

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

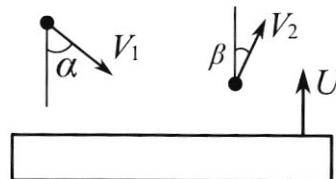
Класс 11

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 α ($\sin \alpha = \frac{3}{4}$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = \frac{1}{2}$) 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.

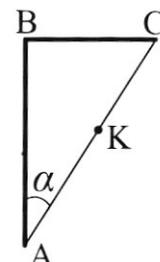
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится азот, во втором – кислород, каждый газ в количестве $\nu = 3/7$ моль. Начальная температура азота $T_1 = 300$ 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?

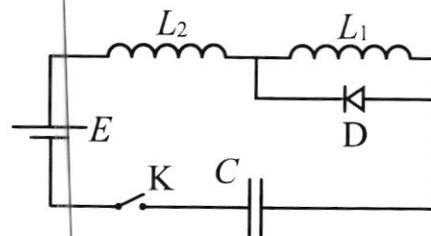
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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 .

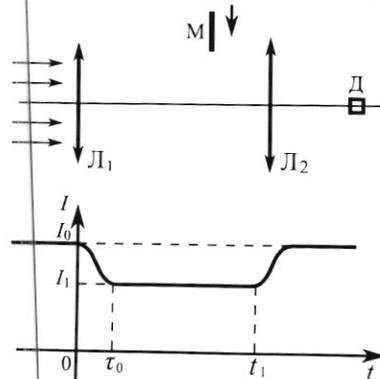


1) Найти период T этих колебаний.

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 L_1 и L_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 L_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 L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 3I_0/4$.



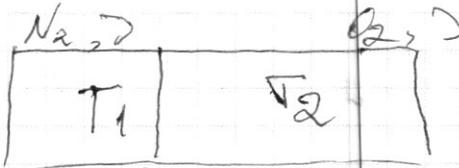
1) Найти расстояние между линзой L_2 и фотодетектором.

2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1 .

Известными считать величины F_0, D, τ_0 .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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



1) V_{10} - макс. общий аорта

V_{20} - макс. общий сосуд

$P_{10} = P_{20}$ - т.к. мощность рассеивания одинакова

$$P_{10} V_{10} = 2R I_1$$

$$P_{20} V_{20} = 2R I_2$$

$$\Rightarrow \frac{V_{10}}{V_{20}} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{3}{5}$$

2) З.С.Э. $U_{сост} = const.$

$$U_{сост.1} = \frac{i}{2} 2R I_1 + \frac{i}{2} 2R I_2$$

$$U_{сост.2} = \frac{i}{2} 2R I_1 + \frac{i}{2} 2R I_2$$

где I - ток

$$\frac{i}{2} 2R (I_1 + I_2) = \frac{i}{2} 2R (2 \cdot I)$$

$$I = \frac{I_1 + I_2}{2} \text{ ток}$$

3) a_{N_2} - температура, которую имеет аорт.

$$a_{N_2} = A + \Delta U$$

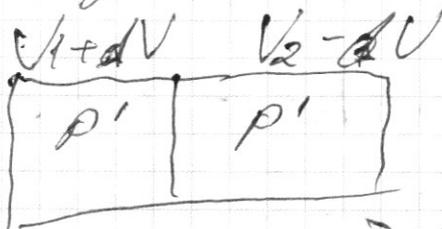
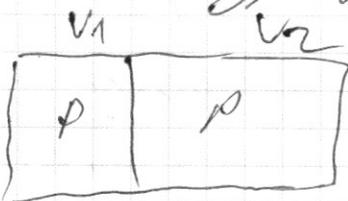
В шлице медленного вращивания,

в каждый момент времени давление азота и кислорода равно и тоже.

р.к. выравнял уже равношерно, и

$$\Delta T_{N_2} = (T_1 - T) = \Delta T_{O_2} = (T_2 - T), \text{ р.к.}$$

температура можно считать, что температура равна температуре.



$$\begin{cases} \rho V_1 = \rho R T_1 \\ \rho V_2 = \rho R T_2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \rho' (V_1 + \Delta V) = \rho' R (T_1 + \Delta T) \\ \rho' (V_2 - \Delta V) = \rho' R (T_2 - \Delta T) \end{cases}$$

температура в каждый момент времени, то

$$\Rightarrow \rho' (V_1 + V_2) = \rho R (T_1 + T_2) = \rho (V_1 + V_2)$$

$\Rightarrow \rho' = \rho \Rightarrow$ процесс можно считать изобарическим.

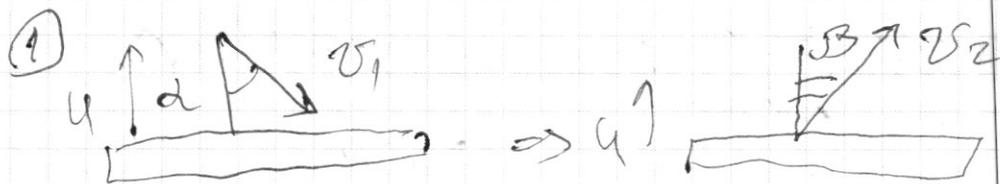
$$\Rightarrow A_c = p \Delta V; \Delta U = \frac{i}{2} \rho R \Delta T = \frac{5}{2} \rho R \Delta T$$

$$\Rightarrow Q = \frac{7}{2} \rho R (T_2 - T_1) = 100 \cdot 8,31 \cdot \frac{3}{7} \cdot \frac{7}{2} =$$

$$= \frac{831 \cdot 3}{2} = \frac{2493}{2} = 1246,5 \text{ Дж.}$$

ответ: 100 Дж; 1246,5 Дж.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Д.к. нестрогая ударная, пружина отсутствует, можно замкнуть З.С.У. на ось Ox :

