

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

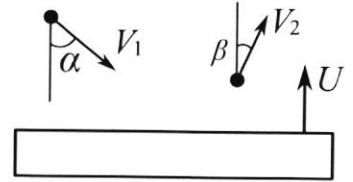
Класс 11

Вариант 11-03

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 12$ м/с, направленную под углом α ($\sin \alpha = \frac{1}{2}$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = \frac{1}{3}$) с вертикалью.

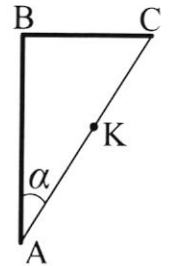


- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода $T_1 = 350$ К, а азота $T_2 = 550$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Газы считать идеальными с молярной теплоемкостью при постоянном объеме $C_V = 5R/2$. $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

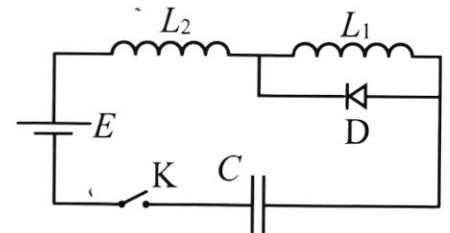
- 1) Найти отношение начальных объемов водорода и азота.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал азот водороду?

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



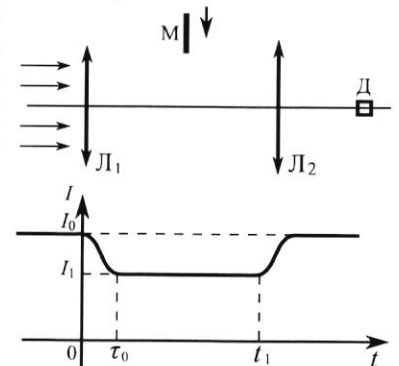
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 3\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/5$. 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 $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, конденсатора емкостью C , диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1 .



- 1) Найти период T этих колебаний.
- 2) Найти максимальный ток I_{M1} , текущий через катушку L_1 .
- 3) Найти максимальный ток I_{M2} , текущий через катушку L_2 .

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз L_1 и L_2 (см. рис.) с фокусными расстояниями $3F_0$ и F_0 , соответственно. Расстояние между линзами $2F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D , причем D значительно меньше F_0 . На линзу 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 F_0 от L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 5I_0/9$.

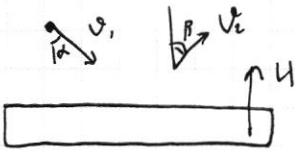


- 1) Найти расстояние между линзой L_2 и фотодетектором.
- 2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1 .

Известными считать величины F_0 , D , τ_0 .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1.



П.к. система шара + шток

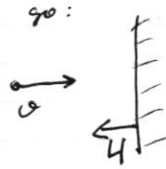
замкнута в горизонтальном направлении.

ЗСМ: $m \cdot v_1 \sin \alpha = m v_2 \sin \beta$, (где m - масса шарика)

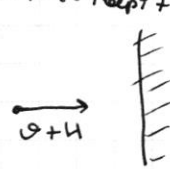
$$v_2 = v_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 12 \cdot \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = 18 \text{ (м/с)}$$

Из-за парадокса большого тела $v_{\text{верт}} = k \cdot (v_{\text{верт}} + U) + U$ (где k - коэффициент упругости, U - скорость центра масс)

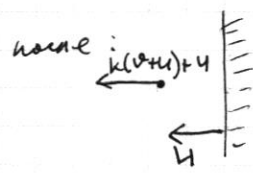
(Выборится "персидской" в СО шток)



в СО шток



в СО шток



в СО Земли



в СО шток

ЗСМ:

$$\begin{aligned} & k(U+U) \\ & \leftarrow U \\ & \leftarrow k(v_0+U)+U \end{aligned}$$

Значит, при абсолютно упругом ударе: $k=0$ $v_{\text{верт}} = U \cos \beta = v_2 \cos \beta$

