

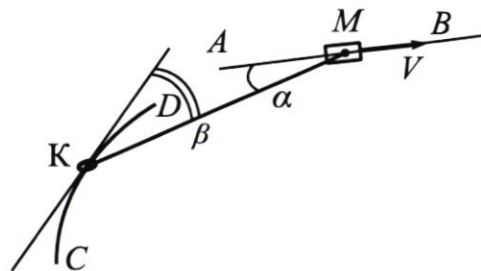
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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.



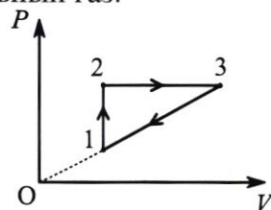
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

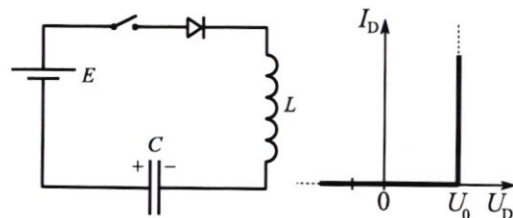
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

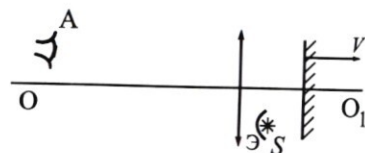


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

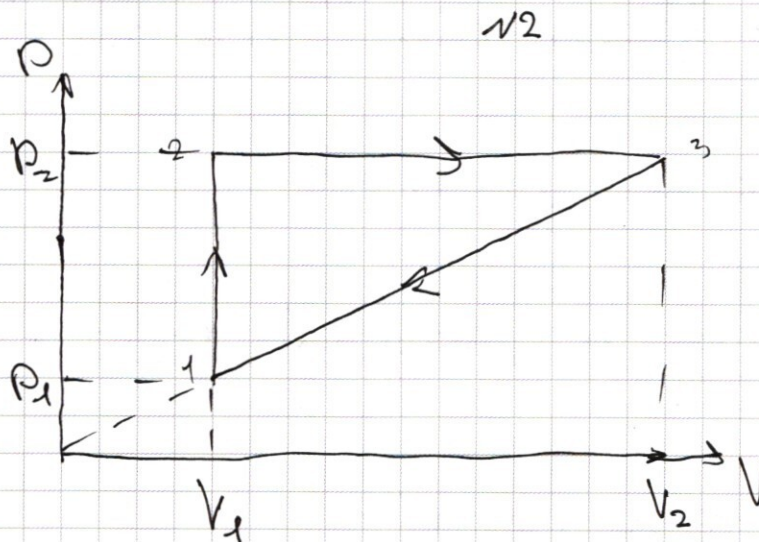
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



1) 12: $Q = \Delta U = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T$
 $C_V = \frac{\frac{3}{2} \gamma R \Delta T}{\gamma \Delta T} = \frac{3}{2} R$

23: $Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T + P_2 \Delta V = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T + \gamma R \Delta T =$
 $= \frac{5}{2} \gamma R \Delta T$

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

$\frac{\frac{5}{2} \gamma R}{\frac{3}{2} \gamma R} = \frac{5}{3}$ ~~Скорректировано~~

2) $\delta A = P \Delta V = \gamma R \Delta T$, $\Delta U = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T$
 $\frac{\Delta U}{A} = \frac{3}{2}$

3) $Q = Q_{12} + Q_{22} = \frac{3}{2} \rho_2 (T_2 - T_1) + \frac{3}{2} \rho_2 (T_3 - T_2) + \dots$

магнитное поле
используем 12

сложнее магнитное
поле

магнитное поле
используем 23

$+ \dots \rho_2 (T_3 - T_2) =$

$= \frac{3}{2} (\rho_2 v_1 - \rho_1 v_1) + \frac{3}{2} (\rho_2 v_2 - \rho_2 v_1) + (\rho_2 v_2 - \rho_1 v_1)$

$$Q = \frac{5}{2} \rho_2 v_2 - \rho_2 v_1 - \frac{3}{2} \rho_1 v_1 + \dots$$

$A = \frac{(\rho_2 - \rho_1)(v_2 - v_1)}{2} = \frac{\rho_2 v_2 - \rho_1 v_2 - \rho_2 v_1 + \rho_1 v_1}{2}$