З.С.У. на ось Ox :

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

*им. скорости до и после удара
потеря энергии*

$$\Rightarrow v_2 = \frac{v_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{8 \cdot \frac{3}{4}}{\frac{1}{2}} = 16 = 12 \text{ м/с}$$

2) Замк. С.У. ось Oy или Ox :

$$v_{1y} = v_1 \cos \alpha + U$$

$$v_{2y} = -v_2 \cos \beta + U$$

краткий путь когда элемент

расширеним $v_{1y} = -v_{2y}$, если $\Delta t \rightarrow 0$.
и масса минимальная.

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

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{7}}{4}$$

$$\cos \beta = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

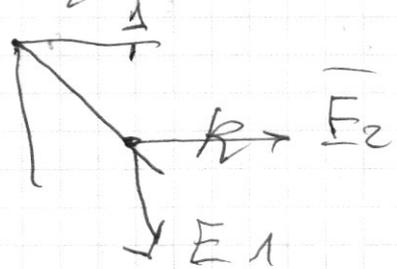
$$U = \frac{2\sqrt{7} - 6\sqrt{3}}{2} = \sqrt{7} - 3\sqrt{3} \text{ (м/с)}$$

ответ: $v_2 = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $U = \sqrt{7} - 3\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

3) $E = \frac{\nu}{2\epsilon_0}$ - поле бесконечно заряженной пластины.

1) $\alpha = \frac{\sqrt{1}}{4}$ - угол, при котором $BC = AB$,
 k - магнитное поле симметрично.

$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$; $E_1 = E_2 = \frac{\nu}{2\epsilon_0}$

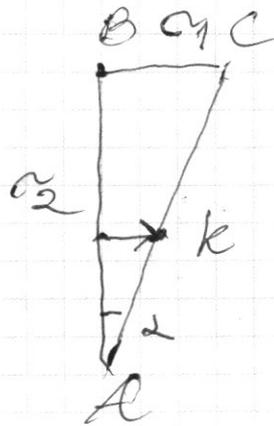


$\Rightarrow E = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{\nu}{\epsilon_0}$

2) $\alpha = \frac{1}{7}$

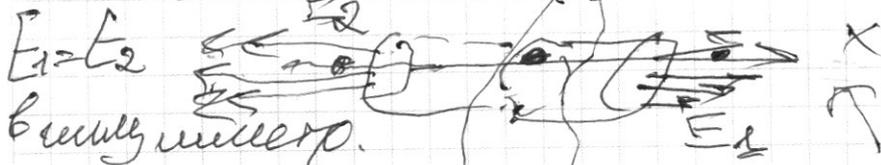
$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow$

$E^2 = \left(\frac{\nu}{\epsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{4\epsilon_0}\right)^2 =$
 $= \frac{5\nu^2}{4\epsilon_0^2} \Rightarrow E = \frac{\sqrt{5}}{2} \frac{\nu}{\epsilon_0}$



Поясним, что $E(x) \neq E$ (не зависит от расстояния, но

Р. Гаусса:



$E_1 = E_2$
 в симметрии.

$\oint \vec{E} \cdot \vec{S} = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0}$

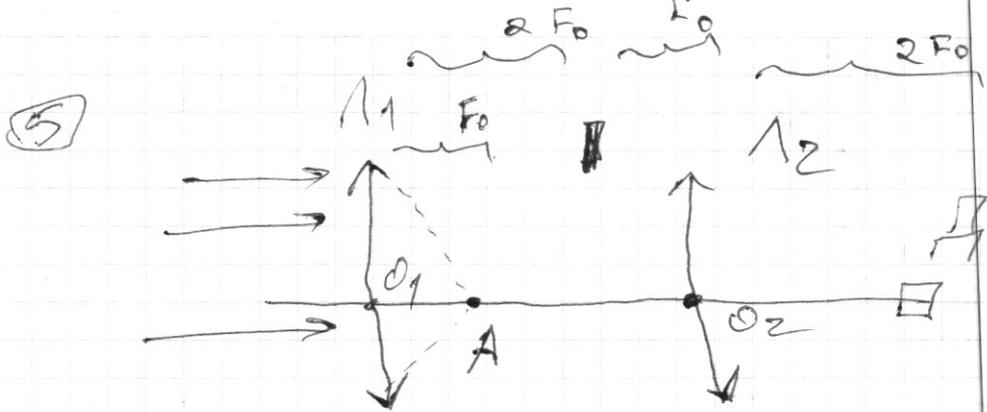
$\Rightarrow E = \frac{\nu}{2\epsilon_0}$ - const.

расстояние, но которое не зависит от расстояния

$\oint \vec{E} \cdot \vec{S} = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0}$

чем возьмем цилиндр, абсолютно по высоте

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) $\frac{1}{2F_0}$ - параллельный пучок света падает на соед. линзу - собирается в фокусе.

