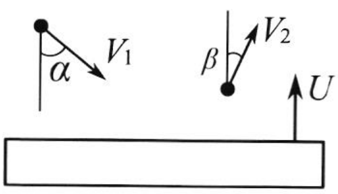
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

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

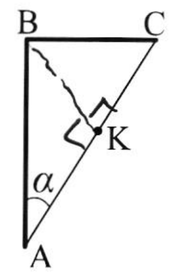
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода T_1 = 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?

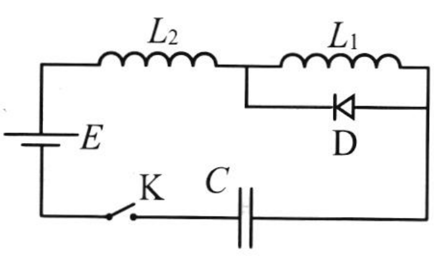
$\frac{1}{4}$



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 $\sigma_1 = 3\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/5$. 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 $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, 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.

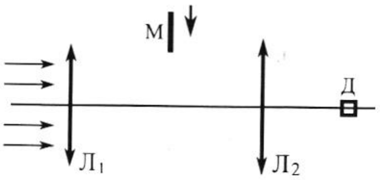
1) Найти период T этих колебаний.

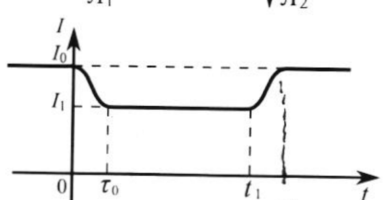
2) Найти максимальный ток I_{M1}, текущий через катушку L_1.

3) Найти максимальный ток I_{M2}, текущий через катушку L_2.

и

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз Л$_1$ и Л$_2$ (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 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). $I_1 = 5I_0/9$.





τ_0

1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.

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

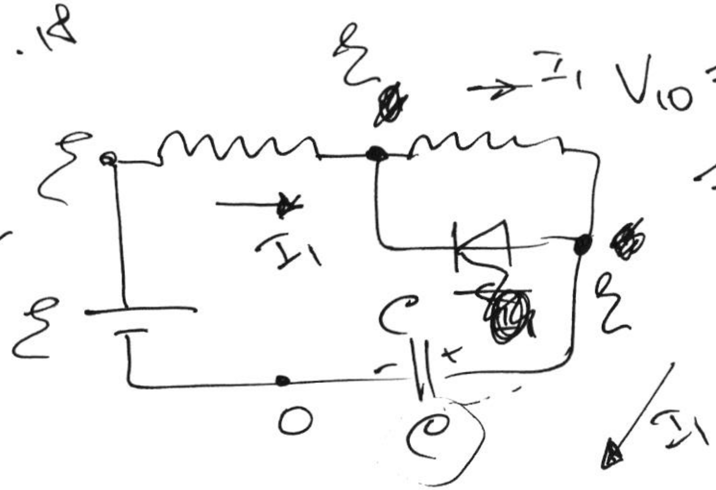
Известными считать величины F_0, D, τ_0.

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

$\frac{1}{x} = \frac{2}{F_0}$

$\frac{350}{7} \cdot 18$

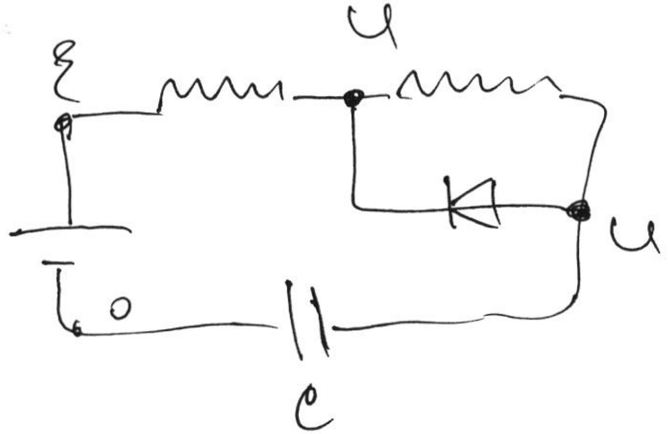
$450 \cdot 2$

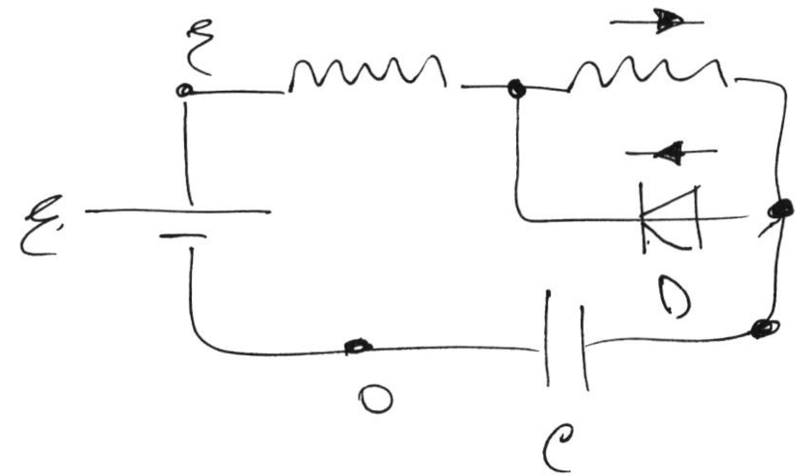


$V_{10} = \frac{7}{11}(U - V_0)$

$\frac{7+11}{11} V_{10} = \frac{7}{11} U$

$V_{10} = \frac{7}{18} V$





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

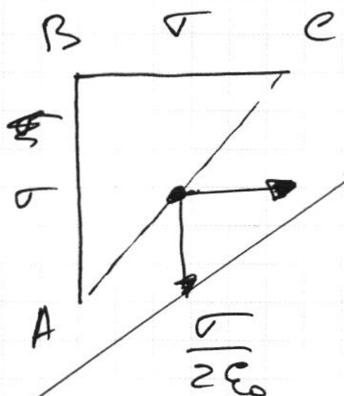
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3.

