

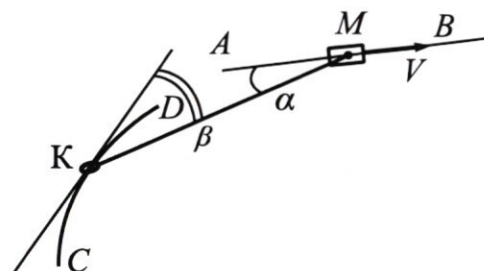
Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 11

Вариант 11-03

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

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.

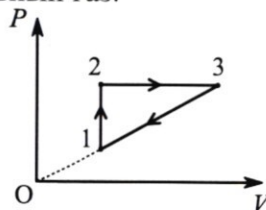
3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

S

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?

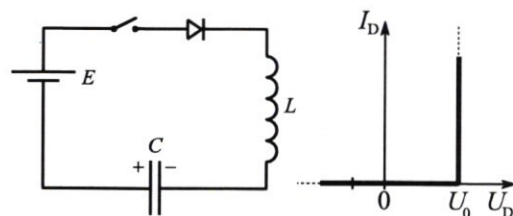
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.

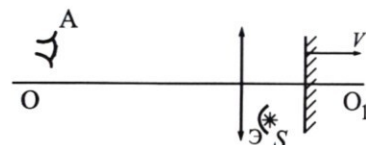


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник 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.

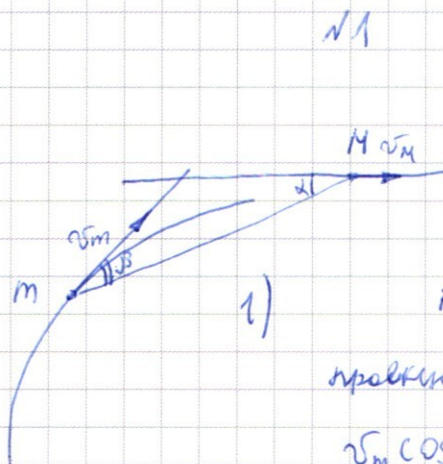
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



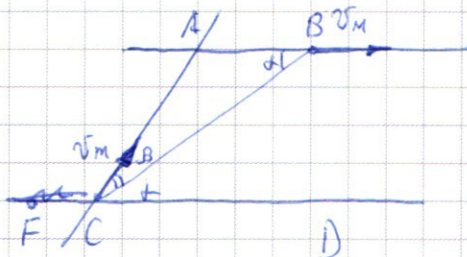
и горизонталь
м.к. нить переставили, т.е.
проекции скорости точек нить на нее равны

$$v_M \cos \beta = v_N \cos \alpha$$

$$v_M = v_N \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = 34 \cdot \frac{\frac{3}{5}}{\frac{4}{5}} = \frac{50}{3}$$

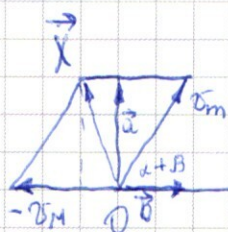
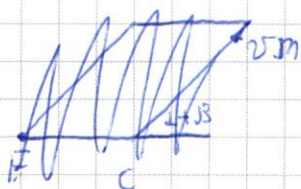
$$= 16 \frac{2}{3} \text{ м/с}$$

2)



$$v_M \sin \alpha \text{ или } v_N = |\vec{v}_M - \vec{v}_N|$$

$\Delta CDB \parallel AB$ по построению
 $\angle BCD = \angle \alpha$ как соответственные.
 $\vec{CF} = -\vec{v}_N$



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

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\sin \beta = \frac{4}{5} \quad \cos \beta = \frac{3}{5}$$

$$\sin \alpha = \frac{8}{17} \quad \cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$\sin(\alpha + \beta) = \frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} + \frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{84}{85}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{13}{85}$$

$$|\vec{a}| = v_m \cdot \sin(\alpha + \beta) = \frac{10}{3} \cdot \frac{28}{17} = \frac{280}{17} \text{ cm}$$

$$|\vec{b}| = v_m \cos(\alpha + \beta) = \frac{10}{3} \cdot \frac{13}{17} = \frac{130}{51} \text{ cm}$$

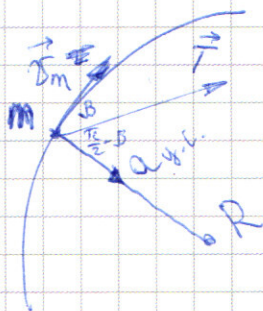
$$|\vec{v}_m| = 34 \text{ cm}$$

~~17.12.17~~

$$|\vec{b} + \vec{v}_m| = |\vec{b}| - |\vec{v}_m| = 34 - \frac{280}{17} = 31 \frac{23}{17} \text{ cm}$$

$$|\vec{x}| = \sqrt{\left(\frac{280}{17}\right)^2 + \left(31 \frac{23}{17}\right)^2} \text{ cm}$$

3)



$$v_m = 0,34 \text{ м/с}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$\text{опр. } F_{\text{ц.с.}} = \frac{mv^2}{R} = \frac{0,3 \cdot 0,34^2}{0,53} = \frac{3,468}{0,53}$$

$$\approx 6,55 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$T \cos\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) = F_{\text{ц.с.}}$$

