

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

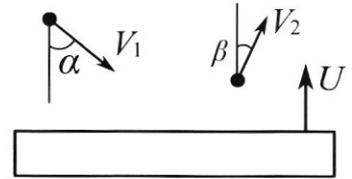
Класс 11

Вариант 11-02

Шифр

(заполняется секретарём)

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.

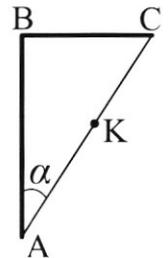


- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

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).

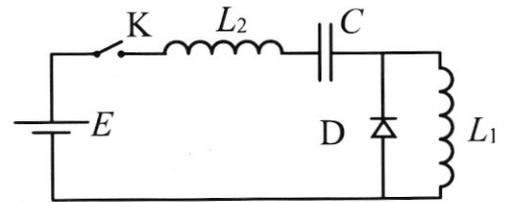
- 1) Найти отношение начальных объемов гелия и неона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал неон гелию?

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.



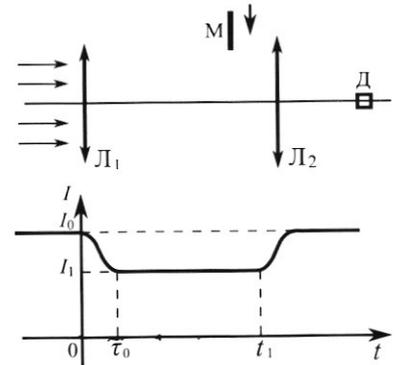
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно 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 К 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 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 $5F_0/4$ 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

Задача 1.

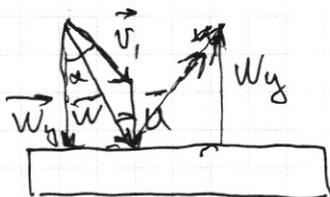
- 1) П.к. плита гладкая, то импульс на горизонтальную ось сохраняется \Rightarrow

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

$$v_2 = v_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 6 \cdot \frac{\frac{2}{3}}{\frac{1}{3}} = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

- 2) П.к. плита массивная её скорость после удара сохранилась.

В СО ПЛИТЫ:



$$W_y = v_1 \cos \alpha + u$$

после удара в СО плиты W_y останется такой же, тогда

$$\text{в ЛСО } W_y' = W_y + u = v_1 \cos \alpha + 2u$$

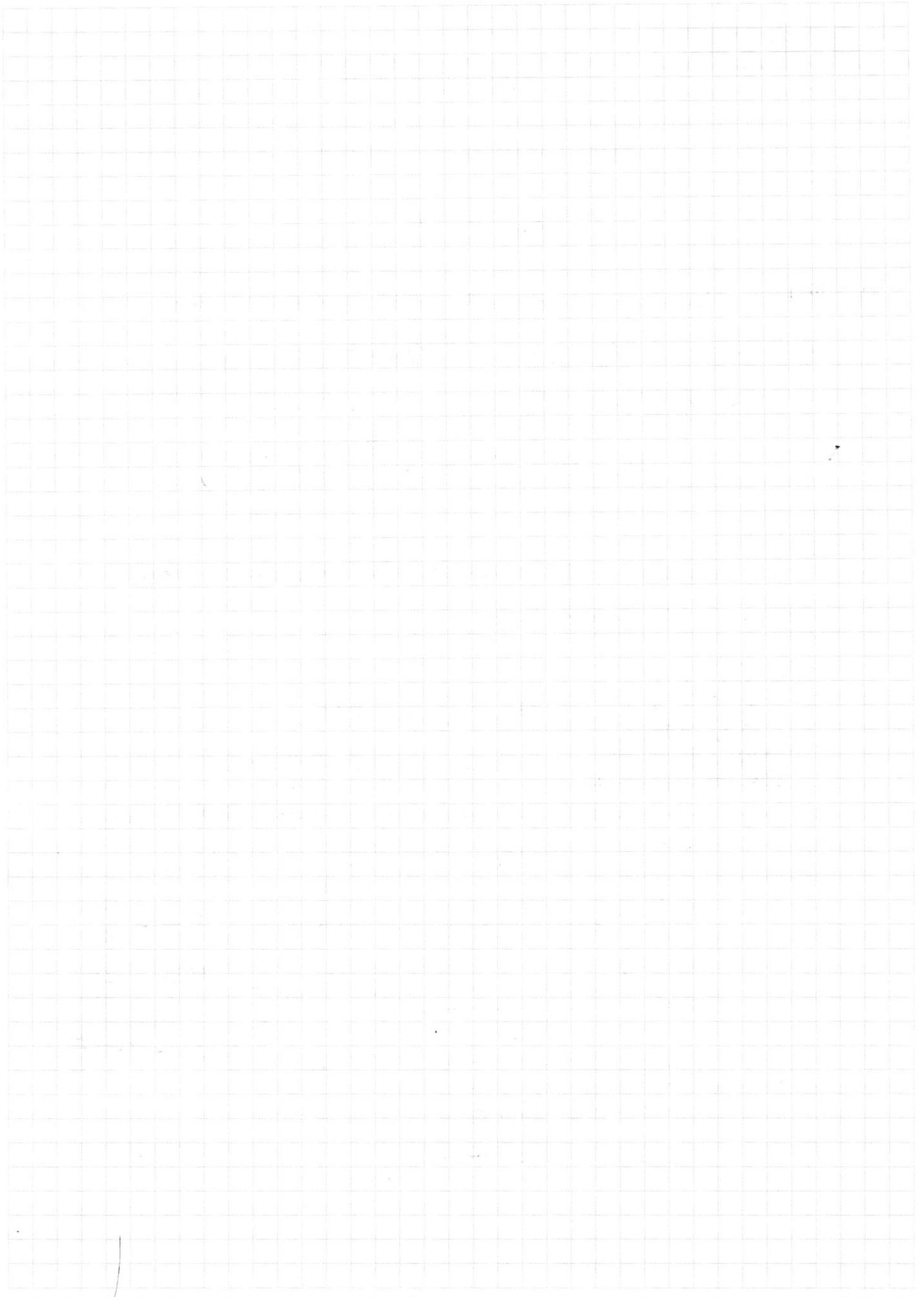
$$W_y' = v_2 \cos \beta = 2u + v_1 \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