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

$\frac{E_2}{E_1} = ?$



$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ (беск. поле плоскость)

~~$E_\Sigma = E_{1пл} + E$~~

$\vec{E} = \vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC}$ (принцип суперпозиции)

$E_1 = E_{BC} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$E_2 = \sqrt{E_{BC}^2 + E_{AC}^2} = \sqrt{2\left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2} = \sqrt{2}\,\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$\boxed{\frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2}}$

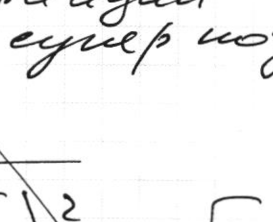
Задача 3.

1) $\alpha = \frac{\pi}{4} = 45^\circ \Rightarrow$ размеры плоскостей одинаковые

Пусть BC создаёт E_0,

поле напр. $\perp$ BC из симметрии,

такое же поле E_0 создаёт



AB, т.к. раст. от BC и AB до K одинаковые,

по принципу суперпоз. $\vec{E}_\Sigma = \vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC}$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

$$|E_{AB}| = |E_{BC}| \quad , \quad E_{AB} \perp E_{BC} \Rightarrow E = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{AB}^2} =$$

$$= \sqrt{2}\, E_0$$

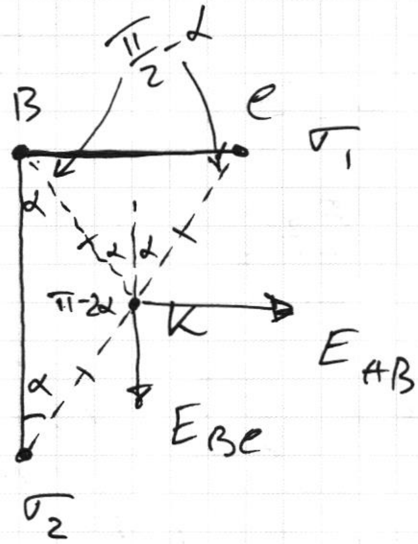
$$\boxed{\frac{E}{E_0} = \sqrt{2}}$$

2) $\sigma_1 = 3\sigma$

$\sigma_2 = \sigma$

$\alpha = \frac{\pi}{5}$

$BK = AK = KC$

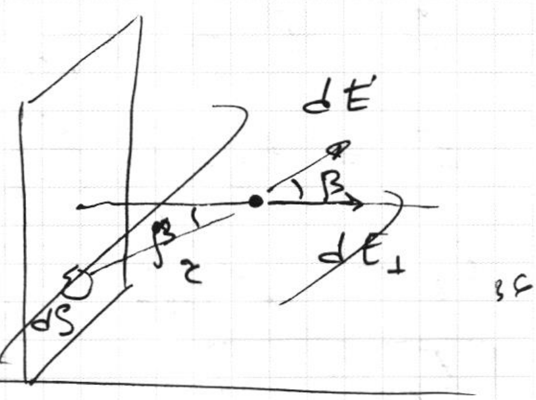


$$dE_\perp = dE \cos\beta = \frac{\sigma\, dS}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \cos\beta$$

$$dE_\perp = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\, d\Omega$$

$$E_\perp = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\, \Omega$$

$$\Omega_{AB} \sim (\pi - 2\alpha)$$



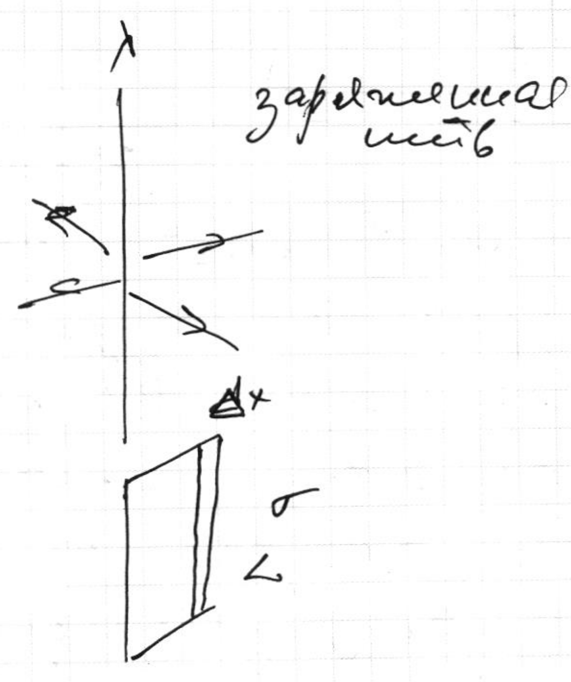
$$\frac{\lambda h}{\varepsilon_0} = 2\pi r h E(r)$$