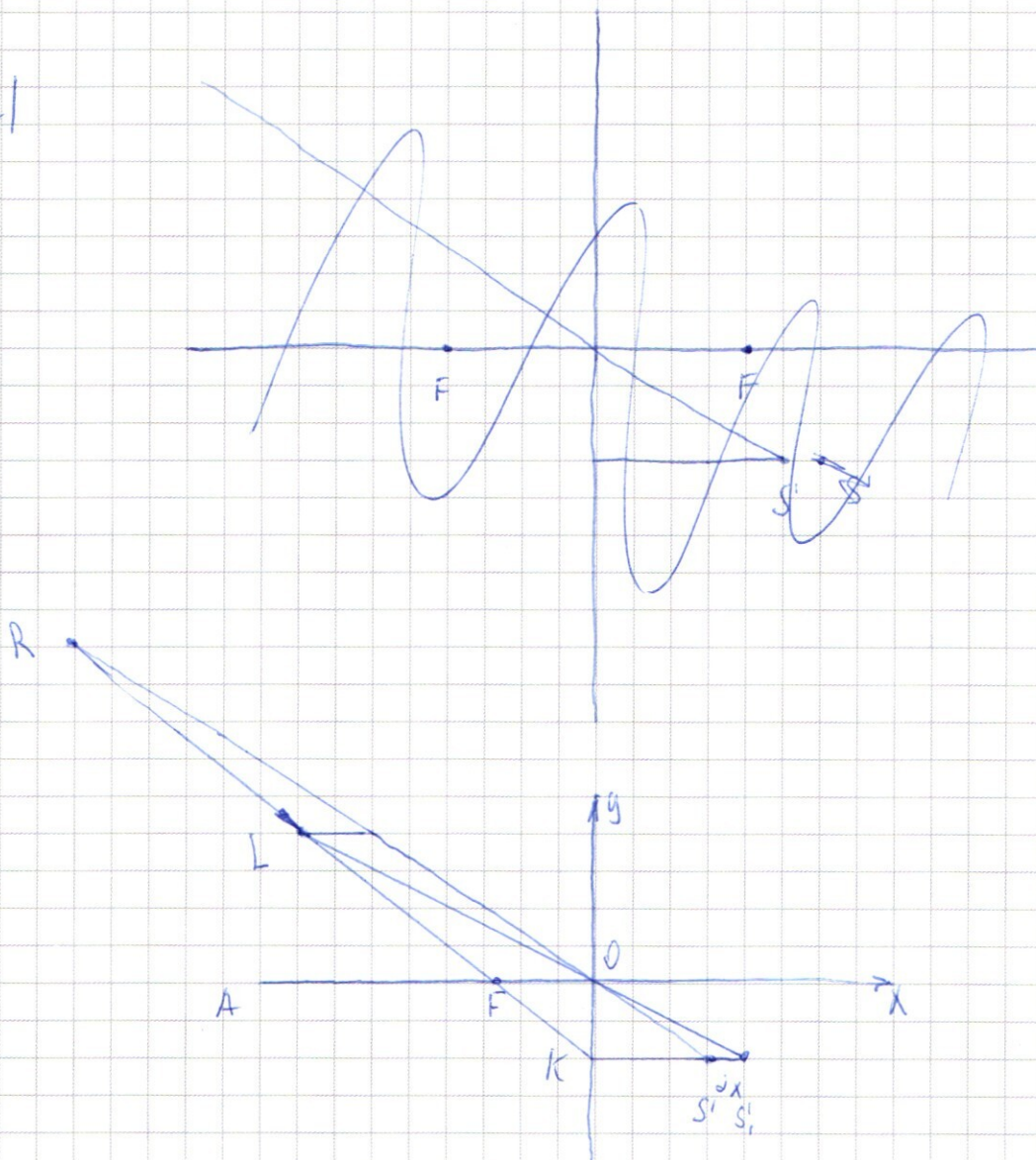
$$T \sin \beta = F_{\text{ц.с.}}$$

$$T \sin \beta = \frac{mv_m^2}{R}$$

$$T = \frac{mv_m^2}{R \sin \beta} = \frac{6,55}{4} \cdot 5 \approx 8,18 \text{ Н}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

21



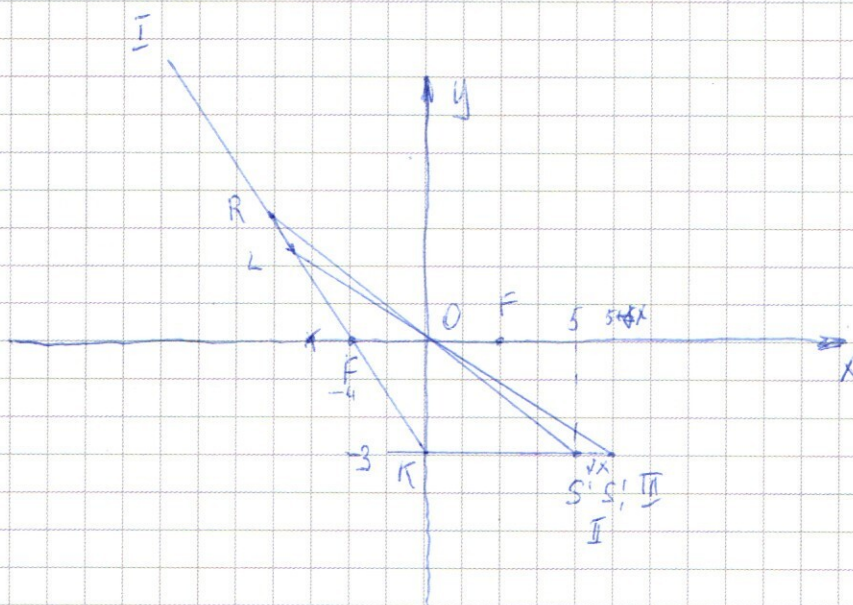
при вращении $S' \rightarrow S$ равно, угловое S' связано по
изменой F_k м.к. вращение перемещения F_k $S' \rightarrow S \Rightarrow$
 $\Rightarrow \pm g \angle OFK = \frac{3}{4}$ ответ: $\boxed{\pm g = \frac{3}{4}}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

