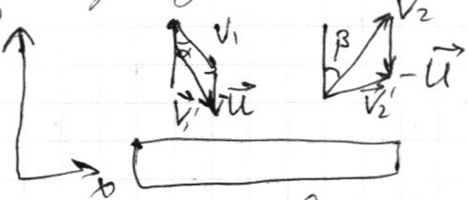
$\sin\beta = \frac{1}{2}$

1) V_2 – ?

2) u – ?



Перейдем в ИСО, связ. с плитой ($\vec{u}$).



$\vec{V}_1'$ – ск-ть шарика в ИСО плиты до удара

$\vec{V}_2'$ – ск-ть шарика в ИСО плиты после удара

В мом-т удара:

$$\begin{cases} ma_x = F_{тр\,x} = -\mu N \\ ma_y = N \end{cases} \Rightarrow \frac{a_x}{a_y} = -\mu \Rightarrow a_x = -\mu a_y$$

$$\Rightarrow a_x\,dt = -\mu a_y\,dt \Rightarrow V_{2x}' - V_{1x}' = -\mu(V_{2y}' - V_{1y}')$$

$tg\beta\ \cancel{\sin\beta} = \frac{V_{2x}}{V_{2y}}$ $\quad V_{2x} = V_{2x}'$ $\quad V_{1y} = -V\cos\alpha = V_{1y}' + u$

$V_{1x} = V_{1x}'$ $\quad V_{2y} = -V_2\cos\beta = V_{2y}' + u$

$\cancel{tg\alpha = \left|\frac{V_{1x}}{V_{1y}}\right| = -V\cos\alpha}$

$\cancel{V_{1x}' = V_{1x} - u}$ $\quad V_{1y}' = V_{1y} - u$

$V_{2x}' = V_{2x} - u$ $\quad V_{2y}' = V_{2y} - u$

$\cancel{-(V_{1x} - u) + (V_{2x} - u) = -\mu(V_{2y}' - (V_{2y} - u) - (V_{1y} - u)}$

$$V_{2x} - V_{1x} = -\mu(V_{2y} - u - (V_{1y} - u)) = -\mu(V_{2y} - V_{1y})$$

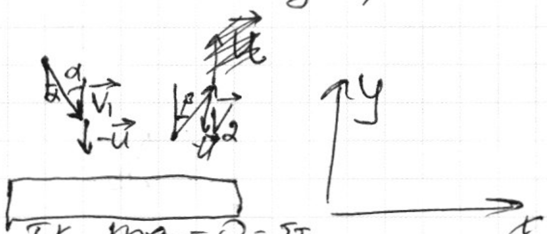
$V_{2x} - V_{1x} = -\mu(V_{2y} - V_{1y})$

V_{1x} – пр. $\vec{V_1}$ на Ox $\quad V'_{1x}$ – пр. $\vec{V'_1}$ на Ox $\quad V'_{2x}$ – пр. $\vec{V'_2}$ на Ox

V_{1y} – пр. $\vec{V_1}$ на Oy $\quad V'_{1y}$ – пр. $\vec{V'_1}$ на Oy $\quad V'_{2y}$ – пр. $\vec{V'_2}$ на Oy

V_{2x} – пр. $\vec{V_2}$ на Ox

V_{2y} – пр. $\vec{V_2}$ на Oy



$V_{2x} = V_2 \sin\beta$

$V_{2y} = V_2 \cos\beta$

$V_{1x} = V_1 \sin\alpha$

$V_{1y} = -V_1 \cos\alpha$

т.к. $ma_x = 0 = \Sigma F_x$

$\mu = 0 \Rightarrow V_{1x} = V_{2x} \Rightarrow$

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

$V_2 = V_1 \dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta}$

V_{1x} – пр. $\vec{V_1}$ на Ox

V_{2x} – пр. $\vec{V_2}$ на Ox

$V_2 \sin\beta - V_1 \sin\alpha = -\mu(V_2\cos\beta - (-V_1\cos\alpha))$

$V_2 \sin\beta - V_1 \sin\alpha = -\mu(V_2\cos\beta + V_1\cos\alpha)$

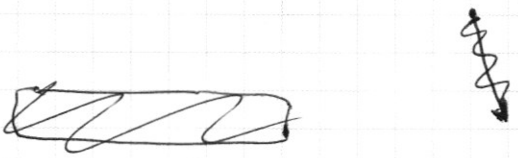
$V_2 = V_1 \dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 8\,\dfrac{3/4}{1/2} = 8\cdot\dfrac{3}{2} = 12\,\dfrac{м}{с}$