$$E(r) = \frac{\lambda}{2\pi r \varepsilon_0}$$

$$\sigma \Delta x L = \lambda L$$

$$\lambda = \sigma \Delta x$$

$$E = \frac{\sigma \Delta x}{2\pi r \varepsilon_0}$$



☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

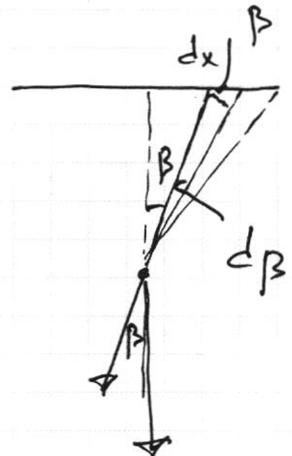
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$dE = 2\cos\beta \cdot \frac{\sigma\, dx}{2\pi r \varepsilon_0}$$

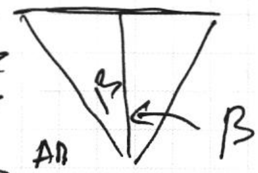


Поле — плоской плоскости

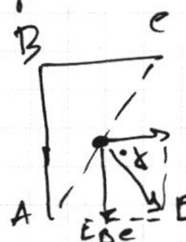
$$dx\cos\beta = r\, d\beta$$

$$dE = 2\frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\,\frac{r\, d\beta}{r}$$

$$\int dE = 2\frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\int d\beta$$



$$E = 2\frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\,\beta = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0}\,\beta$$



$$E_{BC} = \frac{\sigma_1}{\pi\varepsilon_0}\,\alpha \qquad E_{AB} = \frac{\sigma_2}{\pi\varepsilon_0}\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)$$

$$E_{BC} = \frac{3\sigma}{\pi\varepsilon_0}\,\frac{\pi}{5} = \frac{3}{5}\,\frac{\sigma}{\varepsilon_0}\ ; \quad E_{AB} = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0}\left(\frac{\pi}{2}-\frac{\pi}{5}\right)$$

$$E_{AB} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\,\frac{5-2}{10} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\cdot\frac{3}{10} = \frac{3}{10}\,\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

$$E = \sqrt{\cancel{4} E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \sqrt{\frac{9}{100}\left(\frac{\sigma}{\varepsilon_0}\right)^2 + \frac{9}{25}\,\frac{\sigma^2}{\varepsilon_0}} =$$

$$= \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{9+4\cdot 9}{100}} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{45}{100}} = \frac{3}{10}\sqrt{5}\,\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

Ответ: 1) $\sqrt{2}$

2) $E = \frac{3\sqrt{5}}{10}\,\frac{\sigma}{\varepsilon_0} \qquad tg\,\gamma = \frac{E_{BC}}{E_{AB}} = 2$

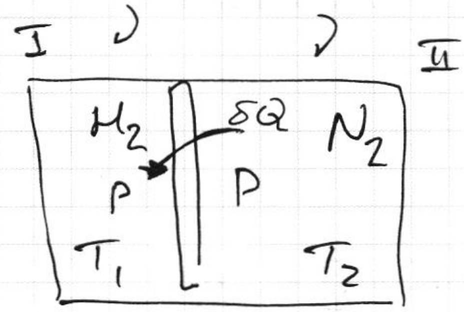
Задача 2

H_2

N_2 $\quad \nu = \frac{6}{7}$ моль

$T_1 = 350 K \qquad C_V = \frac{5}{2} R$

$T_2 = 550 K$



равны

Давление H_2 и N_2 – ~~одинаковое~~ в любой момент времени т.к. нет трения, и поршень ~~едет~~ очень медленно.

$$\begin{cases} p_0 V_{10} = \nu R T_1 \\ p_0 V_{20} = \nu R T_2 \end{cases} \qquad \frac{V_{10}}{V_{20}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350 K}{550 K} = \frac{7}{11}$$

$$\boxed{\frac{V_{10}}{V_{20}} = \frac{7}{11}}$$

$$\begin{cases} p_k V_{1k} = \nu R T \\ p_k V_{2k} = \nu R T \end{cases}$$

в конце в обоих отсеках T, давл одинак.

$$V_{1k} = V_{2k}$$

$$\delta Q = \delta A + dU$$

$$+\begin{cases} \delta Q_{12} = p\, dV + \frac{5}{2} \nu R\, dT_2 \\ \delta Q_{21} = -p\, dV + \frac{5}{2} \nu R\, dT_1 \end{cases}$$

$$0 = 0 + \frac{5}{2} \nu R (dT_2 + dT_1)$$

$$\int_{T_2}^{T_k} dT_2 = -\int_{T_1}^{T_k} dT_1 \qquad T_k - T_2 = T_1 - T_k$$

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

$$T_k = 450 K \qquad T_k = \frac{350 + 550}{2} K = \frac{900 K}{2} = 450 K$$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\delta Q_1 = +p_1 dV_1 + \frac{5}{2} \nu R\, dT_1$$

$$\boxed{\frac{dp_1}{p_1} + \frac{dV_1}{V_1} = \frac{dT_1}{T_1}}$$

$$\frac{dp_2}{p_2} + \frac{dV_2}{V_2} = \frac{dT_2}{T_2}$$

$$\delta Q_2 = p_2\, dV_2 + \frac{5}{2} \nu R\, dT_2$$

$$p_2 = p_1 \qquad dV_1 = -dV_2$$

$$dp_2 = dp_1$$

$$\frac{dV_1}{V_1} - \frac{dV_2}{V_2} = \frac{dT_1}{T_1} - \frac{dT_2}{T_2}$$

$$dV_1 \left(\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2} \right) = \frac{dT_1}{T_1} - \frac{dT_2}{T_2}$$

