

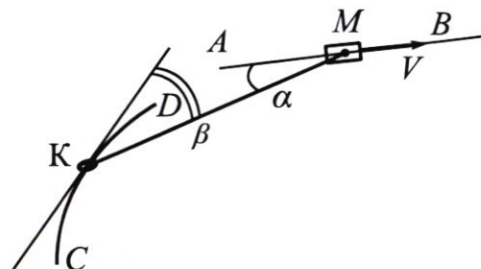
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

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

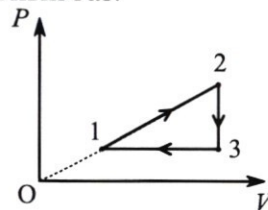
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса 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 понижение температуры газа.
- 2) Найти для процесса 1-2 отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

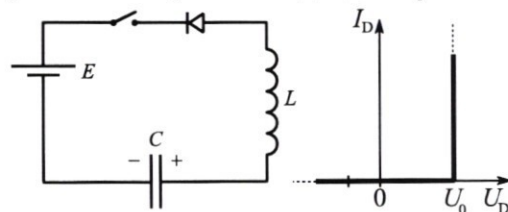
- 1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.
- 2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
- 3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

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 $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

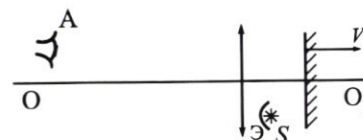
Ключ замыкают.

- 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.

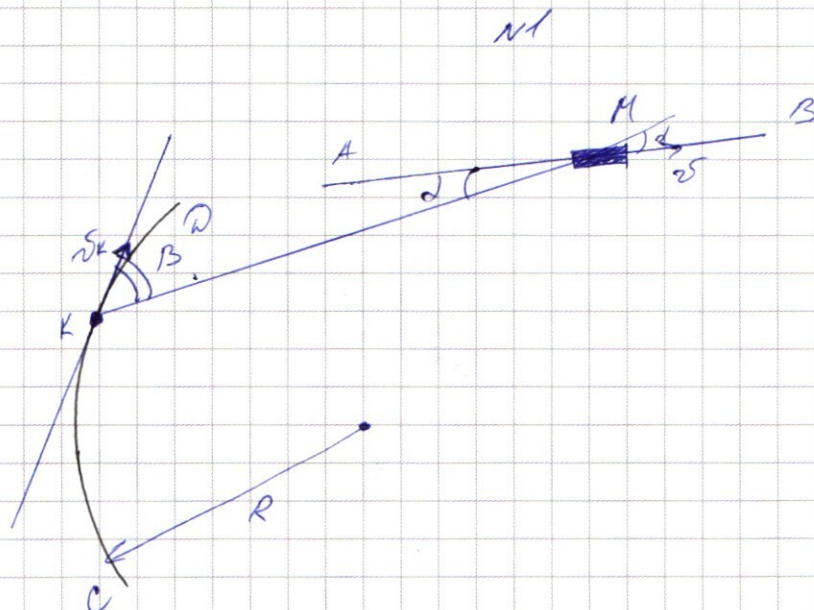


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ 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



$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$$

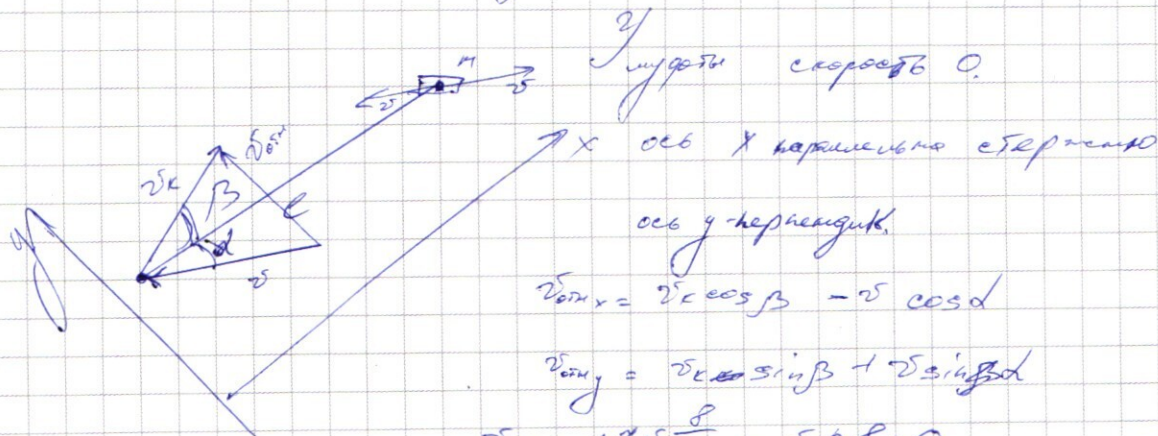
$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{8^2}{17^2}} = \sqrt{\frac{225}{17^2}} = \frac{15}{17}$$