A - г. в которой лучи света сфокусируются (по знакам равно \neq L_2 - действ.)

$$AO_2 = 2F_0$$

$$\frac{1}{2F_0} + \frac{1}{O_2A} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow \frac{1}{O_2A} = \frac{1}{2F_0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow O_2A = 2F_0.$$

2) $[0; 50]$ - время "взрыва" в ширине в область линзы.

$$v \cdot 50 = d - \text{диаметр линзы}$$

интенсивность света $\sim \frac{1}{r^2}$ на расстоянии r .

$$\Rightarrow \frac{4}{\pi D^2} \sim I_0 ; \frac{4}{\pi (D^2 - d^2)} \sim I_1 = \frac{4F_0}{8I_0}$$

$$\Rightarrow \frac{\pi(D^2)}{\pi(D^2 - d^2)} = \frac{4}{3}$$

$$\Rightarrow 3D^2 = 4D^2 - 4d^2$$

$$4d^2 = D^2$$

$$\Rightarrow d = \frac{D^*}{2}$$

$$\Rightarrow v = \frac{D^*}{250}$$

Добавим же
применит из-за
милли, которая
помогла часть энергии
на часть F_0 от A_2 .

8) ~~$t_1 + 250$ - время за которое
миллиметр вылетит из области
милли.~~

$$i. (t_1 + 250) \cdot v = D + d.$$

$$t_1 = \frac{3D \cdot 250 - 250}{2D} = 50.$$

~~ответ: $2F_0; \frac{D}{250}; 50.$~~

D^* - диаметр части которого может
использоваться миллиметр.

из подобия Δ ;

$$D^* = \frac{D}{2}$$

в области в которой миллиметр может
лететь.

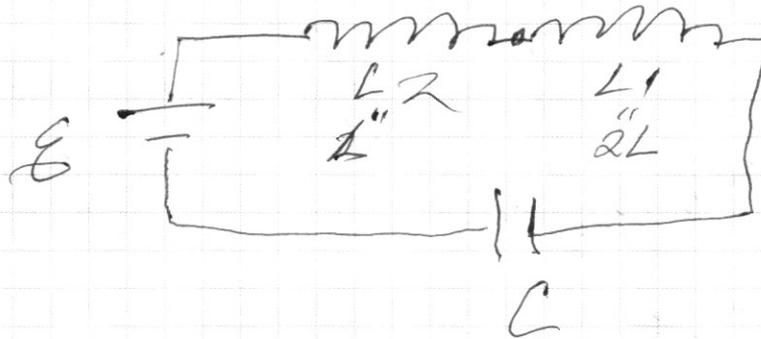
$$\Rightarrow v = \frac{D}{250}; \quad t_1 + 250 - \text{время за которое
миллиметр вылетит из области}$$

$$t_1 = \frac{3D \cdot 250}{2D} - 250 = 50. \quad \text{ответ: } 2F_0; \frac{D}{250}; 50$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

④ После замыкания ключа,
ток i пойдёт, зарядится конденсатор.
Потом конд. не зарядится,
ток будет течь i из катушки.



После того, как ток перемещает конденсатор,
ток будет течь только через катушку L_2 ;
 $\mathcal{E}_0 = \frac{C U_0^2}{2} - \text{з.с.д.}$ где U_0 — напряжение,
когда конд. зарядился.
т.к. в момент замыкания магнитный поток
ток i из катушки нулевой.
 $\mathcal{E}_0 = \frac{\mathcal{E}^2}{2C} \Rightarrow \mathcal{E}_0 = 2\mathcal{E}C.$

Эквивалентная цепь Кирхгофа, когда ~~ток~~ ϵ ~~идет~~ по L_1 идет ток:

~~$\epsilon = 3L\ddot{q} + q_0$; $3L\ddot{q} + q_0 = \epsilon C = \text{const.}$~~
~~паралл. ϵ -е конт.~~

тогда з.с.э. где $I_{мз} = I$. $\frac{\epsilon \epsilon^2}{2}$

$$\epsilon_{\Delta q} = \frac{2LI^2}{2} + \frac{LI^2}{2} + \frac{\Delta q^2}{2C}$$

Δq - заряд перетекший в ЭДС, q_0 кон.

$$\frac{3L}{2} I^2 = \epsilon_{\Delta q} - \frac{\Delta q^2}{2C} \Rightarrow I^2 (\pm q) \text{ - ищется}$$

~~$\max(I^2 = (I^2_{\Delta q} \text{ макс}))$~~ - в эквивалентной цепи.

$$\Delta q_{\text{верш}} = + \epsilon C ;$$

$$\frac{3LI^2}{2} = \epsilon^2 C - \frac{\epsilon^2 C}{2}$$

$$I^2 = \frac{\epsilon^2 C}{3L} ; I = \sqrt{\frac{\epsilon^2 C}{3L}}$$

Аналогично где $I_{ма}$ Δq - заряд

$$-\epsilon_{\Delta q} = \frac{LI^2}{2} + \frac{(q_0 - \Delta q)^2}{2C} - \frac{\Delta q^2}{2C}$$

$$\frac{LI^2}{2} = -\epsilon_{\Delta q} - \frac{\Delta q^2}{2C} + \frac{q_0 \Delta q}{C} = -\frac{\Delta q^2}{2C} + \Delta q \left(\frac{q_0}{C} - \epsilon \right)$$