$$dT_2 + dT_1 = 0$$

$$dV_1 \left(\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2} \right) = dT_1 \left(\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\cancel{\frac{dp_1}{p_1} = \frac{dT_1}{T_1} - \frac{dV_1}{V_1}} = \quad \frac{dT_1}{dV_1} = \frac{\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2}}{\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2}}$$

$$\cancel{\delta Q} \quad \frac{dp_1}{p_1 dV_1} + \frac{1}{V_1} = \frac{dT_1}{T_1 dV_1}$$

$$\frac{dp_1}{p_1 dV_1} + \frac{1}{V_1} = \frac{\left(\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2}\right)}{T_1 \left(\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right)}$$

$$\frac{dp_1}{p_1 dV_1} + \frac{1}{V_1} = \frac{\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2}}{1 + \frac{T_1}{T_2}}$$

$$\frac{dp_1}{p_1 dV_1}\left(1 + \frac{T_1}{T_2}\right) + \cancel{\frac{1}{V_1}} + \frac{T_1}{T_2}\frac{1}{V_1} = \cancel{\frac{1}{V_1}} + \frac{1}{V_2}$$

$$\cancel{\delta Q_1 = \frac{7}{2} p_1 dV_1 + \frac{5}{2} dp_1 V_1}$$

$$T_{10} = 350\,K$$
$$T_{20} = 550\,K$$
начальные

$$V_0 = V_1 + V_2$$

$$T_2 - T_{20} = -(T_1 - T_{10})$$

$$T_2 = T_{20} + T_{10} - T_1$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{T_{10} + T_{20}}{T_1} - 1 \qquad V_2 = V_0 - V_1$$

$$\frac{dp_1}{p_1 dV_1}\left(1 + \frac{1}{\frac{T_{10}+T_{20}}{T_1} - 1}\right) + \frac{1}{V_1}\frac{1}{\frac{T_{10}+T_{20}}{T_1} - 1} = \frac{1}{V_2}$$

$$\frac{dp_1}{p_1 dV_1}\left(\frac{T_1}{T_{10}+T_{20}-T_1} + 1\right) + \frac{1}{V_1}\frac{T_1}{T_{10}+T_{20}-T_1} = \frac{1}{V_0 - V_1}$$

$$\frac{dT_1}{dV_1} = \frac{\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2}}{\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2}} = \frac{\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_0 - V_1}}{\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_{10}+T_{20}-T_1}} =$$

$$= \frac{\frac{V_0}{V_1(V_0 - V_1)}}{\frac{T_{10}+T_{20}}{T_1(T_{10}+T_{20}-T_1)}} = \frac{V_0}{T_{10}+T_{20}}\,\frac{T_1(T_{10}+T_{20}-T_1)}{V_1(V_0 - V_1)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\delta Q_1 = p_1 dV_1 + \frac{5}{2}\nu R dT_1 = \nu R\left(\frac{5}{2}dT_1 + T_1\frac{dV_1}{V_1}\right)$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{\nu R}{V_1} \qquad T_1\left(\frac{dT_1}{T_1} - \frac{dp_1}{p_1}\right) =$$

$$\cancel{dV_1 = \frac{\frac{1}{T_1}+\frac{1}{T_2}}{\frac{1}{V_1}+\frac{1}{V_2}}dT_1} \qquad = dT_1 - \frac{dp_1}{p_1}T_1 =$$

$$= dT_1 - dp_1\frac{V_1}{\nu R}$$

$$dV_1 = \frac{\frac{1}{T_1}+\frac{1}{T_2}}{\frac{1}{V_1}+\frac{1}{V_2}}dT_1$$

$$T_1\frac{dV_1}{V_1} = T_1\frac{\frac{1}{T_1}+\frac{1}{T_2}}{V_1\left(\frac{1}{V_1}+\frac{1}{V_2}\right)}dT_1 =$$

$$= dT_1\frac{1+\frac{T_1}{T_2}}{1+\frac{V_1}{V_2}} = dT_1\frac{1+\frac{1}{\frac{T_{10}+T_{20}}{T_1}-1}}{1+\frac{V_1}{V_0-V_1}}$$

$$T_1\frac{dV_1}{V_1} = dT_1\frac{(V_0-V_1)\left(1+\frac{T_1}{T_{10}+T_{20}-T_1}\right)}{V_0} =$$

$$= dT_1\frac{(V_0-V_1)(T_{10}+T_{20})}{V_0(T_{10}+T_{20}-T_1)}$$

$$\frac{dV_1}{V_1(V_0-V_1)} = \frac{dT_1}{}$$

~~Ир=0~~

$$\delta Q_1 = \frac{7}{2} p\,dV + \frac{5}{2} V\,dp$$

$$p = \frac{\nu R T}{V} \qquad dp = \nu R \frac{dT\,V - T\,dV}{V^2}$$

$$\delta Q_1 = \frac{7}{2} \nu R T \frac{dV}{V} + \frac{5}{2} \nu R \left(\frac{dT}{\cancel{V}} - \frac{T\,dV}{V} \right)$$

$$\delta Q_1 = \frac{\nu R T}{2} \left(7 \frac{dV}{V} - 5 \frac{dV}{V} + 5 \frac{dT}{T} \right)$$