разность давлений

$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{\rho_2 v_2 - \rho_1 v_2 - \rho_2 v_1 + \rho_1 v_1}{5 \rho_2 v_2 - 2 \rho_2 v_1 - 3 \rho_1 v_1}$

крит

$$\rho_2 = k \cdot \rho_1; v_2 = k \cdot v_1$$

$$\eta = \frac{k^2 \rho_1 v_1 - k \rho_1 v_1 - k \rho_1 v_1 + \rho_1 v_1}{5k^2 \rho_1 v_1 - 2k \rho_1 v_1 - 3 \rho_1 v_1} = \frac{k^2 - 2k + 1}{5k^2 - 2k - 3}$$

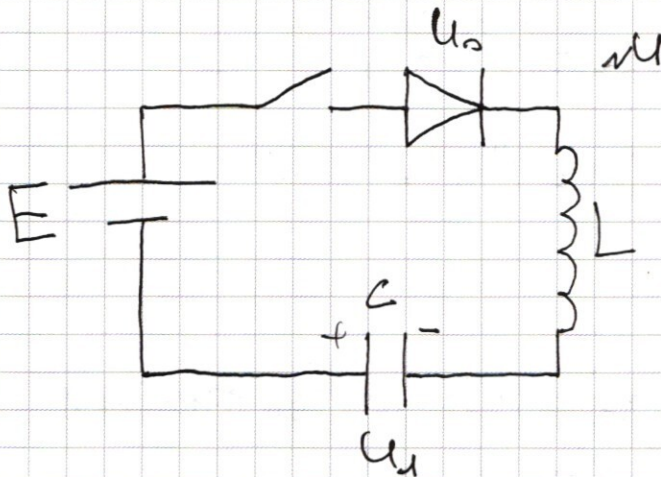
$$\eta'(k) = \frac{(2k - 2)(5k^2 - 2k - 3) - (k^2 - 2k + 1)(10k - 2)}{(5k^2 - 2k - 3)^2} =$$

$$= \frac{10k^3 - 6k^2 - 6k - 10k^3 + 4k^2 + 6 - 10k^3 + 20k^2 - 10k + 2k^2 - 4k^2}{(5k^2 - 2k - 3)^2} =$$

$$= \frac{8k^2 - 16k + 6}{(5k^2 - 2k - 3)^2} = \frac{6(k-1)^2}{(5k^2 - 2k - 3)^2} \geq 0 \Rightarrow \eta_{\max} = \eta(k_{\min})$$

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \left(\frac{k^2 - 2k + 1}{5k^2 - 2k - 3} \right) = \lim_{k \rightarrow \infty} \left(\frac{1 - \frac{2}{k} + \frac{1}{k^2}}{5 - \frac{2}{k} - \frac{3}{k^2}} \right) = \frac{1}{5} \quad \text{Ответ: } \frac{5}{3}; \frac{3}{2}; \frac{1}{5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Дано: $E = 6\text{ В}$; $U_1 = 2\text{ В}$
 U_0 (напряжение на конденсаторе) = 1 В

$C = 40\text{ мкФ}$; $L = 0,1\text{ Гн}$

Найти: $\frac{dI}{dt}$ (среднее значение) ;
 I_{max}

U_2 (напряжение на конденсаторе)

Решение:

- 1) Сразу после замыкания ключа заряд конденсатора не меняется из-за инерции.

$E - U_0 - E_{\text{сч}} + U_1 = 0$; $E_{\text{сч}} = L \frac{dI}{dt}$

$\frac{dI}{dt} = \frac{E + U_1 - U_0}{L} = \frac{6\text{ В} + 2\text{ В} - 1\text{ В}}{0,1\text{ Гн}} = 70\text{ А/с}$

- 2) Дано уже находится гармонические колебания:

$q(t) = q_0 \sin(\omega t + \phi_0)$; $q_0 = C(E - U_0) = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 5\text{ В}$

$I(t) = \frac{1}{L} q_0 \cos(\omega t + \phi_0)$; $I_{\text{max}} = q_0 \omega = C(E - U_0) \sqrt{\frac{1}{LC}}$

$= 4 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot \sqrt{\frac{1}{4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,1}} = \frac{4 \cdot 10^{-5} \cdot 5}{2 \cdot 10^{-3}} = 0,1\text{ А}$

