

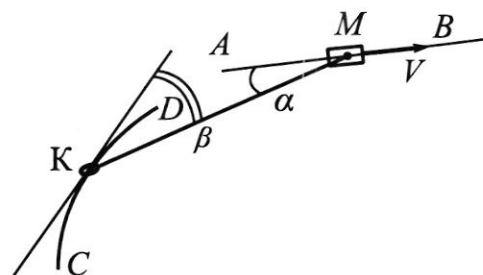
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло

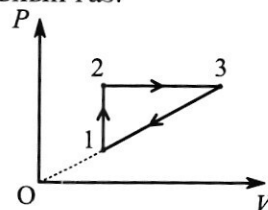
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

- 1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило повышение температуры газа.
- 2) Найти в изобарном процессе отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



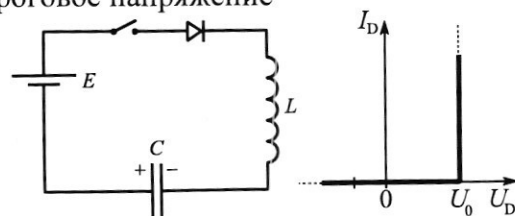
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со

скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

- 1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

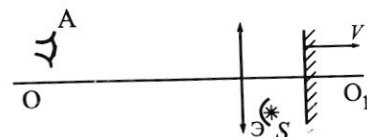
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.



- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ от линзы.

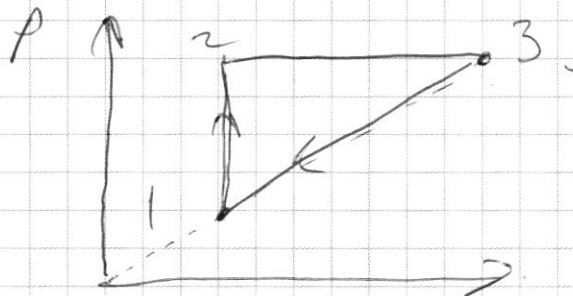


- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
- 2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- 3) Найти скорость изображения в этот момент.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

Дано



1)

для 1-2, $V = \text{const}$ $\circ$ $Q_{12} = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T$
 для 2-3, $P = \text{const}$ $\circ$ $Q_{23} = \frac{5}{2} \gamma R \Delta T$
 для 3-1 $\circ$ $\Delta T < 0$
 $P = \alpha V \Rightarrow P \downarrow \rightarrow V \downarrow$
 $\gamma R T = P V$
 $T \downarrow$

$$\frac{Q_{12}}{Q_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \gamma R \Delta T}{\frac{5}{2} \gamma R \Delta T} = \frac{3}{5} = \frac{C_V}{C_P}$$

$$\frac{3}{5} = \frac{C_{12}}{C_{23}}$$

внутренняя
Д
П

2)

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T + P \Delta V = \left(\frac{3}{2} P \Delta V \right) + (P \Delta V)$$

$$\frac{\Delta U}{A} = \frac{3}{2}$$

3)

$$\eta = \frac{A}{Q_+}$$

Р

для 1-3: $P = \alpha V$

$$A_{13} = \int_{V_3}^{V_1} P \Delta V = \int_{V_3}^{V_1} \alpha V \Delta V =$$

$$= \frac{\alpha}{2} V^2 \Big|_{V_3}^{V_1} = \frac{\alpha}{2} (V_1^2 - V_3^2)$$

$$A = A_{31} + A_{23} = \frac{\alpha}{2} (V_1^2 - V_3^2) + \alpha V_3 (V_3 - V_1)$$

$$Q_+ = Q_{12} + Q_{23} = Q_{12} + \frac{3}{5} Q_{23} = \frac{8}{5} Q_{23}$$

$$Q_{23} = A_{23} + \frac{3}{2} A_{23} = \frac{5}{2} A_{23} = \frac{5}{2} \alpha V_3 (V_1 - V_3)$$

$$\eta = \frac{(V_3 - V_1) \alpha (V_3 - (V_1 + V_3) \cdot \frac{1}{2})}{\frac{8}{5} \cdot \frac{5}{2} \alpha V_3 (V_3 - V_1)}$$

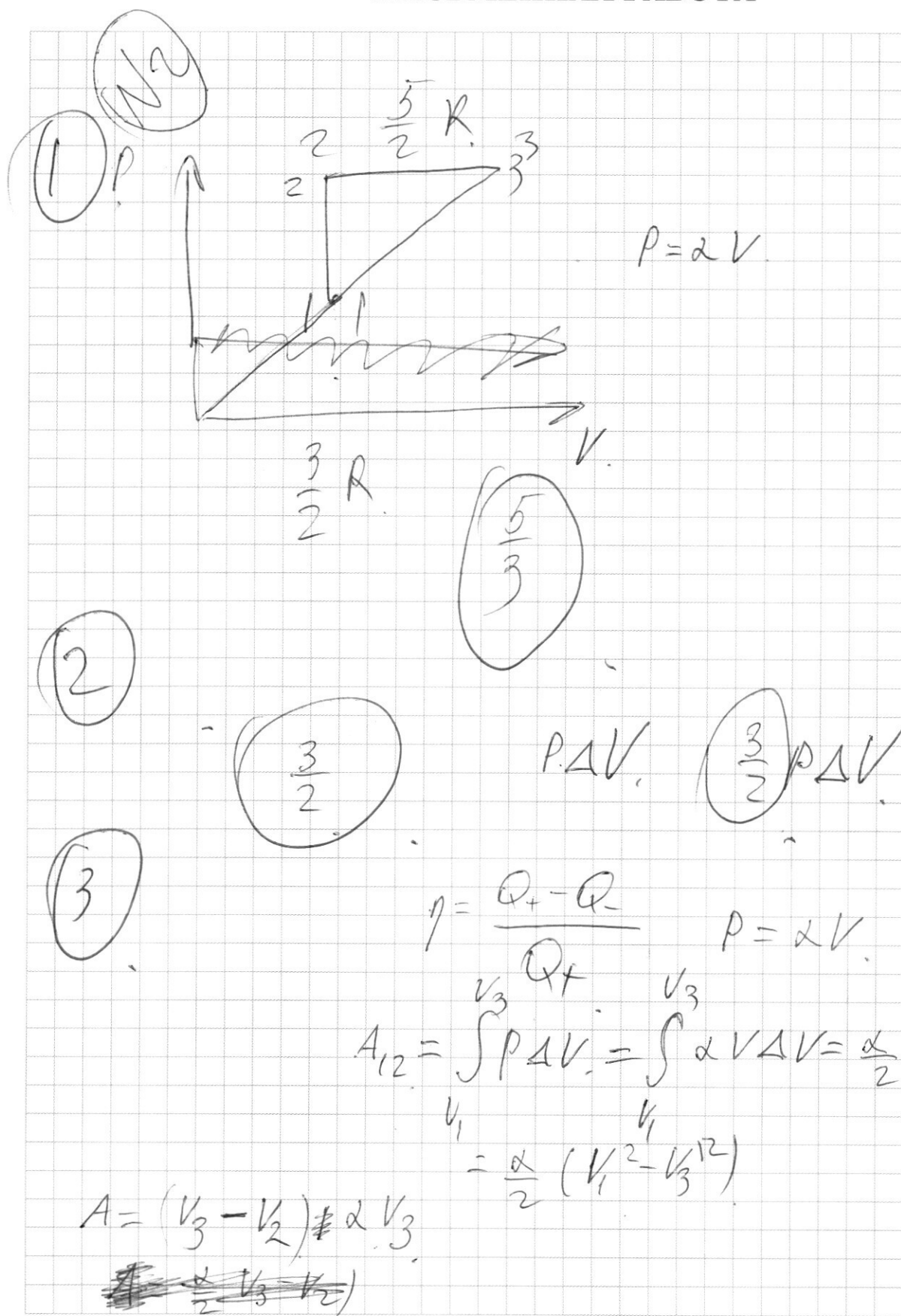
$$= \frac{\frac{1}{4} \left(\frac{V_3}{2} - \frac{V_1}{2} \right)}{V_3} = \frac{1}{8} \left(1 - \frac{V_1}{2V_3} \right) = \frac{1}{8} \quad \text{при } \frac{V_1}{V_3} \rightarrow 0$$