т.к. плита очень тяжелая:

$V'_{1y} = -V'_{2y}$

$V_{1y} - U = -(V_{2y} - U)$

$V_{1y} - U = -V_{2y} - U$



$V_{1y} - U = -(V_{2y} - U) = -V_{2y} + U$

$V_{2y} = -V_{1y} + 2U$

$V_{1y} = -V_1\cos\alpha$

$V_{2y} = V_1\cos\alpha + 2U = V_2\cos\beta$

$U = \dfrac{V_2\cos\beta - V_1\cos\alpha}{2} = \dfrac{V_1\dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta}\cos\beta - V_1\cos\alpha}{2} =$

$U = \dfrac{V_1\left(\dfrac{\sin\alpha}{\operatorname{tg}\beta} - \dfrac{\sin\alpha}{\operatorname{tg}\alpha}\right)}{2} = \dfrac{V_1}{2}\sin\alpha(\operatorname{ctg}\beta - \operatorname{ctg}\alpha)$

$\sin\alpha = \dfrac{3}{4} \quad \cos\alpha = \sqrt{1-\left(\dfrac{3}{4}\right)^2} = \dfrac{1}{4}\sqrt{7} = \dfrac{\sqrt{7}}{4}$

$\operatorname{tg}\alpha = \dfrac{3}{\sqrt{7}} = \dfrac{3\sqrt{7}}{7}$

$\sin\beta = \dfrac{1}{2} \Rightarrow \cos\beta = \dfrac{\sqrt{3}}{2},\ \operatorname{tg}\beta = \dfrac{\sqrt{3}}{3}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$U = \frac{V_1}{2}\left(\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}\cos\beta - \cos\alpha\right) = \frac{8}{2}\left(\frac{\frac{3}{4}}{\frac{1}{2}}\cdot\frac{\sqrt3}{2} - \frac{\sqrt7}{4}\right) =$$

$$= 4\left(\frac{3\sqrt3-\sqrt7}{4}\right) = 3\sqrt3-\sqrt7 \ \frac{м}{с}$$

$\cancel{\sqrt3 \approx 1{,}71}$

Ответ: $V_2 = V_1\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 12\ \frac{м}{с}$; $U = \frac{V_1}{2}\left(\frac{\sin\alpha}{\operatorname{tg}\beta} - \cos\alpha\right)$

$U = 3\sqrt3 - \sqrt7\ \frac{м}{с}$

№2

$\nu = \frac{3}{7}$ моль

$T_1 = 300\ К - N_2$

$T_2 = 500\ К - O_2$

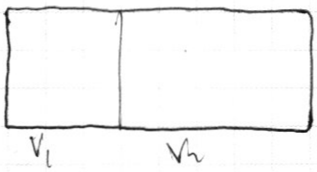
$C_V = \frac{5R}{2}$

$R = 8{,}31\ \frac{Дж}{моль\cdot К}$

1) $\frac{V_{01}}{V_{02}}$ − ? V_{01} − нач. объем N_2, V_{02} − нач. объем O_2

2) T_y − ? − установив. темп.

3) ΔQ − ? $Q(O_2 \to N_2)$



Ур-ние Менделеева-Клапейрона:

$$\begin{cases} p_0 V_{01} = \nu R T_1 \\ p_0 V_{02} = \nu R T_2 \end{cases} \Big| \div \quad \frac{V_{01}}{V_{02}} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{V_{01}}{V_{02}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{300}{500} = \frac{3}{5}$$

$$p_{01}S - p_{02}S = ma \Rightarrow a = 0 \Rightarrow p_{01} = p_{02}$$

В нач. мом-т времени давления в отсеках одинаковое.