... №5

3) найти S' треугольника RLK $2x \leq 5$



$$I: y = -3 - \frac{3}{4}x$$

$$II: y = -\frac{3}{5}x$$

$$III: y = -\frac{3}{5+2x}x$$

$$\begin{cases} I \\ II \end{cases} \quad x = -20 \quad y = 12$$

$$\begin{cases} I \\ III \end{cases} \quad -3 - \frac{3}{4}x = -\frac{3}{5+2x}x$$

$$\frac{3}{5} - 3 = \frac{3}{4}x - \frac{3}{5+2x}x = x \left(\frac{3(5+2x) - 12}{(5+2x)4} \right) =$$

$$= \frac{15+3+2x-12}{20+4+2x} = \frac{6+2x}{24+2x}$$

$$-3 = \frac{3}{4}x - \frac{3}{5+jx}x$$

$$-3 = x \left(\frac{3}{4} - \frac{3}{5+jx} \right)$$

$$-3 = x \left(\frac{15+3jx-12}{20+4jx} \right)$$

$$-60-12jx = 15x+3xjx-12x$$

$$-60-12jx = 3xjx+3x$$

$$-12jx-3xjx = 3x+60$$

$$jx(-12-3x) = 3x+60$$

$$jx = \frac{3x+60}{-3x-12}$$

$$x \approx -20$$

$$-6$$

$$-3 = \frac{3}{4}x - \frac{3}{5+jx}x$$

$$-3 = x \left(\frac{15+3jx-12}{20+4jx} \right)$$

$$x = -3 \frac{20+4jx}{15+3jx-12}$$

$$= \frac{-60-12jx}{15+3jx-12}$$

$$= \frac{-20-4jx}{3jx+1}$$

$$= \boxed{\frac{-20-4jx}{3jx+1}}$$

ΔX - расстояние по оси x от R до L !

$$\Delta X = \left| \frac{-20-4jx}{3jx+1} - 20 \right|$$

$$\Delta X = \Gamma = \frac{12}{5}$$

$$v_A =$$



черновик



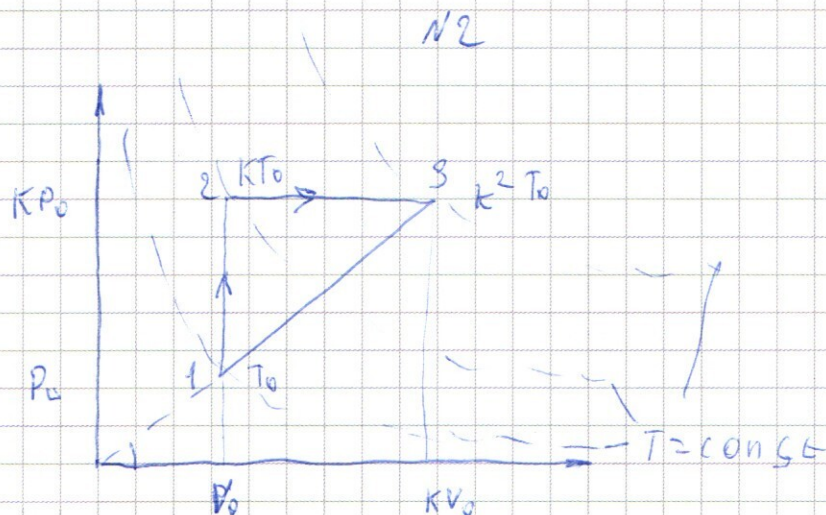
чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №6

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$2) A_{23} = k(k-1)P_0V_0$$

$$\Delta W_{23} = \frac{3}{2}kP_0V_0 - \frac{3}{2}kP_0V_0$$

$$\frac{\Delta W_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2}kP_0V_0}{k(k-1)P_0V_0} = \boxed{\frac{3}{2}}$$

$$1) \quad c = \frac{\Delta T}{Q} \quad T_1 = T_0$$

$T \nearrow$ при $1 \rightarrow 2$ и $2 \rightarrow 3$

$$PV = \nu RT$$

$1 \rightarrow 2:$

$$P_0V_0 \rightarrow kP_0V_0 \Rightarrow T \rightarrow kT_0$$

$2 \rightarrow 3$

$$kP_0V_0 \rightarrow k^2P_0V_0 \Rightarrow kT_0 \rightarrow k^2T_0$$

$$\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{\frac{\Delta T_{23}}{Q_{23}}}{\frac{\Delta T_{12}}{Q_{12}}} = \frac{\frac{T_0(k^2-k)}{\frac{3}{2}(k-1)P_0V_0}}{\frac{T_0(k-1)}{\frac{3}{2}(k-1)P_0V_0}} = \frac{k^2-k}{k-1} = k + 1$$