$$\eta = \frac{1}{8}$$

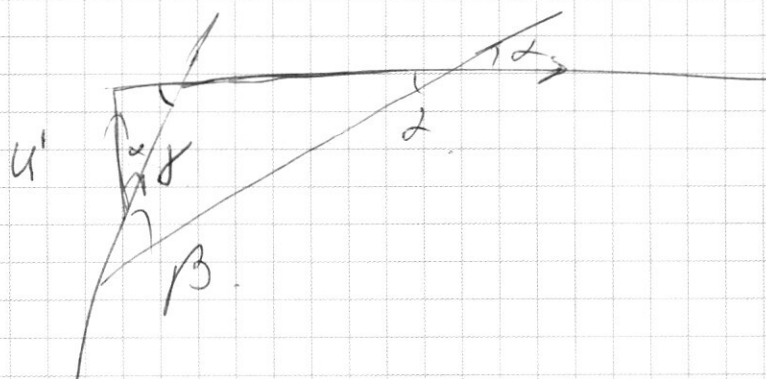
Ответ: $\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5}, \frac{\Delta U}{A} = \frac{3}{2},$

$$\eta = \frac{1}{8} = 0,125$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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



$$\frac{\Delta f}{f^2} + \frac{\Delta d}{d^2} = \frac{13}{85}$$

$$\frac{85^2 - 13^2}{85^2} = \frac{(85-13)(85+13)}{85^2} = \frac{72 \cdot 98}{85^2}$$

$$\Delta y = \frac{\Delta f}{\Delta d}$$

$$12 \cdot 4 = 40 + 14$$

$$16 + 25 = 41$$

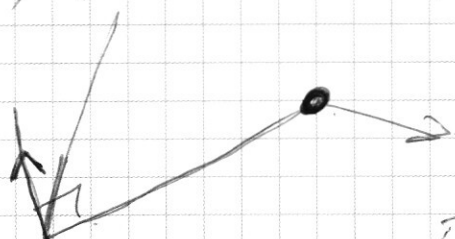
$$f = \frac{f}{d}$$

$$\frac{125^2 - 84^2}{125^2} = \frac{(125-84)(125+84)}{125^2} = \frac{41 \cdot 209}{125^2}$$

$$125$$

$$56$$

$$2B$$



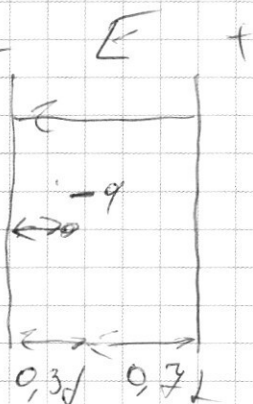
$$56$$

$$16 \cdot 6 = \sqrt{96}$$

$$28$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3



направление $\rightarrow$

летит $\oplus$ заряд

$$Eq = F$$

$$Eq = ma$$

$$a = \frac{Eq}{m} - \text{равноускоренное}$$

$$a = Ex$$

$$2as = v_1^2$$

$$2Ex \cdot 0.71 = v_1^2$$

$$Ex = \frac{v_1^2}{1.42} = a$$

$$0.21 = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{0.42}{a} = \frac{0.42 \cdot 1.42}{v_1^2}$$

$$= \frac{0.5924}{v_1^2} \cdot 0.56$$

$$t = \frac{1}{v_1} \sqrt{0.36} \cdot 10^{-1}$$

2) Теорема Гаусса для 1-й поверхности $\varepsilon = 1$ ф.к. вакуума

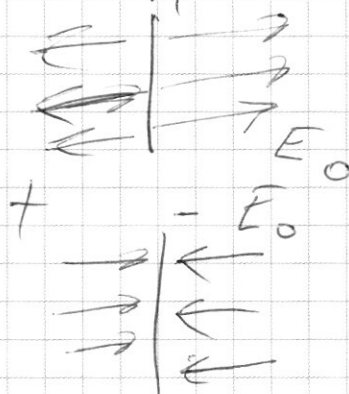


$$2E_0 \cdot S = \frac{Q}{\varepsilon_0 \varepsilon}$$

$E = 2E_0$ — Т.к поле от двух пластин
с к Ag и ваются

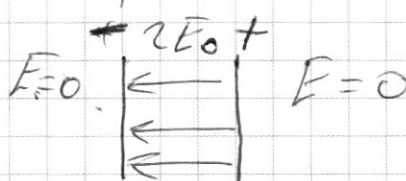
$$ES E_0 = Q$$

$$Q = \frac{V_1^2 S \epsilon_0}{1,418}$$



3) $V_2 = V_1$

То К. поле внешнее не
вмк конденсера



а значит и слышит!

