

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

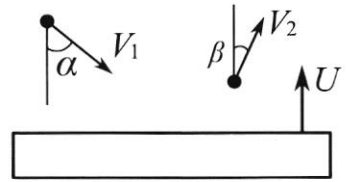
Класс 11

Вариант 11-04

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 18$ 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 ($\sin \beta = \frac{3}{5}$) с вертикалью.

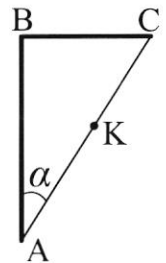


- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона $T_1 = 320$ К, а криптона $T_2 = 400$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

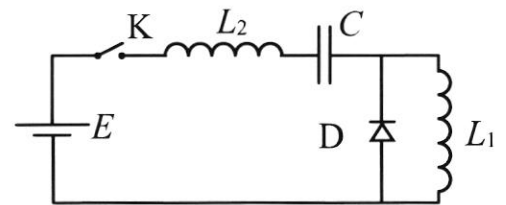
- 1) Найти отношение начальных объемов аргона и криптона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?

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.



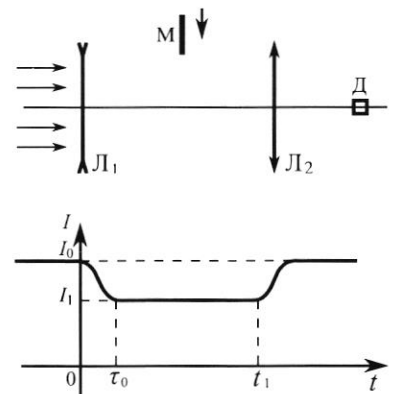
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = \sigma$, $\sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. 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 $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, 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 $-2F_0$ 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 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 F_0 от L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 7I_0/16$



- 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

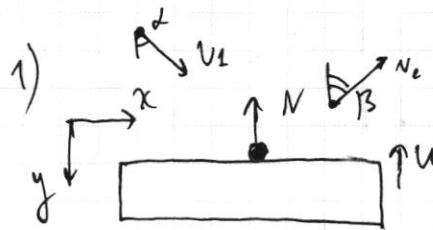
$$v_1 = 18 \text{ м/с}$$

$$\sin \alpha = \frac{2}{3}$$

$$\sin \beta = \frac{3}{5}$$

1) $v_2 = ?$

2) $u = ?$

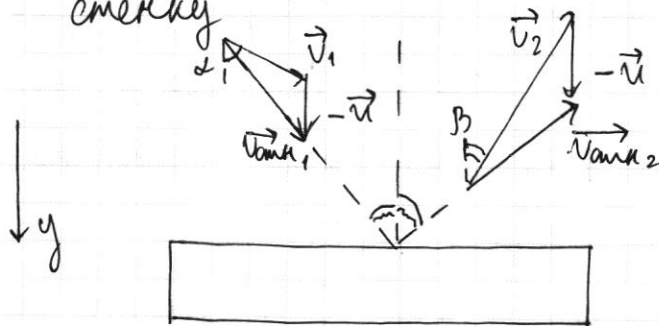


При ударе сила реакции действует на шарик только вдоль $y \Rightarrow v_x = \text{const}$

$$v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta \Rightarrow v_2 = v_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

$$v_2 = 18 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{5}{3} = 20 \text{ м/с}$$

2) Перейдём в СО плиты: т.к. плита массивная, то её ск-ть останется прежней после удара. \Rightarrow в СО плиты удар шарика будет таковым же, как о неподвижную стенку



$$v_{\text{нн}1} = v_{\text{нн}2} \quad (v_{\text{нн}1x} = v_{\text{нн}2x}, \quad v_{\text{нн}1y} = |v_{\text{нн}2y}|)$$

$$\begin{cases} |v_{\text{нн}1y}| = v_1 \cos \alpha + u \\ |v_{\text{нн}2y}| = v_2 \cos \beta - u \end{cases} \Rightarrow \frac{v_1 \cos \alpha}{v_2 \cos \beta} = \frac{v_1 \cos \alpha + u}{v_2 \cos \beta - u}$$

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

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}; \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

$$u = \frac{20 \cdot \frac{4}{5} - 18 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3}}{2} = \frac{16 - 6\sqrt{5}}{2} = 8 - 3\sqrt{5} > 0$$