1) Кинематическая связь (жёсткая связь)

$$v \cos \alpha = v_k \cos \beta$$

$$v_k = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = v \cdot \frac{6}{5} \cdot \frac{17}{8} = 1,7v = \boxed{3,4 \frac{m}{s}}$$

2) Пересчитаем в С.О. муфты:



$$v_{0x} = v \cos \alpha = v \cos \alpha$$

$$v_{0y} = v \sin \alpha = v \sin \alpha$$

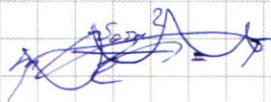
$$v_{0x} = 1,7v \cdot \frac{6}{5} - v \cdot 0,8 = 0$$

$$v_{0y} = 1,7v \cdot \frac{15}{17} + v \cdot 0,6 = (1,5 + 0,6)v = 2,1v$$

$\Rightarrow$ т.к. $\sum \vec{F}_{\text{тан}} = 0$ то К движется по окружности относительно
 $\Rightarrow \sum \vec{F}_{\text{тан}} = 2,15 = 4,2$
 из условия $\Rightarrow$ т.к. С.О. инерциальна то можно записать 3-й и 4-й законы

~~Ньютона~~

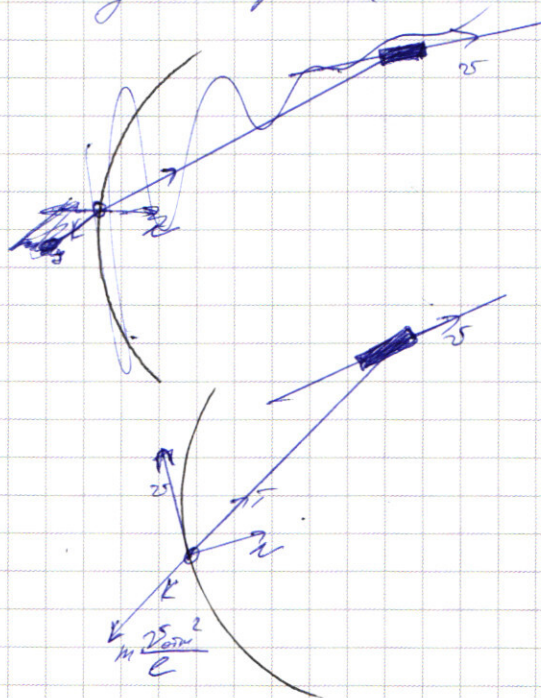
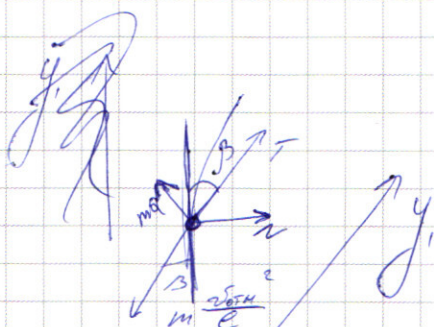
т.к. движение в С.О. будет равномерное



$\Rightarrow$ Суммарная сила направлена вдоль стержня

Q_2 - центростремительное

$\Rightarrow m a_y = N$



II 3-й закон Ньютона на y_1 :

$$T \cos \beta = m \frac{v^2}{R} \cos 30^\circ$$

$$T = m \frac{v^2}{R} = m \frac{(2,15)^2}{17R} = m \frac{5^2}{R} = \frac{2,15^2}{17}$$

$$= 0,4 \cdot \frac{2^2}{1,9}$$

II 3-й закон Ньютона на oy_1 :

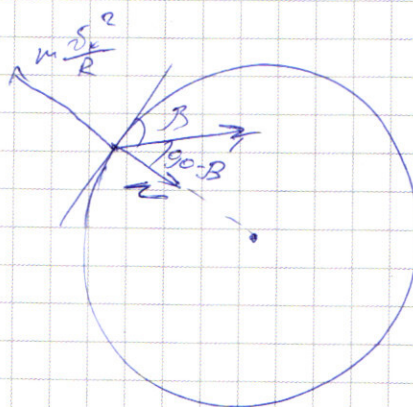
$$T + N \sin \beta = m \frac{v^2}{R}$$

II 3-й закон Ньютона на oy_2 :

$$T \sin \beta + N = m \frac{v^2}{R}$$

$$T(1 + \sin \beta) = N(1 + \sin \beta)$$

$$N = m \frac{v^2}{R} - T \sin \beta$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T + \left(m \frac{v_k^2}{R} - T \sin \beta \right) \sin \beta = m \frac{v_{\text{max}}^2}{14R}$$

$$T + m \frac{v_{\text{cm}}^2}{14R} - T \sin^2 \beta = m \frac{v_{\text{cm}}^2}{14R} \quad 15$$

$$\frac{4}{5} T \cos^2 \beta = m \frac{15}{17R} \left((2, 125)^2 - (1, 725)^2 \right)$$

$$T \cdot \frac{g^2}{17^2} = m \frac{15}{17R} (4,415^2 - 2,855^2) = m \frac{15}{17R} \cdot 1,525^2$$