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

З-н сохр. энергии:

$$\frac{5}{2}\nu R T_1 + \frac{5}{2}\nu R T_2 = \frac{5}{2}\nu R(T_y) + \frac{5}{2}\nu R T_y = \frac{5}{2}\nu R T_y \cdot 2$$

$$T_y = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{300+500}{2} = 400\ К$$

$\Delta Q - ?$ $\quad \Delta Q + \cancel{\ } U_1 = U_2$

U_1 – внутр. энергия ~~в~~ N_2 сначала

U_2 – внутр. энергия N_2 ~~на~~ в устан. режиме

$U_1 = \frac{5}{2}\nu R T_1$

$U_2 = \frac{5}{2}\nu R T_y = \frac{5}{2}\nu \frac{(T_1+T_2)}{2}\nu R$

$$\Delta Q = \frac{5}{2}\nu R T_y - \frac{5}{2}\nu R T_1 = \frac{5}{2}\nu R(T_y - T_1) =$$

$$= \frac{5}{2}\nu R\left(\frac{T_2+T_1}{2} - T_1\right) = \frac{5}{2}\nu R \frac{T_2-T_1}{2} = \frac{5\nu R(T_2-T_1)}{4}$$

$$\Delta Q = \frac{5\nu R(T_2-T_1)}{4} = \frac{5\cdot\frac{3}{7}8{,}31\cdot(500-300)}{4} = \frac{5\cdot 3\cdot 8{,}31\cdot \overset{50}{\cancel{200}}}{7\cdot \cancel{4}}$$

$$= \frac{750\cdot 8{,}31}{7} = \frac{7{,}5\cdot 831}{7} = \frac{10\cdot\frac{3}{4}\cdot 8{,}31}{7} = \frac{10\cdot 6{,}2325}{7} \approx 8{,}903 \text{ Дж}$$

$8{,}31\cdot 3 = 24{,}93$

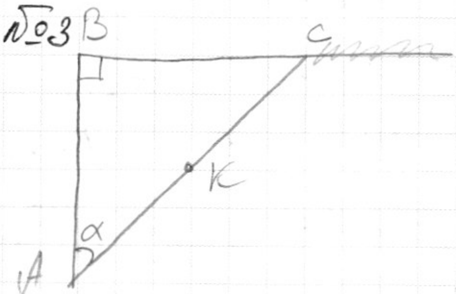
$24{,}93 : 4 = 6{,}2325$

$62{,}325 : 7 = 8{,}903$

Ответ: $\frac{V_{01}}{V_{02}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{5}$; $T_y = \frac{T_1+T_2}{2} = 400 K$;

$\Delta Q = \frac{5\nu R(T_2-T_1)}{4} = 8{,}903$ Дж

№3



$AB \perp BC$

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

K – сер. AC

$\frac{E_н}{E_0} - ?$

2) $\sigma_1 = 2\sigma$

$\sigma_2 = \sigma$

$\alpha = \frac{\pi}{7}$

K – сер. AC

$E_2 - ?$

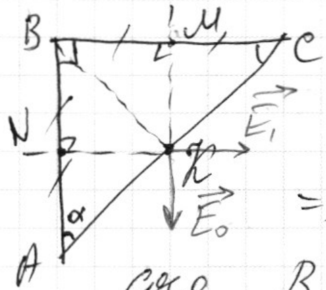
1) Т.к. пластины бесконечные, то из-за симметрии составляющая напряженности, направленная вдоль ребра $B = 0$ ($\vec{E}$ находи[тся]

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

в плоскости ABC)(можно выделить симмет. участки, которые будут компенсировать друг друга)



$\angle A = \frac{\pi}{4}$, $\angle B = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \angle C = \pi - \frac{\pi}{4} - \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{4}$.

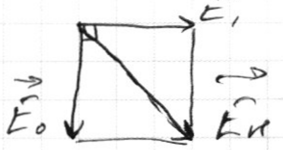
M – сер BC. Т.к. $\triangle ABC$ – прямоуг., $\Rightarrow BK = KC = AK$

$\Rightarrow \triangle BKC$ и $\triangle ABK$ – р/б. $\Rightarrow$ ~~по. поле~~ напр. поля, созд. BM и MC симметричны отн. MK $\Rightarrow$

$\Rightarrow \vec{E_0} \parallel MK$.

