

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

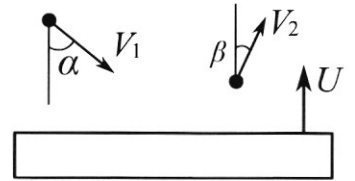
Класс 11

Вариант 11-02

Шифр

(заполняется секретарем)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 6$ м/с, направленную под углом α ($\sin \alpha = \frac{2}{3}$) 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.

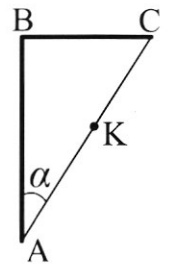


- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия $T_1 = 330$ К, а неона $T_2 = 440$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

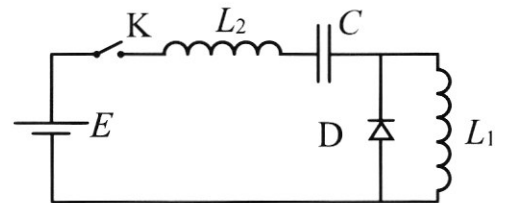
- 1) Найти отношение начальных объемов гелия и неона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал неон гелию?

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.



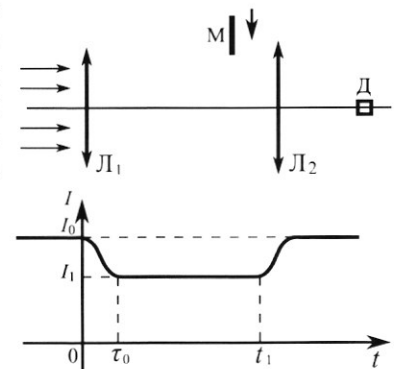
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. 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 $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$, 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_2 .



- 1) Найти период T этих колебаний.
- 2) Найти максимальный ток I_{01} , текущий через катушку L_1 .
- 3) Найти максимальный ток I_{02} , текущий через катушку L_2 .

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз L_1 и L_2 (см. рис.) с фокусными расстояниями F_0 и $F_0/3$, соответственно. Расстояние между линзами $1,5F_0$. 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 D , на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень M , плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии $5F_0/4$ от L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 8I_0/9$.



- 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

№ 2

т.к. процесс подвижный и движется без трения
давления газа p_1 равно давлению газа p_2

$$p_1 = p_2$$

$$\frac{pRT_1}{V_1} = \frac{pRT_2}{V_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{330}{440} = \frac{3}{4} = 0,75$$

давления газы равны, изменение

$$\text{объёма тоже, } V_2 + \Delta V_2 = V - (V_1 - \Delta V_1) = V - V_1 + \Delta V_1 =$$

$$= V_2 + \Delta V_1 \Rightarrow \Delta V_2 = \Delta V_1 = \Delta V$$

$$A_1 = \int p_1(V) dV$$

$$A_2 = \int p_2(V) dV = - \int p_1(V) dV = -A_1$$

т.к. процесс неизэнтропический, но
кон. во органоном нечем темпа равно
кон. вы полученно темпа: \Rightarrow

$$\Rightarrow Q_1 = Q_2 \Rightarrow A_1 + \Delta U_1 = -A_2 - \Delta U_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta U_1 = -\Delta U_2 \Rightarrow \Delta T_1 = -\Delta T_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_k = \frac{T_1 + T_2}{2} = 385 \text{ K}$$

$$V_1 T_2 = V_2 T_1 \Rightarrow \Delta V_1 T_2 + V_1 \Delta T_2 = \Delta V_2 T_1 + V_2 \Delta T_1$$

$$\Delta V_1 = \Delta V_2 \quad \Delta T_1 = \Delta T_2 \Rightarrow \Delta V(T_1 - T_2) = \Delta T(V_1 - V_2)$$

$$V_1 = \frac{T_1}{T_2} V_2$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta V}{\Delta T} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1}$$

и прогоним

$$p_2 = \frac{pR(T_2 + \Delta T)}{V_2 + \Delta V} = \frac{pR \left(\frac{V_2 \Delta T}{\Delta V} + \Delta T \right)}{V_2 + \Delta V} = \frac{pR \Delta T}{\Delta V}$$

$$= \text{const} \Rightarrow A = \int p dV = pR \Delta T$$

$$Q = \frac{5}{2} pR \Delta T = \frac{5}{2} \cdot \frac{63}{25} \cdot 8,31 \cdot 55 = 33 \cdot 8,31 =$$
$$= \underline{249,23 \text{ Дж}}$$