Ответ: 1) $v_2 = 20 \text{ м/с}$; $u = 8 - 3\sqrt{5} \text{ м/с}$

№2

$$\nu = \frac{3}{5} \text{ моль}$$

$$T_1 = 320 \text{ К}$$

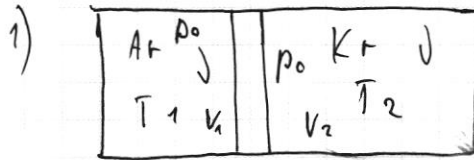
$$T_2 = 400 \text{ К}$$

1 ат. Ar, Kr

$$1) \frac{V_1}{V_2} = ?$$

$$2) T' = ?$$

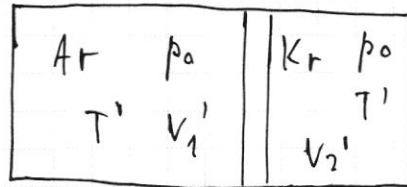
$$3) Q = ?$$



Поршень в покое \Rightarrow газы имеют в отсечках одинак.

$$\begin{cases} p_0 V_1 = \nu R T_1 \\ p_0 V_2 = \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320}{400} = \frac{4}{5} = 0,8$$

2)



Т.к. ~~сосуд~~ ~~уже~~ сосуд теплоизолирован, то внутр. эн-ия газв сохраняется.

$$U_1 + U_2 = U_1' + U_2'$$

$$\frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{3}{2} \nu R T_2 = \frac{3}{2} \nu R T' + \frac{3}{2} \nu R T'$$

$$T' = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{320 + 400}{2} = 360 \text{ К}$$

$$3) Q = \Delta U_1 + A_1 \text{ (мень., подведенная к Ar)}$$

$$\Delta U_1 = \frac{3}{2} \nu R (T' - T_1)$$

$$A_1 = p_0 (V_1' - V_1) \text{ (Т.к. поршень движется медленно, то дав-ие остается прежним)}$$

$$\begin{cases} p_0 V_1' = \nu R T' \\ p_0 V_2' = \nu R T' \end{cases} \Rightarrow V_1' = V_2' = V'$$

$$2V' = V_1 + V_2 = V_1 + \frac{5}{4} V_1 = \frac{9}{4} V_1 \Rightarrow V' = \frac{9}{8} V_1$$

$$A_1 = p_0 \left(\frac{9}{8} V_1 - V_1 \right) = \frac{1}{8} p_0 V_1 = \frac{1}{8} \nu R T_1$$

$$Q = \frac{3}{2} \nu R (T' - T_1) + \frac{1}{8} \nu R T_1 = \frac{3}{2} \nu R \left(T' - \frac{11}{12} T_1 \right)$$

$$Q = \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{5} \cdot 8,31 \left(360 - \frac{11}{12} \cdot 320 \right) = 498 \text{ Дж}$$

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = 0,8$; 2) $T' = 360 \text{ К}$; 3) $Q = 498 \text{ Дж}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

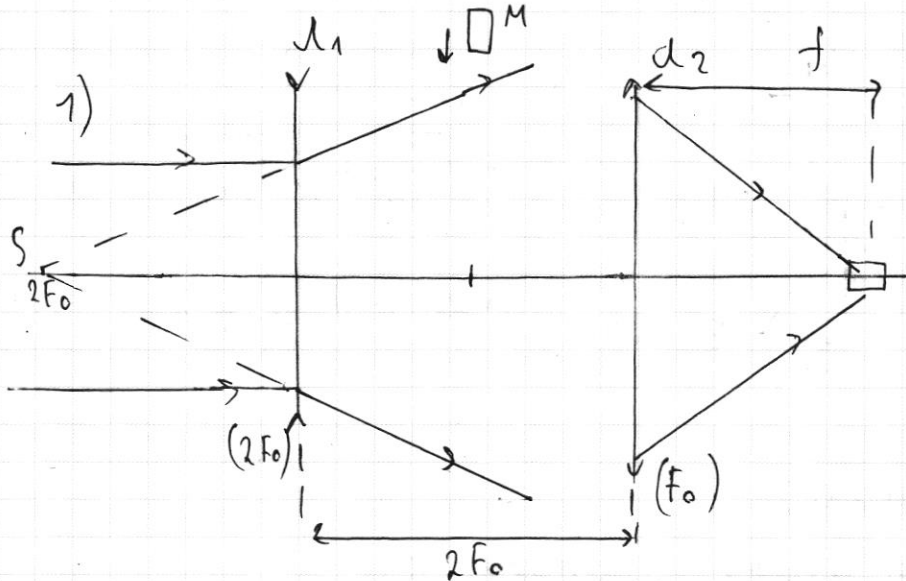
$-2F_0, F_0$

D
 τ_0

1) $f = ?$

2) $v = ?$

3) $t_1 = ?$



S — предмет для λ_2
↑
действ.

$$d = 2F_0 + 2F_0 = 4F_0$$

$$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{4F_0} + \frac{1}{f} = f = \frac{4}{3}F_0$$

Продолжение на след.
стр.