Ответ: $t = 10,56 \cdot \frac{d}{V_1} \cdot \frac{V_1^2 S \epsilon_0}{1,418} \cdot V_2 = V_1$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 4.

Дано.

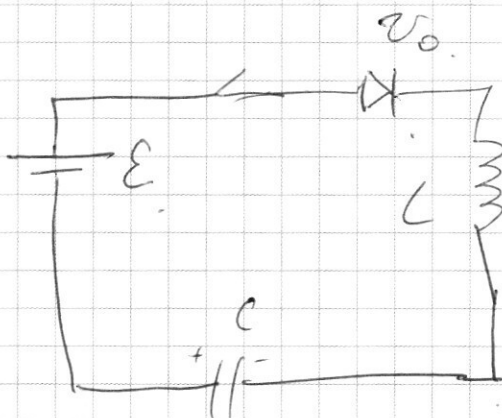
$$\mathcal{E} = 6 \text{ В}$$

$$V_1 = 2 \text{ В}$$

$$C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$V_0 = 1 \text{ В}$$

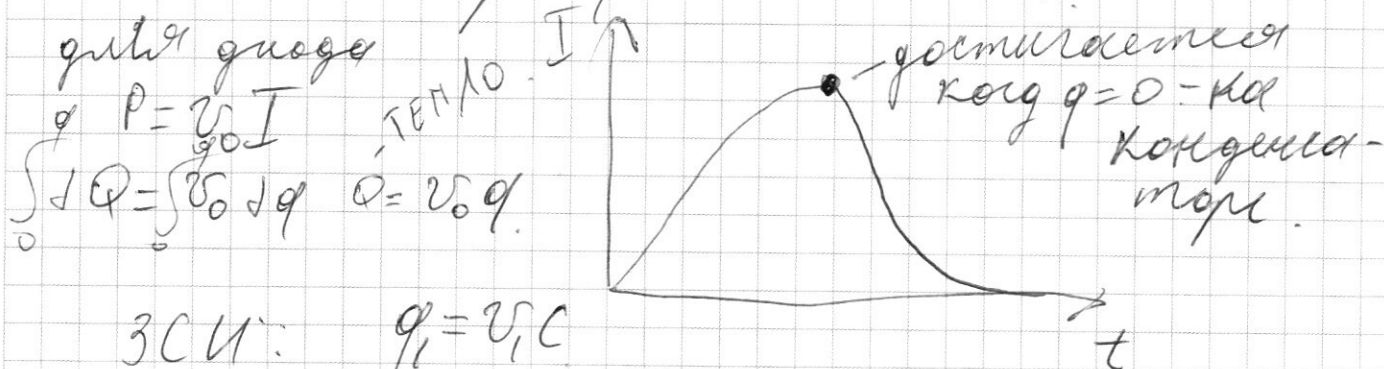


1-й 3-й Кирхгофа в замкнутой

$$1) \quad L \dot{I} = V_1 + \mathcal{E} - V_0$$

$$\dot{I} = \frac{1}{L} (V_1 + \mathcal{E} - V_0) = \frac{4}{0,1} \frac{\text{В}}{\frac{\text{Гн}}{\text{с}^2}} = \frac{40}{\text{с}^2} \frac{\text{А}}{\text{с}^2}$$

2) скомбинируем
график тока:



$$\frac{V_1^2 C}{2} + q_1 \mathcal{E} = \frac{L I^2}{2} + V_0 q_1$$

$$\frac{L I^2}{2} = \frac{V_1^2 C}{2} + V_1 \mathcal{E} C - V_0 V_1 C$$

$$I = \sqrt{\frac{v_1^2 c}{2} + \epsilon v_1 c - v_0 v_1 c} \cdot \frac{1}{L}$$

$$I = \sqrt{\frac{4 \cdot 40 \cdot 10^{-6}}{2} + 6 \cdot 2 \cdot 40}$$

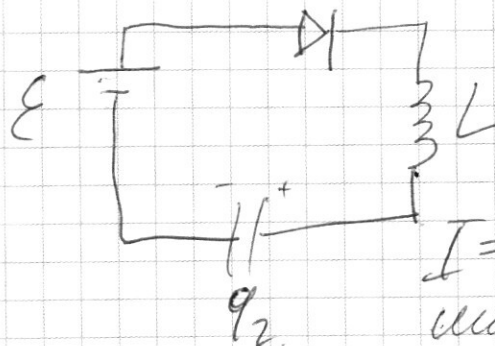
$$I = \sqrt{2 \frac{v_1 c}{L} \left(\frac{v_1}{2} + \epsilon - v_0 \right)}$$

$$I = \sqrt{\frac{6 \cdot 2 \cdot 40 \cdot 10^{-6}}{2}} = \sqrt{12 \cdot 4 \cdot 10^{-5}}$$

$$I = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 40 \cdot 10^{-6} \cdot 6}{0,1}} = \sqrt{10^{-4} \cdot 4^2 \cdot 6}$$

$$= 4 \sqrt{6} \cdot 10^{-2} \frac{A}{C}$$

~~2) 3)~~



$I = 0$ - в установившемся режиме

$$\epsilon(q_1 + q_2) + \frac{q_1^2}{2C} = \frac{q_2^2}{2C} + (q_1 + q_2)v_0$$

$$\epsilon C(v_1 + v_2) + \frac{v_1^2 c}{2} = \frac{v_2^2 c}{2} + (v_1 + v_2) C v_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N4

