

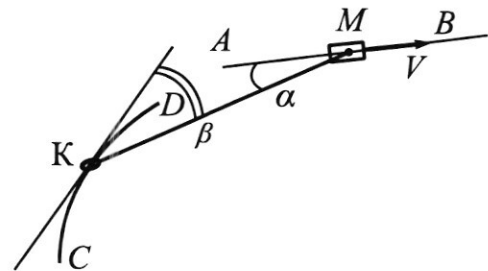
Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 11

Вариант 11-02

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



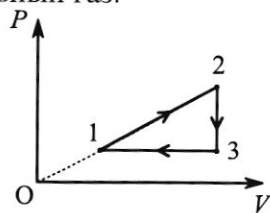
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 количества теплоты, полученной газом, 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. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

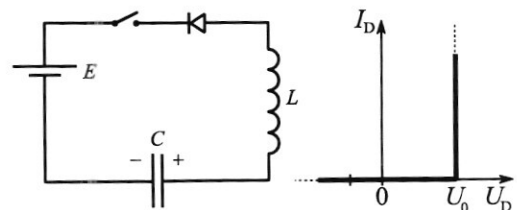
1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.

2) Найдите напряжение U на конденсаторе.

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 $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ 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.

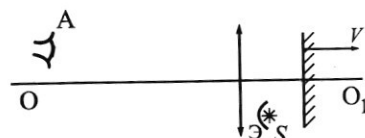
3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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 плоскости $F/3$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F от линзы.

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

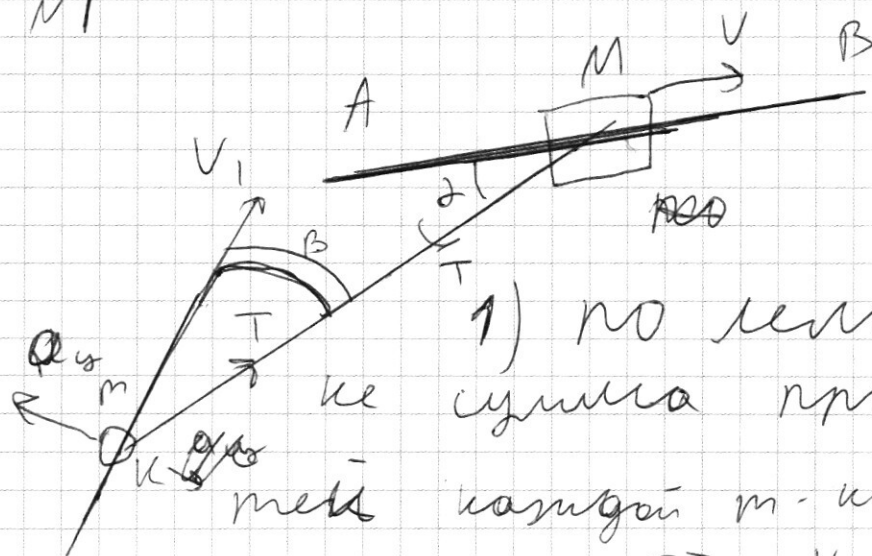
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

21



1) по длине О параллельно проекции скорости
м-ки просама
 $v_{\text{проект}} = \text{const} \Rightarrow V \cos \alpha = V_1 \cos \beta \Rightarrow$

$$\Rightarrow V_1 = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{\frac{3}{5}}{\frac{8}{12}} = 40 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$= 51 \frac{C^M}{C} //$$

2) Перелізім в мемури

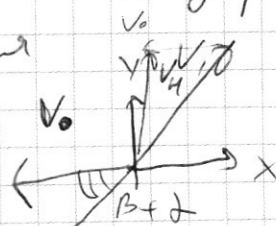
Инициатива, связанная с муфтией.

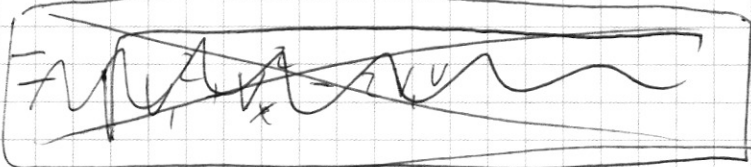
Здесь $V_{вет}$ — скорость ветра,
а u — скорость V , приложенная
вектор u — та V . $(V) = M$

$$\frac{1}{v_0} \parallel \vec{v}' \Rightarrow \text{NOT COS}$$

V_M , ~~рав~~ - ~~он~~ ~~интересны~~ ~~что~~ ~~конс-~~
иза ~~от~~ ~~мы~~ ~~мы~~ ~~фн~~ ~~по~~ ~~т~~ ~~(о)~~