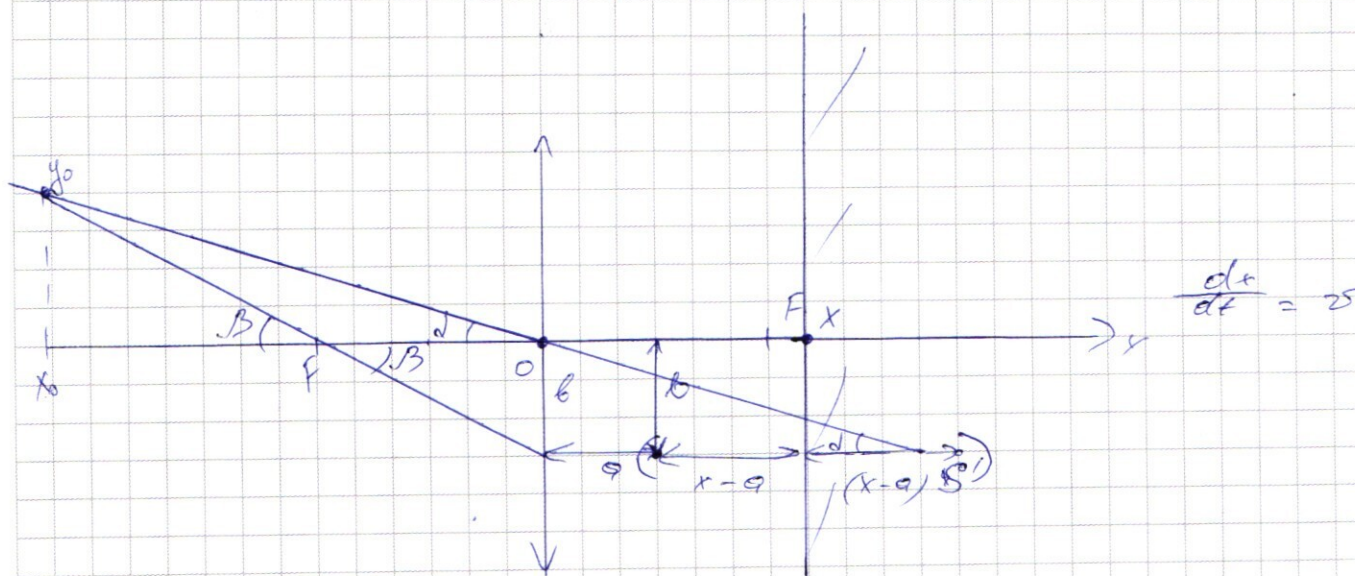
$$T = \frac{0,4 \cdot 15 \cdot 17^2}{17 \cdot 19 \cdot 8^2} \cdot 1,52 \cdot 2^2 = \frac{15 \cdot 17 \cdot 4}{19 \cdot 8 \cdot 8} \cdot 1,52 =$$

$$= \frac{15 \cdot 17 \cdot 152}{19 \cdot 4} = \frac{15 \cdot 17}{19} \cdot 0,38 = 15 \cdot 17 \cdot 0,02 = 255 \cdot 0,02 =$$

2. (5, 1, 1)

Ordes: $3,4 \frac{m}{s}$; $4,2 \frac{m}{s}$; $5,1 \frac{m}{s}$.

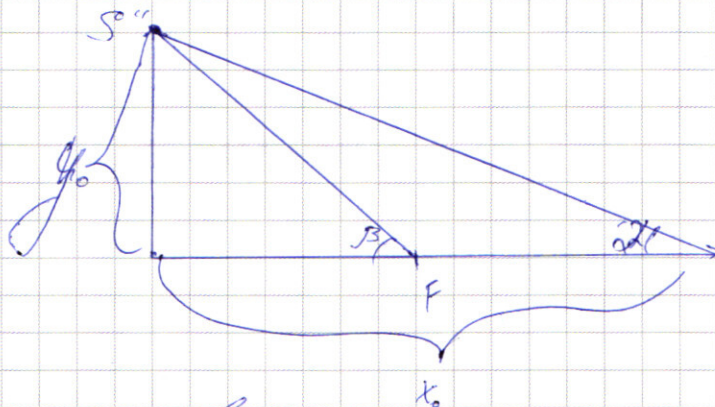
N5



$$a+x-a+x-a = 2x-a$$

$$\operatorname{tg} d = \frac{b}{2x-a}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{b}{F}$$



$$\frac{y_0}{x_0 - F} = \frac{b}{F} = \operatorname{tg} \beta \quad (1)$$

$$\frac{y_0}{x_0} = \frac{b}{2x-a} = \operatorname{tg} d \quad (2)$$

(1):(2)