~~$$\mathcal{E}C(v_1 + v_2) = v_1$$~~

$$\frac{v_2^2 C}{2} + (v_1 + v_2)(v_0 - \frac{v_1^2 C}{2} - \mathcal{E}C(v_1 + v_2))$$

$$0 = \frac{v_2^2 C}{2} + v_2(v_0 - \mathcal{E}C) + v_1(v_0 - \frac{v_1^2 C}{2} - \mathcal{E}Cv_1)$$

$$v_2^2 + 2(v_0 - \mathcal{E})v_2 + 2v_1v_0 - v_1^2 - \mathcal{E}v_1 \cdot 2$$

$$v_2^2 + 2 - 10v_2 + 2 \cdot 4 - 4 - 6 \cdot 2$$

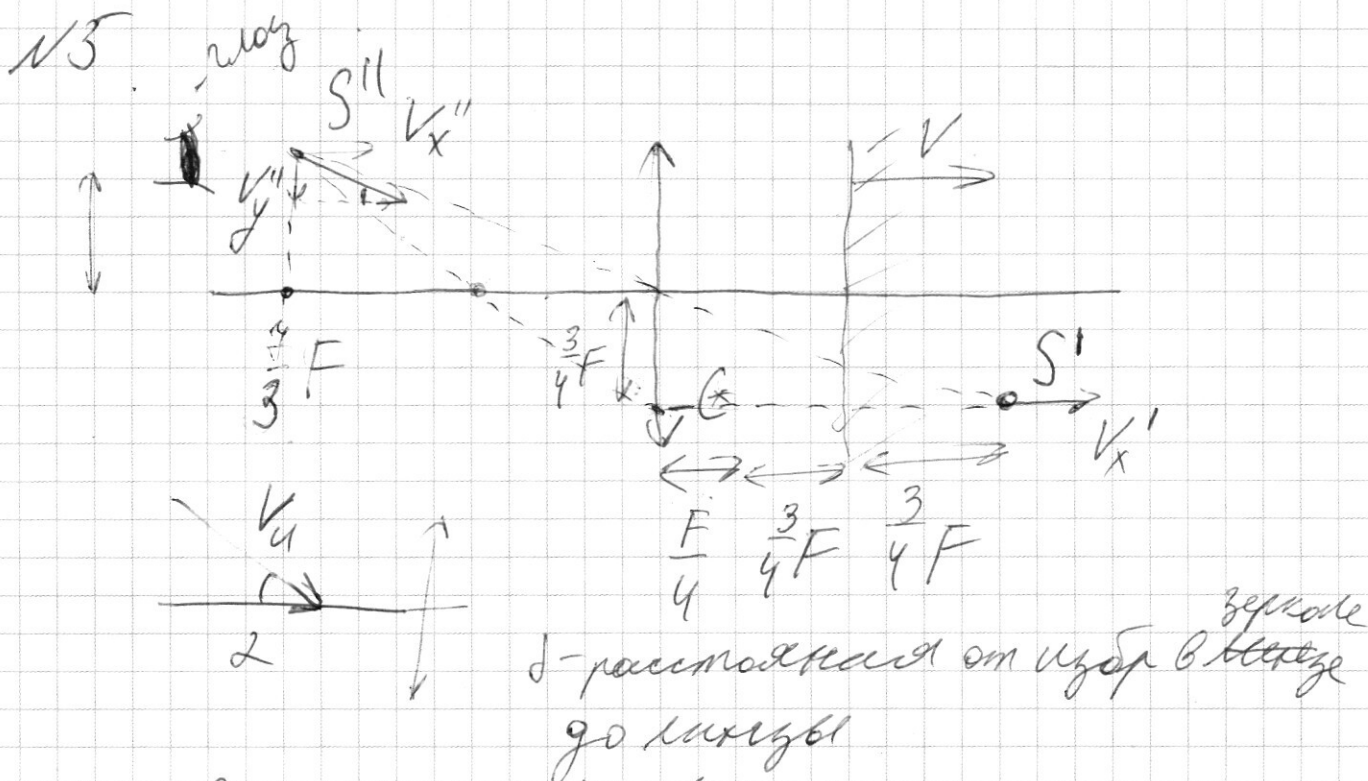
$$v_2^2 - 10v_2 - 24 = 0$$

$$v_2 = +12 \text{ не удовлетворяет условию}$$

$$v_2 = -2$$

$$v_2 = 12 \text{ В}$$

Ответ: $40 \frac{\text{А}}{\text{С}}$; $4\sqrt{6} \cdot 10^{-2} \frac{\text{А}}{\text{С}}$; 12 В



$$\Delta T = \frac{f}{d} F$$

$$d = \frac{4}{3} F$$

$$\Delta T = \Delta \varepsilon = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{4}{4F}$$

$$= \frac{\Delta T d - \Delta T F}{d^2}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{3}{4F} \Rightarrow f = \frac{4}{3} F$$

$$F = \frac{f}{d} = \frac{4}{3} \cdot \frac{3}{4} = 1$$

$$\Gamma = \frac{V_x''}{V_x'} \Rightarrow V_x'' = 2V\Gamma^2 = 2V \cdot 16 = 32V$$

$$V_x' = 2V$$

$$\frac{V_x''}{V_y''} = \Gamma$$

$$\tan \alpha = \Gamma$$

$$\tan \alpha = \frac{4}{3}$$

$$\tan \alpha = \frac{3}{4}$$

$$V_y'' = \frac{32 \cdot 3}{9} V = \frac{8}{3} V$$

$$V_u^2 = \left(\frac{8}{3}\right)^2 V^2 + \left(\frac{32}{9}\right)^2 V^2 = V^2 \frac{40}{9}$$

$$\text{Ответ: } \frac{4}{3} F, \tan \alpha = \frac{4}{3}, \frac{40}{9} V^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1

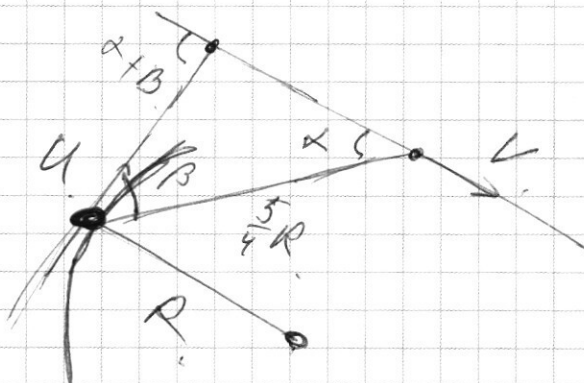
Дано.

$$V = 34 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

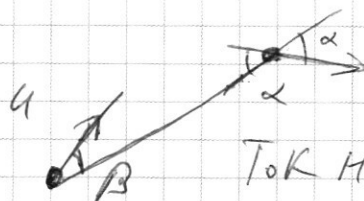
$$R = 0,53 \text{ м}$$

$$L = \frac{5}{4} R$$



1)

U - скорость колбы

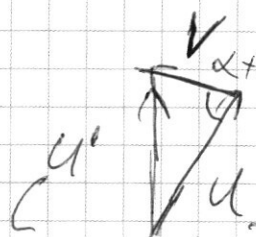


ТОК НИТЬ НЕ РАСТЯЖИ
МА, ТО

$$U \cos \beta = V \cos \alpha$$

$$U = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{34 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 3} = 5 \cdot 5 \cdot 2 = 50 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

2)



Перейдем

в ИСО, где скорости нити
равны нулю.