$$u = \frac{v_2 \cos \beta - v_1 \cos \alpha}{2} = \frac{12 \cdot \frac{\sqrt{2}}{3} - 6 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3}}{2} = \frac{4\sqrt{2} - \sqrt{5}}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

$$u = (4\sqrt{2} - \sqrt{5}) \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

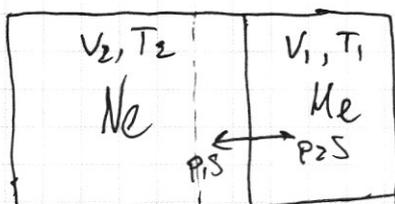


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2



1) давление слева и справа

одинаковое $p_1 S = p_2 S = p$:

$$pV_1 = \nu RT_1$$

$$pV_2 = \nu RT_2$$

$$\Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{330}{440} = \frac{3}{4}$$

2) $\Delta U_{Ne} + \Delta U_{He} = 0$, т.к. поршень проводим неизолирован

$$\frac{3}{2} \nu R T_2 + \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} \nu R T \cdot 2 \nu$$

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{440 + 330}{2} = 385 \text{ K}$$

$$3) \Delta U_{Ne} = \frac{3}{2} \nu R (T - T_2) = \frac{3}{2} \nu R \cdot \frac{T_1 - T_2}{2}$$

В конце объём слева и справа равен $\frac{V_1 + V_2}{2}$

$$A = p \left(\frac{V_1 + V_2}{2} - V_2 \right) = p \frac{V_1 - V_2}{2} = \frac{pV_1}{2} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) = \frac{pV_1}{2T_1} (T_1 - T_2) =$$