и при абс. упругом ударе: $k=1$ $v_{\text{верт}} = v_{\text{верт}} + 2U$

(или "полн." абс. упругом ударе, и.к. по условиям удар упругий)

$$U = \frac{v_2 \cos \beta - v_1 \cos \alpha}{2} = \frac{v_2 \cos \beta - v_1 \cos \alpha}{2}$$

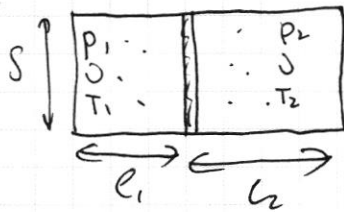
Значит $U \in \left[\frac{v_2 \cos \beta - v_1 \cos \alpha}{2}; v_2 \cos \beta \right]$; $\frac{v_2 \cos \beta - v_1 \cos \alpha}{2} = 18 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} - 12 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$

1) $v_2 = 18 \text{ (м/с)}$
Ответ: 2) $U \in [3(2\sqrt{2}-\sqrt{3}); 12\sqrt{2}] \text{ (м/с)}$

$$v_1 \cos \beta = 12\sqrt{2} \text{ (м/с)}$$

№ 2.

До:



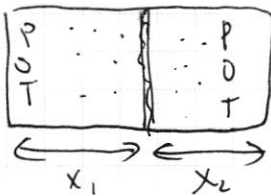
$$V_1 = l_1 S$$

$$V_2 = l_2 S$$

Ур М-К: $p_1 l_1 S = \nu R T_1$ | $\Rightarrow \left(\frac{V_1}{V_2} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350}{11} \right)$
 $p_2 l_2 S = \nu R T_2$

$p_1 = p_2$, т.к. процесс изотермический, процесс фазовый с трением постоянной шероховатости. ($\alpha \approx 0$) ($p_1 S = p_2 S$)

После:



$$p x_1 S = \nu R T$$

$$p x_2 S = \nu R T$$

$$\frac{x_1}{x_2} = 1 \quad x_1 = x_2 = x$$

ЗСЗ для 2-ух газов: $\frac{\nu}{2} \nu R T_1 + \frac{\nu}{2} \nu R T_2 = \frac{\nu}{2} \cdot 2 \nu R T$

$$T_1 + T_2 = 2T$$

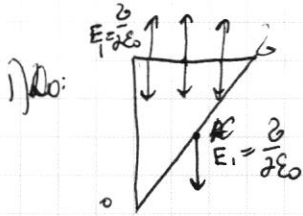
$\Rightarrow Q = \Delta U$

$$\left(T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{350 + 110}{2} = 450 \text{ (K)} \right)$$

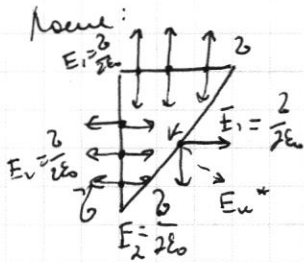
Ответ: а)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.



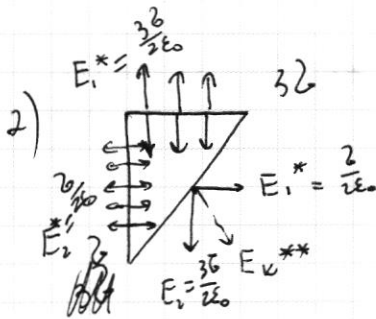
Попробуйте супер-позит для цепи.
 $E_k = E_1 = \frac{3b}{2\epsilon_0}$



Анализировать:

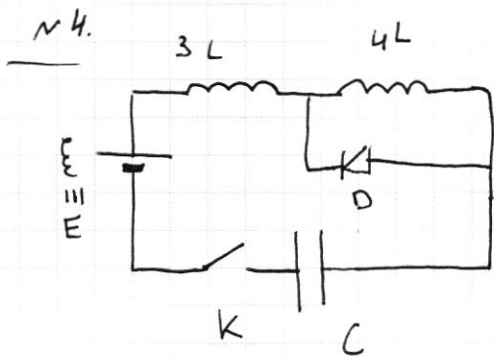
$$E_k^* = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{2} \frac{b}{2\epsilon_0}$$

$$\frac{E_k^*}{E_k} = \sqrt{2}$$



$$E_k^{**} = \sqrt{E_1^{*2} + E_2^{*2}} = \frac{b}{2\epsilon_0} \cdot \sqrt{10}$$

Ответ: 1) \uparrow в $\sqrt{2}$ раз
 2) $\frac{b}{2\epsilon_0} \sqrt{10}$



1) а) Рассмотрим фазу, когда ток идет по часовой стрелке, диод закрыт.

