

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

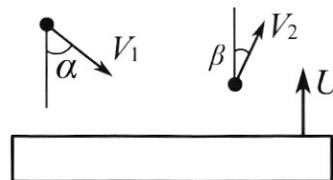
Класс 11

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.

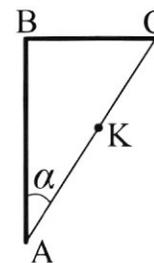
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия $T_1 = 330$ 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?

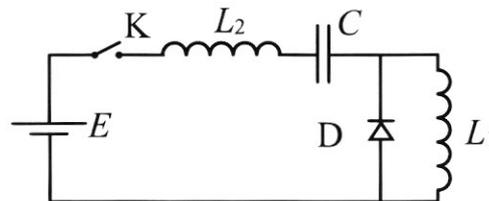
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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 K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2 .

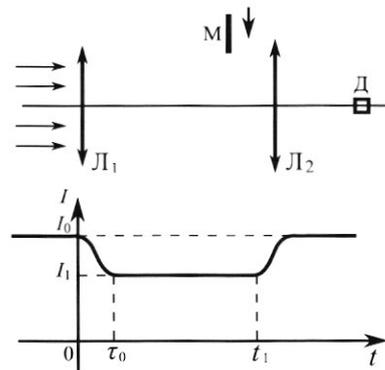


1) Найти период T этих колебаний.

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). $I_1 = 8I_0/9$.



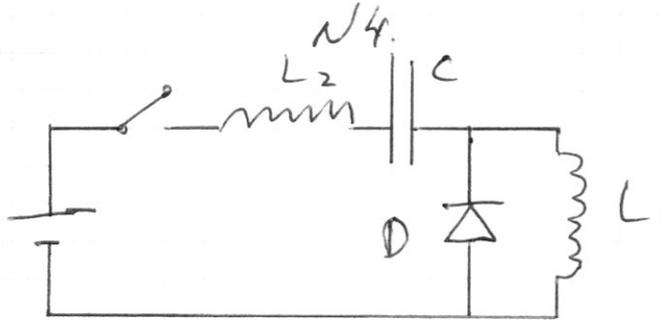
1) Найти расстояние между линзой L_2 и фотодетектором.

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

Известными считать величины F_0 , D , τ_0 .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:
 $E; L_2 = 2L$
 $L_1 = 3L; C$



① T - ?

① $T = 2\pi \sqrt{LC}$

② I_{01} - ?

~~$L = L_1 + L_2$~~

③ I_{02} - ?

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

Колебания наблюдаются только в L_2

$T = 2\pi \sqrt{L_2 C}$

Ответ 4:

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

② t_1 - момент времени когда только замыкают ключ.

$W_H = 0$ т.к. конденсатор не заряжен и через катушки не идет ток.

t_2 - момент когда через L_1 - I_{02}

$$W_2 = \frac{CE^2}{2} + \frac{L_2 I_{01}^2}{2} + \frac{L_1 I_{01}^2}{2}$$

$W_2 - W_H = W_{ист}$

$W_{ист} = CE^2$

$$CE^2 = \frac{CE^2}{2} + \frac{I_{01}^2}{2} (L_2 + L_1)$$

Ответ 2: $I_{01} = \sqrt{\frac{CE^2}{5L}}$

Дано 2

$I_{01} = \sqrt{\frac{CE^2}{L_2 + L_1}}$

③ t_3 - момент когда через L_2 - I_{02} .

$$W_3 = \frac{CE^2}{2} + \frac{L_2 I_{02}^2}{2}$$

(из-за Δ когда

ток через катушку L_1 - не счёт)

$$W_3 - W_4 = A_{\text{ист}}$$

$$A_{\text{ист}} = CE^2$$

$$CE^2 = \frac{CE^2}{2} + \frac{L_2 I_{02}^2}{2}$$

$$I_{02} = \sqrt{\frac{CE^2}{L_2}}$$

Ответ: $I_{02} = \sqrt{\frac{CE^2}{2L}}$

Дано:

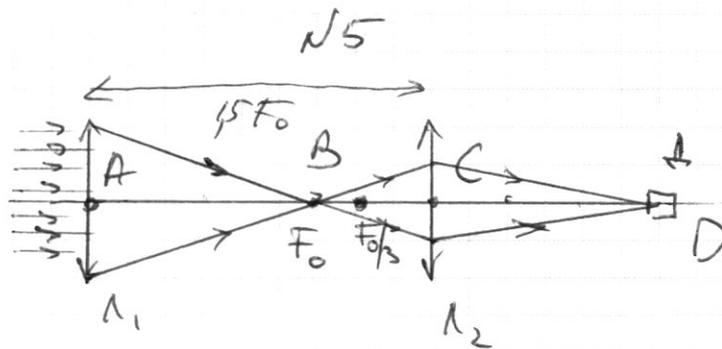
$$F_1 = F_0; D$$

$$F_2 = F_0/3$$

$$l(\Lambda_1; \Lambda_2) = 1.5 F_0$$

$$l(M; \Lambda_1) = \frac{5}{4} F_0$$

$$t_1 = \frac{8}{9} I_0$$



① Т.ч. в Λ_1 входят лучи \parallel Г.О.О.
то они собираются в фокусе (см.р.) F_0 (Точка B)
по гр. Фокаль омигот.

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

$$\frac{1}{F_0/3} = \frac{1}{F_0/2} + \frac{1}{f}$$

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

$f = F_0$

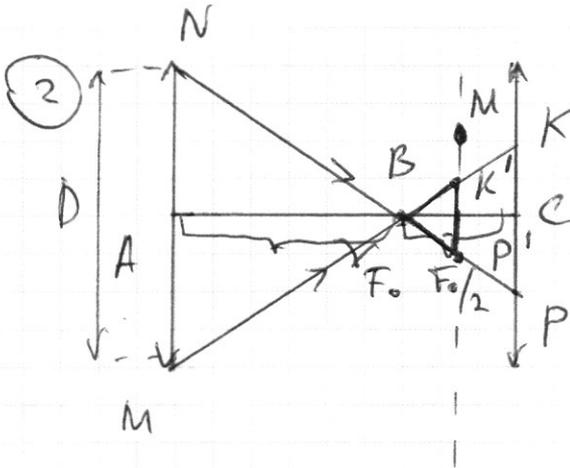
Ответ

① $F(\Lambda_2; D) - ?$

② $V - ?$

③ $t_1 - ?$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



ΔNBM \sim $\Delta P BK$
по 2-ым углам
($\angle N M K = \angle M K P$)
($\angle M K N = \angle P B K$)

$$\frac{AB}{BC} = \frac{MN}{KP}$$

$$\frac{AB}{BC} = 2 \quad MN = D$$

$$KP = \frac{D}{2}$$

$\Delta B K' P' \sim \Delta B K P$

$\Delta B K' P' \sim \Delta B K P$
по 2-ым углам

$$k = 2 \Rightarrow K' P' = \frac{1}{2} K P = \frac{D}{4}$$

за время t_0 мишень полностью вошла в
пушку, при этом интенсивность увеличилась
на $\frac{1}{9} \rightarrow$ значит мишень зашла $\frac{1}{9}$ от
здесь пушка

$$V = \frac{S_0}{\Delta t}$$

$$\Delta t = t_0$$

$$S_0 = \frac{D/4}{t_0} = \frac{D}{4t_0}$$

$$V = \frac{D}{36t_0}$$

Ответ: $\frac{D}{36t_0}$

(3) $t_1 = \frac{S}{V}$ Ответ

$$S = \frac{D}{4}$$

$$V = \frac{D}{36t_0}$$

$$t_1 = 9t_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

Дано:

$$v_1 = 6 \text{ м/с}$$

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

$$\sin \beta = \frac{1}{3}$$

① $v_2 = ?$

② $u_{\text{max}} = ?$

①

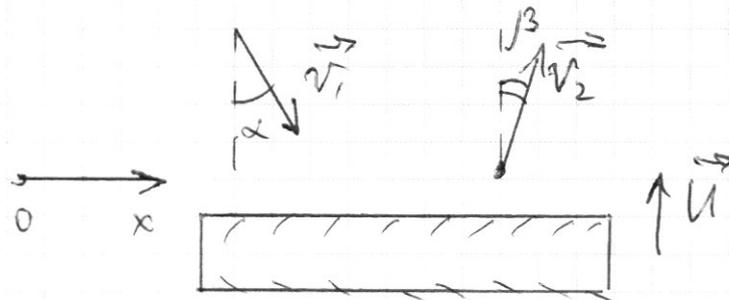
т.к. $M \gg m$

то после соударения

скорость плиты не изменится

т.к. $\vec{p} \rightarrow 0$ по закону
ЗСЧ:

$$m\vec{v}_1 + M\vec{u} = m\vec{v}_2 + M\vec{u}$$



найти

$$mv_1 \sin \alpha = mv_2 \sin \beta$$

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

Ответ $v_2 = 2v_1$

① $v_2 = 12 \text{ м/с}$

②

Точная скорость
возможна

если $u \leq v_2 \cdot \cos \beta$

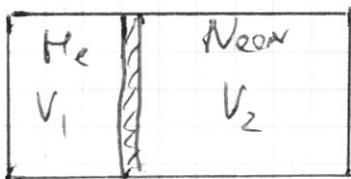
$$\cos \beta = \frac{2\sqrt{2}}{3} \quad \text{Ответ}$$

$$u \leq 8\sqrt{2} \text{ м/с}$$

N₂.

Дано:

- $T_1 = 330\text{K}$
- $T_2 = 440\text{K}$
- $\nu = \frac{1}{2} \text{ моль}$
- $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$



t_1 - момент когда температуры только начал переходить

- ① $\frac{V_1}{V_2} = ?$
- ② $T = ?$
- ③ $Q_1 = ?$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

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

т.к. изменение V и T происходит медленно то в каждый момент времени $p_1 = p_2$

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

Ответ

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{330\text{K}}{440\text{K}} = \frac{3}{4}$$

②

$$Q_{He} = A_1 + \Delta U_{He}$$

$$Q_{Ne} = A_2 + \Delta U_{Ne}$$

т.к. система теплоизолирована

$$Q_{He} = Q_{Ne}$$

$$A_1 + \Delta U_{He} = A_2 + \Delta U_{Ne}$$

$$|A_1| = |A_2|$$

то

$$\Delta U_{He} = \Delta U_{Ne}$$

$$\frac{1}{2} \nu R \Delta T_{He} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{Ne}$$

$$\frac{1}{2} \nu R (T_2 - T) = \frac{1}{2} \nu R (T - T_1)$$

$$T_2 - T = T - T_1$$

$$T_2 + T_1 = 2T$$

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

$$T = 385\text{K}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Т.к. $p = \text{const}$ на протяжении всего процесса

$$\text{то } Q_{23} = C_p \nu \Delta T_{23}$$

$$Q_{23} = \frac{i+2}{2} R \nu (T_2 - T_3)$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \cdot 8,31 \cdot \frac{8^3}{257} \cdot 55 \text{ "}$$

Ответ

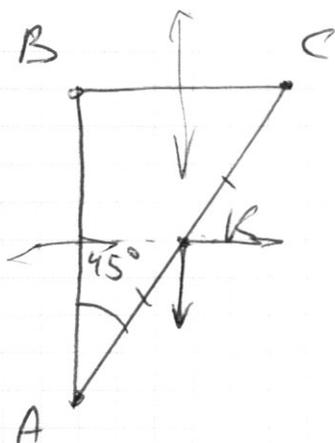
$$Q_{23} = 274,23 \text{ Дж}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$E_1 = \frac{q}{2\epsilon_0 S}$$

$$12 = \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

$$E_2 = \frac{q}{2\epsilon_0 S}$$

$$4 \cdot 2\sqrt{2}$$

$$8\sqrt{2}$$

$$|E_1| = |E_2|$$

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

$$\boxed{8\sqrt{2}}$$

$$E_1 = \frac{4q}{2\epsilon_0 S}$$

$$\frac{\frac{q}{4}}{\frac{q}{36\epsilon_0}}$$

$\frac{q}{4}$
 $\frac{q}{36\epsilon_0}$
 $\frac{36\epsilon_0}{4}$
 $\frac{9\epsilon_0}{1}$

$$E_2 = \frac{q}{2\epsilon_0 S}$$

$$\frac{36\epsilon_0}{4}$$

$$E = \sqrt{4x^2 + \frac{1}{4}x^2} = \frac{\sqrt{17}}{2} \frac{q}{\epsilon_0 S}$$