$$V_M = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 - 2V_1V_2(\cos(\alpha + \beta))} = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 - 2V_1V_2(\cos(10^\circ + 105^\circ))} = \sqrt{1 + 10^2 - 2(1)(10)(\cos(115^\circ))} =$$





$$= \sqrt{V^2 + V_1^2 - 2V_1V(\cos 2 \cos \beta - \sqrt{(1 - \cos^2 2)(1 - \cos^2 \beta)})} =$$

$$= \sqrt{V^2 + V_1^2 - 2V_1V(\cos 2 \cos \beta - \sqrt{(1 - \cos^2 2)(1 - \cos^2 \beta)})} =$$

$$= \sqrt{40^2 \left(\frac{\text{cm}}{\text{с}}\right)^2 + 51^2 \left(\frac{\text{cm}}{\text{с}}\right)^2 + 2 \cdot 40 \cdot 51 \left(\frac{\text{cm}}{\text{с}}\right)^2 \cdot \frac{36}{5.17}} =$$

$$= \frac{\text{cm}}{\text{с}} \sqrt{40^2 + 51^2 + 2 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 36} = \sqrt{5929} \frac{\text{cm}}{\text{с}} //$$

$$= 77 \frac{\text{cm}}{\text{с}} //$$

3) $m = 23 \text{ Н}$. $ma_y = T \sin \beta$

$$a_y = \frac{v_1^2}{R} \Rightarrow m \frac{v_1^2}{R} = T \sin \beta$$

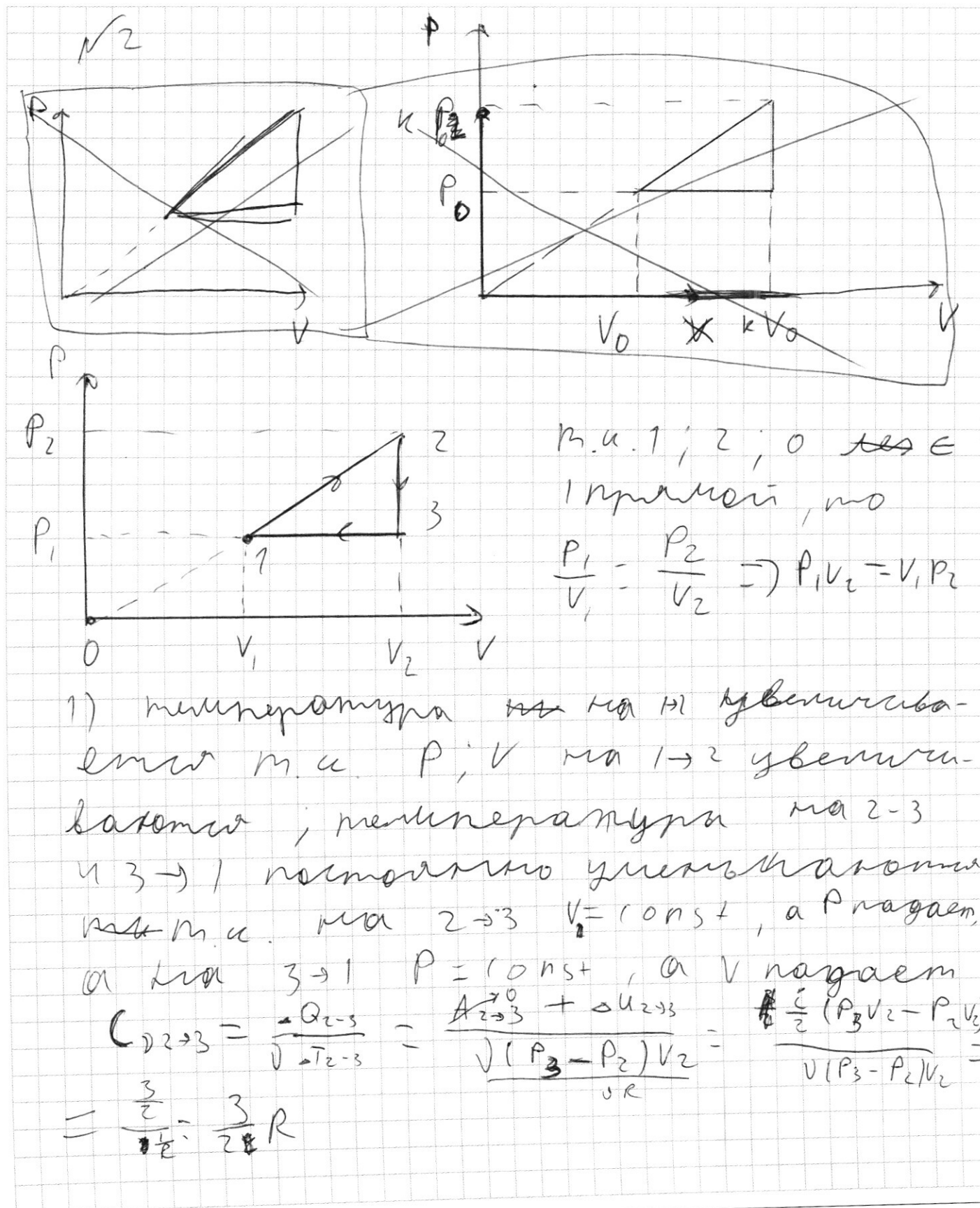
$$T = \frac{mv_1^2}{2\sqrt{1 - \cos^2 \beta}} = \frac{1 \cdot 40^2}{100^2 \cdot 2\sqrt{1 - \cos^2 \frac{5}{12}}} \text{ Н} =$$