№3

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

~~$b_1 = b, b_2 = 2b$~~

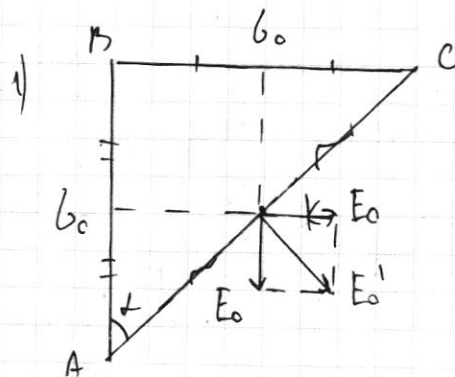
$\frac{E_0'}{E_0} = ?$

2) $b_1 = b$

$b_2 = \frac{2b}{\sqrt{2}}$

$\angle = \frac{\pi}{4}$

$E = ?$



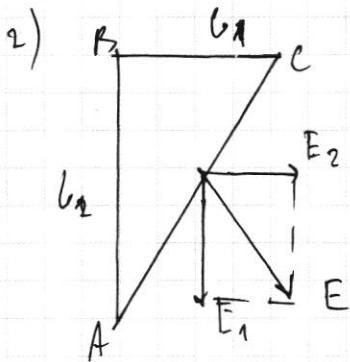
$\angle = \frac{\pi}{4} = 45^\circ \Rightarrow \Delta ABC$ — равнобедренный.

Точка K находится на серединном перпендикуляре.

κ BC и $AB \Rightarrow$ касаясь ^{магнитной} ~~линии~~ в этой точке создаём поле $E_0 = \frac{6}{2\epsilon_0}$ из симметрии.

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

$$\frac{E_0'}{E_0} = \sqrt{2} \approx 1,41$$



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

$$E = \sqrt{\frac{6^2}{4\epsilon_0^2} + \frac{4 \cdot 6^2}{4 \cdot 49 \epsilon_0^2}} = \frac{6}{\epsilon_0} \sqrt{\frac{53}{196}}$$

ответ: 1) $\frac{E_0'}{E_0} = 1,41$; 2) $E = \frac{6}{\epsilon_0} \sqrt{\frac{53}{196}}$

№5 (продолж.)

2) Пусть диаметр шипа κ .

т.к. сила тока постоянна, индуктив. светит, то:

$$\frac{y_0}{y_1} = \frac{D}{D-\kappa} \approx \frac{16}{7} \Rightarrow 7D = 16D - 16\kappa \Rightarrow \kappa = \frac{9}{16} D$$

$$\left[V = \frac{\kappa}{\tau_0} = \frac{9D}{16\tau_0} \right]$$

$$3) \left[t_1 = \frac{D}{V} = \frac{16\tau_0}{9} \right]$$

ответ: 1) $f = \frac{4}{3} f_0$; 2) $V = \frac{9D}{16\tau_0}$

$$3) t_1 = \frac{16\tau_0}{9}$$

№4

$$L_1 = 5L$$

$$L_2 = 4L$$

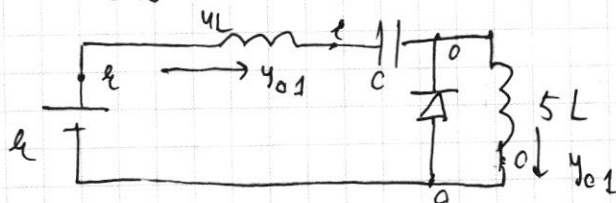
$$1) I = ?$$

$$2) y_{01} = ?$$

$$3) y_{02} = ?$$

1) После замык. К ток будет течь через L_1 , замыкая контур

Пасси. момент $\dot{I} = y_{01}$: $U_{L_1} = U_{L_2} = 0$



ЗСЗ: $A_{ист} = 0W$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$q_c = c\varphi \Rightarrow A_{\text{ист}} = c\varphi^2$$

$$W_1 = 0; W_2 = \frac{4L y_{01}^2}{2} + \frac{5L y_{01}^2}{2} + \frac{c\varphi^2}{2} = \frac{9L y_{01}^2}{2} + \frac{c\varphi^2}{2}$$

$$c\varphi^2 = \frac{9L y_{01}^2}{2} + \frac{c\varphi^2}{2}$$

$$c\varphi^2 = 9L y_{01}^2 \Rightarrow y_{01} = \sqrt{\frac{c\varphi^2}{9L}} = \frac{1}{3}\varphi \sqrt{\frac{c}{L}}$$

