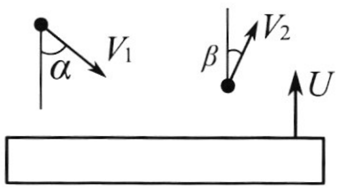
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

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.

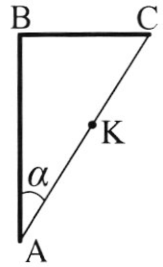
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится азот, во втором – кислород, каждый газ в количестве $\nu = 3/7$ моль. Начальная температура азота T_1 = 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?

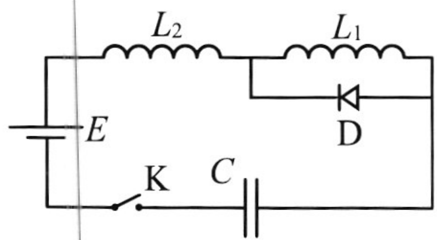
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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.

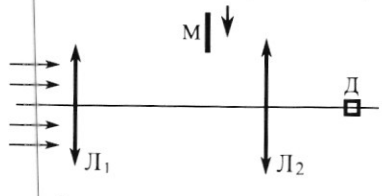


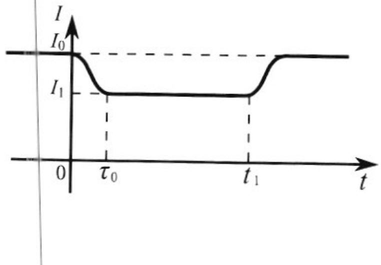
1) Найти период T этих колебаний.

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

№2

Дано:

$\nu = \frac{3}{7}$ моль

$T_1 = 300$ K

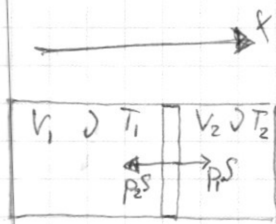
$T_2 = 500$ K

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

$R = 8,31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

Найти $\frac{V_1}{V_2}$; T; Q

Решение:



Заметим, что раз поршень движется без трения, значит кроме сил давления газов на поршень не дейвуют никакие силы, имеющие гориз. составляющую.

1) Усл. равновес. поршня в гориз. плоскости (II зак. Ньют. на ось x при $a_x = 0$):

$p_1 S = p_2 S$

$p_1 = p_2$, что верно в любой момент процесса, в том числе в конце.

2) Ур-ния Менд.-Клайп.:

N_2 в начале: $p_a V_1 = \nu R T_1$ (1)

O_2 в начале: $p_a V_2 = \nu R T_2$ (2)

N_2 в конце: $p_в V_3 = \nu R T$ (3)

O_2 в конце $p_в V_4 = \nu R T$ (4)

(1) делим на (2):

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{300}{500} = \frac{3}{5} = \boxed{0,6}$; $\boxed{V_1 = 0,6 V_2}$

(3) делим на (4):

$\frac{V_3}{V_4} = 1$; $V_3 = V_4$

$V_3 + V_4 = V_1 + V_2$ (сохранение объёма сосуда)

$V_3 = V_4 = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{0,6V_2 + V_2}{2} = 0,8 V_2$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

№2 (прод.)

Заметим, что на систему газов нет действующих внешних сил, которые совершали бы работу. Проще говоря, работа одного газа равна работе над другим газом. Следовательно, ~~при~~ в I законе термодинамики для системы газов $Q=0$ (теплообмена через стенки нет) и $A=0$ (работы газов компенсируют друг друга). Значит, ~~ΔU~~

$Q = A + \Delta U$, $\Delta U = 0$, т.е. суммарная внутр. энергия системы газов не меняется.