$$Q = A + \Delta W$$

$$Q_{12} = 0 + \frac{3}{2} (K-1) P_0 V_0$$

$$Q_{23} = K(K-1) P_0 V_0 + \frac{3}{2} K^2 P_0 V_0 - \frac{3}{2} K(P_0 V_0) =$$

$$= K(K-1) P_0 V_0 + \frac{3}{2} (K^2 P_0 V_0 - K P_0 V_0) =$$

$$= K(K-1) P_0 V_0 + \frac{3}{2} K(K-1) P_0 V_0 = \frac{5}{2} K(K-1) P_0 V_0$$

$$\dots \frac{\frac{K(K-1) T_0}{\frac{5}{2} K(K-1) P_0 V_0}}{\frac{T_0}{\frac{3}{2} P_0 V_0}} = \frac{\frac{\cancel{K} \cancel{(K-1)} T_0}{\frac{5}{2}}}{\frac{\cancel{K} \cancel{(K-1)}}{\frac{3}{2}}} = \frac{\frac{2}{5}}{\frac{2}{3}} = \frac{2}{5} \cdot \frac{3}{2} =$$

$$= \frac{3}{5} \quad \text{Answer: } \boxed{\frac{3}{5}}$$

3)

$$S_{\Delta} = A = \frac{1}{2} (K-1) P_0 (K-1) V_0 = \frac{1}{2} P_0 V_0 (K-1)^2$$

$$Q_{\text{нече}} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} (K-1) P_0 V_0 + \frac{5}{2} K(K-1) P_0 V_0$$

$$\eta = \frac{Q_{\text{нече}}}{A} = \frac{\left(\frac{5}{2} K(K-1) + \frac{3}{2} (K-1) \right) P_0 V_0}{\frac{1}{2} P_0 V_0 (K-1)^2} =$$

$$= \frac{\frac{5}{2} K + \frac{3}{2}}{\frac{1}{2} (K-1)} = \frac{\frac{5}{2} K + \frac{3}{2}}{\frac{K}{2} - \frac{1}{2}} \quad \eta' = 0 \left(\frac{5K+3}{K-1} \right)' = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2

$$\left(\frac{5k+3}{k-1} \right)' = \frac{5(k-1) - (5k+3)}{(k-1)^2} = 0$$

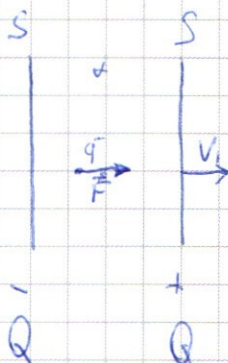
$$5k-5-5k-3$$

$$\frac{1}{h} = 5 + \frac{8}{k-1}$$

$$h_{\max} = \frac{1}{5}$$

Ответ: $\boxed{\frac{1}{5}}$

№ 3

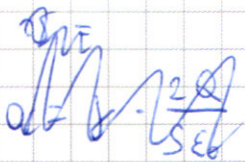


$$\vec{E} = \frac{2\varepsilon}{\varepsilon_0}$$

$$F = q \cdot E = \frac{2q\varepsilon}{\varepsilon_0}$$

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

$$F = \frac{2Q}{S\varepsilon_0} \Rightarrow Q = \frac{2Q}{S\varepsilon_0}$$



3. для конденсатора $\vec{E} = \vec{D} \Rightarrow$

Ответ: V0

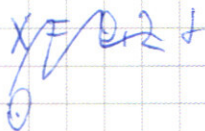
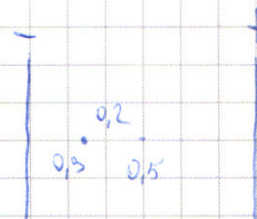
$$|\vec{E}| = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad \sigma = \frac{Q}{S}$$

$$|\vec{E}| = \frac{Q}{S\epsilon_0}$$

$$F = ma \quad a = \frac{F}{m} = \vec{E} \cdot q = \frac{Q}{S\epsilon_0} \cdot q$$

$$v = at = \frac{Q}{S\epsilon_0} \cdot q \cdot t$$

$$x = \int v \cdot dt = \frac{at^2}{2} = \frac{Q}{S\epsilon_0 \cdot 2} \cdot q \cdot t^2$$



$$x = 0,7 \quad v = V$$

$$a; \quad \begin{cases} \frac{at^2}{2} = 0,7 \\ at = V \end{cases} \quad \begin{cases} at^2 = 1,4 \\ a = \frac{V}{t} \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{V}{t} t^2 = 1,4 \\ t = 1,4 \frac{V}{V} \end{cases}$$

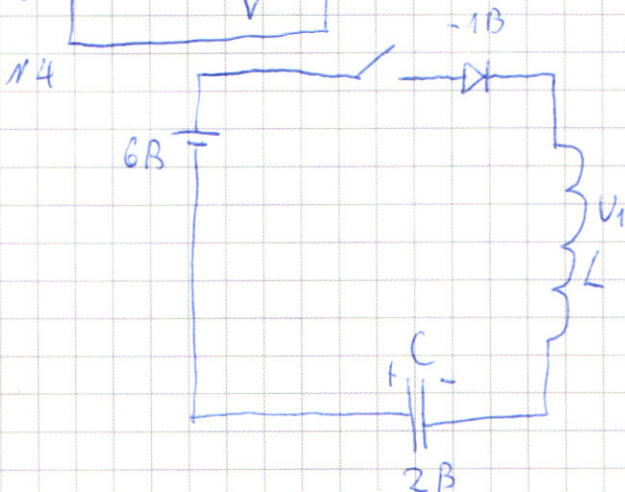
$$a = \frac{Q}{S\epsilon_0} \cdot q = \frac{1,4d}{V}$$

$$2) \quad Q = \frac{1,4 S \epsilon_0 V}{d}$$

$$1) \quad \frac{at^2}{2} = 0,7 \quad at^2 = 1,4 \quad t = \sqrt{\frac{1,4}{a}} = \sqrt{\frac{0,56d}{V^2}}$$

$$a = \frac{V}{t} = \frac{V}{1,4 \frac{V}{V}} = \frac{V^2}{1,4d}$$

в момент замыкания:



по м. Кирхгофа

$$V_1 + 2B + 6B - 1B = 0$$

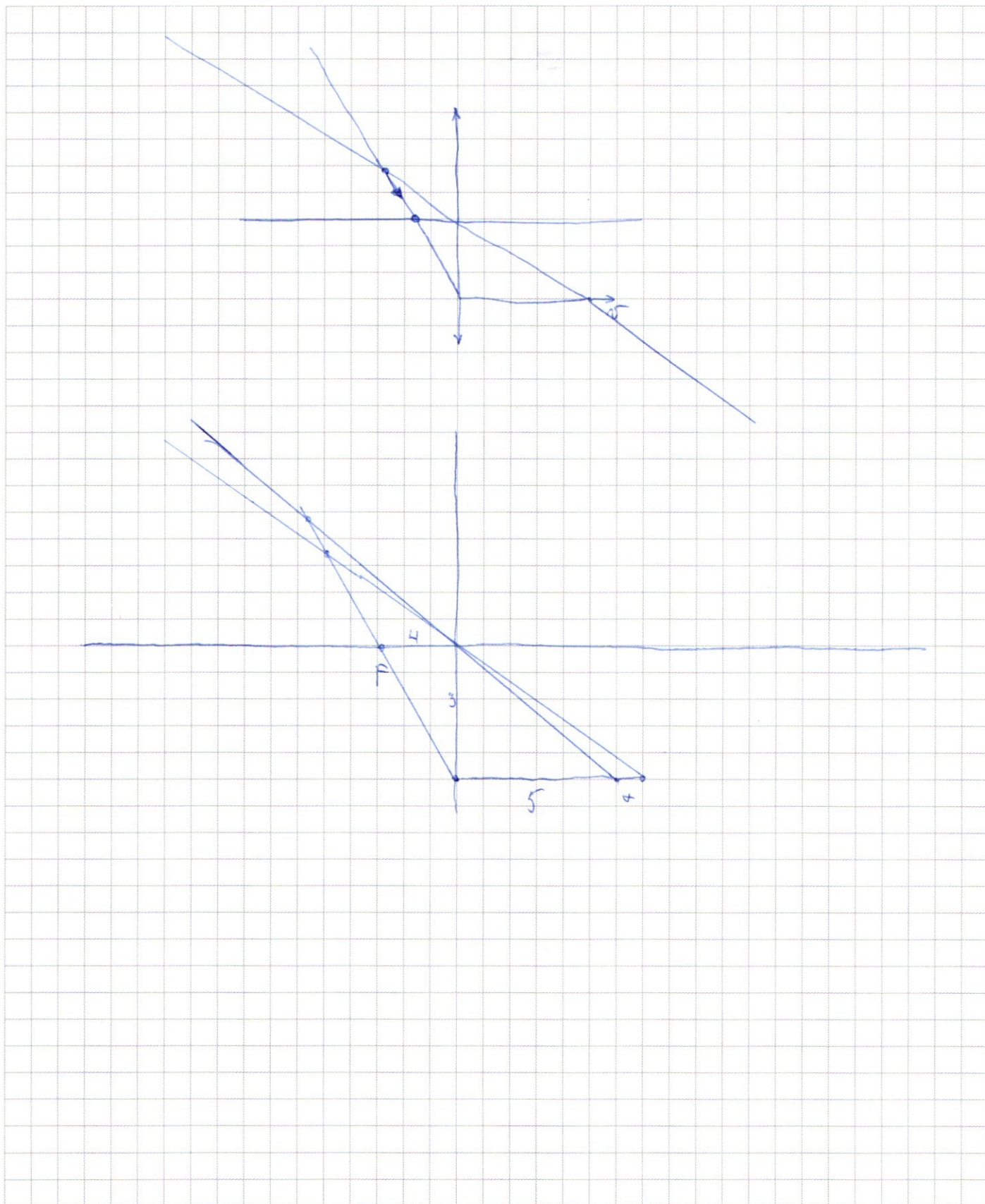
$$V_1 = -7B$$

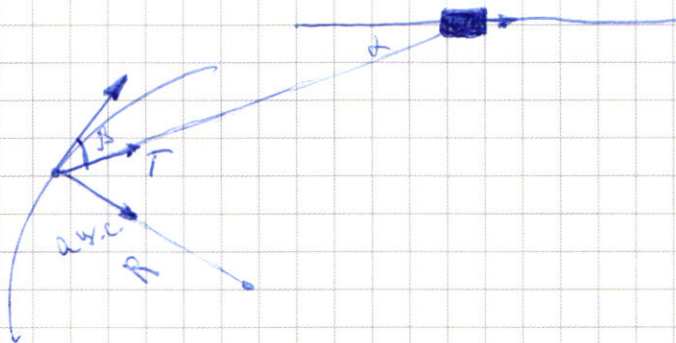
$$\pm L I' = -4B$$

$$L I' = 4B$$

$$I' = \frac{4B}{0,1 \text{ Гн}} = 70 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