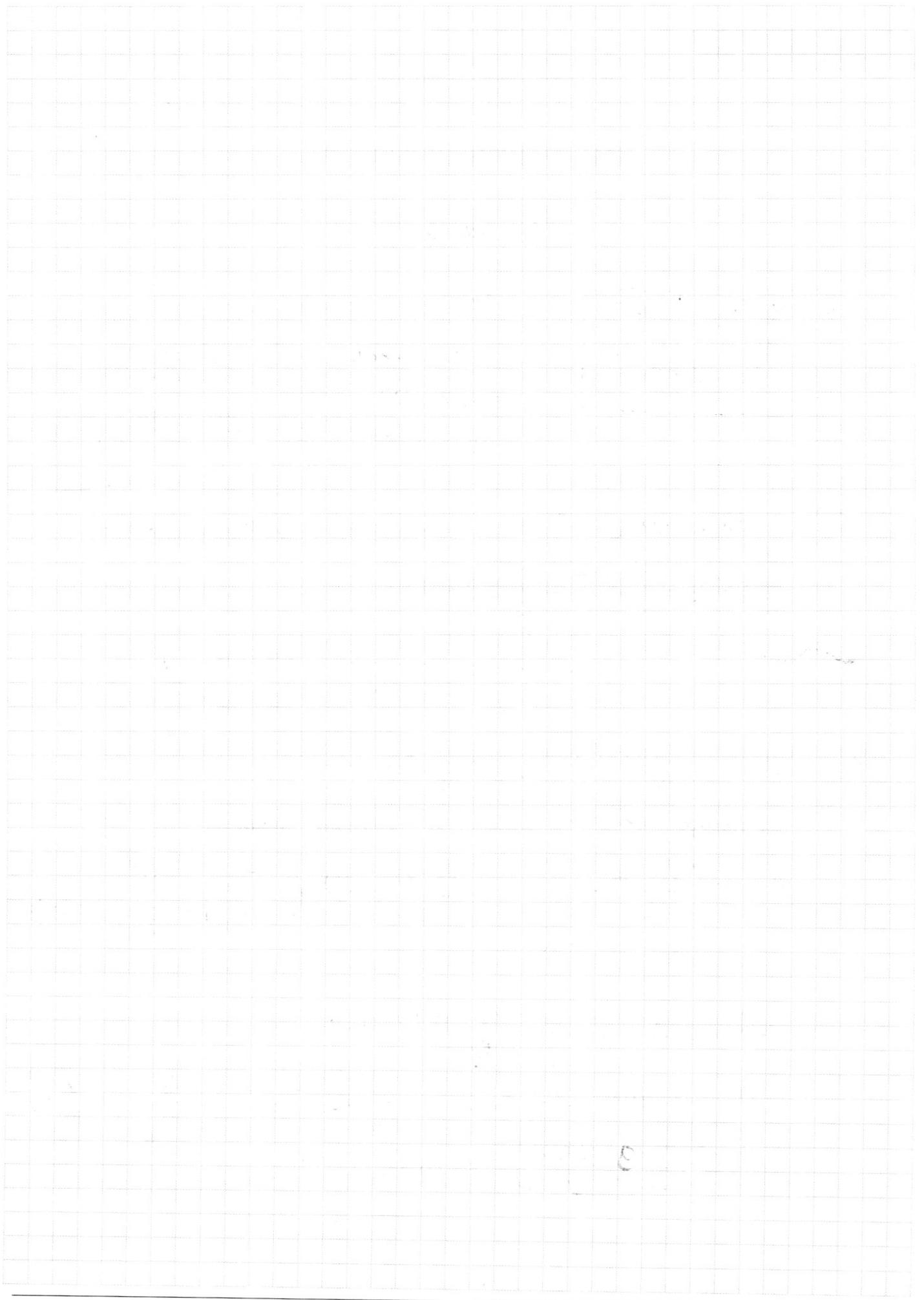
$$= \frac{\nu R}{2} (T_1 - T_2)$$

$$\Delta Q_{Ne} = A + \Delta U_{Ne} = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_2)$$

а передаст $Q = -\Delta Q_{Ne} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot \frac{110}{2} = 274 \text{ Дж}$

~~274 Дж~~

$$= 274 \text{ Дж}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3

1)

$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
 $E_1 = \frac{\sigma\sqrt{2}}{2\epsilon_0}$
 $E_2 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
 $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

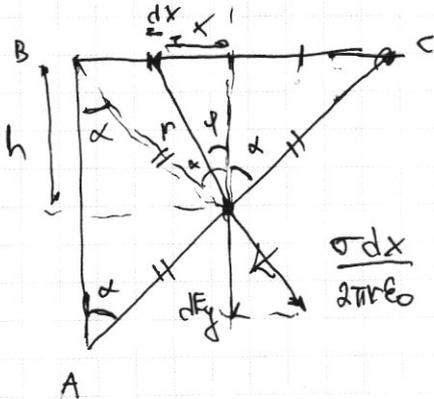
$E_K = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2\epsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{2\sigma}{\epsilon_0}\right)^2} = \frac{\sqrt{17}\sigma}{2\epsilon_0}$

$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

2)

$E_K = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2\epsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{2\sigma}{\epsilon_0}\right)^2} = \frac{\sqrt{17}\sigma}{2\epsilon_0}$

Задача 3.



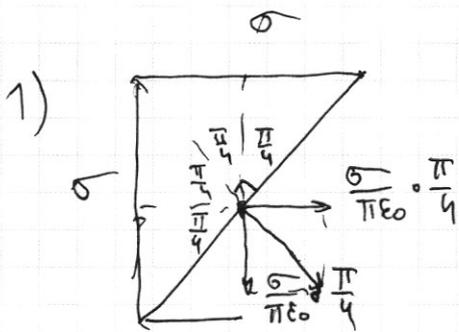
$$dE_y = \frac{\sigma dx}{2\pi r^2 \epsilon_0} \cos \varphi = \frac{\sigma h dx}{2\pi r^2 \epsilon_0} = \frac{\sigma h dx}{2\pi \epsilon_0 (h^2 + x^2)}$$