$\vec{E_0}$ – напр. когда ~~вся~~ заряжена только пластина BC. Аналогично с ABK $\Rightarrow \vec{E_1} \parallel NK$. $\vec{E_1}$ – напр., созд. пластиной AB. Т.к. $\vec{E_1} \perp \vec{E_0}$ и $|\vec{E_1}| = |\vec{E_0}|$ (~~одинаково~~ симметрия) $\Rightarrow$

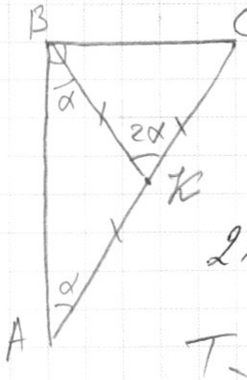
$\Rightarrow$



$E_н^2 = E_1^2 + E_0^2 = 2E_0^2 \Rightarrow E_н = \sqrt{2}\, E_0$

$$\frac{E_н}{E_0} = \sqrt{2}$$

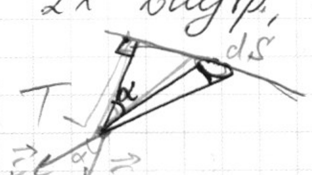
2)



~~$\triangle ABC$ – пр~~ $\angle B = \frac{\pi}{2} \Rightarrow BK = CK = AK \Rightarrow$

$\Rightarrow \triangle AKB$ – р/б. $\Rightarrow \angle KBA = \angle BAK = \alpha \Rightarrow$

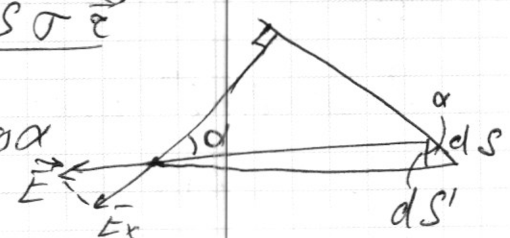
$\Rightarrow \angle CKB = 2\alpha$ (как внешний, равный сумме 2х внутр. не смежных с ним).



Рассмотрим напр, создаваемую в т. T ~~нсб~~ кусочком пластины, площадью dS на расстоянии r от T.

~~$|\vec{E}|$~~ ~~$d\vec{E}$~~ $d\vec{E} = \frac{k\,dq}{r^3}\vec{r} = \frac{k\,dS\,\sigma\,\vec{r}}{r^3}$

$dE_x = |d\vec{E}|\cos\alpha = \frac{k\,dS\,\sigma}{r^2}\cos\alpha$

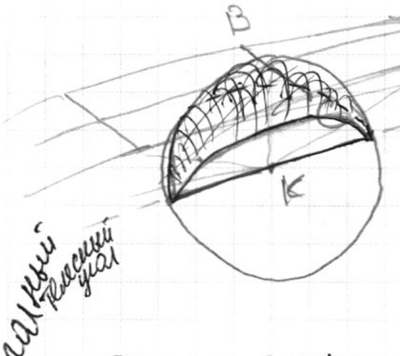


$$dE_x = \frac{k\,dS\,\sigma\cos\alpha}{r^2} = k\sigma\,\frac{dS\cdot\cos\alpha}{r^2} = k\sigma\,d\Omega$$

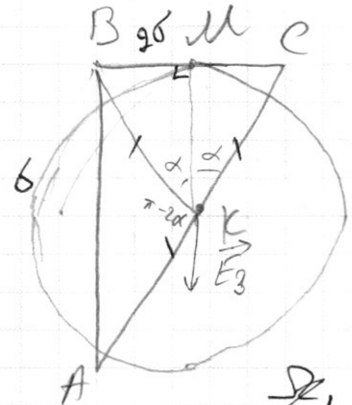
Ω – телесный угол.

$$E_x = k\sigma\int d\Omega = k\sigma\Omega_1$$

Ω_1 – телесный угол пластины у т.Т.



полный телесный угол



M – сер. BC

$E_3 = k\sigma_1\Omega_1$

Ω_1 – телесный угол, (охваченный) отрезаемый пластиной.

$$\frac{\Omega_1}{4\pi} = \frac{2\alpha}{2\pi} \Rightarrow$$

~~$\frac{\Omega_1}{2\pi} = \frac{2\alpha}{2\pi} \Rightarrow \Omega_1 = 4\alpha$~~

$$\Omega_1 = 4\alpha = \frac{4}{7}\pi$$

$$E_3 = k\sigma_1\frac{4}{7}\pi = k\,2\sigma\frac{4}{7}\pi = \frac{8}{7}k\sigma\pi$$

E_3 – напр. поля, создаваемого пластиной BC.