Ответы: 1) $\frac{3}{4}$ 2) 385 К 3) 249,23 Дж

или
0,45

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

n_1
 м.д. ~~по~~ Q_2 на тарма
 не действует никак
 сил, но импульс по этой оси сохраняется
 $m v_1 \sin \alpha = m v_2 \sin \beta \Rightarrow v_2 = v_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 2v_1 =$
 $= 12 \text{ м/с}$

м.д. удар неупругий скорость
 тарма по Oy меньше скорости, которая
 была бы при упругом ударе

При упругом: $v_2 \sin \beta = v_1 \sin \alpha + 2v$

Перейдем в ССО центра, тогда у тарма скорость
 $v_1 \sin \alpha + v$, она должна улететь с такой же
 скоростью и в ССО ее скорость будет
 $v_1 \sin \alpha + 2v$

$$v_2 \sin \beta < v_1 \sin \alpha + 2v = 2v \Rightarrow \frac{v_2 \sin \beta}{2v} < 1$$

$$\Rightarrow \text{и} \Rightarrow \frac{v_2 \sin \beta - v_1 \sin \alpha}{2} < 0 \Rightarrow v_1 - \frac{2 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} - \sqrt{2}}{2}$$

~~или тарма улетит и не будет~~
 (абсолютно неупругий удар), но его скорость

$$v \Rightarrow v < v_2 \sin \beta \Rightarrow v < 12 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

$$\Rightarrow v \in (4\sqrt{2} - \sqrt{2}; 8\sqrt{2}]$$

№ 4

когда ток по цепи не течет

$$\mathcal{E} = 5L \frac{dI}{dt} + \frac{q}{C} \Rightarrow \omega_1 = \frac{1}{\sqrt{5LC}} \Rightarrow T_1 = 2\pi \sqrt{5LC}$$

когда конденсатор

$$\mathcal{E} = 2L \frac{dI}{dt} + \frac{q}{C} \Rightarrow T_2 = 2\pi \sqrt{2LC}$$

Итак и.е. заряд накапливается когда

ток отрицателен 0 и идет в обратную

сторону это происходит через $\frac{T_1}{2}$

а разряжается через $\frac{T_2}{2}$

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \pi \sqrt{LC} (\sqrt{5} + \sqrt{2})$$

и.е. колебания затухающие

в какой-то момент они прекратятся

значит ток не будет течь \Rightarrow напряжение

на конденсаторе будет равно \mathcal{E}

когда ток через катушку максимален

заряд на конденсаторе равен 0 \Rightarrow

\Rightarrow ЗСЭ:

$$\frac{5LI_1^2}{2} - \frac{C\mathcal{E}^2}{2} = C\mathcal{E}^2 \Rightarrow I_1 = \sqrt{\frac{3C}{5L}} \mathcal{E}$$

через L_2 ток будет больше, когда
через L_1 ток не течет

$$\frac{2LI_2^2}{2} - \frac{C\mathcal{E}^2}{2} = C\mathcal{E}^2 \Rightarrow I_2 = \sqrt{\frac{3C}{2L}} \mathcal{E}$$

Ответ: 1) $\pi \sqrt{LC} (\sqrt{5} + \sqrt{2})$ 2) $\sqrt{\frac{3C}{5L}} \mathcal{E}$ 3) $\sqrt{\frac{3C}{2L}} \mathcal{E}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

лучи падают L_1

собираются в ее фокусе

т.е. на расстоянии F_0 от L_1

Свет падающий L_2 фокусируется на A_1 →

→ можно сказать что в F_0 - предмет, а в A_1

его изображение

$$\frac{1}{\frac{3}{2}F_0 - F_0} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F_0}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{3}{F_0} - \frac{2}{F_0} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow f = F_0$$

линейка движется вниз со скоростью v

~~Итак~~ Тогда пропорционален количеству

софренсивенно отразится на нем ~~все~~ свет →

$$\Rightarrow \pi d^2 = \frac{1}{3} \pi \left(\frac{D}{4}\right)^2 \quad \text{т.е. на } \frac{5}{4}F_0 \text{ от } L_1 \text{ выйдут}$$