2) После того, как ~~к~~ дугам мачт ланке. так, открывается
дуга.

До открытия дуга:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{(L_1 + L_2)c} = 2\pi \sqrt{9Lc} = 6\pi \sqrt{Lc}$$

До y_{01} пройдём лишь четверть периода, т.е. $\frac{T_1}{4}$

После открытия дуга:

$$T_2 = 2\pi \sqrt{L_2 c} = 2\pi \sqrt{4Lc} = 4\pi \sqrt{Lc}$$

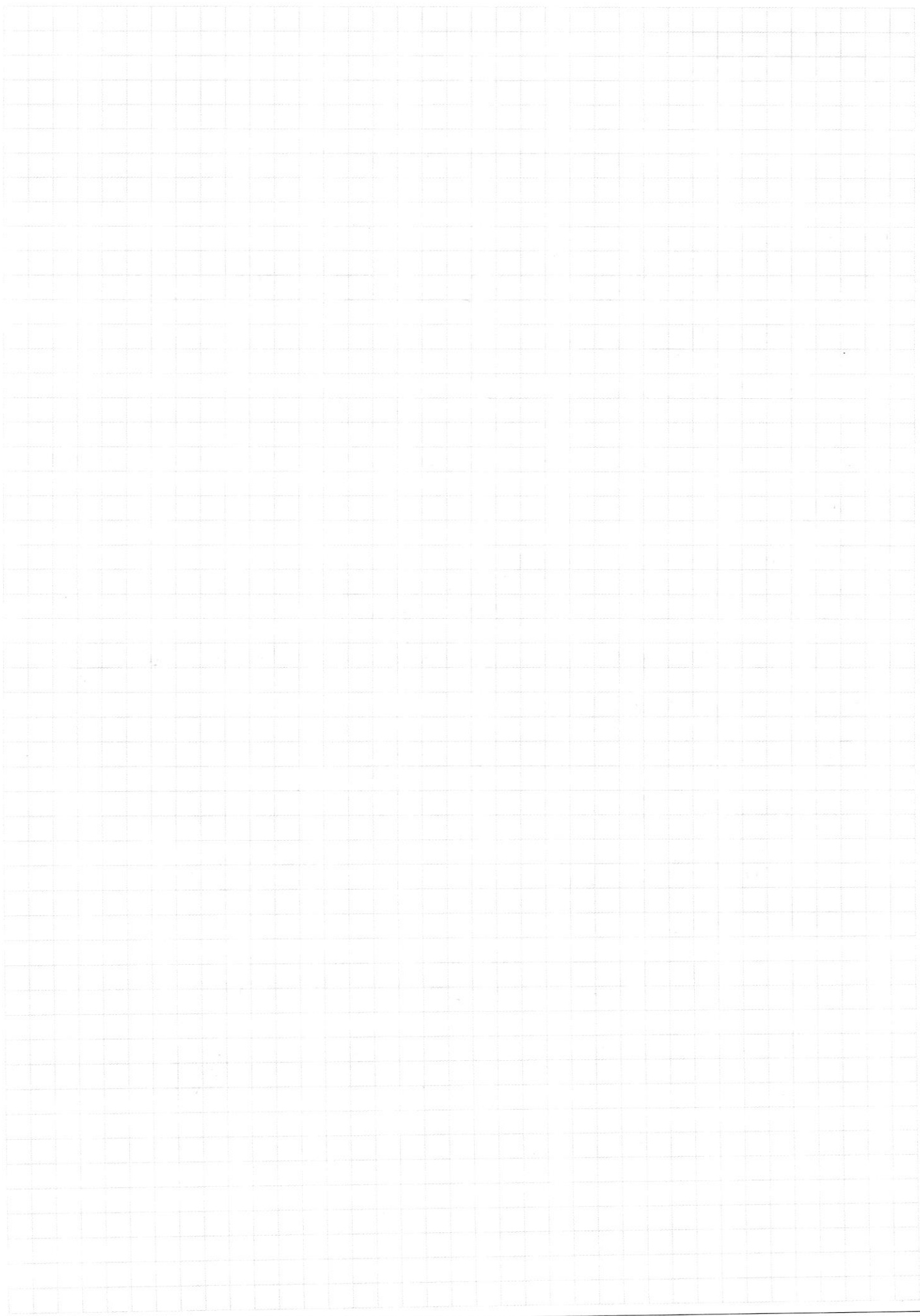
До полного закрытия пройдём $\frac{T_2}{2}$