$$\delta Q_1 = \frac{\nu R T}{2} \left(2 \frac{dV}{V} + 5 \frac{dT}{T} \right)$$

$$\int \delta Q_1 = \nu R \int T \frac{dV}{V} + \frac{5 \nu R}{2} \int dT$$

$$Q_1 = \nu R \int T \frac{dV}{V} + \frac{5 \nu R}{2} \left(T_k - T_1 \right)$$

$$\boxed{\int T \frac{dV}{V} = ?} = \frac{p}{\nu R} \frac{dV}{V} = \frac{\delta A}{\cancel{\ }}$$

$$\int_{T_{10}}^{T} \frac{dT}{T_1 \left(T_{10} + T_{20} - T_1 \right)} = \frac{V_0}{T_{10} + T_{20}} \int_{V_{10}} \frac{dV_1}{V_1 \left(V_0 - V_1 \right)}$$

$$\int \left(V_1 V_0 - V_1^2 \right)^{-1} dV_1 = -\int \frac{dV_1}{\left(V_1 - \frac{V_0}{2} \right)^2 - \frac{V_0^2}{4}}$$

~~$\int x^{m} \left(a x^{n} + b \right)^{p}$~~

~~$m = 0$~~

~~$n = 2$~~

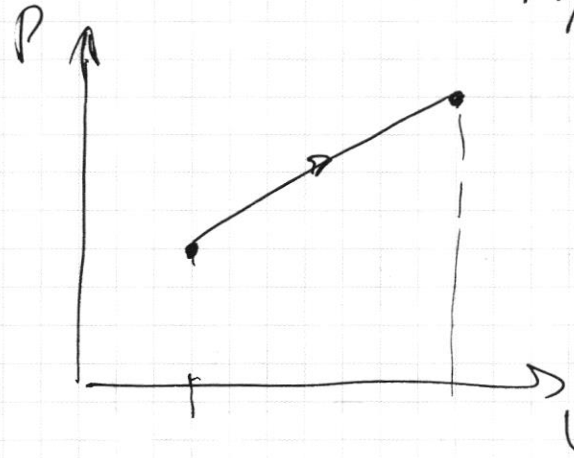
~~$p = -1$~~

$$\cancel{Q_1 = \frac{5 \nu R}{2} \left(T_k - T_1 \right) + \frac{p_{10} + \frac{V_0}{2}}{2}}$$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Ко 2й задаче.

Приблизительно.



$$A = \frac{1}{2}\left(\frac{V_0}{2} - V_{10}\right)\left(P_0 + P_k\right)$$

$$A = \frac{\left(\frac{\nu R T_1}{2V_{10}} + \frac{\cancel{2}\nu R T_k}{V_0}\right)}{\cancel{2}}\left(\frac{V_0}{2} - \frac{\nu R T_1}{\cancel{2}V_{10}}\right)$$

$$V_{10} = \frac{7}{11}\left(V_0 - V_{10}\right)$$

$$V_{10} = \frac{7}{18}V_0$$

$$\frac{18}{11}V_{10} = \frac{7}{11}V_0$$

$$A = \nu R\left(\frac{18 T_1}{2\cdot 7 \cancel{V_0}} + \frac{\cancel{2}T_k}{\cancel{V_0}}\right)\left(\frac{\cancel{V_0}1}{2} - \frac{7\cancel{V_0}}{18\cancel{2}\cancel{V_0}}\right)$$

$$A = \frac{6}{7}\cdot 8{,}31\left(\frac{18}{14}\cdot 350 + 450\right)\left(\frac{2}{18}\right) Дж$$

$$A = \frac{12}{7}\cdot 8{,}31\left(\frac{350}{14} + \frac{450}{18}\right)$$

$$Q = \frac{5}{2}\,\frac{6}{7}\cdot 8{,}31\cdot 100 + \frac{12}{7}\cdot 8{,}31\left(\frac{350}{14} + \frac{450}{18}\right) =$$

$=$

☐ 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

$$\left\{\begin{aligned} & I_0 \sim S \\ & \frac{5}{9} I_0 \sim S - \pi r^2 \end{aligned}\right.$$

$$\frac{5}{9} = 1 - \frac{\pi r^2}{S}$$

$$\frac{\pi r^2}{S} = \frac{4}{9} = \frac{4 r^2}{\pi D^2} 9$$

$$\frac{4}{81} = \frac{r}{D}$$

$$\boxed{r = \frac{2}{9} D}$$

τ_0 – время захода м в световой конус

$$2r = v\tau_0 = \frac{4D}{9} \Rightarrow \boxed{v = \frac{4D}{9\tau_0}}$$

$$v(t_1 - \tau_0) = z - 2r$$

$$\frac{z}{2F_0} = \frac{D}{3F_0} \Rightarrow z = \frac{2}{3} D$$

$$v(t_1 - \tau_0) = \frac{2}{3} D - \frac{4}{9} D = \frac{6-4}{9} D = \frac{2}{9} D$$

$$t_1 = \frac{\frac{2}{9} D}{v} + \tau_0 = \tau_0 + \frac{\frac{2}{9} D}{\frac{4D}{9\tau_0}} = \tau_0\left(1 + \frac{2}{4}\right) = \frac{3}{2}\tau_0$$

Ответ: 1) $x = \frac{F_0}{2}$

2) $v = \frac{4D}{9}$

3) $t_1 = \frac{3}{2}\tau_0$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