$$\frac{x_0}{x_0 - F} = \frac{2x-a}{F}$$

$$F x_0 = (x_0 - F)(2x - a) = 2x x_0 - a x_0 - 2F x + F a$$

$$x_0 (F + a - 2x) = F(a - 2x)$$

$$x_0 = F \frac{a - 2x}{F + a - 2x} = F \left(1 - \frac{F}{F + a - 2x} \right)$$

$$a = \frac{3F}{5}$$

$$x_0 = F \left(1 - \frac{F}{\frac{3}{5}F - 2x} \right)$$

$$y_0 = x_0 \cdot \frac{b}{2x-a} = F \cdot \frac{a-2x}{F+a-2x} \cdot \frac{b}{2x-a} = \frac{-b \cdot F}{F+a-2x} = \frac{-\frac{3}{5}F \cdot \frac{8}{5}F}{\frac{3}{5}F - 2x} = \frac{-\frac{24}{25}F^2}{\frac{3}{5}F - 2x}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$1) x_0 \left(\frac{6F}{5} \right) = F \left(1 - \frac{F}{\frac{8}{5}F - \frac{12}{5}F} \right) = F \left(1 - \frac{F}{-\frac{4}{5}F} \right) = F \left(1 + \frac{5}{4} \right) = \frac{9}{4}F$$

$$y_0 \left(\frac{6F}{5} \right) = \frac{2}{3}F$$

$$2) dx_0 = F \left(\frac{F}{2x - \frac{8}{3}F} \right)' = \frac{-2dx \cdot F}{\left(2x - \frac{8}{3}F \right)^2} \cdot F$$

$$dy_0 = F^2 \cdot \frac{8}{15} \left(\frac{1}{2x - \frac{8}{3}F} \right)' = F^2 \cdot \frac{8}{15} \left(\frac{-2dx}{\left(2x - \frac{8}{3}F \right)^2} \right)$$

$$\frac{\Delta dy_0}{dx_0} = \frac{F^2 \cdot \frac{8}{15} \cdot (-2dx) \cdot \left(2x - \frac{8}{3}F \right)^2}{F^2 \cdot (-2dx) \cdot \left(2x - \frac{8}{3}F \right)^2} =$$

$$\left(\frac{8}{15} \right) = \text{tg } \alpha$$

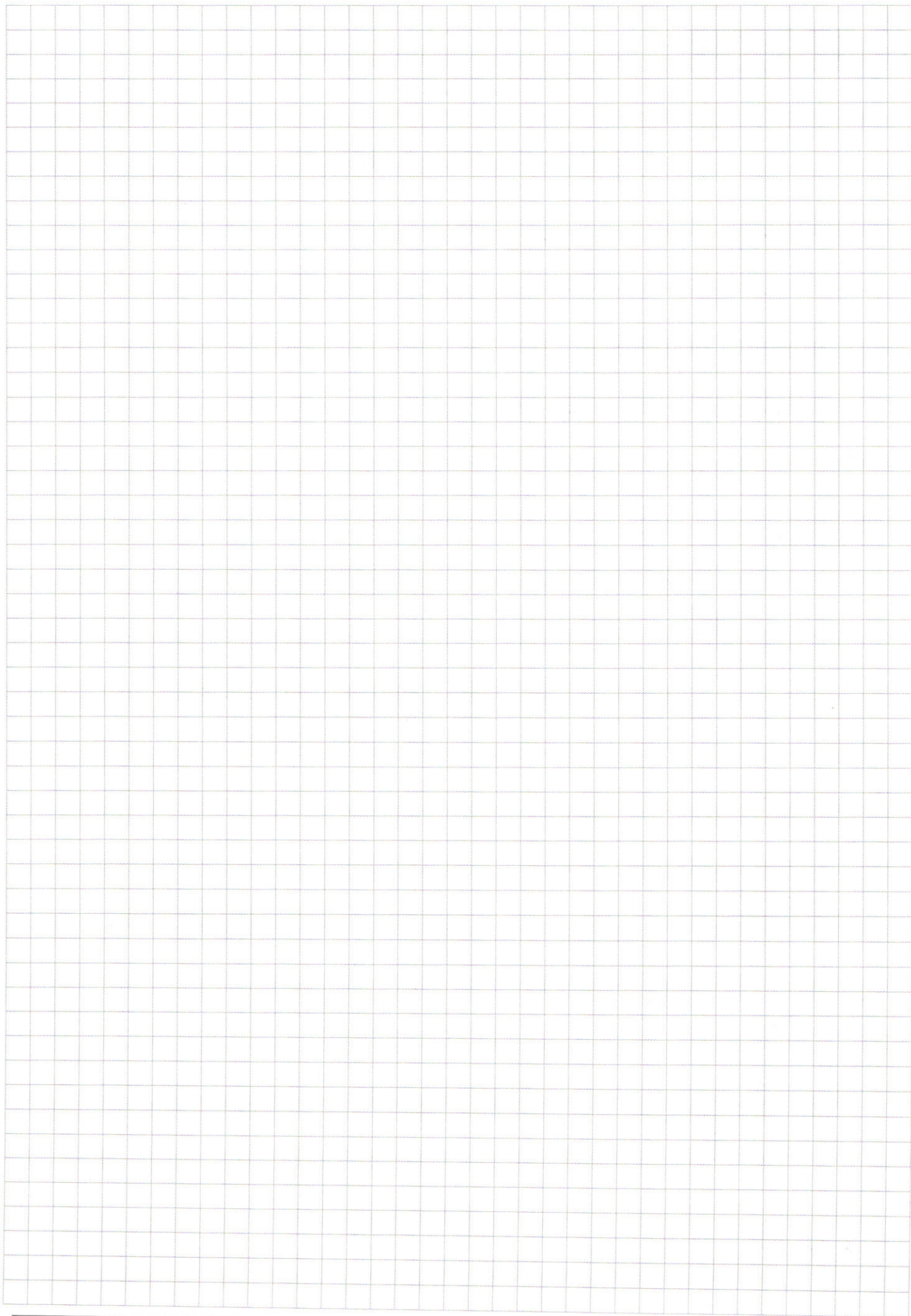
$$3) \frac{\sqrt{dx_0^2 + dy_0^2}}{dt} = v'$$