Период колебаний в этой фазе $T_1 = 2\pi\sqrt{L_{\text{экв}}C}$

$$L_{\text{экв}_1} = L_1 + L_2 = 7L$$

$$T_1 = 2\pi\sqrt{7LC}$$

По ш.ч. время нахождения в

этой фазе ограничено, и сост. только

половину полного периода в этой фазе, то $T_{\text{ч}_1} = T_1/2 = \pi\sqrt{7LC}$

б) Теперь рассмотрим фазу, когда ток течет по часовой стрелке. Диод открыт, ток через L_1 не идет.

Полное аналогично п.а: $T_2 = 2\pi\sqrt{L_{\text{экв}_2}C}$

$$L_{\text{экв}_2} = 3L$$

$$T_{\text{ч}_2} = T_2/2 = \pi\sqrt{3LC}$$

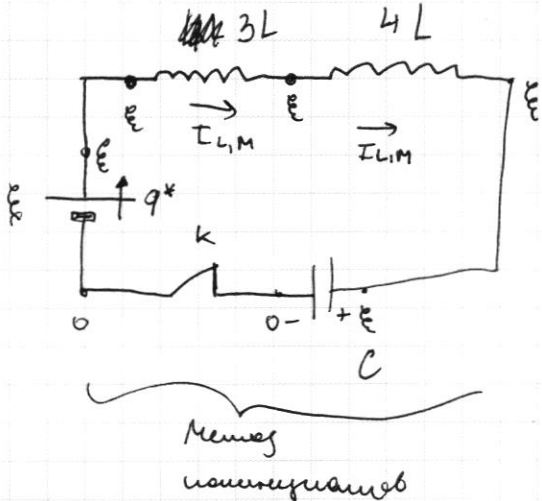
Период полных колебаний:

$$T = T_{\text{ч}_1} + T_{\text{ч}_2} = \pi\sqrt{7LC} + \pi\sqrt{3LC}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

- 2) Очевидно, нужно рассмотреть ту разду, когда дуга амплит, и.к. в промежуток фазе тока через L_1 не будет.

$I_{L1, MAX} = I_{L1, M}$; П.к. чинь послед. ссуд, то в этой фазе максимальный ток будет и по L_2



~~Встае~~ $U_{L1} = U_{L2} = 0 !$
($I_{L1, M}$) ($I_{L2, M}$)

$U_C = \frac{q^*}{C}$;
($I_{L1, M}$)

На кон-торе был заряд: 0

стан: $C \epsilon$

$q^* = C \epsilon$; (Умножено в числ
там не было, ток по $I(0)=0$)

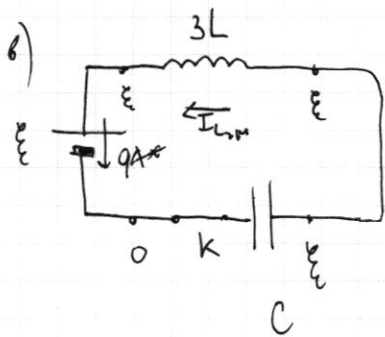
ЗСЭ: $A_{\Sigma} = \Delta W_L + \Delta W_C$

$$\epsilon \cdot q^* = \frac{3L \cdot I_{L1, M}^2}{2} + \frac{4L \cdot I_{L2, M}^2}{2} + \frac{C \epsilon^2}{2}$$

$$C \epsilon^2 = \frac{1}{2} \cdot I_{L1, M}^2 (3 + 4) + \frac{C \epsilon^2}{2}$$

$$\frac{C \epsilon^2}{2} = \frac{7L}{2} I_{L1, M}^2$$

$$\sqrt{\frac{C \epsilon^2}{7L}} = I_{L1, M} = \frac{\epsilon}{\sqrt{7L}} \sqrt{C}$$