нечастотный не
компенсируемый

$$\Sigma + U_c - U_0 - E_{em} = 0$$

$$(E - U_0) + U_c \cdot \frac{q}{C} + L \ddot{q} = 0$$

$$(E - U_0)C = q_E$$

$$q + q_E = X$$

$$L \ddot{X} + \frac{X}{C} = 0$$

$$q_0 = C U_1 = 20 \cdot 10^{-5}$$

$$q_0 = \frac{U_1 \cdot C}{1} = 20 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$$

$$q(t) = C U_1 =$$

$$X(t) = X_0 \sin \omega t$$

$$\dot{X}(t) = X_0 \omega \cos \omega t$$

$$q(t) = (q_0 + q_E) \sin \omega t \quad q(t) = q_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$q(t) = q_0 \sin \omega t + q_E$$

$$I(t) = q_0 \omega \sin \omega t \quad I_{max} = q_0 \omega = \frac{U_1 \cdot C \cdot \sqrt{1/LC}}{2} =$$

$$= \frac{20 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 10^{-3}} = 10 \cdot 10^{-2} \text{ А}$$

$$3) q_{max} = q_0 + q_E = 20 \cdot 10^{-5} + 20 \cdot 10^{-5} = 40 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$$

Если заряды конденсатора в определенный момент времени не достигли из-за этого, следовательно $U_2 =$

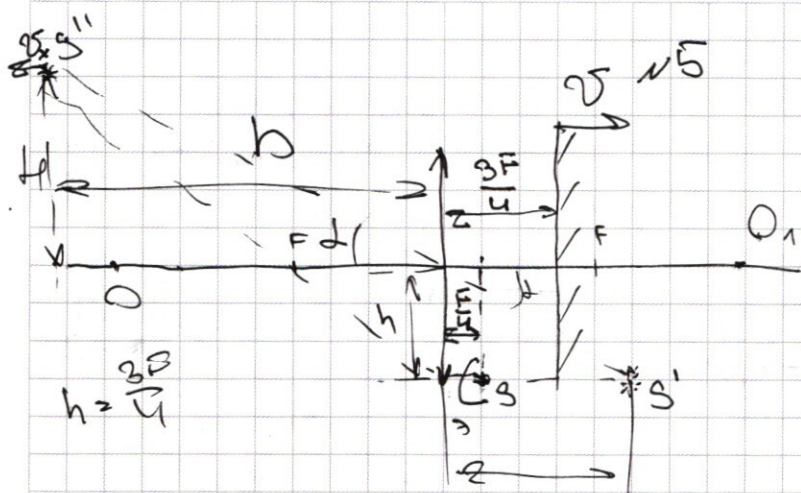
$$\frac{q_{max}}{C} = 2 \text{ В}$$

Вместо

$$U_2 = \frac{q}{C} = \frac{q_E - U_0}{C} = 5 \text{ В}$$

$$U_2 = 5 \text{ В} + 7 \text{ В} = 12 \text{ В}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Дано: b, z, v_x

Решение: 1) $a = \frac{3F}{4} + \left(\frac{3F}{4} - \frac{F}{4}\right) = \frac{5F}{4}$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \quad ; \quad \frac{1}{b} = \frac{1}{F} - \frac{1}{5F}$$

$$b = 5F$$

$$2) \quad \text{tg } \alpha = \frac{h}{a} = \frac{\frac{3F}{4}}{\frac{5F}{4}} = \frac{3}{5}$$

3) Пусть зеркала за время Δx сдвинуты на расстояние Δx . Тогда расстояние от изображения источника до центра будет равно $a' = \frac{3F}{4} + \Delta x + \left(\frac{3F}{4} + \Delta x - \frac{F}{4}\right) = \frac{5F}{4} + 2\Delta x$.