$$= \frac{2}{52 \cdot \frac{15}{12}} \text{ Н} = \frac{34}{375} \text{ Н} //$$

Ответ: $\frac{51 \text{ cm}}{\text{с}} = v_1$, $v_H = 77 \frac{\text{cm}}{\text{с}}$

$$T = \frac{34}{375} \text{ Н}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$C_{03 \rightarrow 1} = \frac{Q_{3 \rightarrow 1}}{U_{3 \rightarrow 1}} = \frac{A_{3 \rightarrow 1} + \dot{Q}_{3 \rightarrow 1}}{U_{3 \rightarrow 1}} = \frac{P_1(V_2 - V_1) + \frac{1}{2}(P_1 V_1 - P_1 V_2)}{U_{3 \rightarrow 1}} = \frac{P_1 V_1 (\frac{3}{2} - 1) + P_1 V_2 (1 - \frac{3}{2})}{P_1 V_1 - P_1 V_2} R =$$

$$- \frac{\frac{1}{2}(P_1 V_1 - P_1 V_2)}{P_1 V_1 - P_1 V_2} R = \frac{1}{2} R \Rightarrow \frac{C_{02 \rightarrow 3}}{C_{03 \rightarrow 1}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{1}{2} R} = 3 //$$

$$2) \frac{Q_{1 \rightarrow 2}}{A_{1 \rightarrow 2}} = \frac{A_{1 \rightarrow 2} + \dot{Q}_{1 \rightarrow 2}}{A_{1 \rightarrow 2}} = \frac{\frac{1}{2}(P_2 - P_1)(V_1 + V_2) + \frac{1}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1)}{\frac{1}{2}(P_2 - P_1)(V_1 + V_2)} =$$

$$= \frac{P_2 V_1 - P_1 V_2 + P_2 V_2 - P_1 V_1 + 3 P_2 V_2 - 3 P_1 V_1}{P_2 V_1 - P_1 V_2 + P_2 V_2 - P_1 V_1} =$$

$$= \frac{4 P_2 V_2 - 4 P_1 V_1}{P_2 V_2 - P_1 V_1} = 4 //$$

$$3) \eta = 100\% \frac{A_{1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1}}{Q_{1 \rightarrow 2}} = \frac{V \frac{1}{2}(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{\frac{1}{2}(4 P_2 V_2 - 4 P_1 V_1)} = \frac{V \frac{1}{2}(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{2 P_2 V_2 - 2 P_1 V_1} = \frac{V P_2 V_2 + P_1 V_1 - P_2 V_1 - P_1 V_2}{4 P_2 V_2 - 4 P_1 V_1} = 100\%$$