$$5 + \frac{8}{K-1}$$

$$\begin{array}{r} 5-K+3 \\ 5-K-5 \\ \hline 8 \end{array} \quad \begin{array}{r} K-1 \\ 5 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 1,4 \\ 4 \\ \hline 5 \end{array} \quad \begin{array}{r} K \\ 5 \\ \hline 6 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$5 \ln 5 + 5 \ln 5 = (5+5) \ln 5$$

$$P_0 V_0 = 2R T_0$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{(k-1)T_0}{\frac{3}{2}(k-1)P_0 V_0}}{k^2 T_0 - k T_0} = T_0 = \frac{P_0 V_0}{2R}$$

$$\frac{3}{2} k^2 P_0 V_0 - \frac{3}{2} (k-1) P_0 V_0 + (k-1)^2 P_0 V_0$$

$$\downarrow (k^2 - 2k + 1)$$

$$\frac{1}{\frac{5}{2} 2R} = \frac{1}{\frac{5}{2} 2R}$$

$$\frac{3}{2} k^2 P_0 V_0 - k \frac{3}{2} P_0 V_0 + \frac{3}{2} P_0 V_0 + k^2 P_0 V_0 - 2k P_0 V_0 + P_0 V_0 =$$

$$\frac{1}{k^2 T_0 - k T_0} = \frac{5}{2} k^2 P_0 V_0 - \frac{7}{2} k P_0 V_0 + \frac{5}{2} P_0 V_0$$

$$\frac{1}{\frac{3}{2} 2R} = \frac{1}{\frac{5}{2} 2R}$$

$$\frac{P_0 V_0}{2R} (k^2 - k) = \frac{1}{\frac{5}{2} k^2 - 7k + \frac{5}{2}}$$

$$5k^2 - 14k + 5 = 0$$

$$D = 196 - 4$$

$$\frac{582}{64} = \frac{582}{225 - 225} = \frac{582}{225} - 1 = \frac{152}{225} - 1 = 1 \ln 5$$

$$\frac{5}{4} = 5 \ln 5$$

$$\frac{582}{64} = \frac{582}{225} - 1 = \frac{152}{225} - 1 = 1 \ln 5$$

$$1 - \frac{84}{85} = 1 - \frac{7056}{7225}$$

F

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

$$\begin{array}{r} 7225 \\ - 7056 \\ \hline 169 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10 \\ \times 17 \\ \hline 170 \\ \times 7 \\ \hline 1190 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 17 \\ \hline 68 \\ \times 7 \\ \hline 119 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 84 \\ \hline 336 \\ \times 72 \\ \hline 7056 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ + 15 \\ \hline 27 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 85 \\ \hline 255 \\ \times 72 \\ \hline 225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 85 \\ \hline 170 \\ \times 72 \\ \hline 1440 \end{array}$$

O

F

O₁

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 17 \\ \hline 34 \end{array}$$

$$-\frac{3}{5}X = -3 - \frac{3}{4}X$$

$$3 = -\frac{3}{4}X + \frac{3}{5}X$$

$$3 = \left(\frac{3}{5} - \frac{3}{4}\right)X$$

$$-\frac{3}{5}X = 12$$

$$-3 - \frac{3}{4} \cdot 20 = -3 - 15 = -18$$

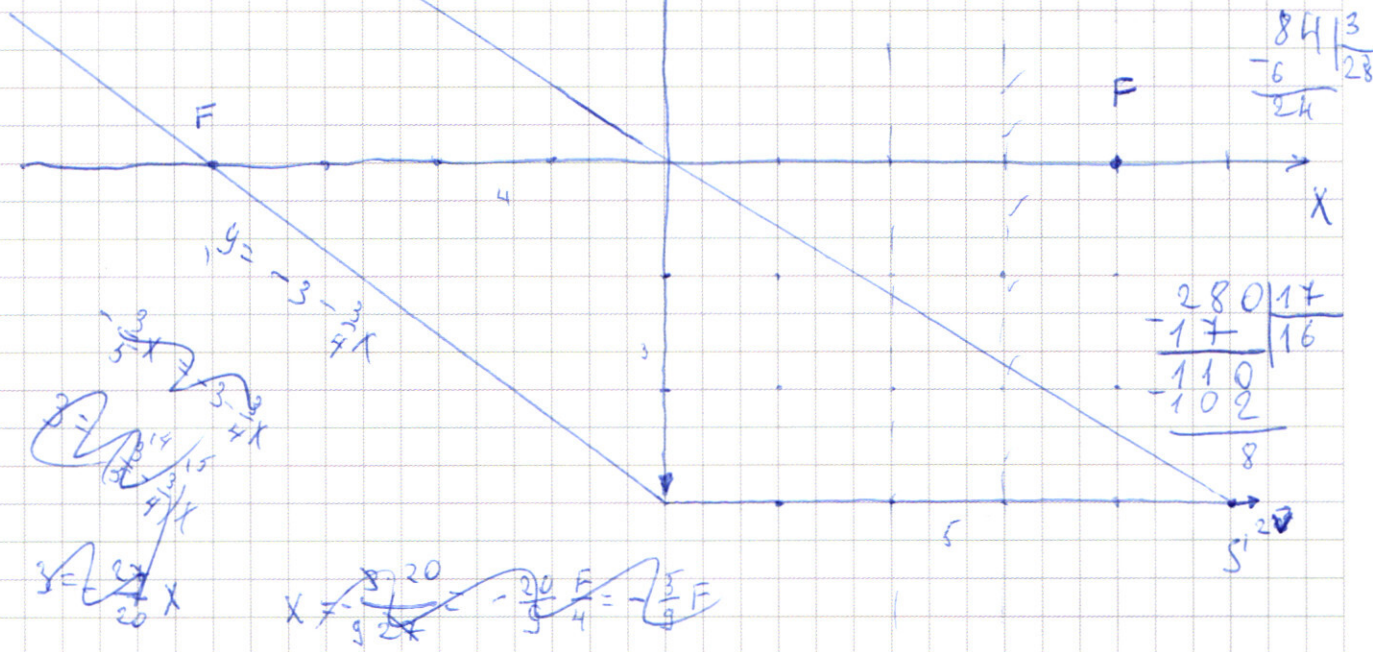
$$v(S') = 2v(S)$$

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{5} + \frac{1}{X}$$

$$\frac{1}{X} = \frac{1}{4} - \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{X} = \frac{1}{20} \Rightarrow X = 20$$