M -г конденсаторов

Рассмотрим теперь форму колебаний
~~колебаний~~ амплитуд,
 $I_{L2M \max} = I_{L2M}$ пока на L , или

$$U_{L2}(I_{L2M}) = 0!$$

$$U_C(I_{L2M}) = \varepsilon$$

Был заряд на C : $c\varepsilon$

теперь: 0

$\exists C \Rightarrow$:

$$-\varepsilon \cdot q^{**} = -\frac{c\varepsilon^2}{2} - \frac{3LI_{L2M}^2}{2}$$

$$\varepsilon \cdot q^{**} = \frac{c\varepsilon^2}{2} + \frac{3LI_{L2M}^2}{2}$$

$$c\varepsilon^2 = \frac{c\varepsilon^2}{2} + \frac{3LI_{L2M}^2}{2}$$

$$\frac{c\varepsilon^2}{2} = \frac{3LI_{L2M}^2}{2}$$

$$I_{L2M} = \varepsilon \sqrt{c/3L} > I_{L1M}$$

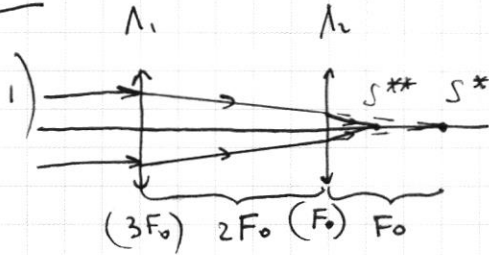
Амплитуда: а) $T = \pi \sqrt{7LC} + \pi \sqrt{3LC}$

б) $I_{L1M} = \varepsilon \sqrt{\frac{c}{7L}}$

в) $I_{L2M} = \varepsilon \sqrt{\frac{c}{3L}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5.



S^* - действ. изобр. для линзы L_1
 S^{**} - мнимой (объект) для
 L_2 изобр.

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

$$f_0 = \frac{F_0}{2} \text{ - расстояние от } L_2$$

до действ. изобр S^{**} мнимой
 объекта f_0 .

Тогда S^{**} - на самом деле
 промежуточный.

Ответ: $\mathcal{P}(L_2; D_2) = f_0 = \frac{F_0}{2}$

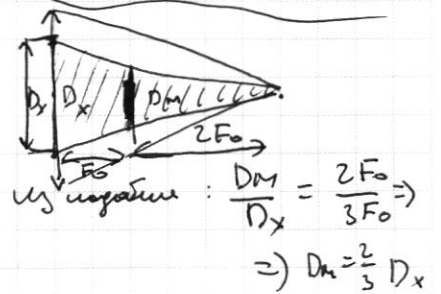
2) Оптика с невыпуклой линзой L_1 , повернута осью, т.е.
 от τ_0 до τ_1 , но M это время закрываем невыпуклую
 линзу.

$$k = \frac{I_1}{I_0} = \frac{5}{9}, \text{ значит, это время испустились}$$

или как они выносятся лучей
 часть



$$\frac{S_{\Delta} - S_{\text{изобр}}}{S_0} = k$$



Рассмотрим
 ситуацию, когда линзы
 направлены на τ_0



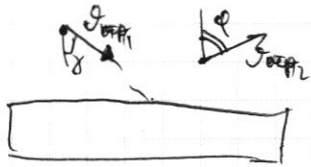
черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1.

Пар. б. тела: ВСО Плита



$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \\ \sin \beta &= \sqrt{1 - \cos^2 \beta} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \sqrt{1 - (1/4)^2} = \sqrt{1 - 1/4} = \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \cos \beta &= \sqrt{1 - (1/3)^2} = \sqrt{1 - 1/9} = \frac{\sqrt{8}}{3} \end{aligned}$$