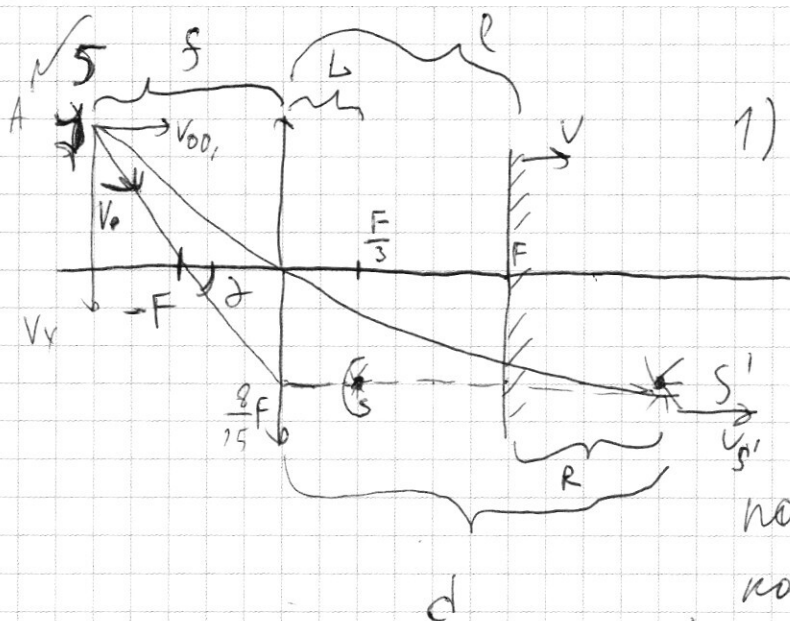
замечать что $\eta \rightarrow \eta_{\max}$ при $A_{1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1} \rightarrow A_{\max}$ (по $Q_{1 \rightarrow 2} = \text{const}$ в любом случае)

$A_{\max}$ будет при $A_{3 \rightarrow 1} = 0$, что достигается при $P_1 = 0 \Rightarrow$

$$\eta_{\max} = 100\% \frac{P_2 V_2 + P_1 V_1 - P_2 V_1 - P_1 V_2}{4 P_2 V_2 - 4 P_1 V_1} = \frac{V P_2 V_2}{4 P_2 V_2} = \frac{1}{4} = 25\%$$

Ответ: $\frac{C_{02 \rightarrow 3}}{C_{03 \rightarrow 1}} = 3$; $\frac{Q_{1 \rightarrow 2}}{A_{1 \rightarrow 2}} = 4$; $\eta_{\max} = 25\%$ //

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) S' - изображение
м.и. S в зер-
кале $\Rightarrow$
 $\Rightarrow R = \ell - L \Rightarrow$

$\Rightarrow d = \ell + R = 2\ell - L$
но оп-ле мем-
ной линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{S} \Rightarrow S = \frac{Fd}{d-F} = \frac{F(2\ell-L)}{2\ell-L-F}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{1}{S} \quad \frac{d-F}{Fd} = \frac{1}{S} \quad S = \frac{Fd}{d-F} = \frac{F(2\ell-L)}{2\ell-L-F}$$

$$= \frac{F(2F - \frac{F}{3})}{2F - \frac{F}{3} - F} = \frac{\frac{5}{3}F}{\frac{2}{3}} = \frac{5}{2}F \Rightarrow f = \frac{5}{2}F$$

2) М.и. линза собирающая,
а // лучок от O и O , лучок света
сходится в F , но изображение
м.и. S' движется // OO , (м.и. зеркала
же $\perp OO$, а $V \parallel OO$), ~~то~~ изобра-
жение S' всегда будет лежать на
луче проходящем через ~~точку~~ $-F$
и $\frac{8}{15}F$ (на линзе) $\Rightarrow$ и двигаться изоб-
ражение м.и. S' будет по этой

прямой $\Rightarrow \Delta t g \approx \frac{\frac{8}{15} F}{F} = \frac{8}{15}$

$t g \approx \frac{8}{15} //$

3) т.к. продольное увеличение равно $\Gamma_x \Gamma_y$, где x, y поперечные ~~из-~~

пр-ма та же та же 00 , а в нашем случае $x \approx y$, то $\Gamma_x \Gamma_y = \Gamma^2 \Rightarrow$ скорость ~~из-~~ изображения $V_{00} = \Gamma^2 V_{S'}$ и направлено в сторону линзы (т.к. линза собирающая, а $V_{S'}$ направлено против линзы). $\Gamma = \frac{s}{d} = \frac{\frac{5}{2} F}{2L - l} = \frac{5F/2}{2F - \frac{F}{3}} = \frac{5/2 F}{5/3 F} = \frac{3}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow V_{00} = \Gamma^2 V_{S'} = \frac{9}{4} V_{S'}$

$V_{S'} = V \cdot 2$ т.к. при смещении зеркала на dx изображение предмета в нем увеличивается на $2dx \Rightarrow$

$\Rightarrow V_{00} = \Gamma^2 V_{S'} = \frac{9}{4} \cdot 4V = 9V$ т.к.