$$\underbrace{\frac{5}{2}\nu R T_1 + \frac{5}{2}\nu R T_2}_{\text{внутр. эн. в начале}} = \underbrace{\frac{5}{2}\nu R T + \frac{5}{2}\nu R T}_{\text{внутр. эн. в конце}}$$

$$\frac{5}{2}(T_1+T_2) = \frac{10}{2} T$$

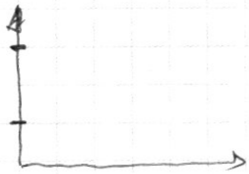
$$T = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{300+500}{2} = 400\ K$$

Внутр. энергия азота изменилась на:

$$\Delta U = \frac{5}{2}\nu R T - \frac{5}{2}\nu R T_1 = \frac{5}{2}\nu R(T-T_1) = \frac{5}{2}\cdot\frac{3}{7}(400-300)\cdot$$

$$\cdot 8{,}31\cdot\cancel{100} = \frac{15}{14}\cdot 831\ Дж$$

$$A_г = \int_{P_0V_1}^{P_kV_3} d(PV) = \int_{T_1}^{T_k} \nu R T_г =$$



$$= \nu R(T-T_1).$$

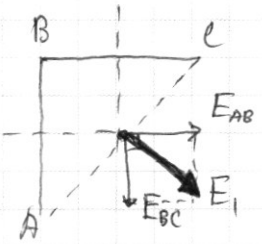
$$Q = \cancel{A_г + \Delta U}\ \Delta U - A = \cancel{\tfrac{15}{14}}\left(\frac{5}{2}-1\right)\nu R(T-T_1) =$$

$$= \frac{3}{2}\cdot\frac{3}{7}\cdot 8{,}31\cdot 100 = \frac{9}{14}\cdot 831\ Дж$$

№3

① ~~В~~ Когда $\alpha = \frac{\pi}{4}$, AB = BC. ~~при одинак~~
в такой ситуации К одинаково расположена отн. пластин AB и BC. При одинаковой пов. плотности заряда $E_{AB} = E_{BC}$.

Сначала было E_{BC}, потом добавилось E_{AB} под прямым углом. По принципу суперпоз.



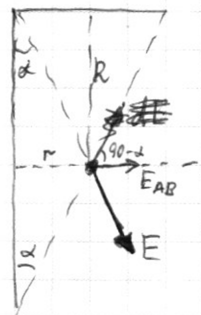
$$\vec{E}_1 = \vec{E}_{BC} + \vec{E}_{AB}$$

$$E_1^2 = E_{BC}^2 + E_{AB}^2 = 2E_{BC}^2$$

$$E_1 = \sqrt{2}E_{BC}$$

Сначала E_{BC}, потом $E_1 = \sqrt{2}E_{BC}$. Поле возросло в $\sqrt{2}$ раза.

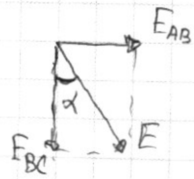
② Очевидно, что поле пластины в точке, лежащей на сер. ~~пере~~ пер-е к ней, будет ⊥ пластине. Остальные составл. поля компенсируются.



~~$\alpha = \frac{\pi}{7}$ – малый угол~~

$\alpha = \frac{\pi}{7}$ можно считать малым, значит поле AB в точке К $E_{AB} \approx \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$. Поле прямого двугранного угла направлено по ~~по~~ медиане ΔABC при одинак. плотн. заряда

$E_{BC\sigma} = E_{AB}\,\mathrm{ctg}\,\alpha = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\,\mathrm{ctg}\frac{\pi}{7}$, если BC заряжена на σ. $E_{BC} \sim \sigma_{BC}$, значит



$E_{BC} = 2E_{BC\sigma} = 2\cdot\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\,\mathrm{ctg}\frac{\pi}{7} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\,\mathrm{ctg}\frac{\pi}{7}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1

Т.к. пластина гладкая по условию, при ударе трения нет, значит скорость шарика по горизонтали измениться не может (при ударе нет гориз. сил). ЗСИ для ~~ша~~ шара на ось x:

$m v_1 \sin\alpha = m v_2 \sin\beta$; $\quad v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 8 \cdot \frac{\frac{3}{4}}{\frac{1}{2}} = 8 \cdot \frac{3}{2} = 12 \frac{м}{с}$.