$v_2 \cos\beta - u > 0$ $v_{2y} > 0$ в СО плиты

$v_2 \cos\beta > u$

$18\,\frac{м}{с}\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3} > u$ $\boxed{12\sqrt{2}\,\frac{м}{с} > u}$

Ответ: $\cancel{12\frac{\sqrt{2}}{3}}$ 1) $v_2 = 18\,\frac{м}{с}$

2) $u < 12\sqrt{2}\,\frac{м}{с}$

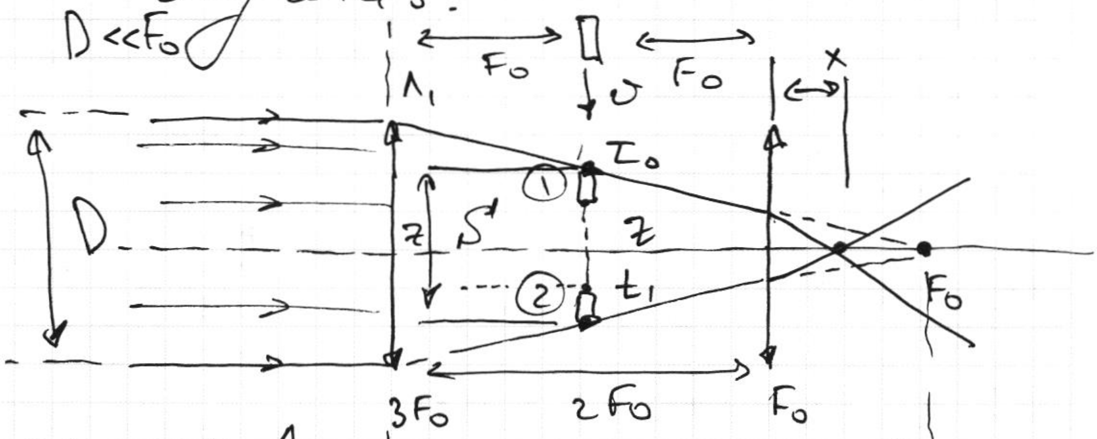
Задача 5.

D F_0 τ_0 $D \ll F_0$

1) $x = ?$

2) $v = ?$

3) $t_1 = ?$



Ф-ла линзы для Л1

$0 + \frac{1}{y} = \frac{1}{3F_0}$ $y = 3F_0$

для Л2: $-\frac{1}{F_0} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F_0}$; $\frac{1}{x} = \frac{2}{F_0}$

В мом. времени τ_0 М находится в положении 1, в момент t_1 в положен. 2 $\boxed{x = \frac{F_0}{2}}$

~~$(t_1 - \tau_0)v =$~~ r — радиус М

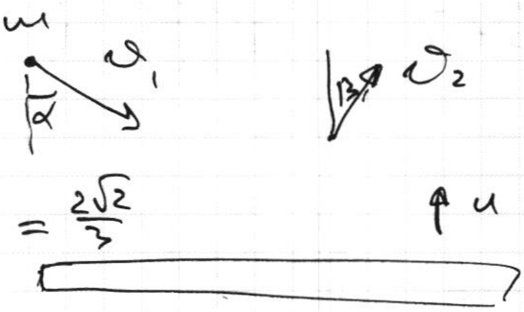
$$\frac{\frac{\pi D^2}{4}}{S} = \left(\frac{3F_0}{2F_0}\right)^2 \quad \frac{\pi D^2}{4S} = \frac{9}{4} \quad S = \frac{\pi D^2}{9}$$

S — площадь круга — сечения свет. конуса посередине между линзами

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Задача 1.

Земля



$v_1 = 12\ \frac{м}{с}$

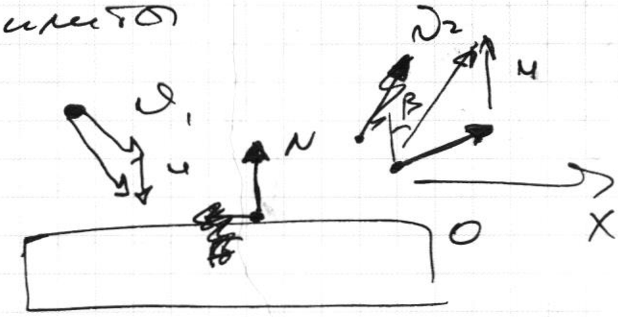
$\sin\alpha = \frac{1}{2} \qquad \cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$\sin\beta = \frac{1}{3} \qquad \cos\beta = \frac{\sqrt{8}}{3} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

1) $v_2 = ?$

2) $u = ?$

в СО плиты



$F_{тр} = 0$!   OX ЗСИ:

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

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

$$= 18\ \frac{м}{с} \qquad v_2 = 18\ \frac{м}{с}$$

в ИСО плиты

$$\int N\,dt = m(v_2 \cos\beta - u) + m(v_1 \cos\alpha + u) > 0$$

всегда $N > 0$

$$v_2 \cos\beta - v_1 \cos\alpha - 2u > 0$$

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

$$6\sqrt{2} - 3\sqrt{3}\ \frac{м}{с} = \frac{18 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} - 12\,\frac{\sqrt{3}}{2}}{2}\ \frac{м}{с} > u \qquad (6\sqrt{2} - 3\sqrt{3})\ \frac{м}{с} > u$$

Ответ: 1) $v_2 = 18\ \frac{м}{с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4.