$$\int dE_x = 0 \text{ т.к. } i.k \text{ в } \text{середице}$$

$$dE_y = \frac{\sigma h dx}{2\pi \epsilon_0 (h^2 + h^2 \tan^2 \varphi)} \quad x = h \tan \varphi \quad dx = \frac{h d\varphi}{\cos^2 \varphi}$$

$$\int dE_y = \int \frac{\sigma}{2\pi \epsilon_0} d\varphi$$

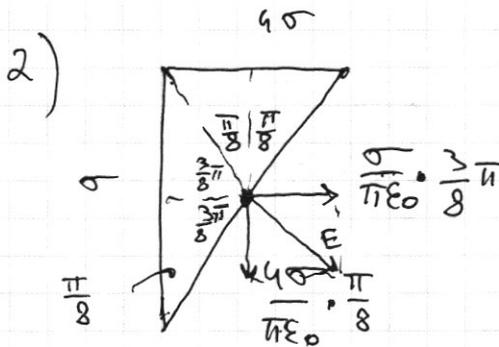
$$E_y = \frac{\sigma}{2\pi \epsilon_0}$$



$$E' = \frac{\sigma}{4\epsilon_0} \sqrt{2}$$

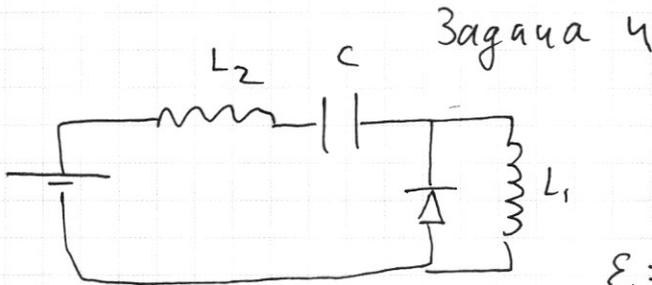
$$E_0 = \frac{\sigma}{4\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow \frac{E'}{E_0} = \sqrt{2}$$



$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \sqrt{\left(\frac{3}{8}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2} = \frac{5\sigma}{8\epsilon_0}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



В начале процесса

диод закрыт и тогда!

$$\varepsilon = \frac{q}{C} + (L_1 + L_2) \ddot{q}$$

$$\frac{\varepsilon}{L_1 + L_2} = \frac{q}{C(L_1 + L_2)} + \ddot{q}$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{C(L_1 + L_2)}}$$

$$q = \varepsilon C - \varepsilon C \cos \omega_1 t$$

$$\dot{q} = \varepsilon C \omega_1 \sin \omega_1 t$$

$$T = 2\pi \sqrt{C(L_1 + L_2)} = 2\pi \sqrt{5CL}$$

когда $\dot{q} = 0$ в этот момент диод открывается (и у него как-то будет напряжение) и соответственно максимальный ток через L_1 :

$$I_{01} = \varepsilon C \omega_1 = \varepsilon \sqrt{\frac{C}{L_1 + L_2}} = \varepsilon \sqrt{\frac{C}{5L}}$$

Но это не максимальный ток через L_2
случай когда диод открыт:

$$\varepsilon = \frac{q}{C} + L_2 \ddot{q}$$

$$\frac{\varepsilon}{L_2} = \frac{q}{CL_2} + \ddot{q}$$

$$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{CL_2}}$$

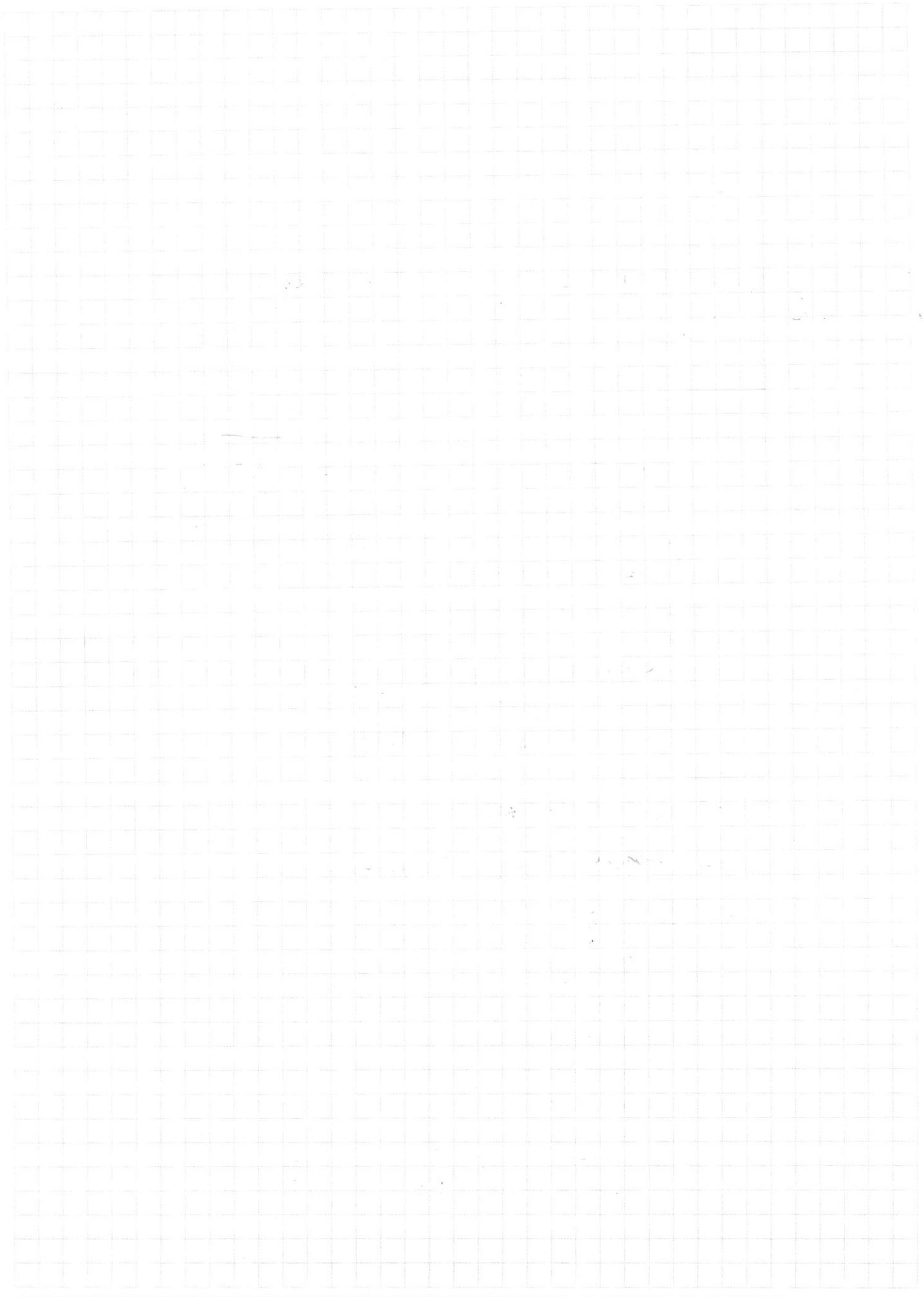
$$q = \varepsilon C - \varepsilon C \cos \omega_2 t$$

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

$$\dot{q} = \varepsilon C \omega_2 \sin \omega_2 t$$

∴

$$I_{02} = \varepsilon C \omega_2 = \varepsilon \sqrt{\frac{C}{L_2}} = \varepsilon \sqrt{\frac{C}{2L}}$$

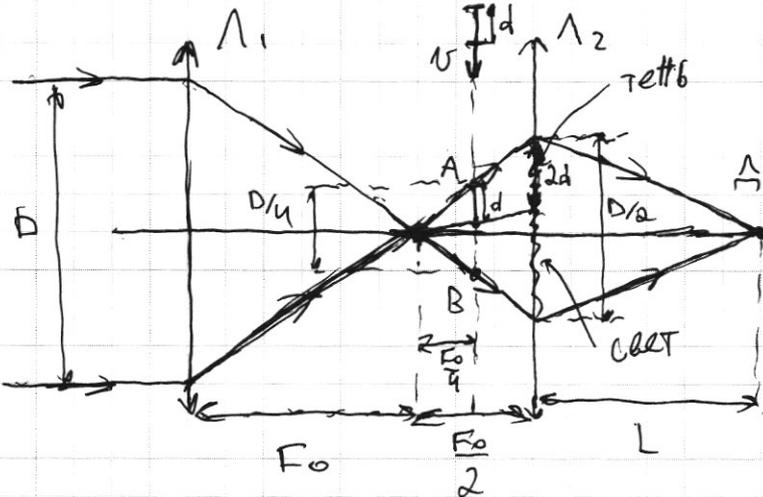


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 50



Параллельные лучи сходятся
в фокусе.