$$20 \frac{F}{4} = 5F$$



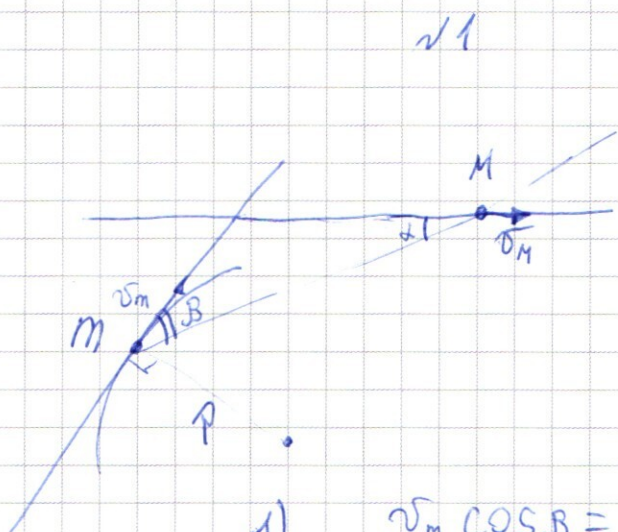
$$\begin{array}{r} 84 \overline{) 328} \\ - 68 \\ \hline 24 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 280 \overline{) 1716} \\ - 170 \\ \hline 110 \\ - 102 \\ \hline 8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 14 \\ \hline 42 \\ \times 15 \\ \hline 45 \end{array}$$

$$X = \frac{8 \cdot 20}{9 \cdot 24} = \frac{20}{9} \cdot \frac{F}{4} = \frac{5}{9} F$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

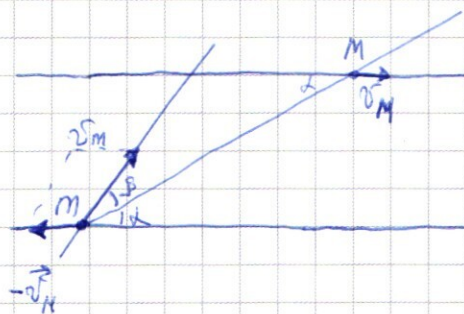


$$1) \quad v_m \cos B = v_M \cos \alpha$$

$$v_m = v_M \frac{\cos \alpha}{\cos B} = 34 \cdot \frac{\frac{5}{13}}{\frac{3}{5}} = \cancel{34} \cdot \frac{5}{3} \cdot \frac{5}{3} =$$

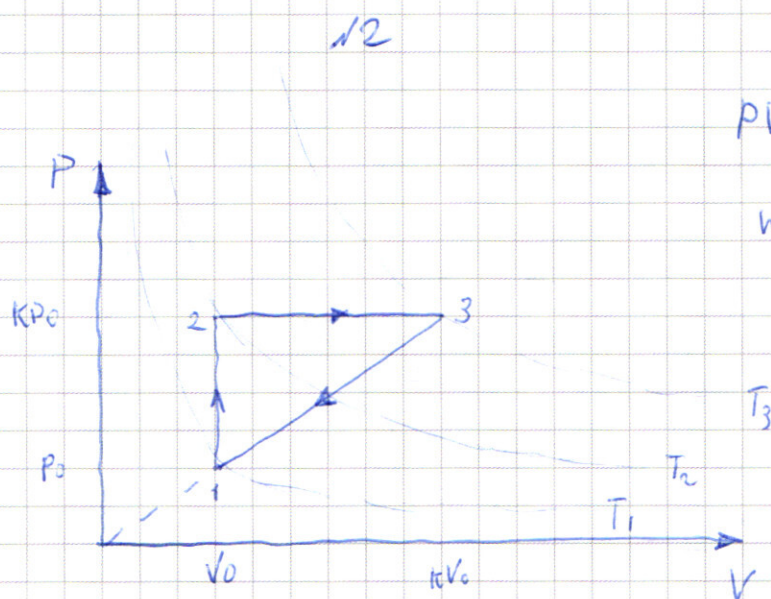
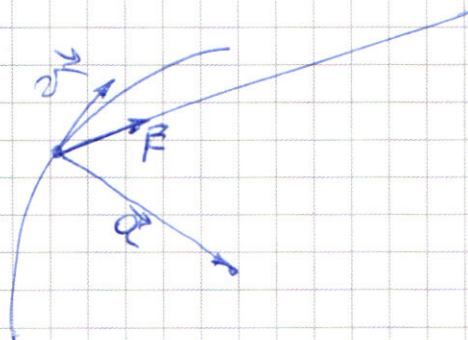
$$= \frac{50}{3} \text{ см/с} = 16 \frac{2}{3} \text{ см/с}$$

$$2) \quad v_m \text{ от } v_M = |\vec{v}_m - \vec{v}_M|$$



9
13

3)