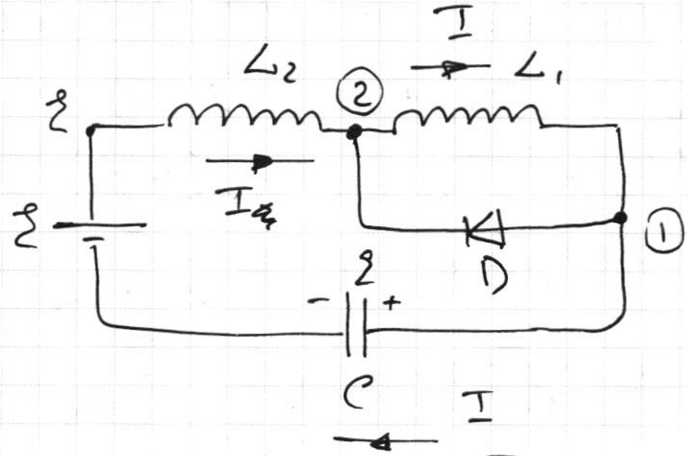
$\mathcal{E}$ $\quad L_1 = 4L$

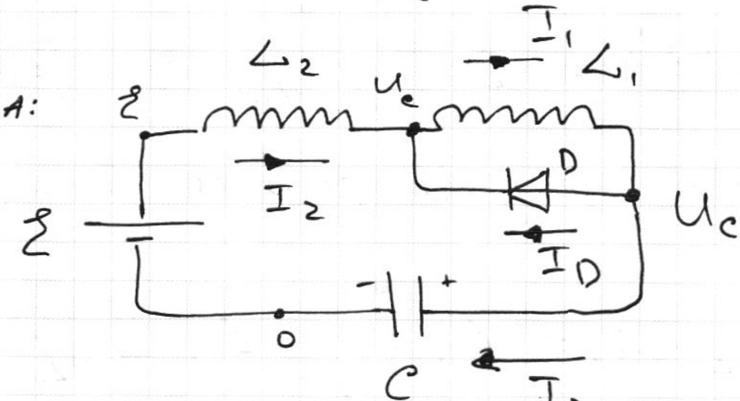
C $\quad L_2 = 3L$

1) $T = ?$ (L_1)

2) $I_{M1} = ?$

3) $I_{M2} = ?$





ВАХ идеального диода:

$\boxed{I}$

Когда D заперт во всей цепи течёт ток I

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

$$0 = L_1 \ddot{I} + L_2 \ddot{I} + \frac{I}{C}$$

$$0 = (L_1 + L_2)\ddot{I} + \frac{I}{C} \ ; \quad \ddot{I} + \frac{1}{(L_1+L_2)C} I = 0 \quad (1)$$

(1) - ур-е колебаний

$$I(t) = I_0 \sin(\omega_1 t + \varphi) \qquad \omega_1 = \sqrt{\frac{1}{(L_1+L_2)C}} \qquad \omega_1 = \frac{1}{\sqrt{C(L_1+L_2)}}$$

$I(0) = 0$, т.к. до ~~раз~~ замыкания ключа ток был 0, $U_L = L\dot{I}$ => ток через катушку не может мгновенно изменяться => ток в начале после замыкания ключа так же 0

=> $\varphi = 0$

Нулевым выбран мом. времени при замыкании ключа

$$I(t) = I_0 \sin(\omega_1 t)$$

$$q(0) = 0 \Rightarrow U_C(0) = 0$$

$$\mathcal{E} = (L_1 + L_2)\dot{I}(0) ; \quad \dot{I}(0) = \frac{\mathcal{E}}{L_1 + L_2}$$

$$\dot{I}(t) = I_0 \omega_1 \cos(\omega_1 t)$$

$$\dot{I}(0) = I_0 \omega_1 = \frac{\mathcal{E}}{L_1 + L_2}$$

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{L_1 + L_2} \frac{1}{\omega_1} = \frac{\mathcal{E}}{L_1 + L_2} \cdot \sqrt{(L_1 + L_2)C} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1 + L_2}}$$

$$I(t) = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1 + L_2}} \sin(\omega_1 t)$$

см. сноску $\boxed{B}$

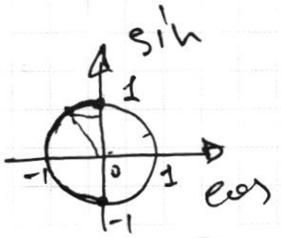
$$q(t) = C\mathcal{E}(1 - \cos(\omega_1 t))$$

Ток через D равен 0 при $\varphi_2 > \varphi_1$

$$\varphi_2 - \varphi_1 > 0$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = L_1 \dot{I} = L_1 \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1 + L_2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{C(L_1 + L_2)}} \cos(\omega_1 t)$$