$$T = \frac{T_1}{4} + \frac{T_2}{2} = \frac{3\pi}{2} \sqrt{Lc} + 2\pi \sqrt{Lc} = \frac{7\pi}{2} \sqrt{Lc}$$

3) ЗСЗ: $A'_{\text{ист}} = \Delta W'$

$$c\varphi^2 = \frac{c\varphi^2}{2} + \frac{4L y_{02}^2}{2} \Rightarrow y_{02} = \sqrt{\frac{c\varphi^2}{4L}}$$

ответ: $T = \frac{7\pi}{2} \sqrt{Lc}; y_{01} = \frac{1}{3}\varphi \sqrt{\frac{c}{L}}; y_{02} = \frac{1}{2}\varphi \sqrt{\frac{c}{L}}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

NO2

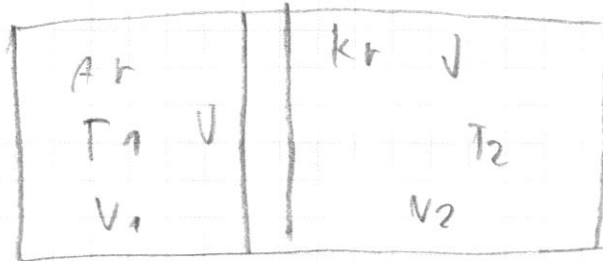
Ar

$\kappa = \gamma = \frac{5}{3}$ моль

T_1 Ar

T_2 Kr

Q_2



1) $\frac{V_1}{V_2} = ?$

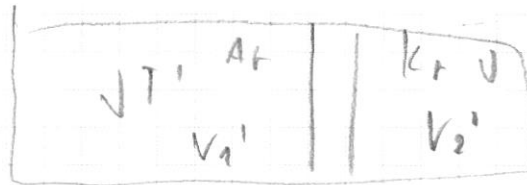
2) $T_{ср} = ?$

3) $Q = ?$

$$1) \begin{cases} p_0 V_1 = \nu R T_1 \\ p_0 V_2 = \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{300}{50} = 6$$

$$2) \begin{aligned} V_1 + V_2 &= V_1' + V_2' \\ \frac{3}{2} \nu R (T_1 + T_2) &= \frac{3}{2} \nu R T' \cdot 2 \\ T' &= \frac{T_1 + T_2}{2} \end{aligned}$$

$$3) Q = \frac{3}{2} \nu R (T' - T_1) + A$$



$$\begin{cases} p_0 V_1' = \nu R T' \\ p_0 V_2' = \nu R T' \end{cases} \Rightarrow V_1' = V_2' = V'$$

$$2V' = V_1 + V_2 \Rightarrow V' = \frac{V_1 + V_2}{2} =$$

$$A = p_0 (V' -$$

$$\frac{3}{2} \nu R (T' - T_1 + \frac{2}{\kappa - 1} T_1) = \frac{3}{2} \nu R (T' - \frac{11}{12} T_1)$$

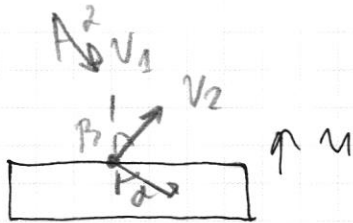
$$\frac{9}{5} \cdot 4,15 \left(300 - \frac{11 \cdot 1600}{83} \right) =$$

$$= \frac{9}{5} \cdot 4,15 \cdot \left(\frac{1080 - 880}{5} \right) = \frac{3 \cdot 4,15}{5} \cdot 200 = 40$$

$\begin{array}{r} 120 \\ \times 4,15 \\ \hline 600 \\ 120 \\ \hline 480 \\ \hline 49800 \end{array}$