$$\frac{-2dx F^2}{\left(2x - \frac{8}{3}F \right)^2} \sqrt{1 + \frac{8^2}{15^2}} = -\frac{17}{15} \cdot \frac{2F^2 \cdot 25}{\left(2x - \frac{8}{3}F \right)^2} = -\frac{17}{15} \cdot \frac{25 \cdot F^2}{\left(\frac{12}{5}F - \frac{8}{3}F \right)^2} =$$

$$= -\frac{17}{15} \cdot \frac{25 \cdot F^2 \cdot 25}{16F^2} = -\frac{17}{15} \cdot \frac{2 \cdot 25^2}{16} \cdot 25 = -\frac{17}{16} \cdot \frac{10}{3} \cdot 25 = -\frac{10 \cdot 25}{3}$$

$$\approx 3,55$$

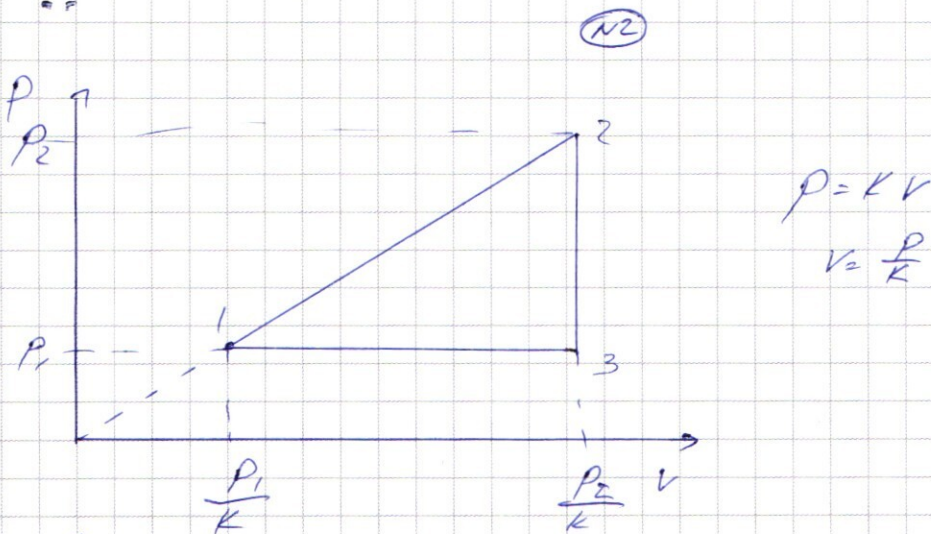
Ответ: $\frac{9}{4} 2,25F$; $\text{tg } \alpha = \frac{8}{15}$; $v' \approx 3,55$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 6
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Процесс был на изохоре и изобаре

⇒ γ — отношение молярных теплоёмкостей

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v} = \frac{i+2}{i} = \frac{5}{3}$$

2)

$$\frac{\Delta U}{A} = \frac{\frac{i}{2} \Delta P \Delta V}{A} = \frac{\frac{i}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)}{\int p dV} = \frac{\frac{i}{2} (P_2 \frac{P_2}{K} - P_1 \frac{P_1}{K})}{\frac{P_2^2}{2K} - \frac{P_1^2}{2K}} = i$$

$$dP = K dV$$

$$dV = \frac{dP}{K}$$

$$\frac{\Delta U}{A} = i = \textcircled{3} \text{ где } \gamma = \frac{c_p}{c_v}$$