исполним совершив отрицательную работу.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$dQ_{\text{векр}} = - \frac{dQ^2}{2C} + \frac{dQ}{C} + \frac{dC}{C} + \frac{dC}{C}$$

$$\Rightarrow \frac{L \Sigma M_2^2}{2} = - \frac{E^2 C}{2} + E^2 C$$

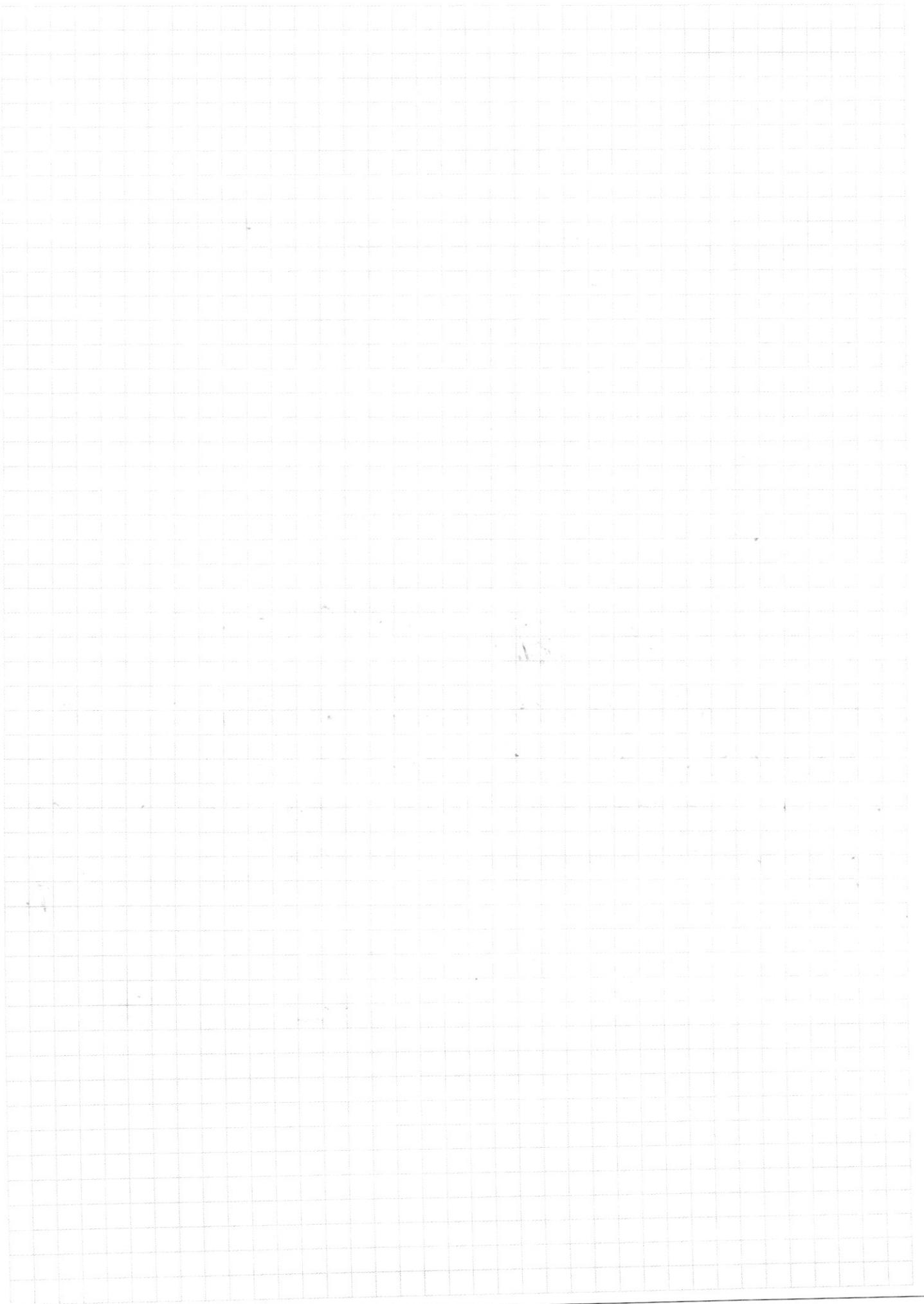
$$I_{M2} = E \sqrt{\frac{C}{L_2}}$$

$$I_{M1} = E \sqrt{\frac{C}{L_1 + L_2}}$$

$$T = \frac{2\pi L}{\omega} = \frac{2\pi \sqrt{LC}}{\omega} - \text{т.к.}$$

~~В цепи колебаний~~ добавление
конденсатора в др-е цепи приводит
к изменению частоты колебаний на $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

ответ: $2\pi \sqrt{LC}$; $E \sqrt{\frac{C}{L_2}}$; $E \sqrt{\frac{C}{L_1}}$;



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

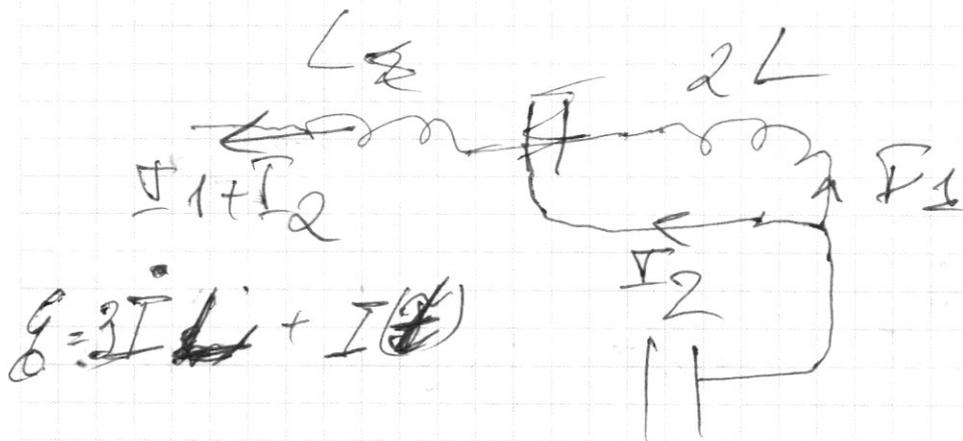
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

q_0 ; $\mathcal{E}q_0 = L \frac{(I_1 - I_2)^2}{2} + \frac{2L I_2^2}{2} + \frac{q_0^2}{2C}$