$t g \approx \frac{8}{15}$, то вертикальная составляющая V_y равна $V_{00} \cdot t g \approx$

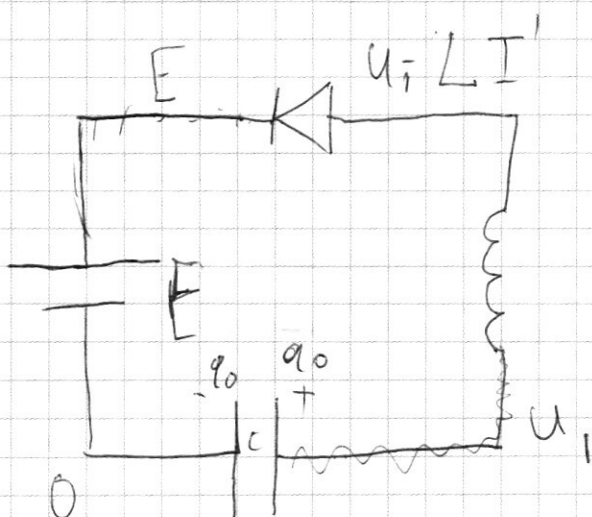
$= \frac{8}{15} \cdot 9V$ $\Rightarrow$ по теореме $V_0 = \sqrt{V_{00}^2 + V_y^2} =$

$= \sqrt{V_{00}^2 (1 + t g^2)} = 9V \cdot \frac{\sqrt{225 - 64}}{15} = \frac{3}{5} V \cdot 11 = \frac{33}{5} V //$

Ответ: $\xi = \frac{5}{2} F$; $t g \approx \frac{8}{15}$; $V_0 = \frac{33}{5} V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4



$$1) \quad E - U_L + LI' = U_0$$

$$U_L = LI'$$

$$I' = \frac{U_0 + U_L - E}{L}$$

$$= \frac{7 - 3}{0,2} \frac{\text{A}}{\text{C}} = 20 \frac{\text{A}}{\text{C}}$$

2)

по 3 СЭ.

$$A_{\text{font}} + W_{C0} + W_{L0} = W_{L\text{max}} + W_{C\text{max}} + Q$$

$E = q$ $\frac{q_0^2}{2C}$ 0 $\frac{L I_{\text{max}}^2}{2}$ $\frac{(q_0 - \Delta q)^2}{2C}$

I_{max} при $I' = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow E - U_0 = U_x = \frac{q_0 - \Delta q}{C}$$

U_x - напряжение на конденсаторе при I_{max}

$$(E - U_0)C = q_0 - \Delta q \quad \Delta q = q_0 + (U_0 - E)C$$

по 3 СЭ.

$$A_{\text{font}} + W_{C0} + W_{L0} = W_{L\text{max}} + W_{C\text{max}} + Q$$

$\Delta q \cdot E$ $\frac{q_0^2}{2C}$ 0 $\frac{L (I_{\text{max}})^2}{2}$ $\frac{(q_0 - \Delta q)^2}{2C}$

$$\Delta q E + \frac{cu^2}{2} - \frac{(q_0 - \Delta q)^2}{2c} = \frac{L}{2} I_{\max}^2$$

$$I_{\max}^2 = \frac{(q_0 + (u_0 - E)c)E + \frac{cu^2}{2} - \frac{(E - u_0)^2 c}{2}}{L}$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{(u_0 c + (u_0 - E)c)E + \frac{cu^2}{2} - \frac{(E - u_0)^2 c}{2}}{L}}$$

$$= \sqrt{\frac{(u_0 c + (u_0 - E)c)E + \frac{cu^2}{2} - \frac{(E - u_0)^2 c}{2}}{L}}$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{2(u_0 c - E(c + u_0))E + cu^2 - (E - u_0)^2 c}{L}}$$

$$= \sqrt{\frac{80 \cdot \frac{8 \cdot 3 + 36 - 4}{0,2} \cdot 10^{-3}}{0,2}} \cdot A =$$

$$= \sqrt{5,6} \cdot A //$$

3) по ЗСЖ и $I = 0$

$$\begin{matrix} A_{\text{лам}} & + & W_{\text{ко}} & + & W_{\text{зо}} & = & Q & + & W_{\text{лк}} & + & W_{\text{ск}} \\ \Delta q_1 E & & \frac{u_1^2 c}{2} & & 0 & & 0 & & 0 & & q_0 \frac{(u_1 c - \Delta q_1)^2}{2c} \end{matrix}$$

$$(u_1 c - \Delta q_1)^2 = \Delta q_1 E 2c + u_1^2 c^2$$

$$u_1^2 c^2 - 2u_1 c \Delta q_1 + \Delta q_1^2 = \Delta q_1 E 2c + u_1^2 c^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Delta q_1^2 = 4CE \Delta q_1$$