$$m(v_1 \cdot \cos \alpha + u) = -m v_2 \cdot \cos \alpha$$

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

$$v_2 = \frac{v_1 \cdot \cos \alpha + u}{\cos \beta}$$

$$+ u = \frac{v_1 \cdot \cos \alpha + u}{\cos \beta}$$

$$+ u \cos \beta = v_1 \cdot \cos \alpha + u$$

$$u \cos \beta - u = v_1 \cdot \cos \alpha$$

$$u(\cos \beta - 1) = v_1 \cdot \cos \alpha$$

$$m \vec{v}_1 + M u = M u + m \vec{v}_2$$

mmmm

$$d + 2d - d - d$$

$$0 = \lambda^{\Delta} (d - 2d) - \lambda^{\Delta} (d - d)$$

λ^{Δ}

$$\frac{2}{3} k T_1 - \frac{2}{3} k T_2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\cos 2\alpha = \sqrt{1 - \frac{a}{g}} =$$

№1.

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

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



$$m_1 \vec{v}_1 = m_2 \vec{v}_2 + m_1 \vec{v}_1$$

$$m_1 \vec{v}_1 = m_2 \vec{v}_2$$

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_2$$

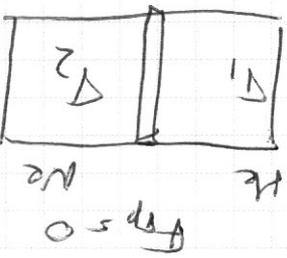
на OX :

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

на OY :

$$-v_1 \cdot \cos \alpha = v_2 \cdot \cos \beta$$

$$v_2 = \frac{v_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1 \cdot \frac{2}{3}}{\frac{1}{3}} = 2v_1$$



$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

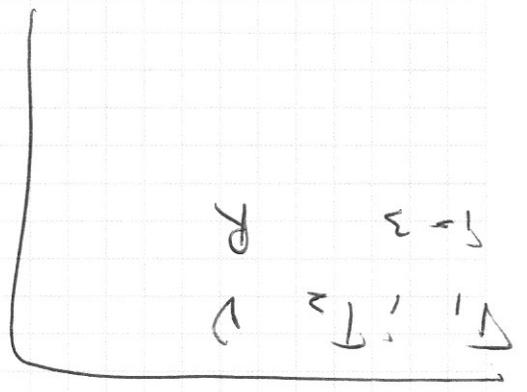
$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$p V_1 = \nu R T$$

$$p V_2 = \nu R T$$

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

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



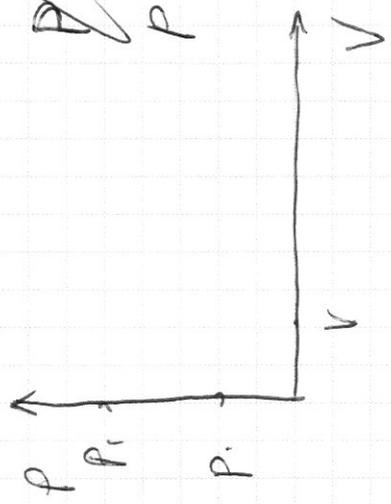
$$\frac{1}{2} \nu R \Delta T = \dots$$

$$\theta_{1,2}$$

$$\theta_1 = A + \nu U$$

$$\nu U = \frac{3}{2} \nu R T$$

$$\theta_2 = \nu p \Delta V$$



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

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

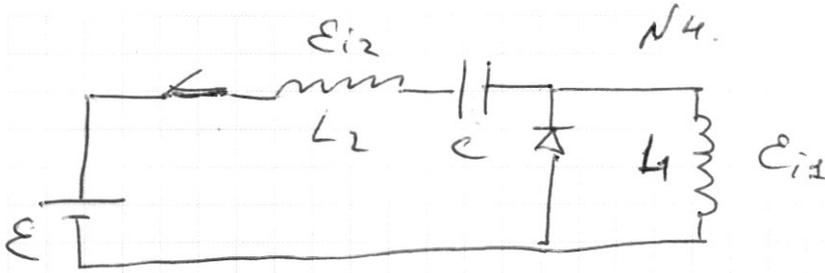
$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$2 T_1 = T_2 + T_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$E_{12} = L_1 \dot{I}$$