E_4 – напр. поля, создаваемое пластиной AB.

$$E_4 = k\sigma_2\Omega_2 = k\sigma_2\Omega_2 = k\sigma(2\pi - 4\alpha) = k\sigma\left(2\pi - \frac{4}{7}\pi\right)$$

$$\frac{\Omega_2}{4\pi} = \frac{\pi - 2\alpha}{2\pi} \Rightarrow \Omega_2 = 2\pi - 4\alpha \qquad \frac{14}{7}\pi - \frac{4}{7}\pi = \frac{10}{7}\pi$$

$$E_4 = \frac{10}{7}\pi k\sigma$$

E_5 – напр. поля, созд. AB и BC вместе.

$$E_5 = \sqrt{E_4^2 + E_3^2} = \frac{k\pi\sigma}{7}\sqrt{10^2+8^2} = \frac{k\pi\sigma}{7}\sqrt{\underset{41\cdot 4}{164}} = \frac{2k\pi\sigma}{7}\sqrt{41}$$

$$E_5 = \frac{2\sqrt{41}\,\pi}{7}\sigma k \approx \frac{2\cdot 6{,}4\pi\sigma k}{7} = \frac{12{,}8}{7}\pi\sigma k \approx 1{,}83\pi\sigma k$$

$$6{,}4^2 = 0{,}01\cdot 2^{12} = 0{,}01\cdot 1024\cdot 4 = 0{,}01\cdot 4096 = 40{,}96$$

$12{,}8 : 7 = 1{,}88$ (7; 58; 56; 2)

Ответ: 1) $\frac{E_н}{E_0} = \sqrt{2}$ 2) $E = \frac{2\sqrt{41}}{7}\pi\sigma k$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

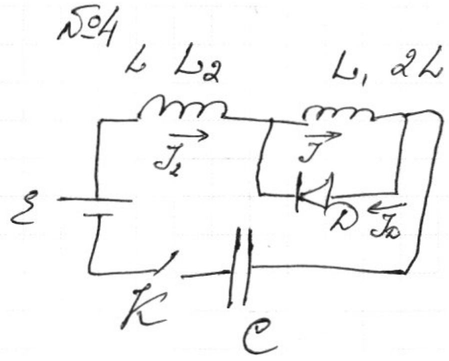
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4



$\mathcal{E}$; L; C

$L_1 = 2L$

$L_2 = L$

1) T-?- период колеб. тока в L_1

2) I_{m1}-?- макс. ток через L_1

3) I_{m2}-?- макс. ток через L_2

$$\mathcal{E} + (-\dot{I}_2 L_2) + (-\dot{I}_1 L_1) = \frac{q}{C}$$

$$\mathcal{E} = \frac{q}{C} + 2\dot{I}_1 L + \dot{I}_2 L$$

~~Когда диод открыт:~~

~~$-\dot{I}L > 0 \Rightarrow \dot{I} < 0$ I-ток через L.~~

Когда диод закрыт:

$-\dot{I}L < 0 \Rightarrow \dot{I} > 0$ I-ток через L.

Когда диод открыт:

$I_2 + I_D = I \Rightarrow I_2 = I - I_D$ $\quad \dot{I}_L = 0 \quad \dot{I}_D > 0 \Rightarrow \dot{I}_2 < 0$

Диод закрыт:

$\dot{I} > 0 \quad \mathcal{E} + (-\dot{I}L - 2L\dot{I}) = \frac{q}{C} \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{q}{C} + 3L\dot{I}$

$$\ddot{q} + \frac{q}{3LC} = \frac{\mathcal{E}}{3L} \Rightarrow (q - \mathcal{E}C)'' + \frac{(q - \mathcal{E}C)}{3LC} = 0$$

$$q - \mathcal{E}C = A\cos\omega t \qquad \cancel{\dot{q} = \omega A(-\sin)(\omega t) = \omega\mathcal{E}C\sin(\omega t)}$$

$t = +0$

$q = 0$

$\mathcal{E}C + A = 0$

$A = -\mathcal{E}C$

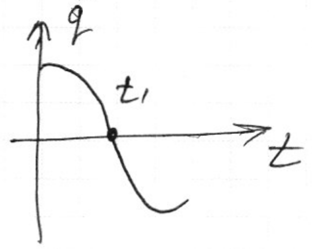
$$\omega = \frac{1}{\sqrt{3LC}}$$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

$q = \mathcal{E}C + A\cos\omega t$

$q(0) = 0 = \mathcal{E}C + A \Rightarrow q(t) = \mathcal{E}C(1-\cos\omega t)$

$\dot{q}(t) = \mathcal{E}C\omega\sin\omega t \qquad \ddot{q} = \mathcal{E}C\omega^2\cos\omega t$