В случае, если удар абсолютно неупругий по вертикали, вертик. составляющая скорость шара после отскока в СО пластины равна 0, а в СО земли она равна u. Отсюда $u = v_2 \cos\beta$. В случае $\cos\beta < 0$

~~cos~~ скорость v_2 будет иметь отриц. проекцию на ось y, что противоречит направлению u вверх. Значит, $\cos\beta > 0$, $\cos\beta = \sqrt{1-\sin^2\beta} = \sqrt{1-\frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

($\cos\beta = -\sqrt{1-\sin^2\beta}$ не им. смысла, $\cos\beta < 0$).

$u = \frac{\sqrt{3}}{2} v_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 12 = 6\sqrt{3} \frac{м}{с}$

Ответ: $12 \frac{м}{с}$; $6\sqrt{3} \frac{м}{с}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

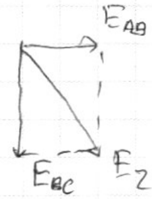
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Итак,~~ $\cancel{E_{AB} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}}$

$\cancel{E_{BC} = \frac{2\sigma}{2\varepsilon_0} ctg\frac{\pi}{7} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} ctg\frac{\pi}{7}}$

$\cancel{E_2 = E_{AB}^2 + E_{BC}^2 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{1}{4} + ctg^2\frac{\pi}{7}}}$



~~Ответ: ① в $\sqrt{2}$ раза~~

~~② $E_2 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{1}{4} + ctg\frac{\pi}{7}}$~~

Поле обратно пропорц. квадрату r до объекта, значит

$$E_{BC} = E_{AB} \cdot \frac{r^2}{R^2} = E_{AB} \cdot \frac{R^2 tg^2\frac{\pi}{7}}{R^2} = \frac{2\sigma}{2\varepsilon_0} \cdot tg^2\frac{\pi}{7} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} tg^2\frac{\pi}{7}$$

$$E_2 = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{1}{4} + tg^4\frac{\pi}{7}}$$

Ответ: ① в $\sqrt{2}$ раза

② $\frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{1}{4} + tg^4\frac{\pi}{7}}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

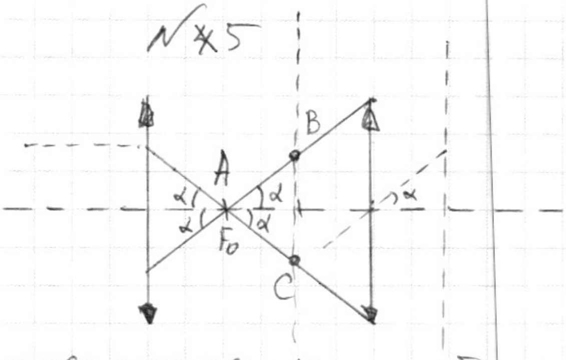
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ ~~4~~5



Все лучи, попавшие в $Л_1$, пройдут через её фокус. На $Л_2$ из них попадут, а имеющие угол α и меньшие с горизонтом (гл. опт. осью) при преломлении (см. рис.). $tg\alpha = \frac{\frac{D}{2}}{2F_0} = \frac{D}{4F_0}$.

Все такие лучи для линзы $Л_2$ эквивалентны точечному источнику в точке A. Изображение этого „источника" в $Л_2$ будет точкой, где соберутся все лучи, т.е. где стоит детектор.