скорость колбы относительно
нити

$$u'^2 = V^2 + u^2 - 2Vu \cos(\alpha + \beta)$$

$$u' = 34^2 + 50^2 - 2 \cdot 34 \cdot 50 \cdot \frac{13}{17.5} =$$

$$= 34^2 + 50^2 - 4 \cdot 10 \cdot 13 = 56^2$$

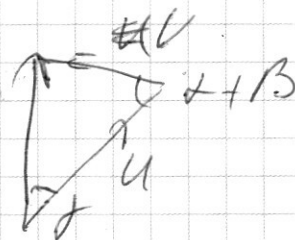
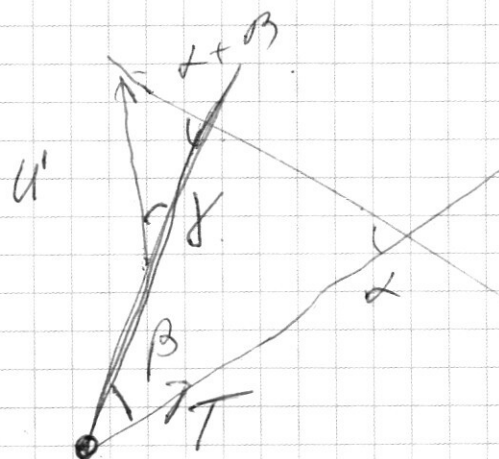
$$u' = 56 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta =$$

$$= \frac{15 \cdot 3}{17.5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} = \frac{45 - 32}{17.5} = \frac{13}{17.5}$$

3.

$$\sin(\alpha + \beta) = \frac{2 \cdot 6 \cdot 4}{85} = \frac{84}{85}$$



по теореме
синусов

$$\frac{V}{\sin \alpha} = \frac{u'}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$\sin \alpha = \frac{V}{u'} \sin(\alpha + \beta)$$

$$\sin \alpha = \frac{34}{50} \cdot \frac{84}{85} = \frac{17 \cdot 84}{85 \cdot 25} = \frac{84}{125}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\cos(\gamma + \beta)$$

$$\frac{U'^2}{R} m = T$$

$$T = (0,56)^2 \cdot 0,3$$

$$T = 0,3 \cdot 0,56^2 = 0,3 \cdot 0,56 \cdot 0,56$$

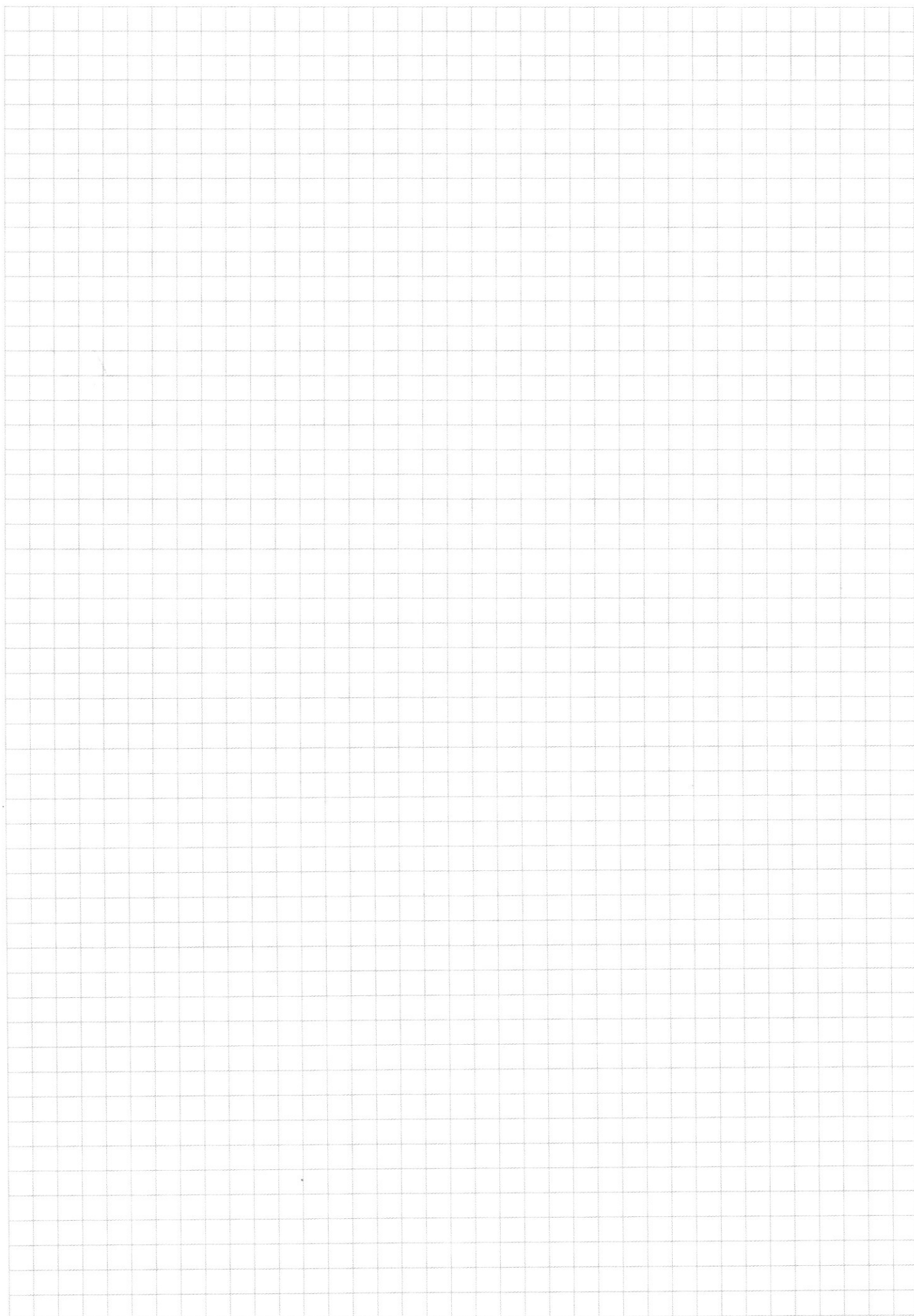
$$\frac{5}{4} \cdot 0,53$$

$$= 0,3 \cdot \frac{56 \cdot 56}{125 \cdot 53} = \frac{3 \cdot 56 \cdot 28}{5 \cdot 125 \cdot 53} \text{ Н. считаем эту формулу}$$