$$PV = \rightarrow RT$$

$$W = \frac{3}{2} PV = \frac{3}{2} \rightarrow RT$$

$$Q = A + \Delta W$$

$$1) T \rightarrow (1 \rightarrow 2) (2 \rightarrow 3)$$

$$W - 1: \frac{3}{2} P_0 V_0 \quad 2: \frac{3}{2} \kappa P_0 V_0 \quad 3: \frac{3}{2} \cdot \kappa P_0 \kappa V_0$$

$$A - 1-2: 0$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \in$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\Delta W_{12} = \frac{3}{2} (\kappa - 1) P_0 V_0 = Q_{12}$$

$$\Delta W_{23} = \frac{3}{2} \kappa^2 P_0 V_0 - \frac{3}{2} (\kappa - 1) P_0 V_0$$

$$T_1 = T_0$$

$$Q_{23} = \Delta W_{23} + (\kappa - 1)^2 P_0 V_0$$

$$T_2 = \kappa T_0$$

$$\Delta T_{12} = (\kappa - 1) T_0$$

$$T_3 = \kappa^2 T_0$$

$$\Delta T_{23} = \kappa^2 T_0 - \kappa T_0$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

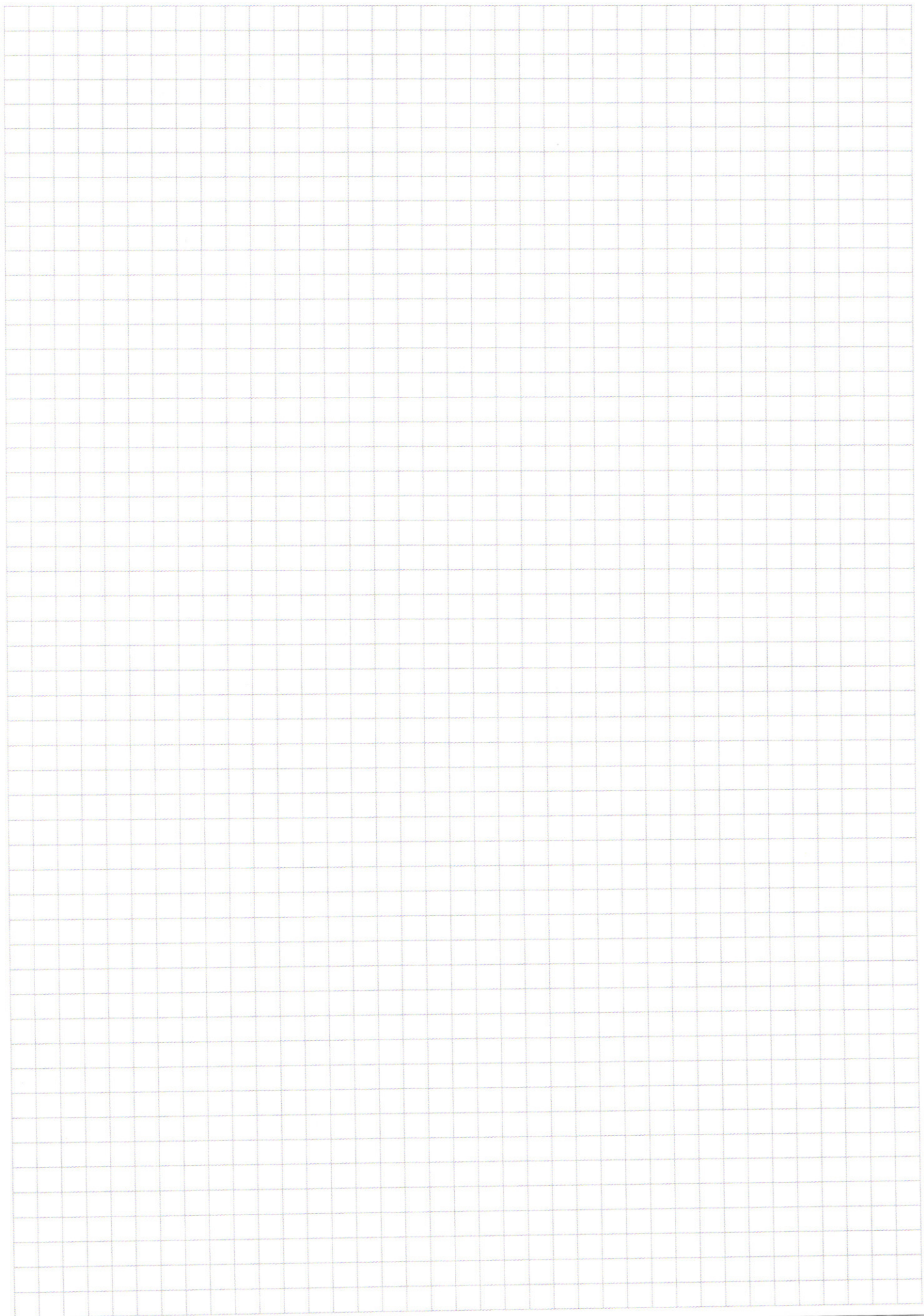
$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 34 \\ \hline 136 \\ 102 \\ \hline 1156 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 11 \\ \times 1156 \\ \hline 3468 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 46 \\ - 18 \\ \hline 28 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3468 \overline{) 53} \\ \underline{318} \\ 288 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 65,5 \overline{) 8} \\ \underline{64} \\ 1,5 \\ \underline{0,8} \\ 70 \end{array}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)