По фор. тонкой линзы:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F_0} \quad ; \quad a = 2F_0$$

$$(a+b)F_0 = ab$$

$$aF_0 + bF_0 = ab$$

$$b(a - F_0) = aF_0 \ ; \quad b = \frac{aF_0}{a - F_0} = \frac{2F_0 \cdot F_0}{2F_0 - F_0} = \frac{2F_0^2}{F_0} = 2F_0 -$$

– расстояние от $Л_2$ до детектора

Заметим, что в плоскости движения мишени диаметр круга попадающего в линзу света будет D_1, причём $tg\alpha = \frac{D_1 \cdot \frac{1}{2}}{F_0}$ (см. рис.)

$$\frac{D}{4F_0} = \frac{D_1 \cdot \frac{1}{2}}{F_0} \ ; \quad D_1 = \cancel{\frac{D}{4}}\ \frac{D}{2}$$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Площадь такого круга $S_1 = \frac{\pi D_1^2}{4} = \frac{\pi D^2}{16}$

~~Когда мы интенси~~ ток в детекторе пропорционален площади круга света, т.е. ~~в~~ раз $I_1 = \frac{3}{4} I_0$, значит мишень закрыла ~~$\frac{1}{4}$ круг~~ $\frac{1}{4}$ круга света. S – площ. мишени, d – её диаметр

$$S = \frac{1}{4} S_1 = \frac{\pi d^2}{4}; \quad \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi D^2}{16 \cdot 4}; \quad \pi d^2 = \frac{\pi D^2}{16};$$

$d = \frac{D}{4}$. Мишень успела пройти ~~свою~~ свой диаметр (полностью влезть в световой круг) за τ_0, значит $v\tau_0 = d = \frac{D}{4}$; $v = \frac{D}{4\tau_0}$

За t_1 мишень успела пройти D_1 (её ниж. край прошел от верх. края В круга света до ниж. края С круга света)

Отсюда ~~$v\tau$~~ $vt_1 = D_1$; $t_1 = \frac{D_1}{v} = \frac{D}{2v} = \frac{D}{2 \cdot \frac{D}{4\tau_0}} =$

$$= \frac{D}{\frac{D}{2\tau_0}} = 2\tau_0$$

Ответ: $b = 2F_0$; ~~d~~ $v = \frac{D}{4\tau_0}$; $t_1 = 2\tau_0$

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

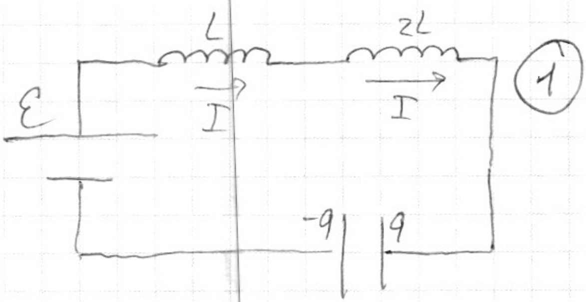
ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

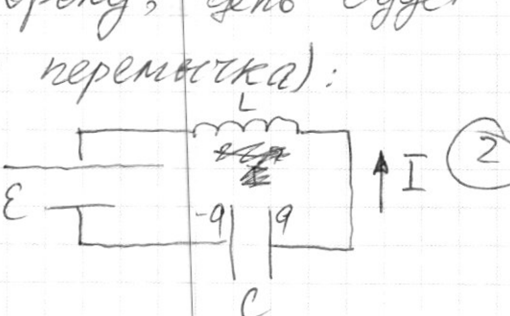
Дано:
$\mathcal{E}$, $L_1 = 2L$; $L_2 = L$
C
Найти T, I_{M1}; I_{M2}

Решение:
Заметим, что когда ток в цепи будет течь по час. стрелке, диод закрыт и цепь будет такой:



(диод не пропускает ток, его можно ~~считат~~ „выкинуть"