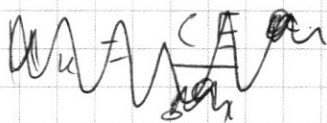
$$\Delta q_1 = 4CE \Delta q_1$$

$$q_1 \neq 0 \text{ м.к.}$$

в этом случае

$$E = U_0 - \text{противо-} \\ \text{электростатическое поле}$$

U_k - усил. напряж. на кон-ке



$$U_k = \frac{4EC}{C} = 4E = 12 \text{ В}$$

$$E - 4E \leq U_0 \rightarrow \text{под-} \\ \text{ходит.}$$

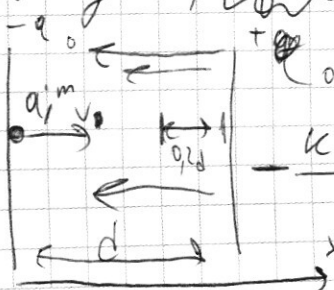
Ответ: $I' = 20 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

$$I_{\max} = \sqrt{5,6} \text{ А}$$

$$U_k = 12 \text{ В}$$

№3

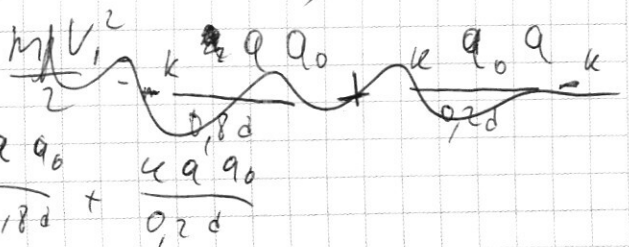
2) ~~частица~~ ~~заряд~~ ~~влетела~~ в конден-
сатор через сетку с ~~зарядом~~
отрицательным зарядом
м.к. Она остановилась и её за-
ряд ~~положительный~~ $\Rightarrow$



по 3(7).

$$-\frac{ka_0}{d} + \frac{mv_1^2}{2}$$

$$= \frac{ka_0}{0,18d} + \frac{ka_0}{0,2d}$$



$$\frac{d \cdot V_1^2}{2 \gamma k} = q_0 \left(1 + \frac{1}{0,2} + \frac{1}{0,8} \right) = q_0 \left(6 + \frac{5}{4} \right)$$

$$\frac{2 \cdot V_1^2 \cdot d}{29 \gamma k} = q_0$$

C - емкость конденсатора.

$$C = \frac{q_0}{U} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$U = \frac{q_0 d}{\epsilon \epsilon_0 S} = \frac{2 V_1^2 \cdot d^2}{29 \gamma k \epsilon_0 S} = \frac{8 \pi V_1^2 d^2}{29 \gamma S} //$$

3) по 3. (а).

$$\frac{m v_0^2}{2} = \cancel{m a q_0} \frac{k a q_0}{0,8 d} + \frac{\cancel{m a k a q_0}}{0,2 d}$$

$$v_0^2 = \cancel{\frac{2 \gamma k q_0}{d}} \left(\frac{5}{4} + \frac{5}{4} \right) = \frac{25 \gamma k q_0}{2 d}$$

$$V_0 = 5 \sqrt{\frac{\gamma k q_0}{2 d}} //$$

(стоит отметить, что горизонтальная составляющая сил, действующих на частицу скомпенсирована, а вертикальная равна $\sum F_i = \sum \frac{k q q_i}{r_i^2}$)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

9/3

1) U_3 2.3.11.

$$m a(t) = \sum F_i(t) =$$

$$= \sum \frac{k q q_i}{r_i^2(t)} = \frac{k q q_0}{(d - v_1 t + \frac{a(t)t^2}{2})^2} + \frac{k q q_0}{(v_1 t - \frac{a(t)t^2}{2})^2}$$

~~на ааа~~

$$\frac{m a(t)}{k q q_0} = \frac{1}{(d - v_1 t + \frac{a(t)t^2}{2})^2} + \frac{1}{(v_1 t - \frac{a(t)t^2}{2})^2}$$