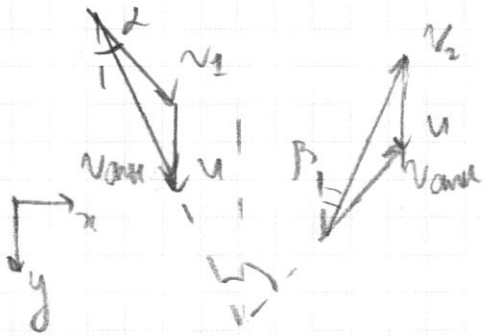
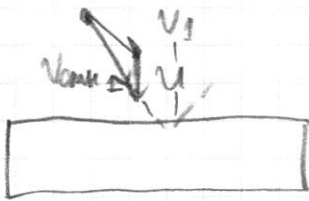
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1



$$V_1 \sin \alpha = V_2 \sin \beta$$

$$V_2 = \frac{V_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{18 \cdot \frac{2}{3}}{\frac{5}{3}} = 20 \text{ м/с}$$



$$\sqrt{1 - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

$$v_{\text{опп}x} = v_{\text{опп}y}$$

$$\begin{cases} v_{\text{опп}xy} = v_1 \cos \alpha + u \\ v_{\text{опп}zy} = v_2 \cos \beta - u \end{cases}$$

$$\rightarrow v_1 \cos \alpha + u = v_2 \cos \beta - u$$

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

$$= \frac{4 \cdot 2 \cdot \frac{4}{5} - 18 \cdot \frac{6\sqrt{5}}{25}}{2} = \frac{16 - 6\sqrt{5}}{2}$$

204

$$\begin{array}{r} 3 \\ 16 \\ \hline 48 \\ 96 \\ \hline 16 \\ \hline 256 \end{array} \quad \begin{array}{r} 50 \\ 5 \\ \hline 80 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

$$L_1 = 5L$$

$$L_2 = 4L$$

$\xi; C$

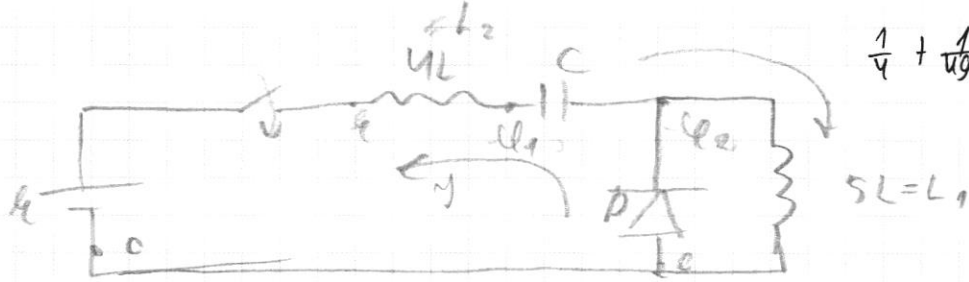
1) $T = ?$

2) $\gamma_{01} = ?$

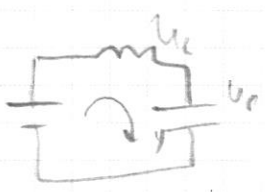
3) $\gamma_{02} = ?$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 11
1) T = ?



$$\frac{1}{4} + \frac{1}{4g} = \frac{4g+4}{196}$$



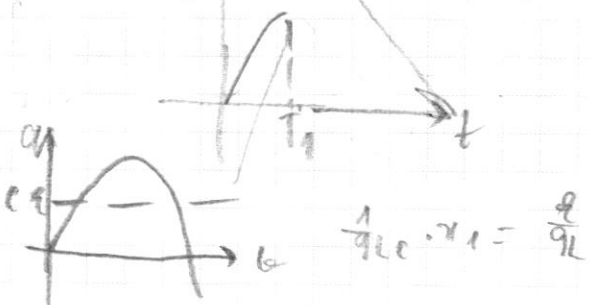
1) $y = C U_c^2$
 $U_2 = E - U_1$
 $E = U_2 + U_c - U_0$
 $U_0 = U_1$

~~$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} = \frac{4L \cdot 5L}{9L} = \frac{20}{9}L$~~

$E - U_L + U_c$
 $E = L \frac{dy}{dt} + \frac{q}{C}$
 $\ddot{q} + \frac{q}{LC} = \frac{E}{LC}$
 $\ddot{q} = \frac{1}{LC} (E - q)$
 $\ddot{z} = -\ddot{q}$
 $\frac{E}{LC} + \ddot{z} = 0$