Точка пересечения в L_2
лучи должны сойтись
в A .

$$\text{ФТА: } \frac{3}{F_0} = \frac{2}{F_0} + \frac{1}{L}$$

$$\boxed{L = F_0}$$

$I = \alpha j S$, j - интенсивность света, S - его площадь

Самостоятельный график

- 1 участок - мишень не пересекает лучи
- 2 участок - мишень пересекает луч в т. А.
- 3 участок - мишень движется между А и В
- 4 участок мишень пересекает луч в т. В
- 5 участок - мишень не пересекает лучи.

d - диаметр мишени, тогда $\boxed{d = v t_0}$

$$v(t_1 - t_0) = \frac{D}{4} - d \Rightarrow v t_1 = \frac{D}{4} \Rightarrow \boxed{t_1 = \frac{D}{4v}}$$

$$I_0 = \alpha j \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 / 4$$

$$I_1 = \alpha j \frac{\pi \left(\left(\frac{D}{2}\right)^2 - d^2\right)}{4}$$

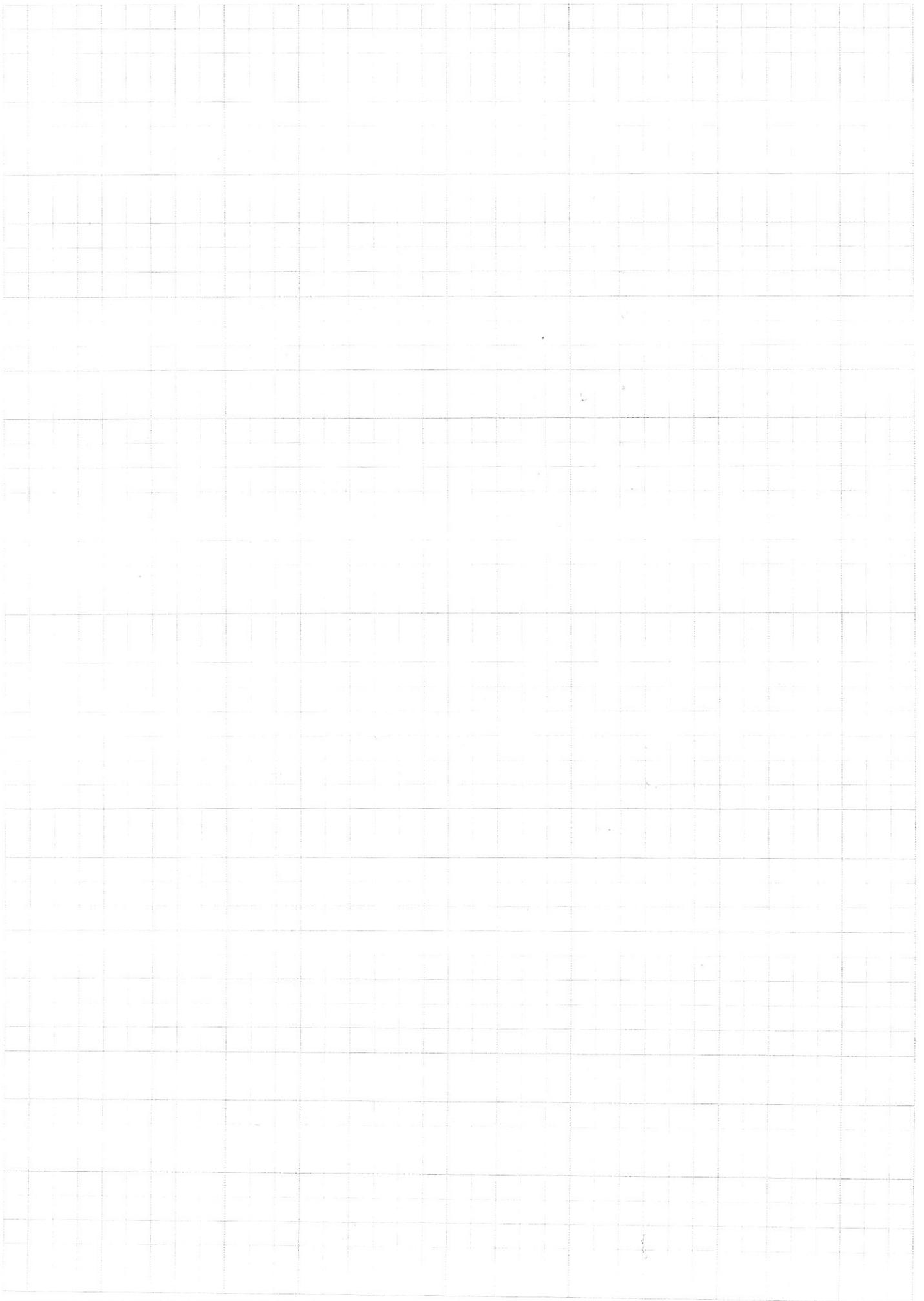
$$\Rightarrow \frac{I_0}{I_1} = \frac{\left(\frac{D}{2}\right)^2}{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - d^2} = \frac{9}{8}$$