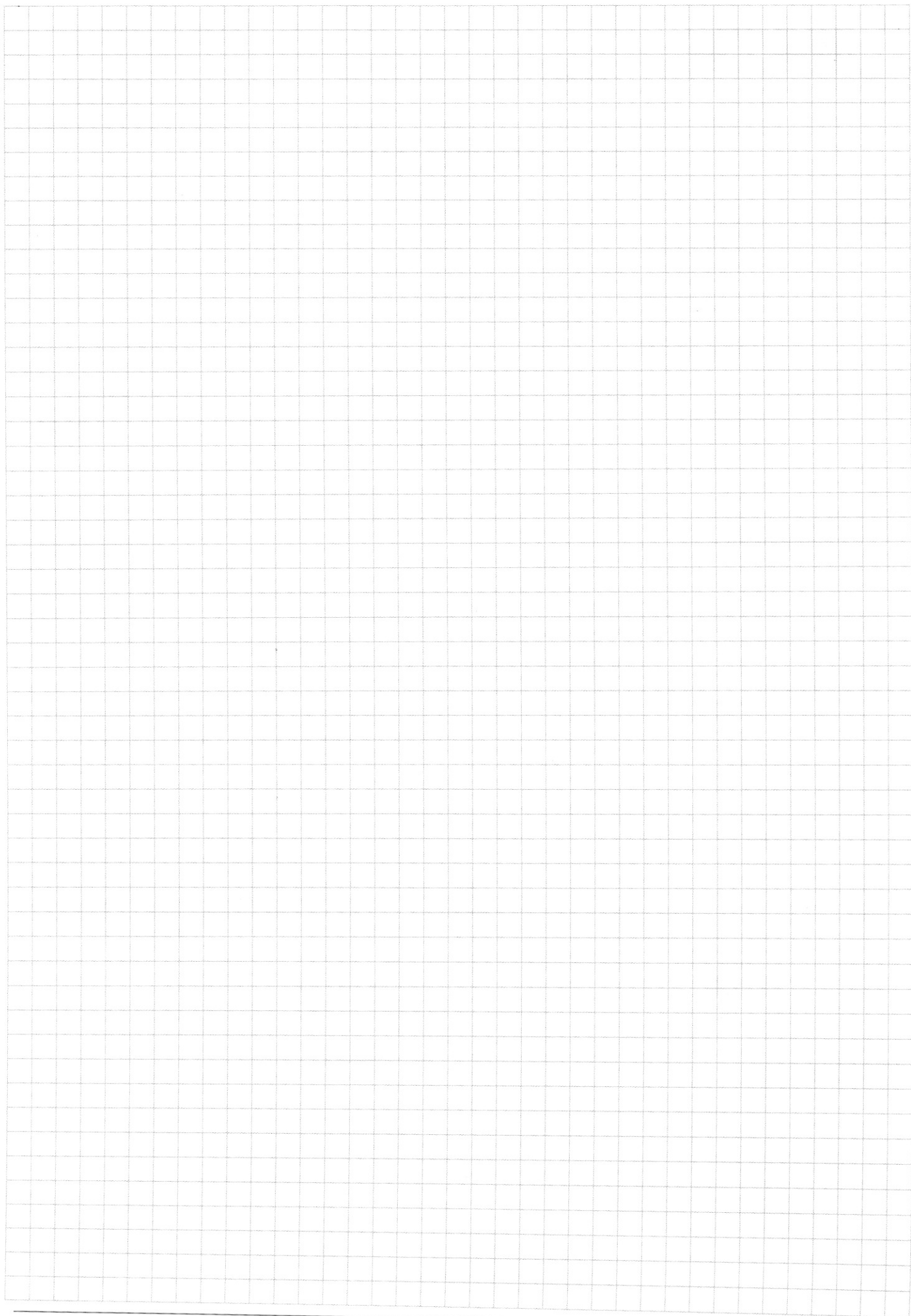
$$m a(t) \cdot (d - v_1 t + \frac{a(t)t^2}{2}) (v_1 t - \frac{a(t)t^2}{2}) =$$