$$E_{21} = L_2 \dot{I}$$

$$\downarrow + \uparrow$$

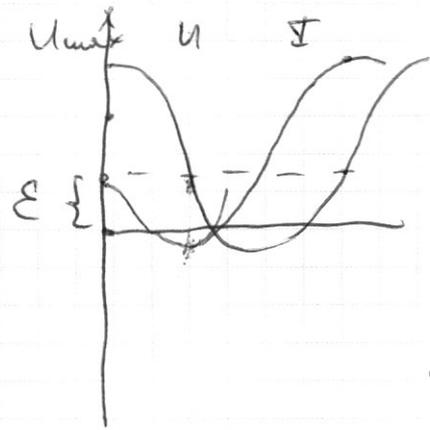
$$E = (L_1 + L_2) \dot{I}$$

$$W_H = 0$$

При $I_{01} \text{ max}$ $E_{i1} = 0$

$$W_K = \frac{L_2 I_{01}^2}{2} + \frac{C E^2}{2} + \frac{L_1 I_{01}^2}{2}$$

$$A_{\text{max}} = E(\phi C E - 0)$$



$$\frac{C E^2}{2} = (L_2 + L_1) \frac{I_{01}^2}{2}$$

$$C E^2 = (L_2 + L_1) I_{01}^2$$

$$\frac{C E^2}{2} = \frac{L I^2}{2}$$

$$I_{01} = \sqrt{\frac{C E^2}{L_2 + L_1}}$$

$$C E^2 = L I^2$$

$$\frac{L I^2}{C} = \frac{L I^2}{C}$$

$$I = C U + \frac{E}{L} = L I$$

$$C U = \frac{C}{R} I$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

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

$$\Delta t = \frac{LC}{R} \Rightarrow \Delta t = I_0 t$$

$$\Delta t = RC$$

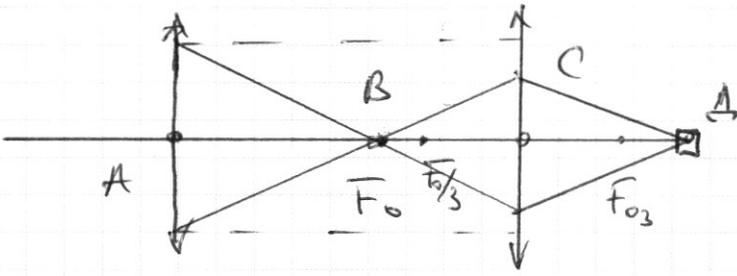
$$\frac{L}{\Delta t} = R \Rightarrow R = \frac{\Delta t}{C}$$

$$I = C U$$

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

$$I = \frac{L}{\Delta t} \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{L}{\Delta t} \frac{C}{\Delta t}$$

№5.

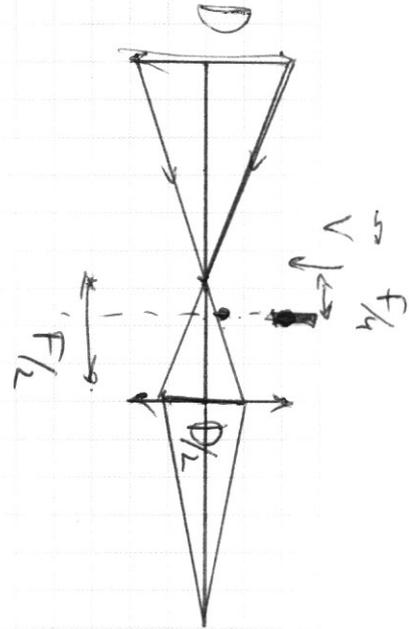


$AB \parallel CD$
 $BC = \frac{1}{2} AB$

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

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

① F_0



②

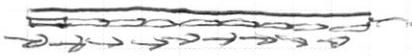
440
 - 385

 55

$\frac{2}{1} = \frac{2}{f}$

$\sqrt{= \frac{D/4}{1-f_0}}$

$\frac{D/4}{2} = \frac{F}{4}$



8,31
 33
 2483
 24933
 274,25

$d_0 \sim$

$\sqrt{= \frac{D/56}{f_0}}$

$\frac{CE^2}{2} + \frac{L_2 I_{02}^2}{2}$

$\frac{CE^2}{2} = \frac{L_2 I_{02}^2}{2}$

$\frac{D^2 E^2}{f^2}$