фрагмент

значения света в разе меньше D

$$d = \frac{D}{6}$$

$$v = \frac{d}{\tau_0} = \frac{D}{6\tau_0}$$

$$t_1 = \frac{D}{4v} = \frac{D \cdot 6\tau_0}{4D} = \frac{3}{2}\tau_0$$

Ответы: 1) F_0 2) $\frac{D}{6\tau_0}$ 3) $\frac{3}{2}\tau_0$

13

1) м.к. $\alpha = \frac{\pi}{4}$ ~~на~~ ~~созда~~ ~~дим~~ ~~и~~ ~~на~~ ~~м.к.~~
 одинаковые, м.к. ΔABC - $\sqrt{2}$ и $\sqrt{2}$ равностороннее
 го и одинаковые \Rightarrow поле, создаваемое $AB =$
 $=$ полю создаваемому $BC = E \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{\sqrt{E_1^2 + E_2^2}}{E} = \sqrt{2}$$

$$2) E_1 = \frac{q\sigma}{2\pi\epsilon_0} \cdot \left(2\alpha = \frac{40}{8\epsilon_0} \right)$$

$$E_2 = \frac{\sigma}{2\pi\epsilon_0} \cdot 2\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) =$$

$$= \frac{30}{8\epsilon_0}$$



$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} \frac{\sigma}{8\epsilon_0} = \frac{5\sigma}{8\epsilon_0}$$

Ответы: 1) $\sqrt{2}$ мм
 1,41 2) $\frac{5\sigma}{8\epsilon_0}$

$$\sigma \kappa(r) + \cos \alpha \, dx = \sigma \kappa(r) \, h \, dx$$

$$\sigma h \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \kappa(r) \, dx = \sigma h \cdot \pi \kappa(r) = \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0}$$

$$\kappa(r) = \frac{1}{2\epsilon\epsilon_0 h}$$

1) $\sqrt{2}$

$$2) \frac{1}{2\epsilon\epsilon_0} \cdot \int \frac{\pi}{2} \sigma = \frac{4\sigma}{8\epsilon\epsilon_0} \rightarrow$$

$$\frac{1}{2\epsilon\epsilon_0} - \frac{3\pi}{4} \sigma = \frac{3\sigma}{8\epsilon\epsilon_0} \downarrow$$

$$I = \sqrt{\left(\frac{4}{8}\right)^2 + \left(\frac{3}{8}\right)^2} = \frac{\sigma}{8\epsilon_0} \cdot \sqrt{5}$$

$$4) \frac{5LI^2}{2} = \frac{CE^2}{2} = CE^2$$

\rightarrow
 $\frac{5LI^2}{2} = \frac{CE^2}{2}$

$$5LI^2 = 3CE^2$$

$$I = \sqrt{\frac{3}{5} \frac{CE^2}{L}}$$

$$\begin{array}{r} 33 \\ 8,31 \\ \hline 33 \\ + 9 \\ \hline 244 \\ \hline 244,243 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$p = \frac{\partial R T}{V} = \text{const}$$

$$p_1 = \frac{\partial R T_1}{V_1} = p_2 = \frac{\partial R T_2}{V_2} = \partial p$$

$$V_1 = \frac{T_1}{T_2} V_2$$

$$V_1 + \Delta V_1 = \frac{T_1 + \Delta T_1}{T_2 + \Delta T_2} (V_2 + \Delta V_2) = \frac{T_1 V_2}{T_2} + \Delta T_1 V_2 + T_1 \Delta V_2$$

$$\Delta T_2 V_1 = T_2 \Delta V_1 = \Delta T_1 V_2 + \Delta V_2 T_1$$

$$\Delta T_1 = \Delta T_2$$

$$\Delta V_1 = \Delta V_2$$

$$\Delta T V_1 + \Delta V T_2 = \Delta T V_2 + \Delta V T_1$$

$$\Delta V (V_1 - V_2) = (T_1 - T_2) \Delta V$$

$$\boxed{Q = \frac{5}{2} \partial R \Delta T} \quad \frac{V_2}{T_2} (T_1 - T_2) = (T_1 - T_2) \frac{\Delta V}{\Delta T}$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta T} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{T_2}{V_2} = \frac{\Delta T}{\Delta V} = \frac{T_1}{V_1}$$

$$\Delta p V + p \Delta V = \partial R \Delta T$$

$$\Delta p \frac{V}{\Delta V} + p = \partial R \frac{\Delta T}{\Delta V}$$

$$p = \frac{\partial R (T_2 + \Delta T)}{V_2 + \Delta V} = \frac{\partial R T_2}{V_2 + \Delta V} + \frac{\partial R \Delta T}{V_2 + \Delta V}$$