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

$$\boxed{t_1 = \frac{D}{3v}}$$

$$\boxed{v = \frac{D}{12t_0}}$$

$$\boxed{d = \frac{D}{12}}$$



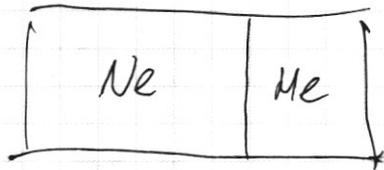
черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

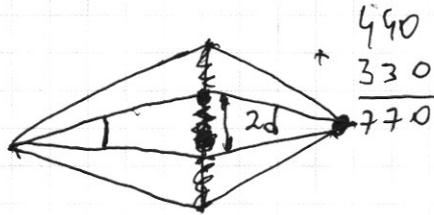


$$N_1 \cos \alpha + 2u = N_2 \cos \beta$$



$$Q_{ne} = A + \Delta U_{ne}$$

$$Q_{me} = -A + \Delta U_{me}$$



$$\begin{array}{r} 11 \\ 385 \\ \hline 395 \\ \hline 770 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 2 \\ 25 \\ \times 25 \\ \hline 125 \\ + 50 \\ \hline 625 \\ \hline 21 \\ \times 396 \\ \hline 831 \\ + 396 \\ \hline 1188 \end{array}$$

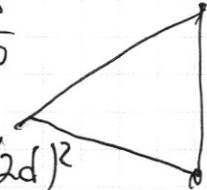
$$V_1 = \frac{3}{4} V_2$$

$$V_2 = \frac{4}{3} V_1$$

$$\left(\frac{D}{2}\right)^2 = 9 \cdot (2d)^2$$

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

$$\frac{D}{2} = \frac{18}{10}$$



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

$$110$$

$$\begin{array}{r} 3,2 + 1,2 \\ - \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 396 \\ \times 831 \\ \hline 336 \\ + 396 \\ \hline 320 \end{array}$$

8,8

$$\frac{18^9}{50} \cdot 25$$

$$\frac{9}{25} \cdot 22 \cdot 110 \cdot 8,31$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 396 \\ \hline 831 \\ + 396 \\ \hline 8 \end{array}$$

$$1,8 \cdot 22 = 8,31$$

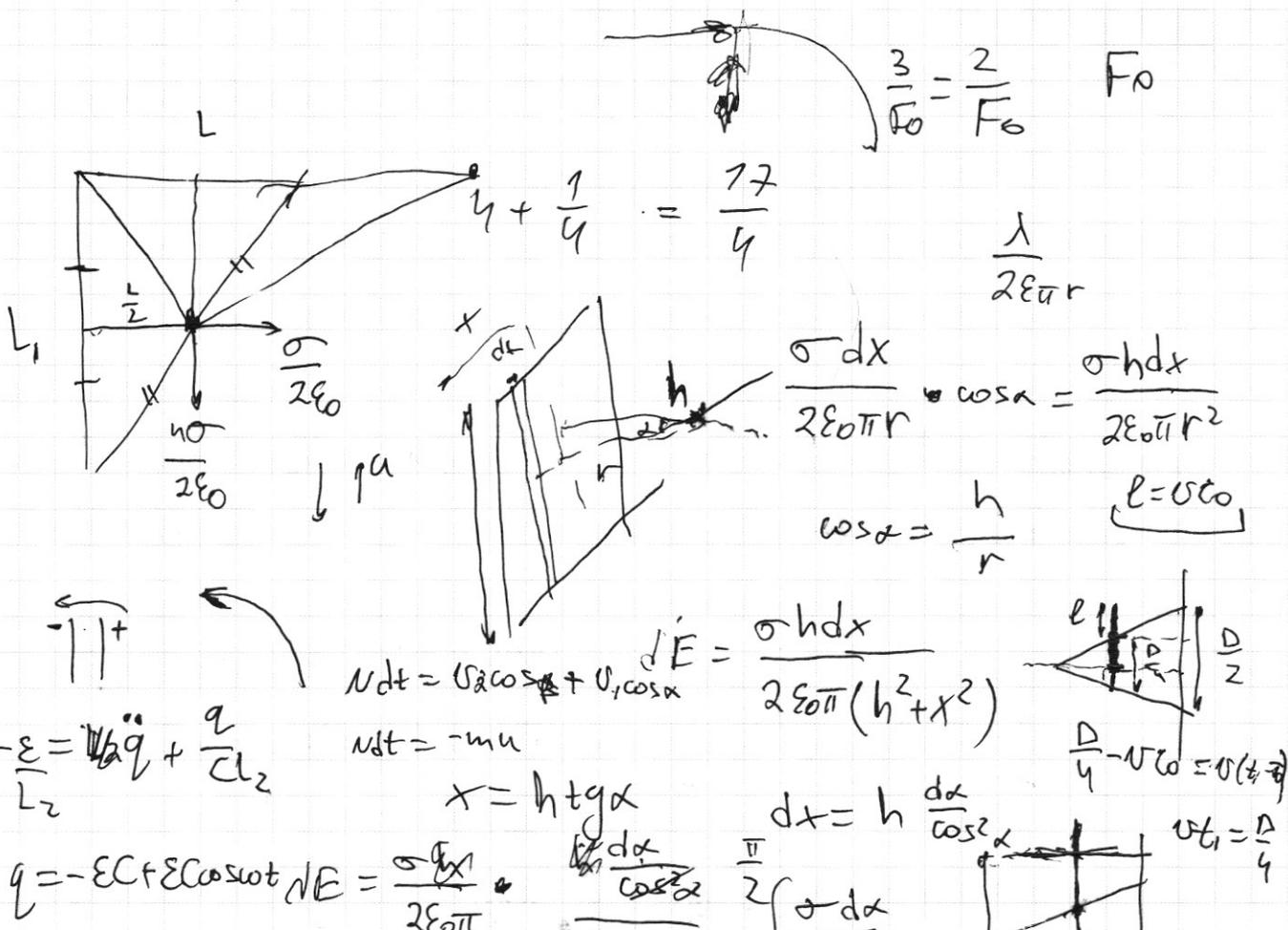
$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 22 \\ \hline 18 \\ + 176 \\ \hline 396 \end{array}$$