$$T = \frac{U'^2 m}{\frac{5}{4} R}$$

Ответ: $0,5 \frac{\text{Н}}{\text{с}}$, $0,56 \frac{\text{Н}}{\text{с}}$

$$\frac{3 \cdot 56 \cdot 28}{625 \cdot 53} \text{ Н.}$$



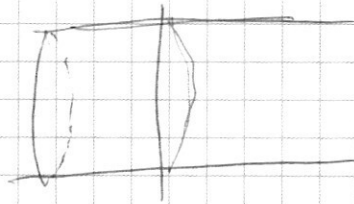
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

W3

$E =$

L

$$E = \frac{Q}{S}$$



Q

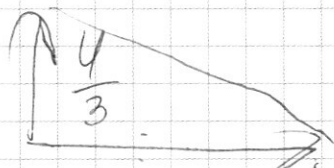
$$E S = \frac{Q}{\epsilon_0 \epsilon}$$

$$Q = E S \epsilon_0 \epsilon$$

$$U_2 = U_1 \quad E = 0 \text{ вне конденсатора}$$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{4}{3}$$

$$\frac{4}{3}$$



$$\frac{4}{3}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{3}{4}$$

$$\frac{16}{9} = 2V_1$$

$$\frac{32}{9} V_1$$

н 3.

$$\frac{32 \cdot 3}{49} = \frac{8}{3} V_1$$

$$\frac{32^2}{9^2} + \frac{8^2}{9} = \frac{32^2 + 8^2 \cdot 9}{9} = \frac{1600}{9}$$

$$64 \cdot 9$$

$$640 - 64 = 576$$

$$\frac{40 V_1}{3}$$

$$\begin{array}{r} 1024 \\ 576 \\ \hline 1600 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

12

$$A_{\text{до}} = \frac{\alpha}{2} (V_3 - V_1) V_3 + \frac{\alpha}{2} (V_1^2 - V_3^2)$$

$$\alpha (V_3^2 - V_1 V_3 + \frac{V_1^2}{2} - \frac{V_3^2}{2})$$

$$Q_+ = \frac{5}{2} \alpha (V_3 - V_1) V_3 + \frac{3}{5} \cdot \frac{5}{2} \alpha (V_3 - V_1) V_3$$

$$1 = \alpha (V_3 - V_1) (V_3 + \frac{1}{2} (V_1 + V_3))$$

$$\alpha (V_3 - V_1) (\frac{5}{2} V_3 + \frac{3}{2} V_3) V_3$$

$$1 = \frac{2}{8} (\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \frac{V_1}{V_3}) = \frac{1}{8}$$

$$\begin{array}{r} \times 34 \\ 34 \\ \hline 136 \\ 102 \\ \hline 1156 \\ + 2500 \\ \hline 3656 \end{array}$$

$$2500$$

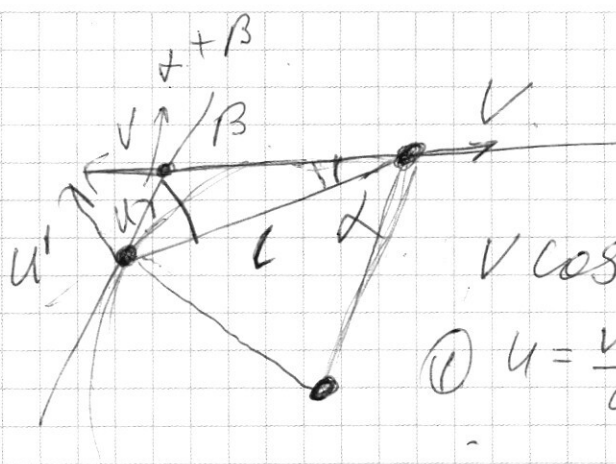
$$3136$$

$$\begin{array}{r} \times 130 \\ 4 \\ \hline 520 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 55 \\ 55 \\ \hline 2725 \\ 275 \\ \hline 3025 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 56 \\ 56 \\ \hline 336 \\ 3806 \\ \hline 3136 \end{array}$$

№1.



$$\begin{array}{r} x \backslash y \\ 1 \backslash 4 \\ \hline 11 \backslash 9 \\ 1 \backslash 4 \\ \hline 28 \backslash 9 \end{array}$$

$$V \cos \alpha = U \cos \beta$$

$$\textcircled{1} U = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{V \cdot \frac{3}{5}}{\frac{4}{5}} = \frac{15}{14} V$$

②

$$u' =$$

$$u'^2 = V^2 + U^2 - 2 V U \cos(\alpha + \beta)$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta =$$

$$= \frac{89}{85} - \frac{24}{85} = \frac{65}{85} = \frac{13}{17}$$

$$1 - \frac{225}{289} = \frac{64}{289} = \frac{8}{17}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{14} - \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{14} = \frac{45 - 32}{85} =$$

$$= \frac{13}{85}$$

$$u'^2 = V^2 + \left(\frac{51}{45}\right)^2 V^2 - 2 V \cdot \frac{51}{45} \cdot \frac{13}{85}$$