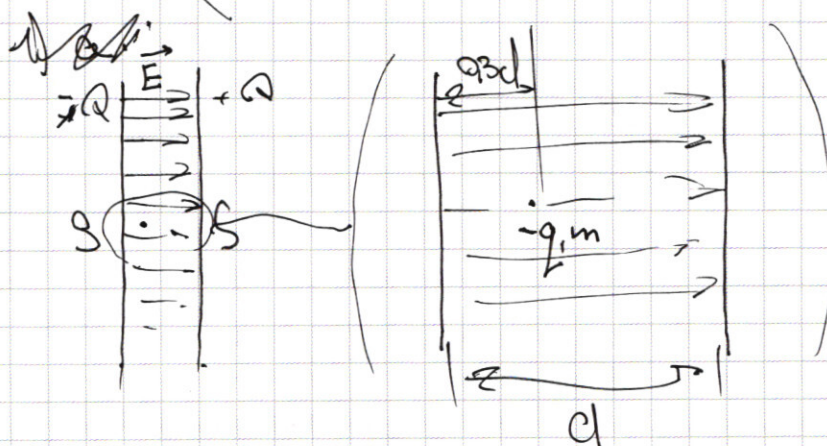
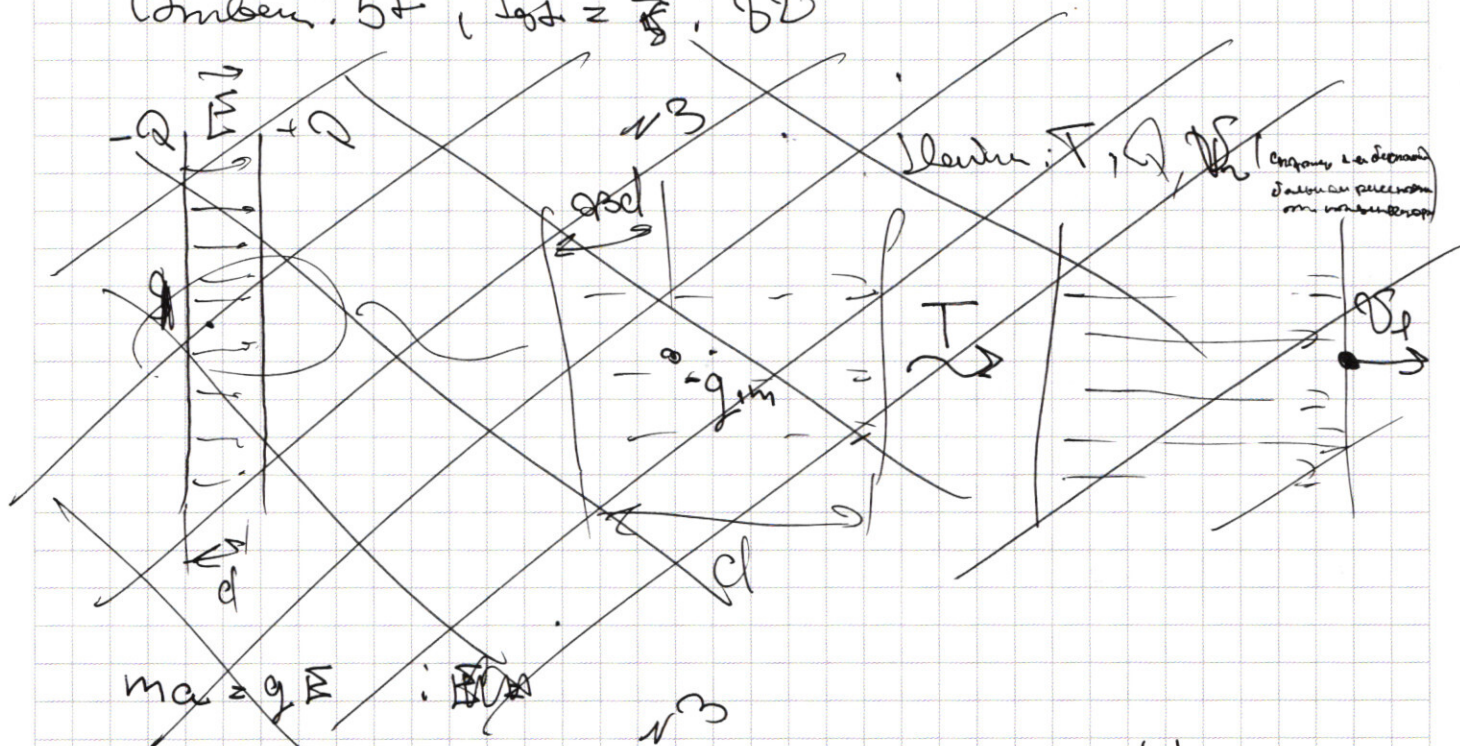
Расстояние от нового изображения предмета до центра будет равно b'

$$\frac{b'}{a'} = \frac{4}{5} = \frac{b}{a} = 4 \quad ; \quad b' = 4a' = 5F + 8\Delta x$$