II правило Кирх. для цепи:
$$\mathcal{E} - L\dot{I} - 2L\dot{I} = \frac{q}{C}$$
$$\dot{I} = \ddot{q}$$
$$\mathcal{E} - 3L\ddot{q} = \frac{q}{C}$$
$$3L\ddot{q} = \mathcal{E} - \frac{q}{C}$$
$$\ddot{q} = -\frac{1}{3LC}q + \frac{\mathcal{E}}{3L}$$
Продифф. по времени:
$$\dddot{q} = -\frac{1}{3LC}\dot{q} \quad ; \quad \dot{q} = I; \quad \dddot{q} = \ddot{I}$$
$$\ddot{I} = -\frac{1}{3LC}I, \text{ ур-ние гарм. колеб.}, \quad (\ddot{I} = -\omega_1^2 I)$$
$$\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{3LC}} \qquad T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = 2\pi\sqrt{3LC}$$
Когда ток в другую сторону, цепь будет такой (т.к. диод как перемычка):



Аналогично
$$\mathcal{E} - L\dot{I} = \frac{q}{C} \text{ (II пр. Кирх.)}$$
$$\ddot{q} = -\frac{1}{LC}q + \frac{\mathcal{E}}{L}$$
$$\ddot{I} = -\frac{1}{LC}I; \quad \omega_2 = \sqrt{\frac{1}{LC}}; \quad T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = 2\pi\sqrt{LC}$$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Заметим, что ток будет течь по час. стр. время $t_1 = \frac{T_1}{2}$ (время между занулениями тока в цепи (1)), а против час. стр. время $t_2 = \frac{T_2}{2}$ (вр. между занул. тока в (2) цепи).

Отсюда $T = t_1 + t_2 = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{2\pi\sqrt{3LC} + 2\pi\sqrt{LC}}{2} = \underline{\pi\sqrt{LC}\cdot(\sqrt{3}+1)}$

Через L_1 ток идет, только когда диод закрыт, т.е. в цепи (1). Когда $I = I_{M1}$ максимален, $\dot{I} = 0$, т.е. $U_{L2} = L\dot{I} = 0$ и $U_{L1} = 2L\dot{I} = 0$

II пр. Кирх.: $\mathcal{E} = \frac{q}{C}$; $q = C\mathcal{E}$

Начальная энергия цепи 0, а конечную энергию (при $I = I_{M1}$) обеспечивает работа источника, которая при заряде q на конден. равна $A_{ист} = \mathcal{E}q$. Значит, по ЗСЭ:

$$\mathcal{E}q = \frac{LI_{M1}^2}{2} + \frac{2LI_{M1}^2}{2} + \frac{q^2}{2C} \quad ; \quad q = C\mathcal{E}$$

$$2\mathcal{E}q = 3LI_{M1}^2 + \frac{q^2}{C}$$

$$I_{M1}^2 = \frac{2\mathcal{E}q - \frac{q^2}{C}}{3L} = \frac{2\mathcal{E}\cdot C\mathcal{E} - \frac{C^2\mathcal{E}^2}{C}}{3L} = \frac{2C\mathcal{E}^2 - C\mathcal{E}^2}{3L} = \frac{C\mathcal{E}^2}{3L}$$

$$I_{M1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$$

Аналогично, I_{M2} достигается во (2) цепи, когда $\dot{I} = 0$, II пр. Кирх: $\mathcal{E} = \frac{q}{C}$; $q = C\mathcal{E}$

~~Отсюда по~~ По ЗСЭ:

$$\mathcal{E}q = \frac{q^2}{2C} + \frac{LI_{M2}^2}{2}$$

$$C\mathcal{E}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{LI_{M2}^2}{2}$$

$$C\mathcal{E}^2 = LI_{M2}^2 \quad ; \quad I_{M2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}$$

Ответ: $T = \pi\sqrt{LC}\cdot(\sqrt{3}+1)$; $I_{M1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$; $I_{M2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