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

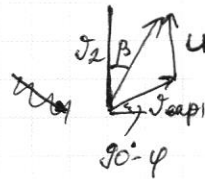
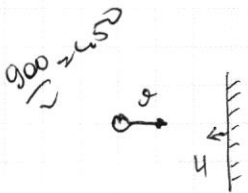
ЗСН на Ох: $\sigma_{\text{спр1}} \cos \beta = \sigma_{\text{спр2}} \cos \varphi$

$$\sigma_{\text{спр1}}^2 = \sigma_1^2 + U^2 - 2\sigma_1 U \cos \alpha$$

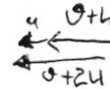
$$\cos \Delta = \frac{\sigma_{\text{спр1}}^2 + \sigma_1^2}{2\sigma_{\text{спр1}} \sigma_1}$$

$$\frac{350}{550} = \frac{35}{55} = \frac{7}{11}$$

ВСО земли:



В СО стены: $\sigma + U$
Земли:



Формула косинуса: $\sigma_1 \sin \alpha = \sigma_2 \sin \beta$

$$\sigma = \frac{1}{2} (\sigma_2 \cos \beta + U) + H$$

шор. сор

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{12 \cdot \frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = 18 \text{ (м/с)}$$

При ударе мушкетер, со скоростью вертикальнее пола почти

горизонтально двигаться при ударе, либо почти полностью сохранится

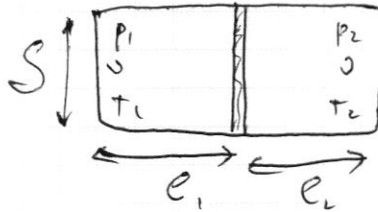
или $\sigma_{2y} = \sigma_1 \cos \alpha + 2U$ го $\sigma_{2y} = 0 + 2U$

$\sigma_2 \cos \beta = \sigma_1 \cos \alpha + 2U$ $\sigma_2 \cos \beta = 2U$
 $= 3(2\sqrt{2} - \sqrt{3}) \text{ (м/с)}$

$$\begin{aligned} \text{или } \frac{\sigma_2 \cos \beta}{2} &= \text{го} \\ \frac{\sigma_2 \cos \beta - \sigma_1 \cos \alpha}{2} &= \frac{18 \cdot \frac{\sqrt{8}}{3} - 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = \\ &= 9/3 \cdot 2\sqrt{2} - 6/2 \cdot \sqrt{3} = 3 \cdot 2\sqrt{2} - 3\sqrt{3} \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:



$$p_1 e_1 S = \nu R T_1$$

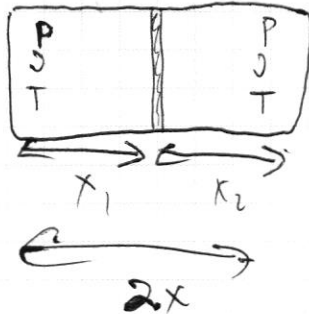
$$p_2 e_2 S = \nu R T_2$$

$$p_1 V_1 \quad \nu_1 = \frac{\nu R T_1}{p_1}$$

$$p_2 V_2 \quad \nu_2 = \frac{\nu R T_2}{p_2}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1}$$

Решение:



$$p X_1 S = \nu R T$$

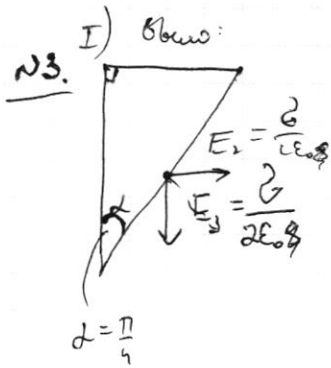
$$p X_2 S = \nu R T$$

$$\frac{X_1}{X_2} = 1$$

$$X_1 = X_2 = X$$

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

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

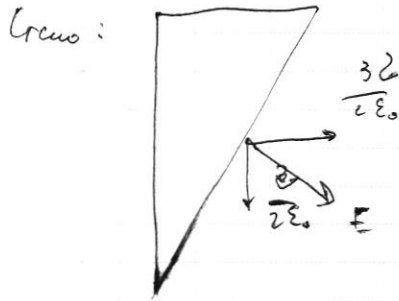


$$\frac{180^\circ}{\frac{15}{10}} \cdot \frac{5}{36}$$

Основ E_1

Средо: $E_3 = \sqrt{2} \cdot \frac{2}{2\epsilon_0}$

765c pay

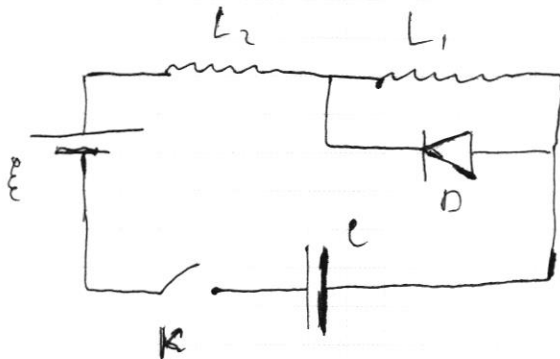


$$E_3 = \sqrt{\left(\frac{3 \cdot 2}{2\epsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{3}{2\epsilon_0}\right)^2} = \frac{2}{2\epsilon_0} \sqrt{30} = \frac{2\sqrt{10}}{2\epsilon_0}$$



нужно все считать.

№4.



$$U_L = L \dot{I}$$

$$I_C = C \dot{U}'$$

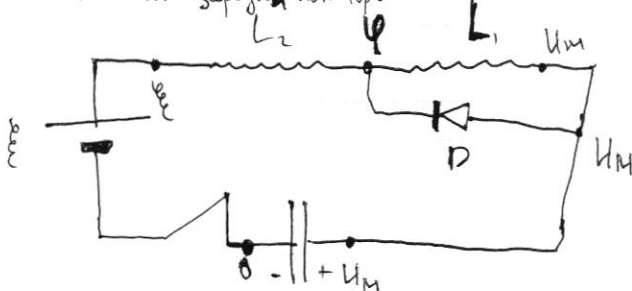
$$T_{L1} = \frac{T_1}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{(L_1 + L_2)C}$$

$$T_{L2} = \frac{T_2}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{L_2 C}$$

$$T = T_{L1} + T_{L2} = \frac{1}{2} \pi (\sqrt{(L_1 + L_2)C} + \sqrt{L_2 C})$$

После замык.

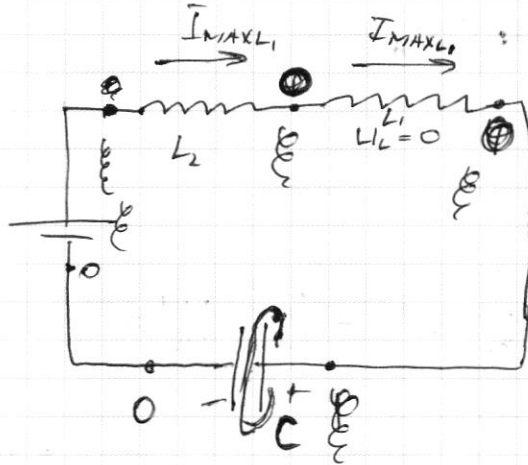
Момент зарядки индуктора:



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$U_L(I_{MAX}) = 0!$$

U_L



$$U_{L2}(I_{MAX}_{L1}) = \varepsilon - \varphi = 0$$

$$\varphi = U_C(I_{MAX}_{L1}) = \varphi = \varepsilon$$

$$I = \frac{\varepsilon - \varphi}{L_2}$$

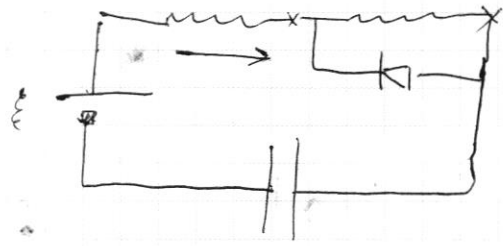
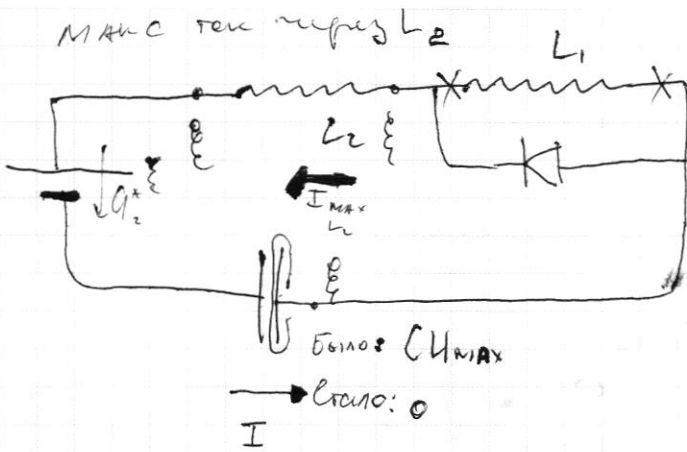
$$q_C(I_{MAX}_{L1}) = \varphi \cdot C$$