До мом-та времени t_1 $\dot{J}_2 > 0$, $J>0$, $\Rightarrow$ D закрыт.

$$t_1 = \frac{\left(\frac{\pi}{2}\right)}{\omega} = \frac{\pi}{2}\sqrt{3LC}$$

В мом-т времени t_1:

$J(t_1) = \mathcal{E}C\omega\sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = C\mathcal{E}\omega$

$q(t_1) = C\mathcal{E}\left(1-\cos\left(\frac{\pi}{2}\right)\right) = C\mathcal{E}$

В мом-т времени t_1 D открывается

$\dot{J} = 0$

$$\mathcal{E} + (-2L\dot{J}_2) = \frac{q}{C}$$

$$2L\ddot{q} + \frac{q}{C} = \mathcal{E} \qquad \ddot{q} + \frac{1}{2LC}(q - C\mathcal{E}) = 0$$

$$(q - C\mathcal{E})'' + \frac{1}{2LC}(q - C\mathcal{E}) = 0 \Rightarrow q - C\mathcal{E} = A_2\sin(\omega_1 t + \varphi)$$

~~$q(0) = C\mathcal{E}$~~

~~$q(0) = C\mathcal{E}$~~

~~$q(t_1) =$~~ $q(t_1) = C\mathcal{E} = C\mathcal{E} + A_2\sin\left(\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{3}{2}} + \varphi\right)$

$t_1 = \frac{\pi}{2}\sqrt{3LC}$

$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{2LC}}$

$\frac{\pi}{2}\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} + \varphi = 0 \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{3}{2}}$

$$q(t) = C\mathcal{E} + A_2\sin\left(\frac{t}{\sqrt{2LC}} - \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{3}{2}}\right)$$

$\dot{q}(t_1) = J_2(t_1) = C\mathcal{E}\omega = A_2\omega_1\cos\left(\frac{\pi}{2}\frac{\sqrt{3}}{2} + \varphi\right) = A_2\omega_1$

$$A_2 = C\mathcal{E}\frac{\omega}{\omega_1} = C\mathcal{E}\frac{\sqrt{2LC}}{\sqrt{3LC}} = \sqrt{\frac{2}{3}}C\mathcal{E} \qquad 1''$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

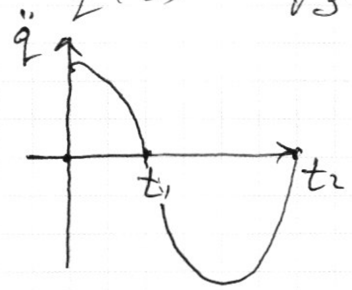
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$$q(t) = C\mathcal{E} + \sqrt{\frac{2}{3}}\,C\mathcal{E}\sin\left(\frac{t}{\sqrt{2LC}} - \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{3}{2}}\right)$$

$$\dot{q}(t) = \sqrt{\frac{2}{3}}\,C\mathcal{E}\frac{1}{\sqrt{2LC}}\cos\left(\frac{t}{\sqrt{2LC}} - \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{3}{2}}\right)$$

$$\ddot{q}(t) = -\sqrt{\frac{2}{3}}\,\frac{C\mathcal{E}}{2LC}\sin\left(\frac{t}{\sqrt{2LC}} - \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{3}{2}}\right)$$



$$\ddot{q}(t_2) = 0 = -\sqrt{\frac{2}{3}}\,C\mathcal{E}\omega_1^2\sin\left(\frac{t_2}{\sqrt{2LC}} - \frac{\pi}{2}\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}\right)$$

$$\cancel{-\pi k + t_2 = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{3}{2}}\sqrt{2LC} = \frac{\pi}{2}\sqrt{3LC}}$$

$$\frac{t_2}{\sqrt{2LC}} - \frac{\pi}{2}\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} = \pi k$$

$$t_2 = \sqrt{2LC}\,\pi k + \frac{\pi}{2}\sqrt{3LC}$$

В мом-т времени t_2 диод закроется, получается график $\dot{I}$ от времени состоит из 2 частей: ~~сверху~~ >0 с ω и <0 с ω_1.