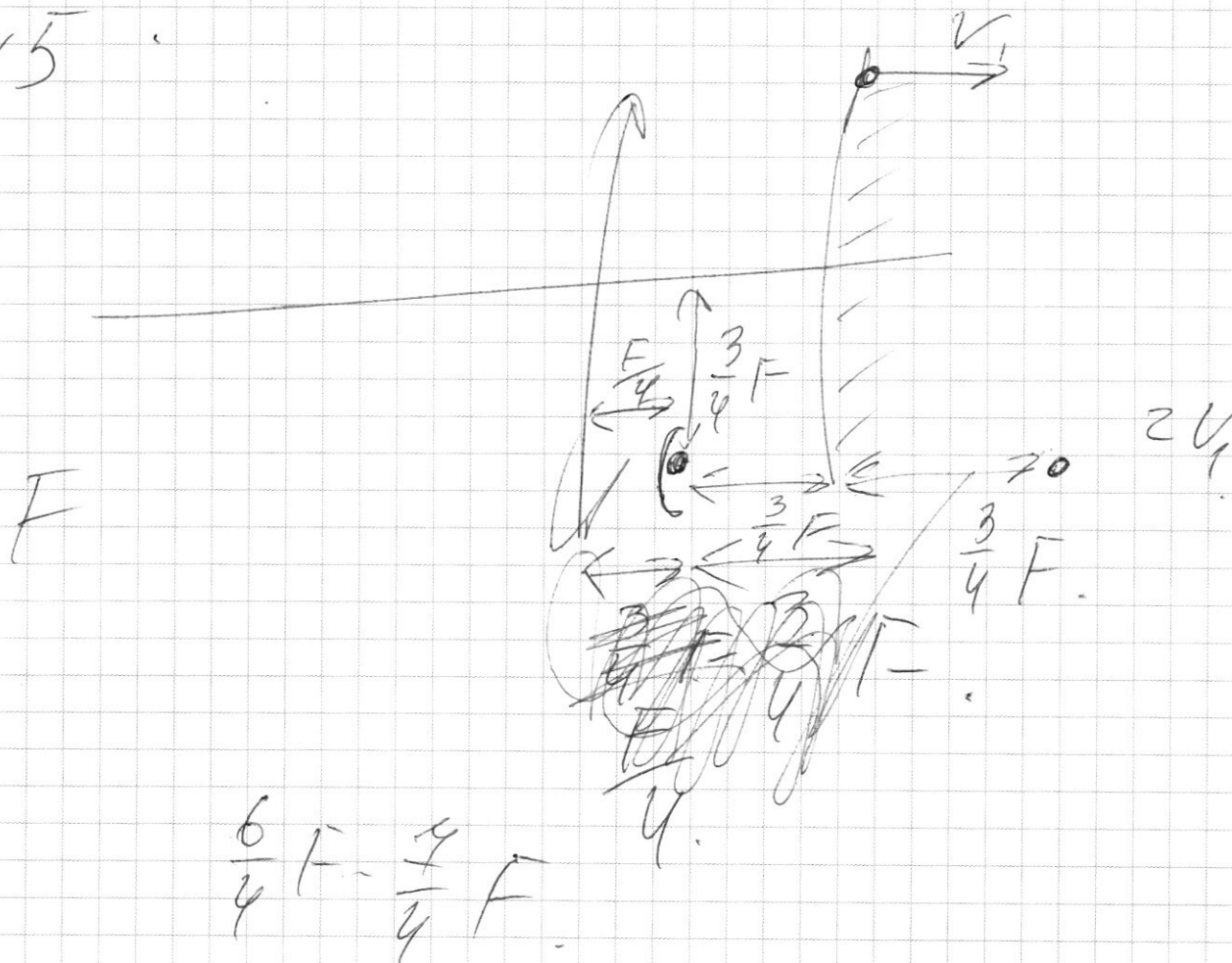
$$\frac{85}{5 \cdot 14}$$

$$u'^2 = V^2 \left(1 + \frac{51^2}{45^2} - \frac{51}{45} \left(\frac{51}{45} - \frac{26}{85} \right) \right) =$$

$$= \frac{51 \cdot 14 - 26 \cdot 15}{45 \cdot 15 \cdot 14}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