3) $\eta = 1 - \frac{Q_-}{Q_+} = \frac{Q_+ - Q_-}{Q_+} = \frac{A}{Q_+}$

$$A = (P_2 - P_1) \frac{(P_2 - P_1)}{K}$$

Находим тепло только на участке 1-2

$$Q_+ = \cancel{P_2} A + \Delta U = \frac{(P_2 + P_1)}{2} \cdot \frac{(P_2 - P_1)}{K} + \frac{i}{2} (P_2 \frac{P_2}{K} - P_1 \frac{P_1}{K}) =$$

$$= \frac{P_2^2 - P_1^2}{2K} (1 + i)$$

$$\eta = \frac{(P_2 - P_1) \frac{(P_2 - P_1)}{2K}}{\frac{(P_2^2 - P_1^2)}{2K} (1 + i)} = \left(\frac{P_2 - P_1}{P_2 + P_1} \right) \frac{2}{1 + i}$$

~~P_2~~ $P_2 = 2P_1$

$$\eta = \frac{2P_1 - P_1}{2P_1 + P_1} \cdot \frac{2}{1+1} = \left(\frac{2-1}{2+1} \right) \frac{1}{2} = \left(1 - \frac{2}{2+1} \right) \frac{1}{2} =$$

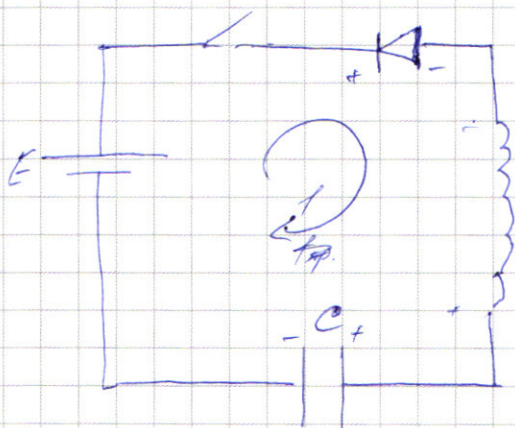
$\neq d \geq 1$

$$\Rightarrow \eta_{\max} = (1 - 0) \cdot \frac{1}{2} = 0,5 = 50\% - \text{максимальная}$$

т.к. $\varphi = 2 \left(\frac{2}{2+1} \right)$ - убывающая и стремится к 0.

Ответ: $\frac{5}{3}; 3; 50\%$

N4



Будем делать предположение
по поводу «пробитости» конденсатора,
если проходим к противоположному, значит
предположение не верно.

Если в начале конденсатор пробит:

для Кирхгофа для 1 контура:

$$E = U_C + U_R - U_0 - U_0$$

$$6B = 9B - 1B - U_0$$

$$U_0 = (9 - 1 - 6)B = 2B = L \cdot \dot{I}$$

$$\dot{I} = \frac{2B}{L} = \frac{2}{0,4} = \frac{2 \cdot 10}{4} = 5 \frac{A}{C}$$

2) При максимальной токе $\dot{I} = 0$ (не движется)

$$\Rightarrow U_0 = 0$$

т.к. ток есть, то диод пробит

$$U_0 = U_C - E = 1B$$

$$U_C = 7B = \frac{q}{C} \Rightarrow q_2 = 7B \cdot 10 \text{ мкФ} = 70 \text{ мкКл}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$q_1 = \frac{U_1}{C_1} = 90 \text{ мкВ}$$

Закон сохр. Энергии

$$+E_{ag} = \frac{q_1^2 - q_1'^2}{2c} + \frac{(\Gamma_{21}^2 - \Gamma_{11}^2) \hbar}{2} \quad \Gamma_{14} = 0$$

王. 王. 王.

$$E(q_2 - q_1) = \frac{(q_2 - q_1)(q_2 + q_1)}{2c} = \frac{E_b^2 L}{2}$$

$$6\beta - 20\text{мкКл}) + \frac{20\text{мкКл} \cdot 160\text{мкКл}}{2 \cdot 10\text{мкП}} = \frac{I_{26}^2 L}{2}$$

$$-120 \text{ В} \cdot \text{мк Кл} + 10 \text{ мк Кл} \cdot \text{В} \cdot 16 = \frac{F_{\text{грав}}^2 \cdot G}{3}$$

$$10 \text{ В. мк } L_1 = \frac{52.6}{2}$$

$$\frac{80}{0,4} \cdot \frac{\sin \alpha_{\text{кл.В}}}{r_{\text{н}}} = I_{20}^2$$

$$200 \text{ A}^2 = I_{20}^2$$

$$I_{24} \approx 14 \text{ A}$$

3) 13.10.2020 года не может присутствовать

3) В установившемся состоянии ток равен 0

Направление на катушке 0, т.е. ток не меняется

$$E \cdot (q_0 - q_1) = \frac{(q_0^2 - q_1^2)}{2c} \quad - \text{закон сохр. энергии}$$

$$E = \frac{9_0 + 9_1}{20}$$

$$\frac{q_0}{C} = U_2 \text{ — установленное напряжение}$$

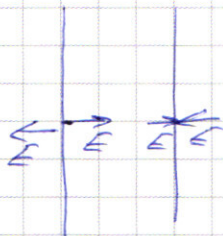
$$2E = U_2 + \frac{q_1}{C} = U_2 + U_1$$

$$2E - U_1 = U_2 + 12B - 9B = 3B$$

Ответ: 5 $\frac{A}{C}$; 14A; 3B

N3

Пластины создают поле E



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten student work on a grid background, showing physics problems and solutions.