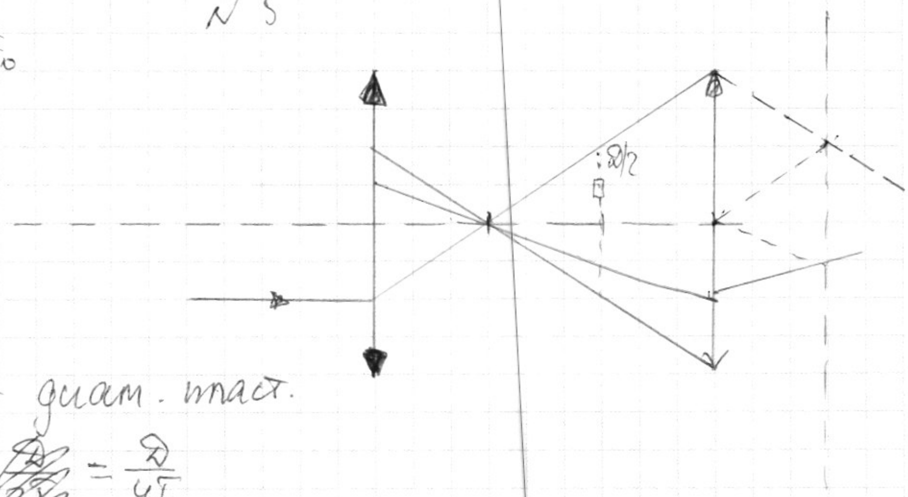
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

1) $x = 2F_0$



$d^2 = \frac{D^2}{16}$ $\quad \frac{\pi d^2}{4} = \frac{1}{4}\frac{\pi D^2}{4}$

$d = \frac{D}{4}$ $\quad \cancel{d = \frac{1}{2}D}$ - диам. пласт.

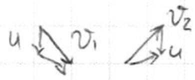
$v = \frac{d}{T_0} = \cancel{\frac{D}{2T_0}} = \frac{D}{4T_0}$

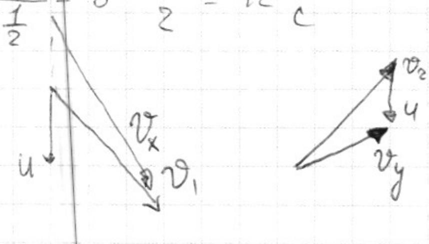
$t_1 = \frac{D/2}{v} = \frac{D}{2v} = \frac{D \cdot 4T_0}{2D} = 2T_0$

№1

$v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta$

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





~~$N\Delta t = v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta$~~

~~$uN\Delta t =$~~

$v_2 \cos\beta = u$

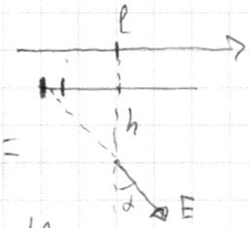
$u = \frac{v_2}{\cos\beta}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

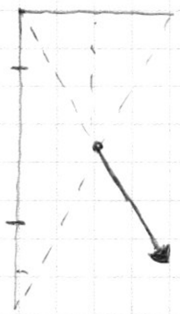
(Нумеровать только чистовики)

№ 3



$$dE = \frac{k\,dq}{l^2+h^2}\cdot\frac{h}{\sqrt{l^2+h^2}} =$$

$$= \frac{kh}{(l^2+h^2)^{\frac{3}{2}}}\cdot \sigma L \cdot \frac{dl}{2l}$$

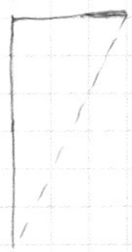


$E_1 =$

№ 1

$$v_1 \sin\alpha = v_2 \cos\beta$$

$$\underline{v_2 = 12\ \frac{м}{с}}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

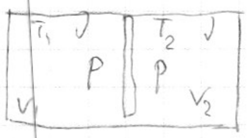
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

$p_0 V_1 = \nu R T_1$

$p_0 V_2 = \nu R T_2$



$p_к V_3 = \nu R T$

$p_к V_4 = \nu R T$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \boxed{\frac{3}{5}}$, $V_1 = \frac{T_1}{T_2} V_2$