$$\Rightarrow T = \frac{\pi}{\omega} + \frac{\pi}{\omega_1} = \pi\left(\frac{1}{\omega} + \frac{1}{\omega_1}\right) = \pi\left(\sqrt{3LC} + \sqrt{2LC}\right) = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{3}+\sqrt{2})$$

2)

Диод закрыт: $I = \dot{q}(t) = \mathcal{E}C\omega\sin(\omega t) = \mathcal{E}C\omega\sin(\omega t)$

$$I_{m1} = \mathcal{E}C\omega = \frac{\mathcal{E}C}{\sqrt{2LC}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$$

3) I_{m2}-? Когда диод открыт вся энергия „тока" скапливается на L_2, когда диод закрыт, энергия „тока" распределяется на L_1 и L_2 $\Rightarrow$ I_{m2} будет, когда диод открыт.

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

$$I_2(t) = \dot{q}(t) = \cancel{-A_2\omega_1^2 \sin\left(\frac{t}{\sqrt{2LC}}+\varphi\right)} = A_2\omega_1 \cos\left(\frac{t}{\sqrt{2LC}} - \frac{\pi}{2}\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}\right)$$

$$\cancel{I_{m2} = A_2\omega_1^2 = \sqrt{\frac{2}{3}}C\mathcal{E}}$$

$$I_{m2} = A_2\omega_1 = \sqrt{\frac{2}{3}}C\mathcal{E}\frac{1}{\sqrt{2LC}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$$

Ответ: $T = \pi\sqrt{LC}\left(\sqrt{2}+\sqrt{3}\right)$; $I_{m1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$; $I_{m2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$

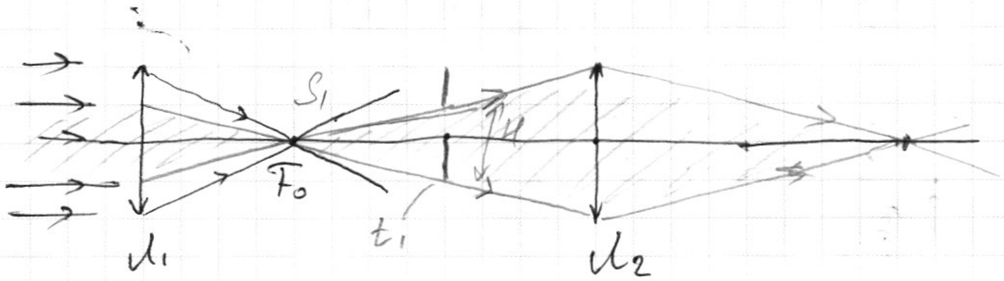
№5

$F_0;\ D;\ \tau_0$

$D \ll F_0$

$I \sim P$

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



1) L - ? - между Л$_2$ и детектором

2) V - ?

3) t_1 - ?

$$\frac{1}{2F_0} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow f_2 = 2F_0$$

Когда мишень полностью ~~не~~ освещена I-min.

$$\Rightarrow \frac{S_1}{S_0} = \frac{\pi H^2 - \pi d^2}{\pi H^2} = \frac{P_1}{P_0} = \frac{I_1}{I_0} \qquad \frac{\frac{D^2}{4} - d^2}{\frac{D^2}{4}} = \frac{3}{4}$$

$$\frac{H}{D} = \frac{F_0}{2F_0} = \frac{1}{2} \Rightarrow H = \frac{D}{2}$$ d - диаметр мишени

$$D^2 - 4d^2 = \frac{3}{4}D^2 \Rightarrow 4d^2 = \frac{1}{4}D^2 \Rightarrow d = \frac{D}{4}$$

В мом-т времени 0 мишень „касалась" крайнего луча, через время τ_0 она полностью была освещена $\Rightarrow \tau_0 V = d = \frac{D}{4}$