Top Left: Calculations for velocity components and angles.

$$v_x = v \cos \beta = v \cos \alpha$$

$$v_y = v \sin \beta = v \sin \alpha$$

Top Right: Vector diagrams and calculations for velocity components.

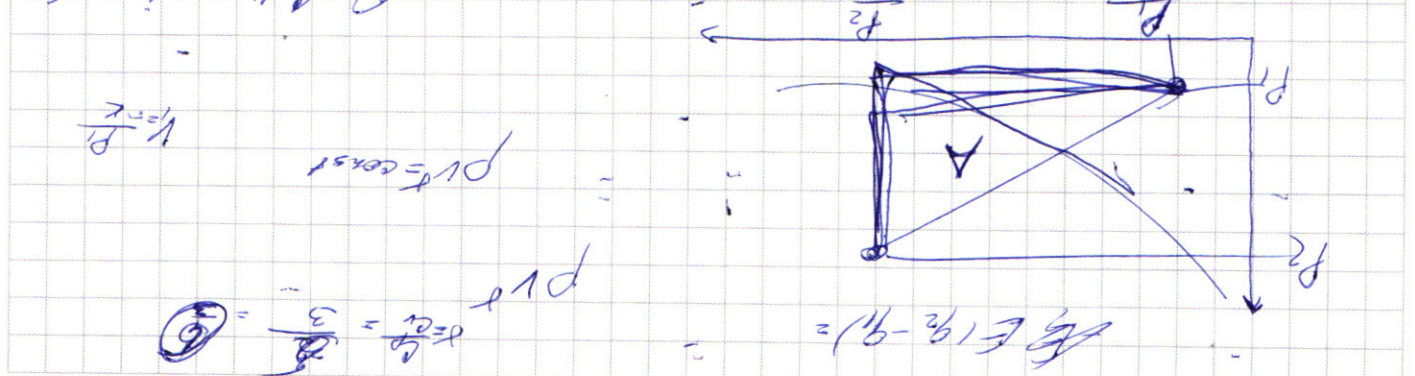
Middle: Vector diagrams showing the addition of velocities using the triangle rule.

Bottom Left: Calculations for the resultant velocity magnitude.

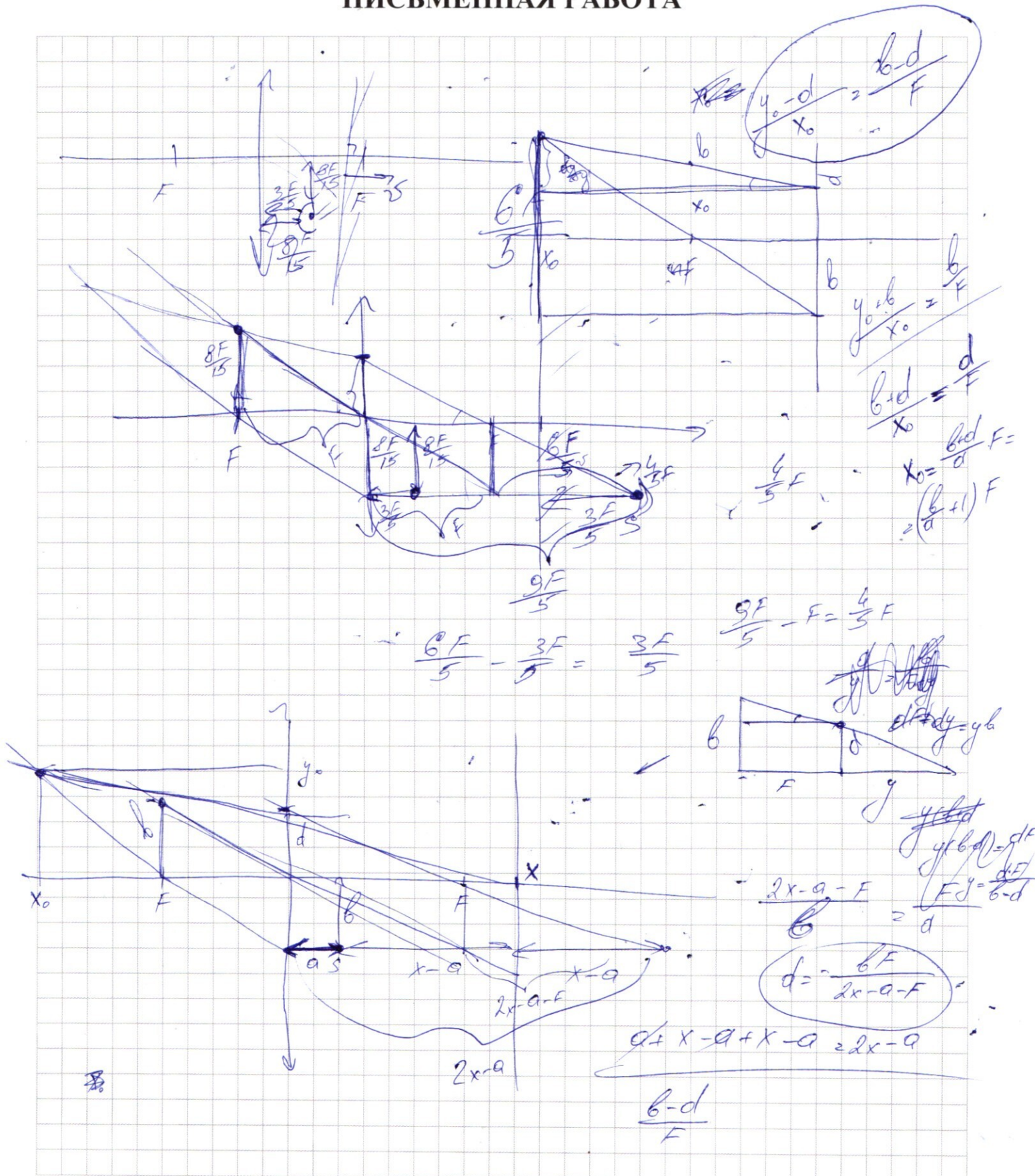
$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{1.6^2 + 2.1^2} = \sqrt{6.97} \approx 2.44$$