$V_3 = V_4 = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{\frac{T_1}{T_2} V_2 + V_2}{2} = V_2 \frac{1}{2}\left(1 + \frac{T_1}{T_2}\right)$

$\frac{5}{2}\nu R T_1 + \frac{5}{2}\nu R T_2 = 2\frac{5}{2}\nu R T$

$\cancel{\frac{10}{2}} \frac{15}{2}(T_1 + T_2) = 5T$

$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{300 + 500}{2} = 400\,K$

№5

$\frac{5}{2}\nu R T_1 - \Delta U = \frac{5}{2}\nu R T$

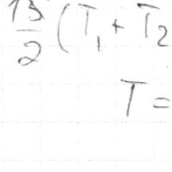
$\Delta U = \frac{5}{2}\nu R (T_1 - T) = \frac{5}{2}\nu R (300 - 400) =$

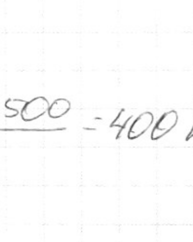
$= \frac{5}{2} \cdot \frac{3}{7} \cdot 8{,}31 \cdot 100 = \frac{15}{14} \cdot 831$

№3

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

в $\sqrt{2}$ раз





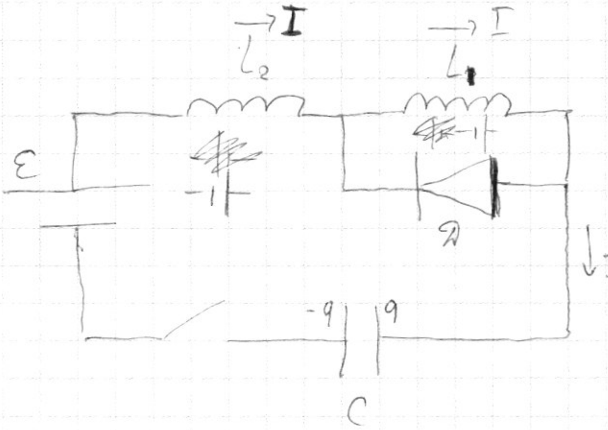
☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

№ 4



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

знак!

$$C\mathcal{E} + C(L_1+L_2)\ddot{q} = q$$

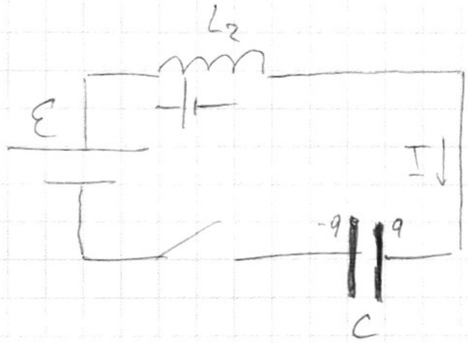
$$\ddot{q} = \frac{q - C\mathcal{E}}{C(L_1+L_2)}$$

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

q_{max} - ток 0

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{C(L_1+L_2)}}$$

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}; \qquad t_1 = \frac{T_1}{2} = \frac{\pi}{\omega_1} = \pi\sqrt{C(L_1+L_2)}$$



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

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

$$\ddot{q} = -\frac{q}{CL_2} + \frac{\mathcal{E}}{L_2}$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{1}{CL_2}} \qquad T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} \qquad t_2 = \frac{T_2}{2} = \frac{\pi}{\omega_2} =$$

$$= \pi\sqrt{CL_2}$$

$$T = t_1 + t_2 = \pi\left(\sqrt{C(L_1+L_2)} + \sqrt{CL_2}\right) = \pi\sqrt{C}\left(\sqrt{L_1+L_2} + \sqrt{L_2}\right)$$

$$\frac{(L_1+L_2)I^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = \mathcal{E}q \qquad \frac{(L_1+L_2)I^2}{2} = \cancel{q(\mathcal{E} - \ldots)}$$

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

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

I max, $\dot{I} = 0$

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

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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