Необходимо рассмотреть движение ст. системы на ось

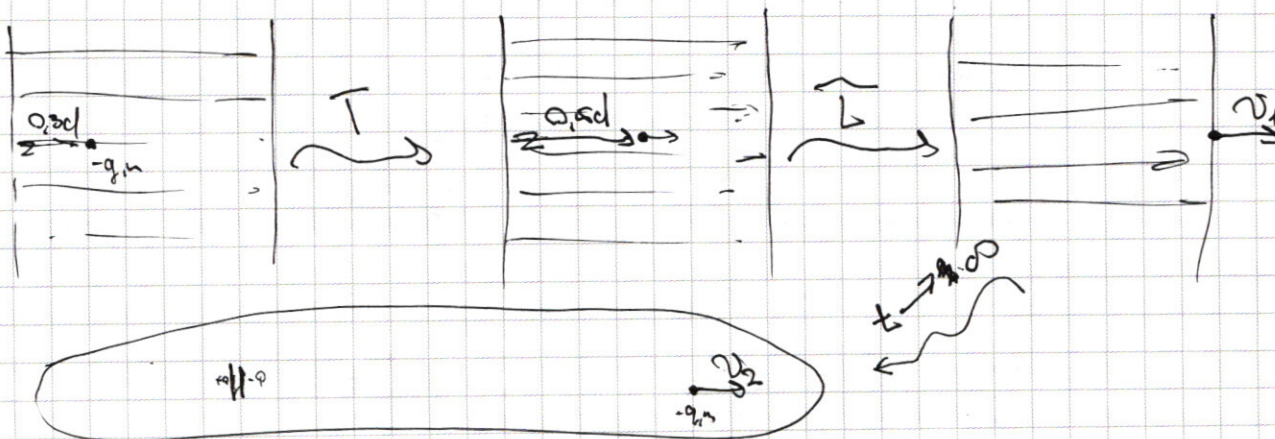
$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = v, \quad \frac{\Delta y}{\Delta t} = v_y$$

Даны: $5F$; $10\lambda = \frac{3}{5}$; 0.25



Дано: $\frac{|q|}{m} = 8 \cdot 10^8$; d , $5F$, 0.25

Искомое: T , Q , v_2



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Решение:

$$1) ma = qE$$

$$\begin{cases} a(T + \tau) = v_1 \\ \frac{a(T + \tau)^2}{2} = qEd \end{cases} \quad \begin{cases} (T + \tau) = \frac{v_1}{a} \\ \frac{v_1^2}{2a} = qEd \end{cases}$$

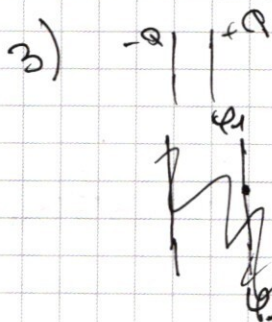
$$a = \frac{v_1^2}{1.4d}$$

$$\frac{aT^2}{2} = qEd = \frac{v_1^2 T^2}{2 \cdot 0.4d} = qEd$$

$$T = \sqrt{\frac{0.56d}{v_1^2}} = \sqrt{0.56} \frac{d}{v_1}$$

$$2) ma = qE ; E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$a = \frac{v_1^2}{1.4d} = \gamma \frac{Q}{\epsilon_0 S} ; Q = \frac{v_1^2 \epsilon_0 S}{1.4d}$$



$$v_2$$

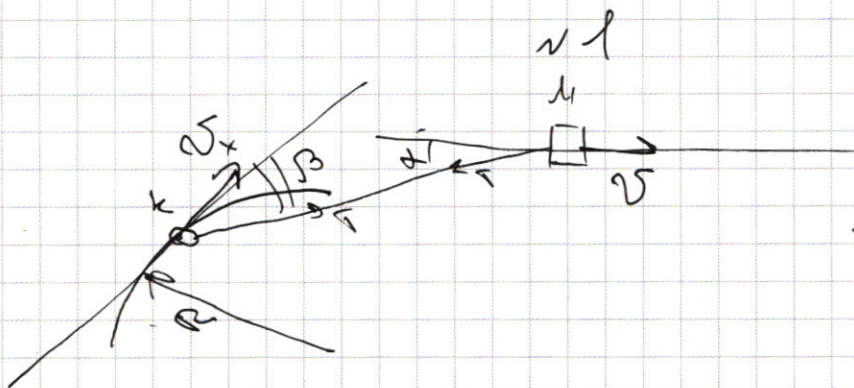
$$\varphi_2 = 0$$

$$\varphi_1 = \frac{+Q}{2\epsilon_0 S} \cdot d ; m \frac{v_2^2}{2} - m \frac{v_1^2}{2} = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$m(v_2^2 - v_1^2) = 2q \frac{Q}{2\epsilon_0 S} d = \frac{qQ}{\epsilon_0 S} d$$