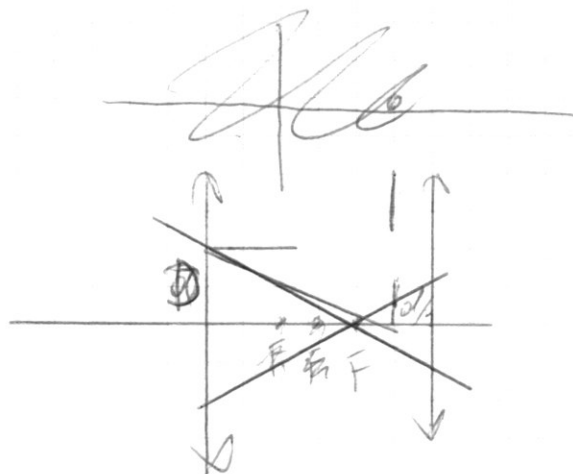
$$p = \frac{\partial R \left(\frac{V_2}{\Delta V} \Delta T + \Delta T \right)}{V_2 + \Delta V} = \partial R \frac{\Delta T}{\Delta V} = \text{const}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



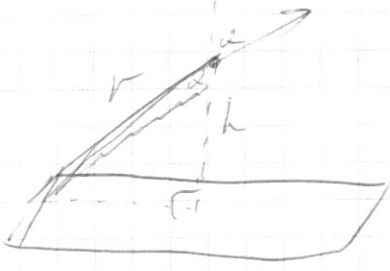
$$\frac{d}{\tau_0} = V$$

$$\pi d^2 = \frac{8}{9} \pi \left(\frac{D}{4}\right)^2$$

$$d = \frac{2\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{D}{4} = \frac{D}{3\sqrt{2}}$$

$$V = \frac{D}{3\sqrt{2}\tau_0}$$

$$t_1 = \frac{D}{4V} = \frac{D \cdot 3\sqrt{2}\tau_0}{4 \cdot \frac{D}{4}} = \frac{3}{4}\sqrt{2}\tau_0$$



$$\cos \alpha = \frac{h}{r}$$

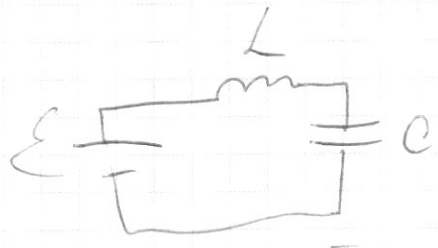
$$E_i = E_{ext} \cdot \frac{h}{r} = \int \sigma \cdot k(r) \frac{h}{r} dr$$

$$\frac{\sigma}{E_0} = \sigma \cdot k(r) \cdot \cos \alpha \cdot dr = \sigma \cdot k(r) \cdot h \cdot dr$$

$$E = L_2 \frac{dI}{dt} + \frac{q}{C} + L_1 \frac{dI}{dt} =$$

$$1) \pi \sqrt{5LC} + \pi \sqrt{2LC} =$$

$$= (\sqrt{54} + \sqrt{2}) \pi \sqrt{2LC}$$

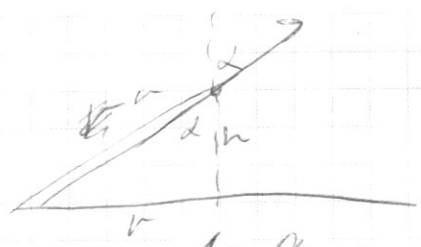


$$\frac{L dI}{dt} + \frac{q}{C} = E$$

$$\frac{d^2 q}{dt^2} \frac{C \mu_0}{2} - \frac{5 L I^2}{2} = E C \mu_0 \frac{8}{2} + \frac{2}{2} \Big|_{\frac{\pi}{2}}^{-\frac{\pi}{2}}$$