$I_1 + I_2 = \Delta$

Контр контр. зарядов, то

ток пошел от него, ч/з $2L$ ~~то~~ ~~одну~~



$\mathcal{E} = 3I L + I \mathcal{E}$

$\mathcal{E}q_0 = 3L \ddot{q}_0 + \frac{q_0}{C}$

~~$\mathcal{E} = 0$~~

$\sin(\omega t)$

$3L \ddot{q}_0 + q_0 = \mathcal{E}C$

$q_0 = \omega^2 \sin$

$q_0 = q_0 \sin(\omega t)$

$q_0 = q_0 \cos(\omega t)$

$\ddot{q}_0 = -q_0 \omega^2 \sin(\omega t)$

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

$\dot{q} L - L \dot{q} \dot{q} + q \dot{q} + 2C L q \dot{q}$

$$q = q_0 \sin^2(\omega t)$$

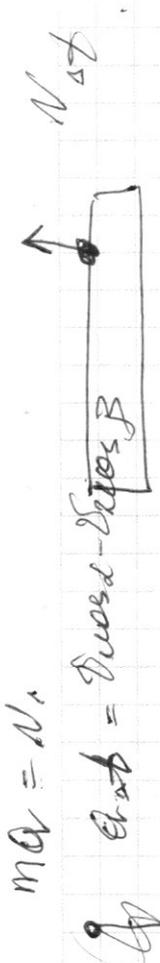
$$\dot{q} = \omega q_0 \cdot 2 \sin \omega t \cos(\omega t) = \omega q_0 \cdot 2 \sin(2\omega t)$$

$$\ddot{q} = \omega^2 q_0 \cdot 2 \cos 2\omega t$$

$$(\sin x \cdot \cos x)' = -\sin^2 x + \cos^2 x = 2 \cos 2x$$

$$\omega^2 q + \ddot{q}$$

$$\omega^2 q_0 (\sin^2(\omega t) + 2 \cos(\omega t))$$



~~Handwritten derivations and calculations, including:~~

$$L_{12} = \frac{1}{2} \int_0^l \rho_0 \dot{q}^2 dx$$

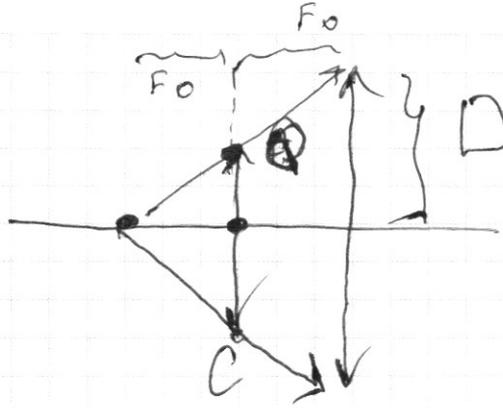
$$L_{12} = \frac{1}{2} \int_0^l \rho_0 \omega^2 q_0^2 \sin^2(2\omega t) dx$$

$$L_{12} = \frac{1}{2} \rho_0 \omega^2 q_0^2 \sin^2(2\omega t) \int_0^l dx$$

$$L_{12} = \frac{1}{2} \rho_0 \omega^2 q_0^2 \sin^2(2\omega t) l$$

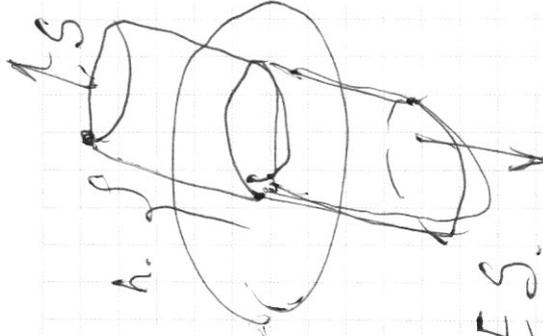
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5