$$v_2^2 = \gamma \frac{Q}{\epsilon_0 S} d + v_1^2 = \frac{v_1^2}{1.4} + v_1^2 = \frac{12}{7} v_1^2 ; v_2 = \sqrt{\frac{12}{7}} v_1$$

Даны: $\sqrt{0,50} \frac{d}{v_1} ; \frac{v_1^2 \varepsilon \phi S}{1,4 \times d} ; \sqrt{\frac{12}{7}} v_1$



$k \mu = \frac{5}{12} ; \mu = 0,4$

Дано: $\cos \alpha = \frac{15}{17}$
 $v = 34 \text{ м/с}$
 $\cos \beta = \frac{4}{5}$

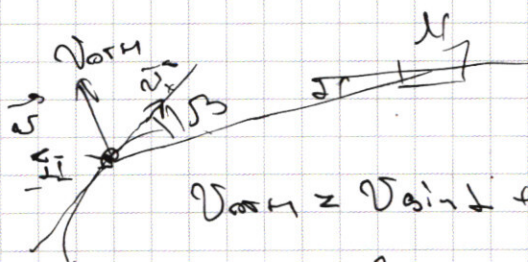
Найти: $v_x, v_{\text{отн}}$ (относительная скорость)

Решение: 1) Нет горизонтальной, следовательно проекции скорости на неё равны.

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

$$v_x = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 34 \cdot \frac{25}{17} = 50 \text{ м/с}$$

2) в О отменилось μ , скорость $v_{\text{отн}}$ также не является перпендикулярной к ветви:



$$v_{\text{отн}} = v \sin \alpha + v_x \sin \beta$$

$$\sin \alpha = \frac{8}{17} ; \sin \beta = \frac{4}{5}$$

~~$$v_{\text{отн}} = v \sin \alpha + v_x \sin \beta$$~~

$$v_{\text{отн}} = 34 \cdot \frac{8}{17} + 50 \cdot \frac{4}{5} = 16 + 40 = 56 \text{ м/с}$$