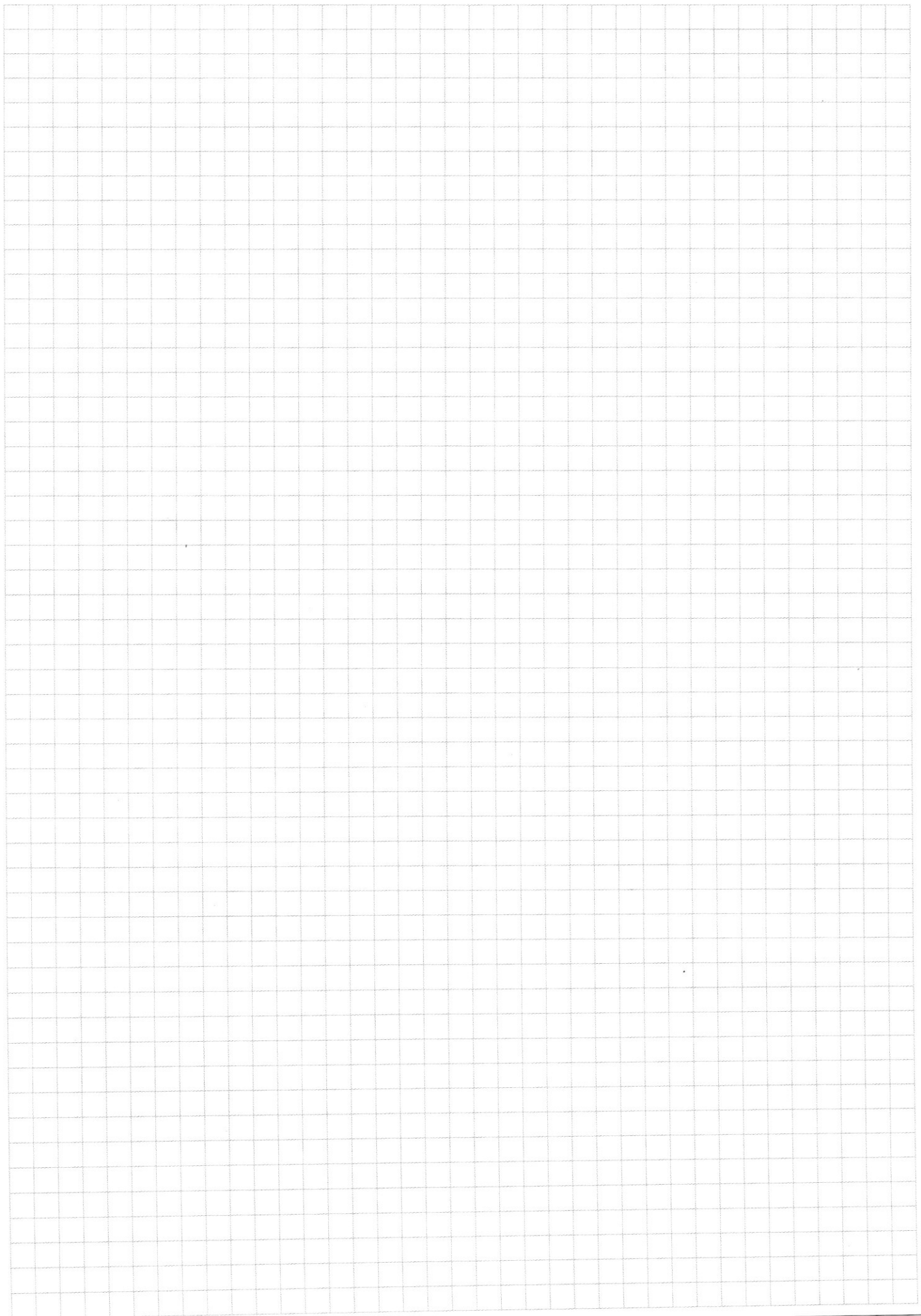


$$\frac{1}{\frac{4}{4}F} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{4}{4F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{4-4}{4F} = \frac{3}{4}F^{-1}$$

$$f = \frac{4}{3}F$$

$$f = \frac{4}{3}F$$

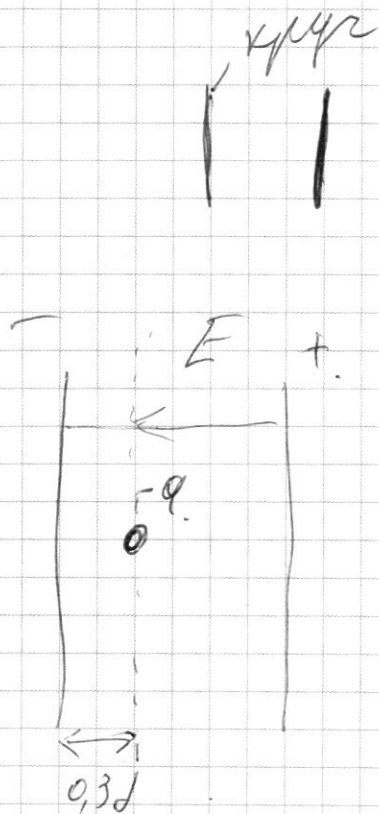


☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.



$$Eq = \vec{F}$$

$$ma = Eq$$

$$ma = Eq$$

$$a = \frac{Eq}{m} = Ex$$

$$2aS = V^2$$

$$S = 0,7d \quad Ex 2 \cdot 0,7d = V_1^2$$

$$Ex = \frac{V_1^2}{1,4d}$$

$$1,4 Ex d = V_1^2$$

$$\frac{at^2}{2} = 0,2d$$

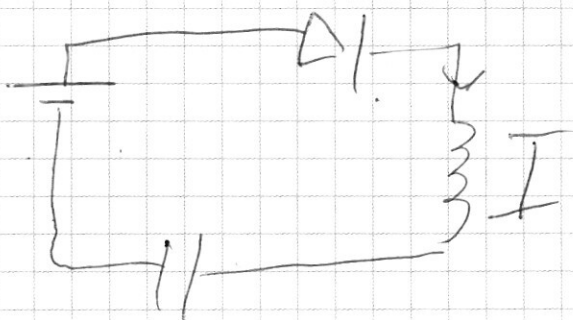
$$Ex = \frac{V_1^2}{1,4d}$$

$$Ex t^2 = 0,4d$$

$$0,14 \cdot 4 = 0,56$$

$$t^2 = \frac{0,4d}{Ex} = \frac{0,4d \cdot 1,4d}{V_1^2} = \frac{0,56d^2}{V_1^2}$$

$$t = \sqrt{0,56} \frac{d}{V_1}$$



$$q_2 = v_2 C$$

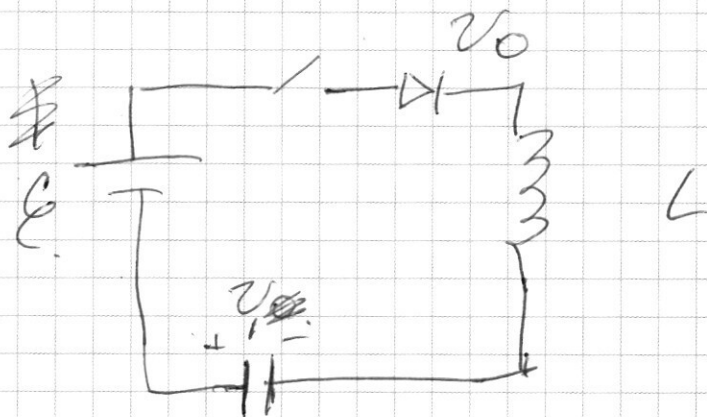
$$LI^2 + q_2 \mathcal{E} = q_2 v_0 + \frac{q_2^2}{2C}$$

$$\cancel{q_2} LI^2 + v_2 \mathcal{E} C = v_2 C v_0 + \frac{v_2^2 C}{2}$$

$$\frac{v_2^2 C}{2} + v_2 (C v_0 - \mathcal{E} C) - LI^2 = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4



1

$$\varepsilon + U_C - U_L = L \dot{I}$$

$$\dot{I} = \frac{\varepsilon + U_C - U_L}{L}$$

$$U_C = \frac{q}{C} \rightarrow q = U_C C$$

$$P = I U_L. \quad Q = \int q U_L$$

$$L I^2 + \frac{q^2}{2C} = \frac{U_L^2 C}{2} + \varepsilon q$$

$$L I^2 = \cancel{\frac{U_L^2 C}{2}} + \frac{U_L^2 C}{2} + \varepsilon \cdot U_L C - U_L U_L C$$

$$I = \sqrt{\frac{U_L^2 C}{2} + \varepsilon U_L C - U_L U_L C}$$

$$51.17 - 26.15$$

$$\cancel{45} 5.15.17.$$

444

460.

140.

340.

$$\begin{array}{r} 39 \\ \times 17 \\ \hline 354 \\ 51 \\ \hline 867 \end{array}$$

$$260 + 130 = 390.$$

$$- 867 - 390 = 444.$$