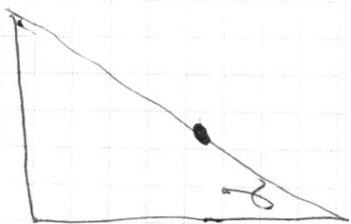


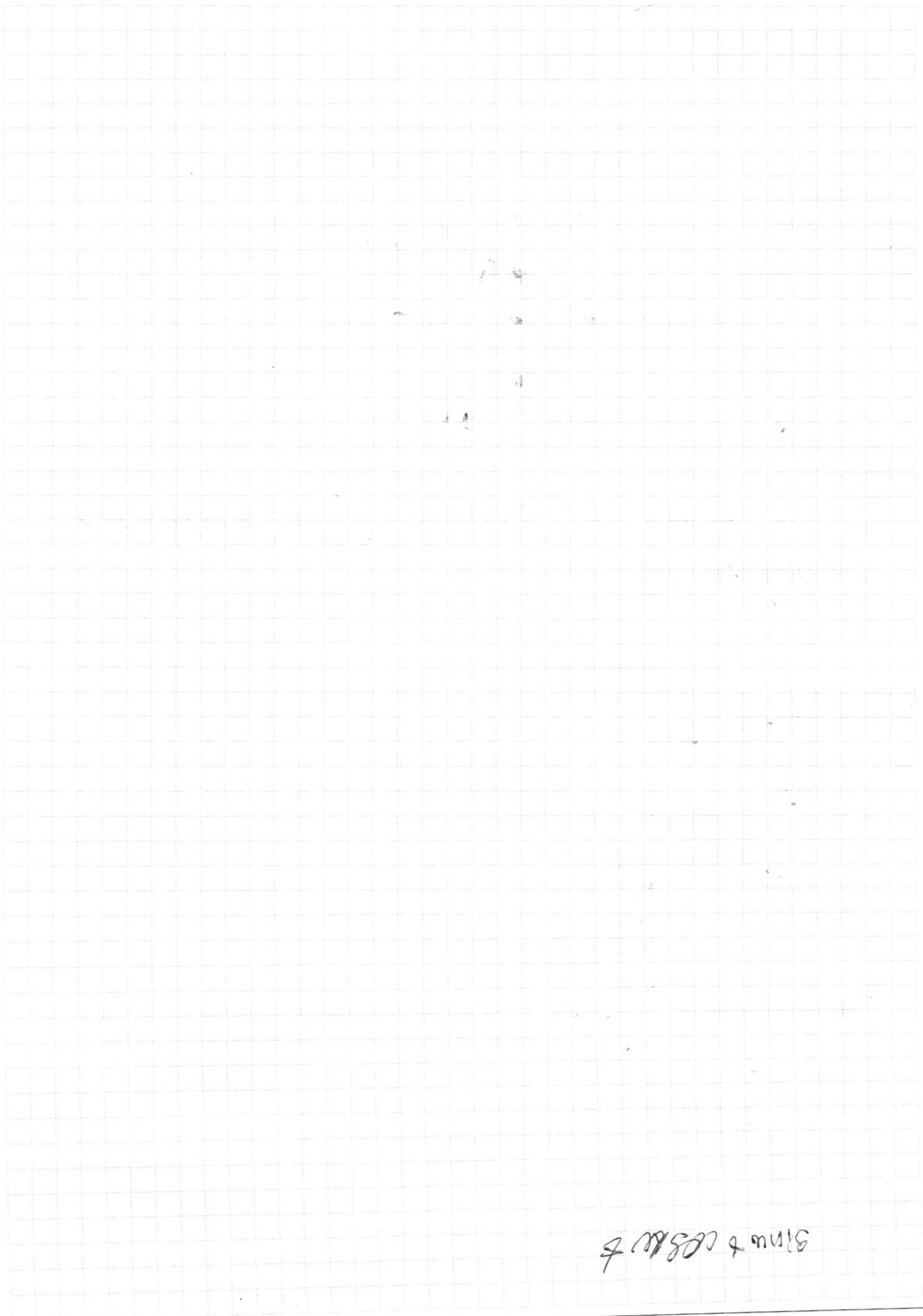
QC - это область вычисления

SC



$2r = 2rs$





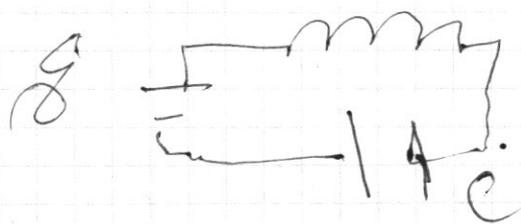
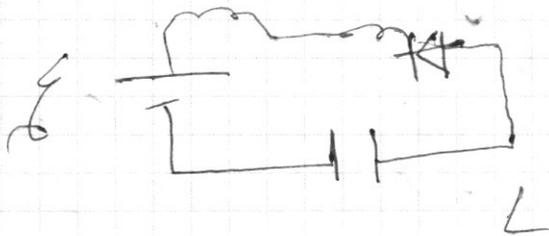
7.11.2020 г. м.п.с

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

9



$$\frac{q^2}{2C}$$

$$U_0 = 0;$$

$$\mathcal{E} = + L \ddot{q} + \frac{q}{C}$$

или 3.С.Э.

$$\mathcal{E} \Delta q = \frac{\Delta q^2}{2C} + \frac{L(\Delta \dot{q})^2}{2}$$

~~$$\mathcal{E} \Delta q = \dots$$~~

$$\mathcal{E} \dot{q} = \frac{q}{C} + 2L \dot{q} \ddot{q}$$

$$\mathcal{E} = \frac{q}{C} + L \ddot{q}$$

$$-L \ddot{q} = \frac{q}{C}$$

$$0 = \frac{q}{C} + L \ddot{q}$$

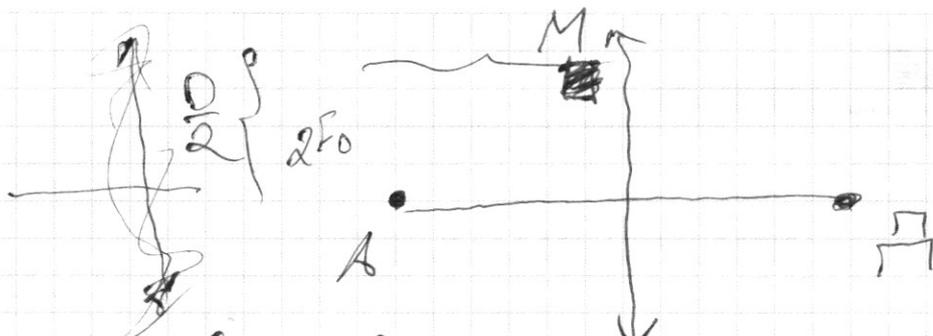
$$\frac{q}{C} + L \ddot{q} = 0$$

$$q \ddot{q} + LC \ddot{q} = 0$$

$$\omega = \sqrt{LC}; \quad T = \frac{2\pi}{\sqrt{LC}}$$

$k\pi^2$

конденсатор заряжен.