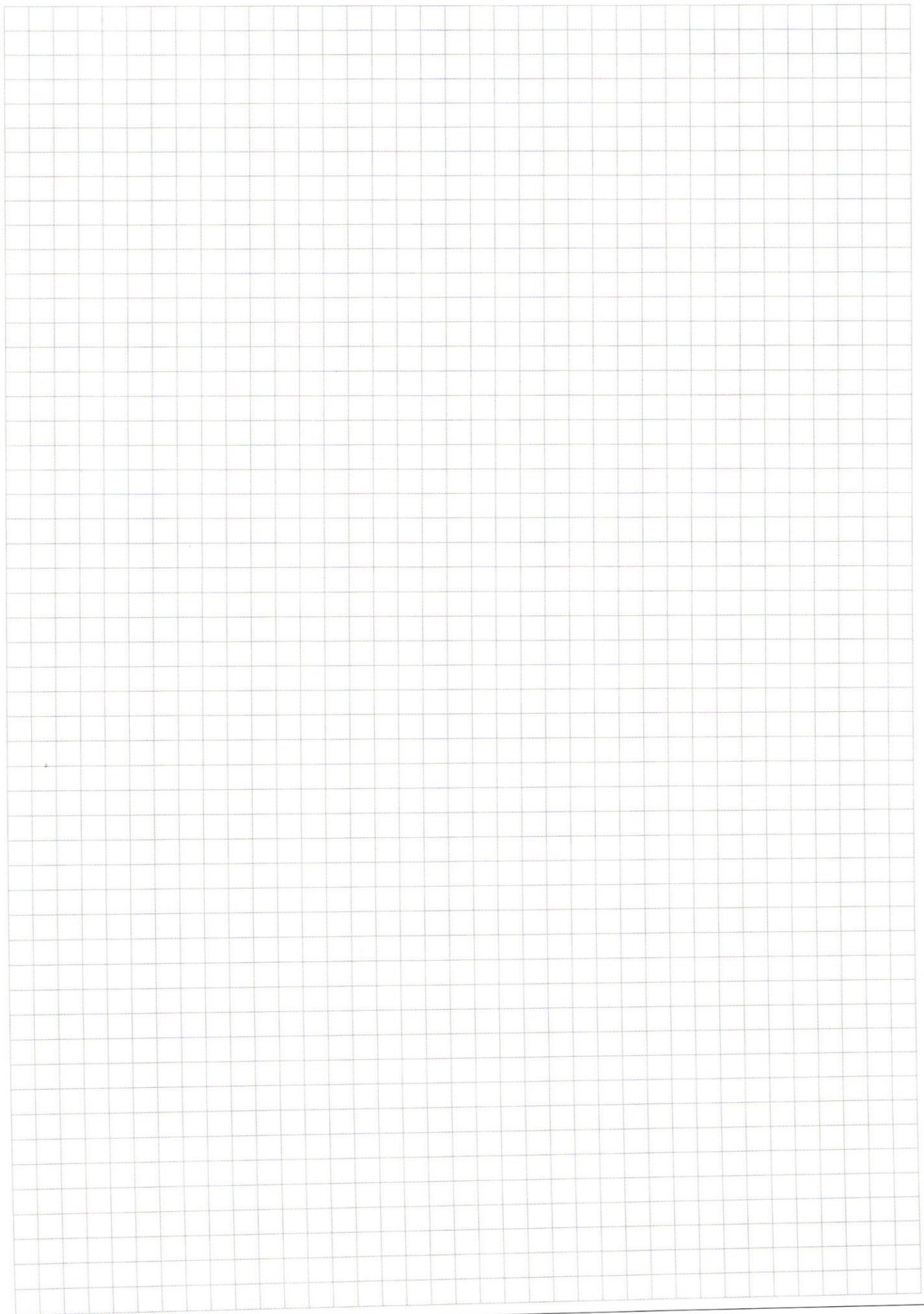
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) В ~~состоянии~~ $M, T = \frac{v_{\text{орб}}^2}{R} = m \frac{v_{\text{орб}}^2}{R}$

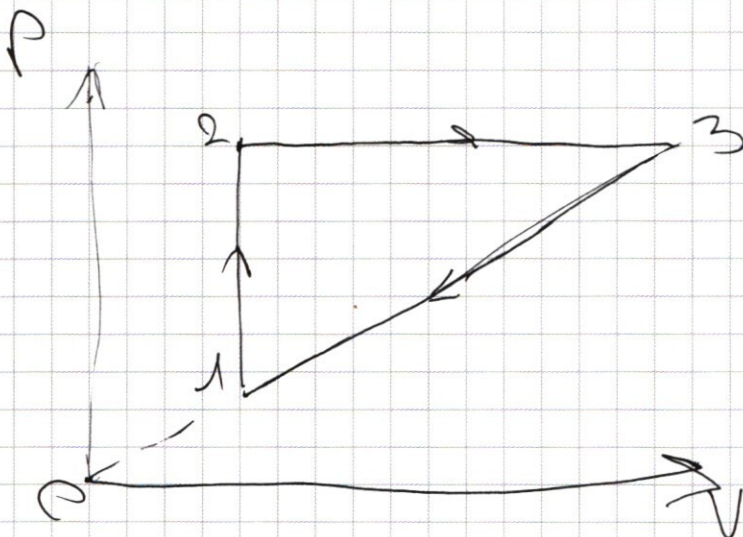
~~$\frac{5.6^2}{2 \cdot 0.66} = \frac{31.36}{1.32} \approx 23.75 \text{ мкс}$~~

в $\text{состоянии } M, T = m \frac{v_{\text{орб}}^2}{R}$

$$T = 0.6 \cdot \frac{5.6^2}{0.66} = \frac{31.36}{1.1} \approx 28.5 \text{ мкс}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{3}{2} \gamma R \Delta T$$

$$\frac{3}{2} \gamma R \Delta T + \gamma R \Delta T$$

$$\gamma R \Delta T_{23}$$

$$\frac{3}{2} \gamma R \Delta T_{12} + \frac{3}{2} \gamma R \Delta T_{23} + p_1 V_1 - p_1 V_2 = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T_{12} + \gamma R \Delta T_{23}$$