~~$E = 4L \frac{dy}{dt} + 5L \frac{dy}{dt} + C U_c^2$~~
 $q = 9L \frac{dy}{dt} + \frac{q}{C}$

~~$T = \frac{1}{\omega} \sqrt{2gLC} = \frac{1}{\frac{3}{5}\sqrt{5LC}} = \frac{5}{3}\sqrt{5LC}$~~



$E = 9L \ddot{q} + \frac{q}{C}$
 $\ddot{q} + \left(\frac{q}{9LC}\right) = \frac{E}{9L}$
 $\omega_1 = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{1}{LC}} \Rightarrow T_1 = \pi \cdot 3\sqrt{LC}$

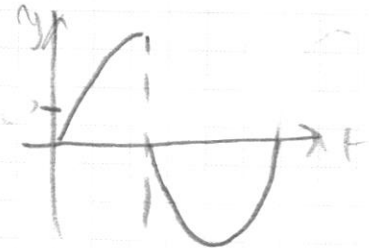
$\omega_2 = \sqrt{\frac{1}{4LC}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{LC}} \Rightarrow T_2 = \pi \cdot 2\sqrt{LC}$

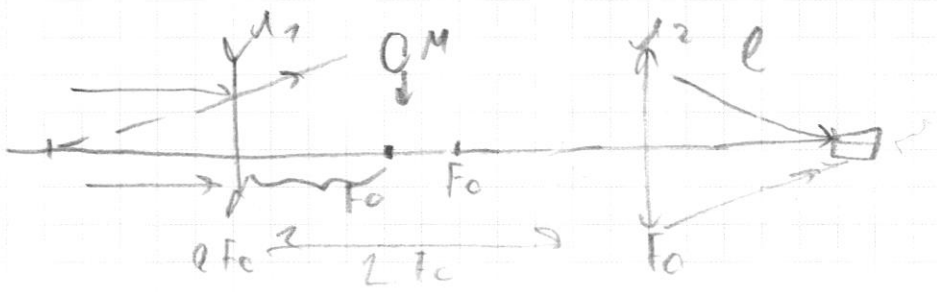
$T = 5\pi\sqrt{LC}$

2) $I_{0.1} = I_{0.2 \text{ макс}}$ через $\frac{T_2}{2} = \frac{3}{2} \pi \sqrt{LC}$

$E = \frac{q}{C} \Rightarrow q_0 = CE$

$3L \cdot CE^2 = \frac{CE^2}{2} + \frac{9L q_{\text{max}}^2}{2} \Rightarrow q_{\text{max}} = \sqrt{\frac{CE^2}{3L}}$





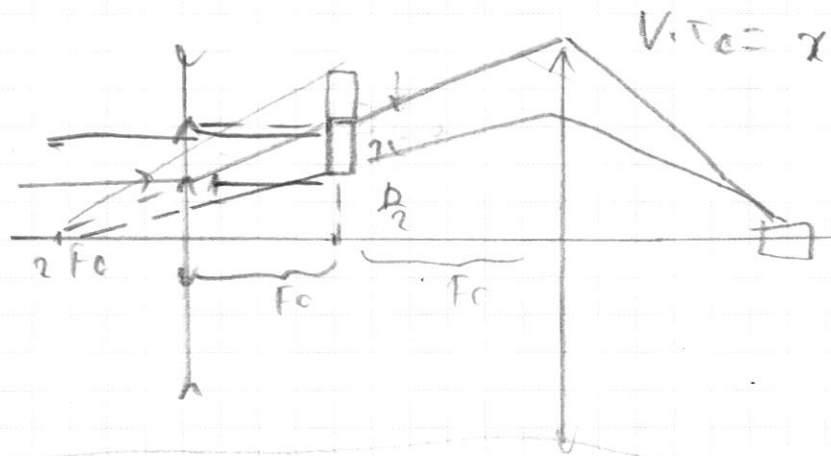
1) для d_2

$$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{4F_0} + \frac{1}{l} \Rightarrow l = \frac{4F_0}{3}$$

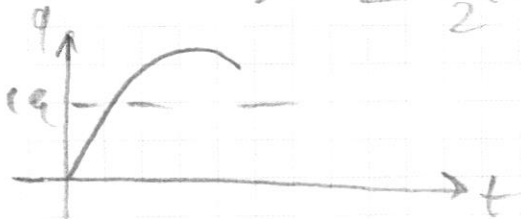
2)