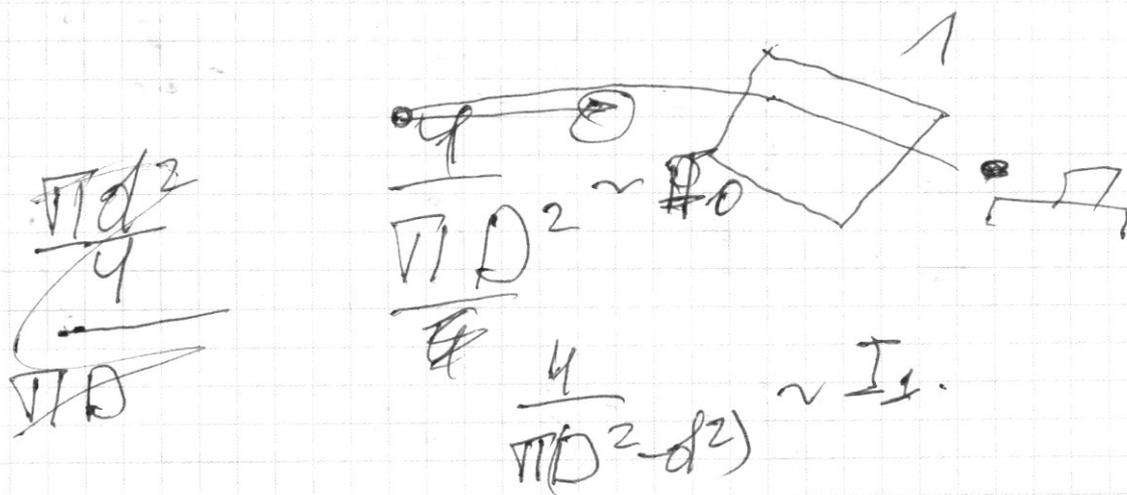
$[0; \infty]$ время когда мнимый не полностью пересекает D.

\Rightarrow - диаметр линзы.

$$\frac{D^2}{4} \approx \frac{3}{4}$$

Мощность света $\sim \frac{1}{5}$
на которую падает свет.

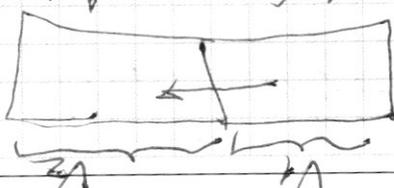
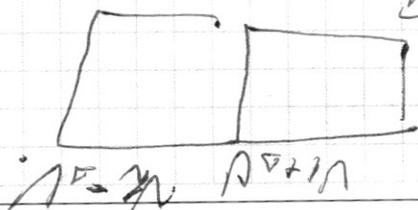
За $\infty \cdot D = D$.



$$P_1 W_1 V_1 = 2 P_1 V_1$$

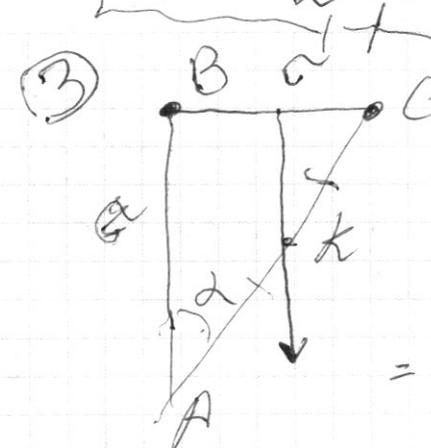
$$P V_1 = 2 P V_2$$

$$P V_2 = 2 P V_2$$



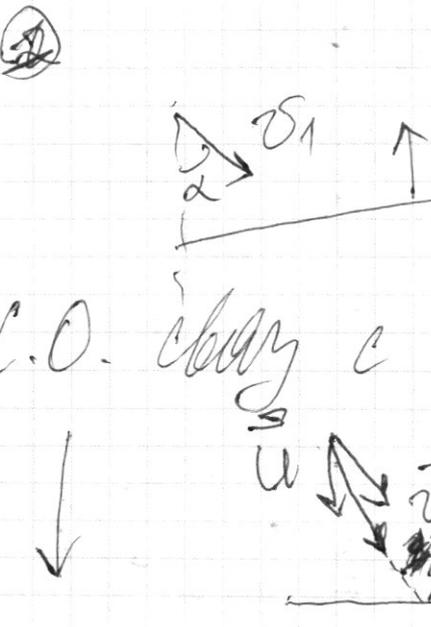
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

I_1 - сила тока;



1) $E_{ext} = \frac{2}{2\epsilon_0} E_0$
 $E_1 = \frac{2\epsilon_0}{2\epsilon_0} j$

$\cos \alpha = \frac{\sqrt{7}}{4}$
 $\cos \beta = \frac{\sqrt{3}}{2}$
 $\cos \alpha = \frac{v_1 \cos \alpha + U}{v_2}$
 $\cos \beta = \frac{v_1 \cos \beta + U}{v_2}$