$$\varepsilon \cdot \varphi C = \frac{C \varphi^2}{2} + \frac{L_1 I_{MAX_{L1}}^2}{2} + \frac{L_2 I_{MAX_{L2}}^2}{2}$$

$$\varepsilon^2 C = \frac{C \varepsilon^2}{2} + \frac{L_1 I_{MAX_{L1}}^2}{2} + \frac{L_2 I_{MAX_{L2}}^2}{2}$$

$$\frac{C \varepsilon^2}{2} = (L_1 + L_2) \frac{I_{MAX_{L1}}^2}{2}$$

$$\sqrt{\frac{C \varepsilon^2}{L_1 + L_2}} = I_{MAX_{L1}} = \varepsilon \sqrt{\frac{C}{L_1 + L_2}}$$



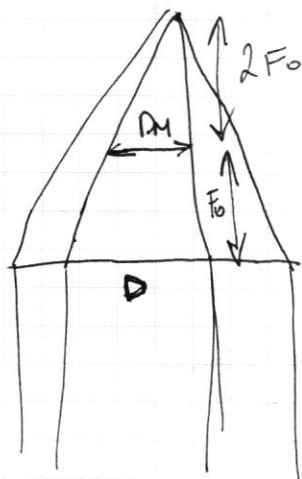
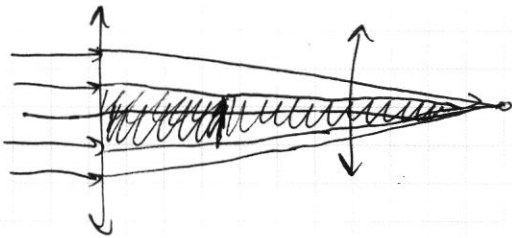
~~...~~

$$- \epsilon \cdot C U_{\epsilon}^2 = - \frac{C U_{\epsilon}^2}{2} \neq \frac{I_{max}^2 L_2 U_{\epsilon}^2}{2} \neq \omega L_2 I = \frac{L}{2} \cdot 2 I I' = L I \cdot I'$$

$$= U_L \cdot I$$

$$U_L = L \dot{I}$$

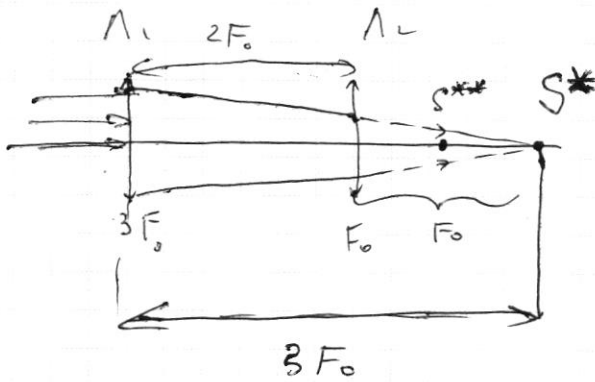
$$U_L \uparrow \Rightarrow I \uparrow$$



$$\frac{D_M}{D} = \frac{2}{3}$$

$$D_M = \frac{2}{3} D$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



S^* - мнимый предмет для

L_2

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

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F_0} + \frac{1}{F_0}$$

$$\text{Угол-рост} = f = \frac{F_0}{2}$$

S^{**} - действ. предмет

мним. предмет S^* для L_2



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)