$y \sim P$

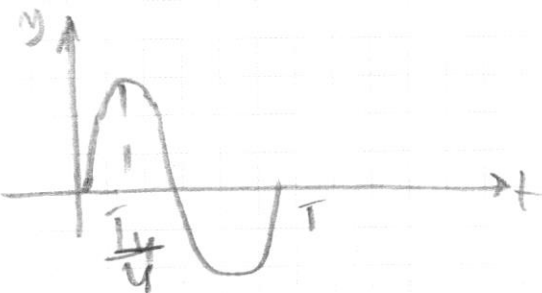


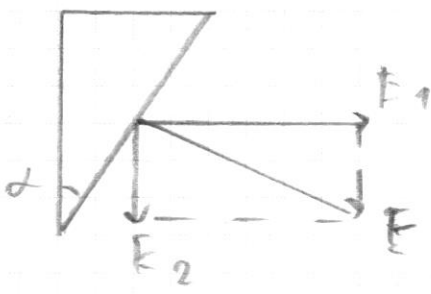
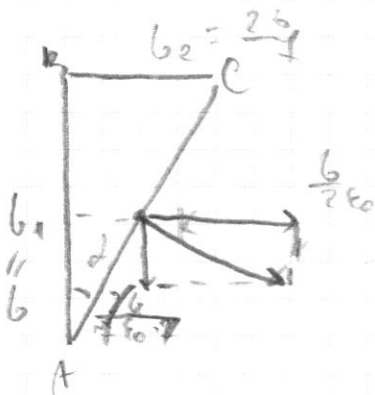
$$c q^2 = \frac{c q^2}{2} + \frac{4l y_{max}^2}{2} \Rightarrow y_{max} = \sqrt{\frac{c l^2}{4 l}}$$



$y \sim P$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{y_c - y}{\tau} = -\frac{y}{16\tau}$$





$$\frac{x}{D} = \frac{M_{C_1}}{M_{C_2}}$$

$$\rightarrow \frac{b}{3}$$

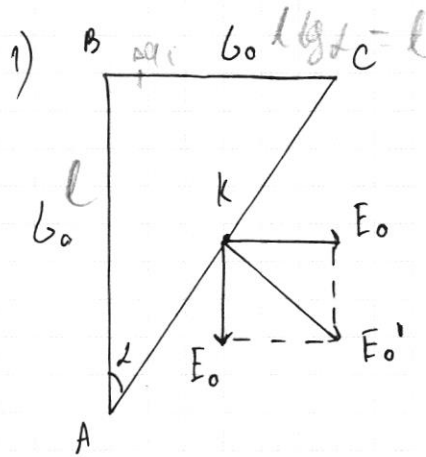


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

1) $\alpha = \frac{\pi}{4}$
 $\frac{E_0'}{E_0} = ?$

2)

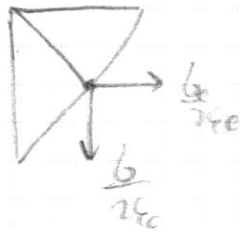


Пускай $b_0 > 0$

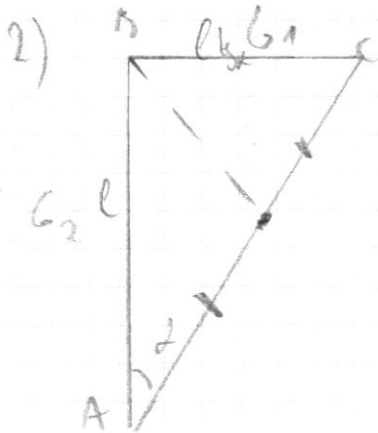
Т. к. ~~плоскости~~ плоскости
перпендикулярны, то $E_0 = \frac{b_0}{2\epsilon_0}$

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

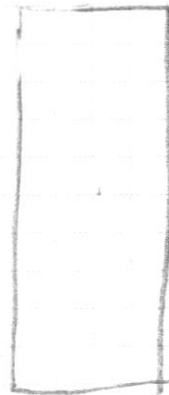
$$\frac{E_0'}{E_0} = \sqrt{2} \approx 1,4$$



$$\frac{E_0'}{E_0} = \sqrt{2} = 1,4$$



$$\frac{l}{\cos \alpha}$$



$$b_1 = \frac{a_1}{\alpha \cdot d \cdot g_k}$$

$$b_2 = \frac{q_0}{\alpha l}$$

$$E \cdot \alpha S = \frac{q_0 S}{\epsilon_0}$$