$$= k q q_0 d$$

$$a(t) (d - v_1 t + \frac{a(t)t^2}{2}) (v_1 t - \frac{a(t)t^2}{2}) =$$

$$= k q q_0 d$$

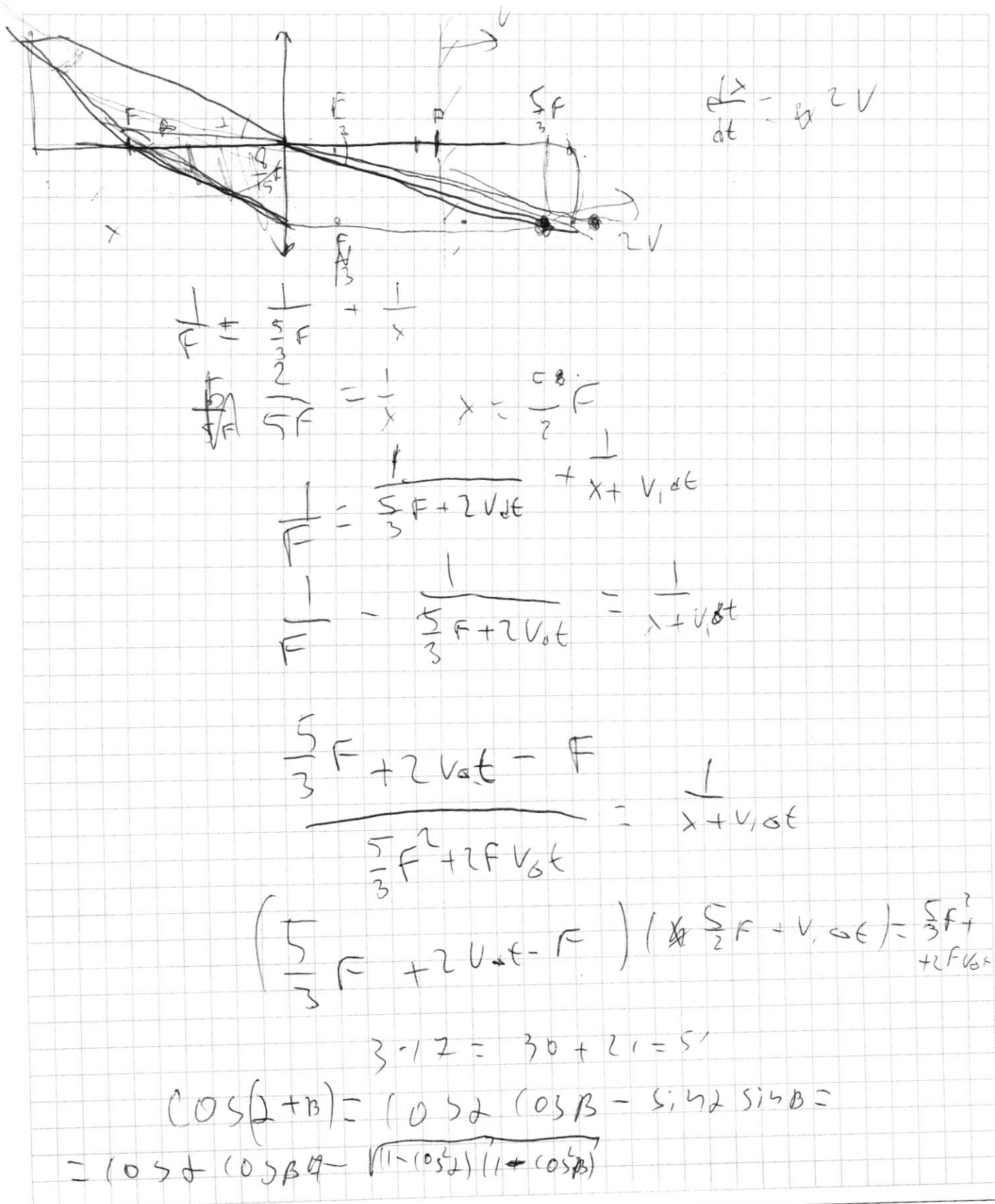
$$a(t) \cdot 0,8d = v_1 t - \frac{a(t)t^2}{2}$$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \sqrt{\left(1 - \frac{9}{25}\right) \left(1 - \frac{64}{289}\right)} = \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{9 \cdot 15}{5 \cdot 17} =$$

$$= \frac{24}{85} - \frac{36}{85} = -\frac{12}{85}$$

$$47^2 = 2209$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ 170 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$289 - 64 = 225$$

$$1600$$

А. М. 10

$$\begin{array}{r} 51 \\ \times 51 \\ \hline 255 \\ 2601 \end{array}$$

$$1600 + 2601 + 1728 =$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 36 \\ \hline 216 \\ 360 \\ \hline 1296 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 216 \\ \times 216 \\ \hline 1296 \\ 4320 \\ 8208 \\ \hline 46656 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1600 \\ + 2601 \\ \hline 4201 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4201 \\ + 1728 \\ \hline 5929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5929 \\ - 3 \\ \hline 5926 \\ - 27 \\ \hline 5899 \\ - 216 \\ \hline 5683 \end{array}$$

$$6400 = 80$$

$$\begin{array}{r} 29 \\ \times 29 \\ \hline 261 \\ 520 \\ \hline 841 \end{array}$$

$$6241$$

$$\begin{array}{r} 29 \\ \times 29 \\ \hline 261 \\ 520 \\ \hline 841 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 75 \\ \times 15 \\ \hline 1125 \\ 750 \\ \hline 1125 \end{array}$$