$$39,6 \cdot 8,31$$

$$40 \cdot 8$$

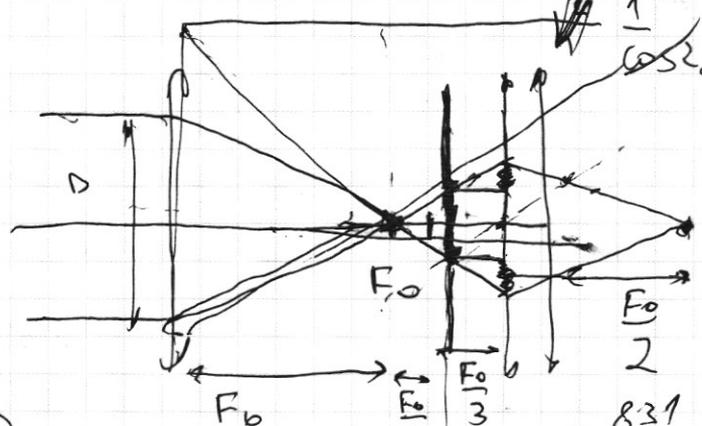
$$2 \cdot 40 - 80,4 + 0,3 \cdot 40 - 0,3 \cdot 0,4$$

$$(8+0,3)(40-0,4)$$



$-\frac{\epsilon}{L_2} = \frac{1}{2} \ddot{q} + \frac{q}{C L_2}$

$q = -\epsilon C + \epsilon C \cos \omega t$
 $dE = \frac{\sigma \epsilon x}{2\epsilon_0 \pi}$



$I = \alpha \dot{I} S$
 $\frac{1}{F_0} + \frac{1}{f} = \frac{7}{F_0}$
 $\frac{f_0}{2}$

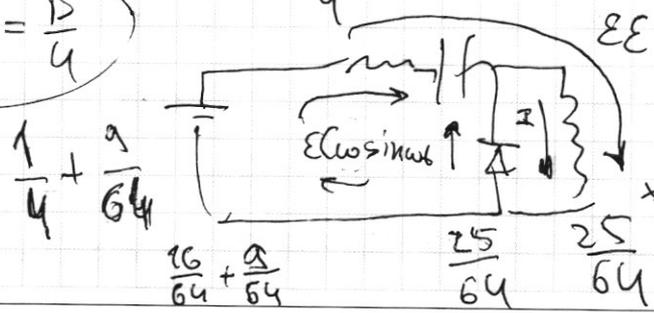
$v = \frac{D}{4 \omega}$

$\frac{D}{F_0} = \frac{v(t_1 - t_0)}{\frac{F_0}{4}}$

$v(t_1 - t_0) = \frac{D}{4}$

$\alpha \dot{I} \left(\frac{D}{2}\right)^2$
 $\dot{I} \left(\frac{D^2}{2}\right)$
 $\frac{1}{\sqrt{(L_1 + L_2) C}}$

$\omega t_0 = \frac{D}{4}$



$\epsilon \epsilon = q \left[\epsilon C - \epsilon C \cos \omega t \right]$

$\dot{q} = \epsilon C \omega \sin \omega t$

$\frac{1}{4} + \frac{q}{64}$

$\frac{16}{64} + \frac{q}{64}$

$\frac{25}{64}$

$\frac{25}{64}$

$\frac{2}{4} + \frac{3}{4} = \frac{5}{4}$