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

С.О. шаров с микроскоп.
 $P_0 (v_1 + v_2) = \dots$
 $P_0 v_1 = \dots$
 $P_0 v_2 = \dots$

$P_0 (v_1 + v_2) = U$

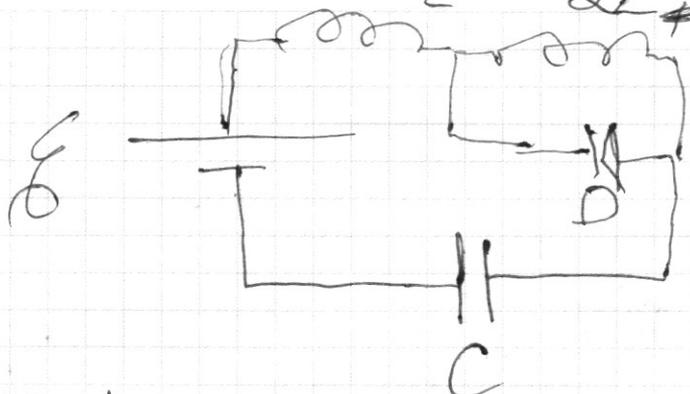
$m v_{xy} - v_{1y} = U \Delta t$

$P_0 v_1 = \dots$

$P_0 v_2 = \dots$

$L_2 \rightarrow L_2 \quad 2L_1$

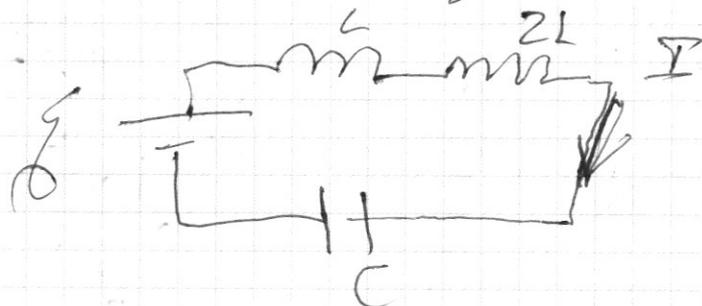
11



Валач. момент:
 $L\dot{I}_1 - \dot{I}_2 L + 2\dot{I}_1 L = \mathcal{E}$
 $L(3\dot{I}_1 - \dot{I}_2) = \mathcal{E}$

Конец х: ток ч/з D=0.

q_0 - заряд

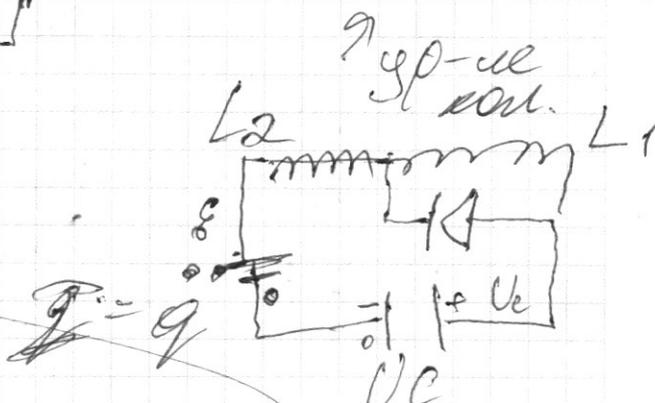


на заряде конденсатора
 $x + \omega x = 0$

$- \mathcal{E} q = - \frac{4q^2}{2C}$

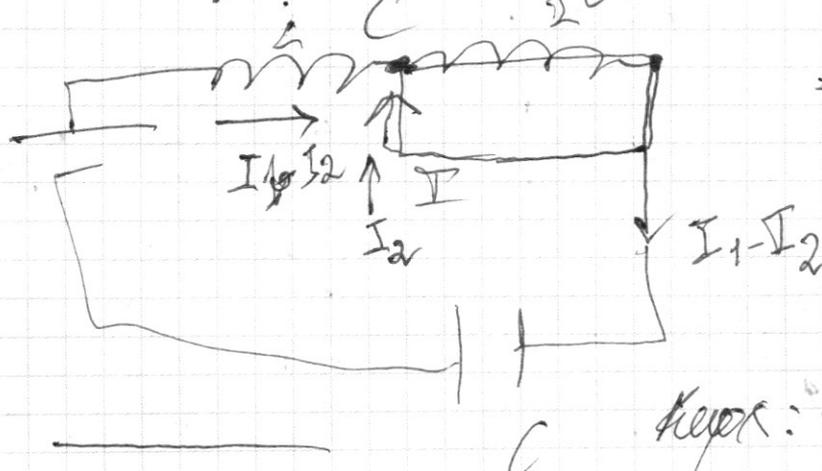
$\mathcal{E} + \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = U_C$

$\mathcal{E} = 3L\dot{I} + \frac{q}{C}$



$\mathcal{E} = 3L\dot{q} + \frac{q}{C}$

$+ 2L\dot{I} = 0$
 $\Rightarrow \dot{I} = 0$
 $\Rightarrow I = \text{const}$



I_1 - ток ч/з L.
 Кирх: $+(I_1 - I_2)L + 2I_1 L + U_C = \mathcal{E}$

Когда ток равен ч/з ЭД. $I_1 - I_2 = I_1$



$I_1 - I_2 = I_0$ $I_1 - I_2 = I_1$
 $q = \dots$ $2(7.6 - 8) = 6$