$$V = \frac{D}{4\tau_0} \qquad H = Vt_1 = \frac{D}{4\tau_0}t_1 = \frac{D}{2}$$

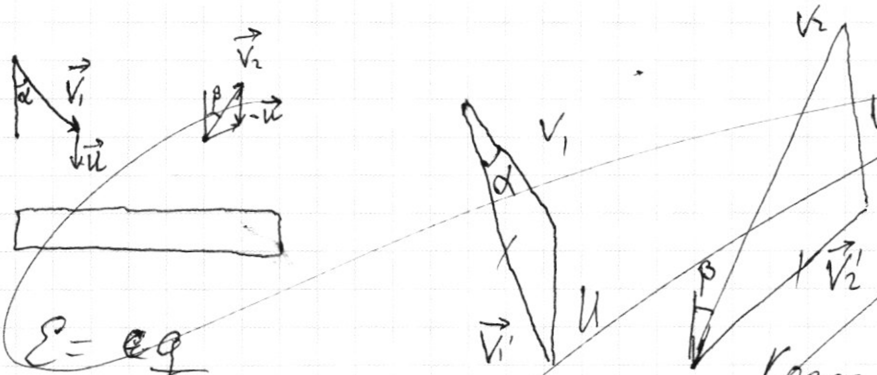
$$\frac{D}{2} = \frac{D}{4\tau_0}t_1 \Rightarrow t_1 = 2\tau_0$$

После преломления лучей в Л$_1$ для Л$_2$ S_1 стало источником $\Rightarrow$

$\Rightarrow L = f_2 = 2F_0$ Ответ: $L = 2F_0$; $V = \frac{D}{4\tau_0}$; $t_1 = 2\tau_0$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$\frac{12\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} - 8\cdot\frac{\sqrt{7}}{4}}{2} = \frac{6\sqrt{3}-2\sqrt{7}}{2} = 3\sqrt{3}-\sqrt{7}$

Когда открыт:

$\frac{Cq^2}{2} + \frac{LJ^2}{2} + \frac{2LJ_2^2}{2} = \mathcal{E}q = C\mathcal{E}^2$

$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{L}{2}\frac{C\mathcal{E}^2}{3L} + \frac{2L}{2}J_2^2 =$

Когда закрыт $LJ_2^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{3}$

$\frac{3J^2L}{2}$ $\quad \frac{q^2}{2C} = \mathcal{E}q$ $\quad J_2 = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{3L}}$

$\frac{3}{2}J^2L = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \Rightarrow J_2 = \sqrt{\frac{C}{3L}}\mathcal{E}$

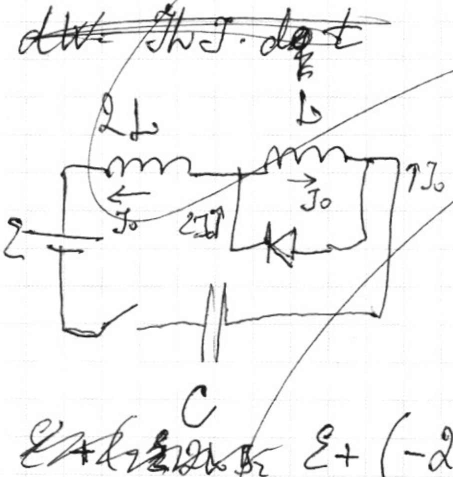
$\mathcal{E}q = \frac{2J^2L}{2} + \frac{q^2}{2C} = C\mathcal{E}^2 = J^2L + \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \Rightarrow J^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2L}$

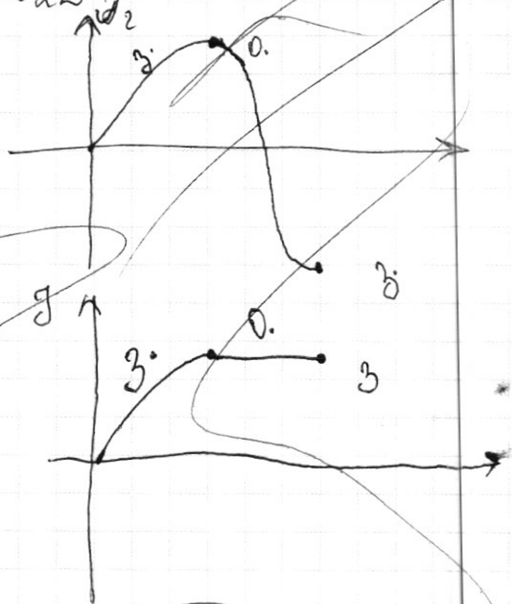
$J = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}$

$q = C\mathcal{E}$

~~$\mathcal{E}q = \frac{2J^2L}{2} + J^2$~~

~~$dW = 2LJ\cdot dq\,t$~~





$\mathcal{E} + (-2L\dot{J}_2) + (-L\dot{J}) = \frac{q}{C}$

$\dot{q} = +J_2$

$\mathcal{E} = \frac{q}{LC} + \dot{J} + 2\dot{J}_2$