$$\frac{1}{0,5 F_0} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F_0/3}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{3}{F_0} - \frac{2}{F_0} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow F = F_0$$



$$E_i = \frac{k \cdot \frac{q}{l} \cdot dr \cdot h}{r^2 + h^2} =$$

$$k r h \cdot \frac{dr}{(r^2 + h^2)^{3/2}}$$

$$E_i = \frac{k r h \cdot 2 dr}{2 (r^2 + h^2)^{3/2}} = \frac{k r h \cdot dr}{(r^2 + h^2)^{3/2}}$$

$$E_i = \frac{k r \cdot r \cdot dr \cdot \cos \alpha}{r^2}$$

$$r = \frac{h}{\cos \alpha}$$

$$E_i = \frac{k r dr \cos^2 \alpha}{h}$$

$$\int \cos^2 \alpha d\alpha = \int \frac{\cos 2\alpha + 1}{2} d\alpha =$$

$$2 \cos^2 \alpha - 1 = \cos 2\alpha$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{\cos 2\alpha + 1}{2}$$

$$= \int \frac{\cos 2\alpha d\alpha}{4} + \int \frac{1}{2} d\alpha =$$

$$= \frac{\sin 2\alpha}{8} + \frac{\alpha}{2} \Big|_{\frac{\pi}{2}}^{-\frac{\pi}{2}}$$

$$= \frac{1}{4} + \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{2} = \frac{k \sqrt{C}}{h}$$

$$= \frac{\tau}{8 \epsilon \epsilon_0 h}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$$\frac{2}{3} v_1 = \frac{1}{3} v_2 \Rightarrow v_2 = 2 v_1 = 12 \text{ м/с}$$

~~$$m v_1 \cos \alpha - m u = -m u$$~~

ВСО применим

~~$$m v_1 \cos \alpha + u = m v_2 \cos \beta = m v_1 \cos \alpha + 2u$$~~

$$2 v_1 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} = v_1 \cdot \frac{\sqrt{4}}{3} + 2u$$

$$u = \frac{4\sqrt{2} - \sqrt{4}}{3} v_1 = 2 \frac{4\sqrt{2} - \sqrt{4}}{3}$$

$$\frac{\partial R T_1}{V_1} = \frac{\partial R T_2}{V_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

~~$$Q = \frac{5}{2} \partial R \Delta T \Rightarrow T =$$~~

~~$$T = T_{\text{ср}} = \frac{T_1 + T_2}{2} = 385 \text{ К}$$~~

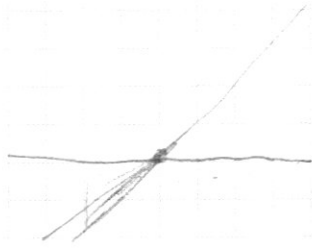
~~$$p_1(V) = p_2(V)$$~~

~~$$A_1 = \int p_1 dV$$~~

~~$$p = \text{const}$$~~

~~$$Q = \frac{5}{2} \partial R \Delta T$$~~

$\sqrt{888}$
 $\sqrt{888}$
 $\sqrt{888}$
 $\sqrt{888}$



$$\sqrt{2} \cos \beta = \sin \gamma \Rightarrow \beta = \arcsin(\sqrt{2} \cos \gamma)$$

$$= \arcsin(\sqrt{2} \cos \gamma) - \gamma$$

$$\frac{2}{\sqrt{2} \cos \gamma} = \frac{2}{\sqrt{2} \cos \gamma} - \frac{2}{\sqrt{2} \cos \gamma}$$

$$\sqrt{2} \cos \beta + 2\gamma > \sqrt{2} \cos \beta$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{5LI_1^2}{2} - \frac{CE^2}{2} = CE^2$$

$$5LI_1^2 = 3CE^2$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{3}{5}} \sqrt{\frac{C}{L}} E$$

$$\frac{2LI_2^2}{2} - \frac{CE^2}{2} = CE^2$$

$$2LI_2^2 = 3CE^2$$

$$I_2 = \sqrt{\frac{3C}{2L}} E$$