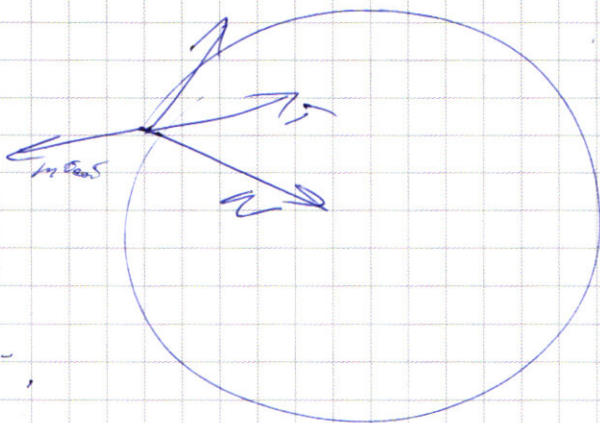
Bottom Right: A table of multiplication results for the 9x9 grid.

1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18
3	3	6	9	12	15	18	21	24	27
4	4	8	12	16	20	24	28	32	36
5	5	10	15	20	25	30	35	40	45
6	6	12	18	24	30	36	42	48	54
7	7	14	21	28	35	42	49	56	63
8	8	16	24	32	40	48	56	64	72
9	9	18	27	36	45	54	63	72	81



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





$$\frac{2}{4}$$

$$15.17.4$$

$$\begin{array}{r} 15 \\ 17 \\ \hline 32 \\ 17 \\ \hline 49 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 17 \\ 15 \\ \hline 85 \\ 17 \\ \hline 102 \end{array}$$

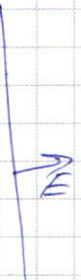
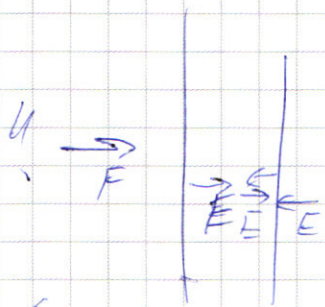
$$\begin{array}{r} 25.5 \\ 19 \\ \hline 44.5 \end{array}$$

m. 500

$$\begin{array}{r} 152 \\ 12 \\ \hline 32 \end{array} \begin{array}{r} 4 \\ 38 \end{array}$$

$$0.38$$

$$\begin{array}{r} 255 \\ 2 \\ \hline 510 \end{array}$$



$$\frac{F}{F+0.2x}$$

$$\frac{3}{5} + 1 = \frac{8}{5} F$$



$$\begin{array}{r} 16 \\ 16 \\ \hline 32 \\ 16 \\ \hline 48 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 582 \\ 12 \\ \hline 6984 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 52 \\ 52 \\ \hline 104 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15 \\ 15 \\ \hline 30 \end{array}$$

$$12 - 8 = 4$$

$$\begin{array}{r} 100 \\ 100 \\ \hline 200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100 \\ 100 \\ \hline 200 \end{array}$$

$$\frac{3}{2} F$$

$$\frac{153}{153} = 1$$

$$\frac{F \cdot 1.5}{1.5 + 1.5} = \frac{F}{2}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dx}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dx}$$