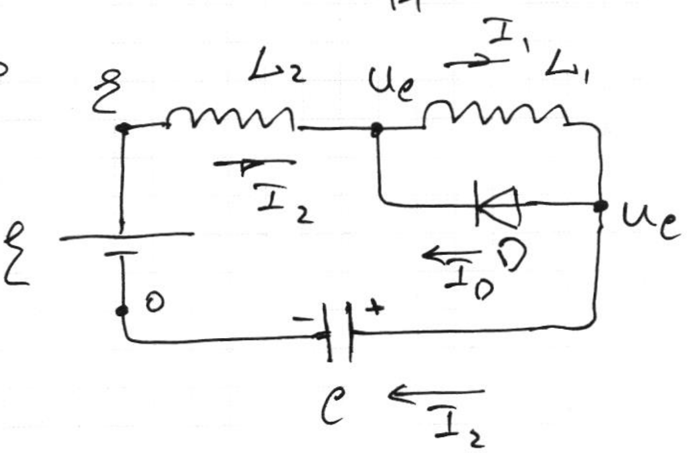
$$\varphi_2 - \varphi_1 = \mathcal{E}\frac{L_1}{L_1 + L_2} \cos(\omega_1 t)$$



$\boxed{\text{II.}}$ Через D течёт ток.

$$I_2 + I_D = I_1$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = 0 \Rightarrow U_{L_1} = 0$$



$$L_1 \dot{I}_1 = 0$$

$$\frac{dI_1}{dt} = 0$$

$$I_1 = \text{Const}$$

$$I_1 = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1 + L_2}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\mathcal{E} = L_2 \dot{I}_2 + \frac{q}{C} \qquad \dot{q} = I_2$$

$$0 = L_2 \ddot{I}_2 + \frac{I_2}{C} \qquad \ddot{I}_2 + \frac{1}{CL_2} I_2 = 0$$

$$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{CL_2}} \qquad I_2 = I_{20} \sin(\omega_2 t + \varphi)$$

$$I_2(0) = I_{20} \sin\varphi$$

Нулевым выбран момент времени, когда через D начинает течь ток.

$$\cancel{I_2(0)} = I_{20} \sin\varphi = I\left(\frac{\pi}{2\omega_1}\right)$$

$$I_{20} \sin\varphi = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}$$ Как было показано выше ток через L мгновенно не меняется.

$$\dot{I}_2(t) = \omega_2 I_{20} \cos(\omega_2 t + \varphi)$$

$$\dot{I}_2(0) = \omega_2 I_{20} \cos\varphi = \frac{\mathcal{E} - \frac{q}{C}}{L_2} = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}}{L_2} = 0 \Rightarrow$$

$$\boxed{\varphi = \frac{\pi}{2}} \Rightarrow I_{20} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}$$

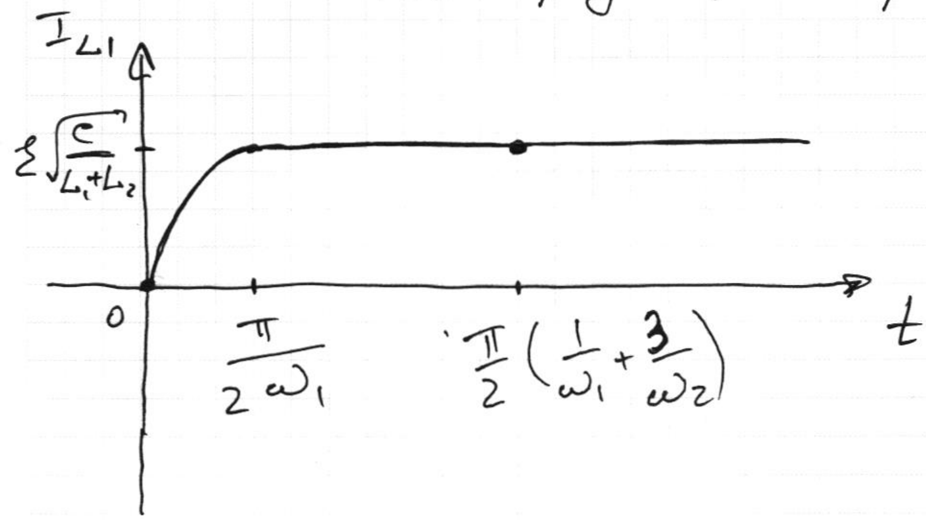
$$I_2(t) = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} \sin(\omega_2 t + \varphi) = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} \cos(\omega_2 t)$$

$\boxed{3}$

$$\int_0^q dq = \frac{\mathcal{E}}{\omega_1}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} \int_0^t \sin(\omega_1 t)\, d\omega_1 t$$

$$q = -\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} \sqrt{C(L_1+L_2)} \cos(\omega_1 t)\Big|_0^t = C\mathcal{E}(1 - \cos(\omega_1 t))$$

Ток через L_1 от времени



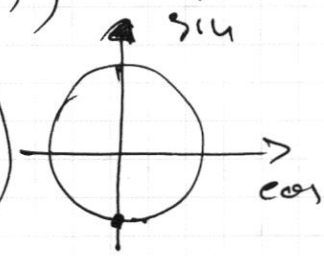
Ток на L_1 запирается!

$$I_2(t) = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}\cos(\omega_2 t)$$

$$I_D = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} - \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}\cos(\omega_2 t) =$$

$$= \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}\left(1-\cos(\omega_2 t)\right)$$

$$I_2 = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}\cos\left(\omega_2\left(t+\frac{\pi}{2\omega_1}\right)\right)$$



Ответ:

2) $I_{M1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{\cancel{3}L}}$

3) $I_{M2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{\cancel{3}L}}$

~~в~~ 1) колебания на L_1 могли бы быть с $T = 2\pi\sqrt{C(L_1+L_2)} = 2\pi\sqrt{\cancel{3}LC}$

уст. колебания на L_2 $T = 2\pi\sqrt{CL_2}$

$$T = 2\pi\sqrt{3CL}$$