$$\Delta = \frac{(p_2 - p_1)(V_3 - V_2)}{2} = \frac{(p_2 V_3 - p_1 V_3 - p_2 V_2 + p_1 V_2)}{2}$$

$$= \gamma R T_3 - p_1 V_2 - \gamma R T_2 + \gamma R T_1$$

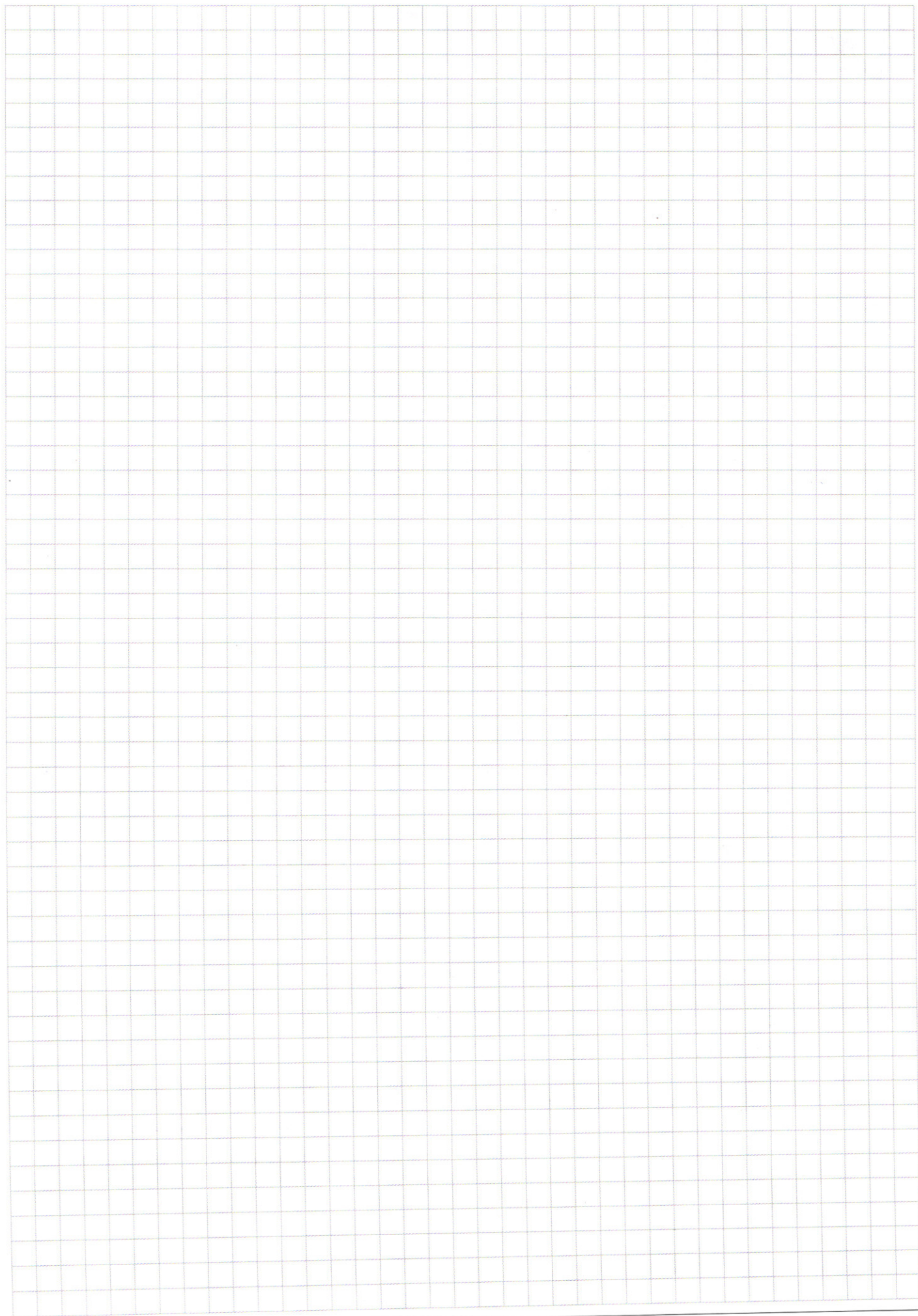
$$p_2 = k p_1; V_3 = k V_2$$

$$\frac{3}{2} (p_2 V_3 - p_1 V_2) + p_2 V_3 - p_2 V_2$$

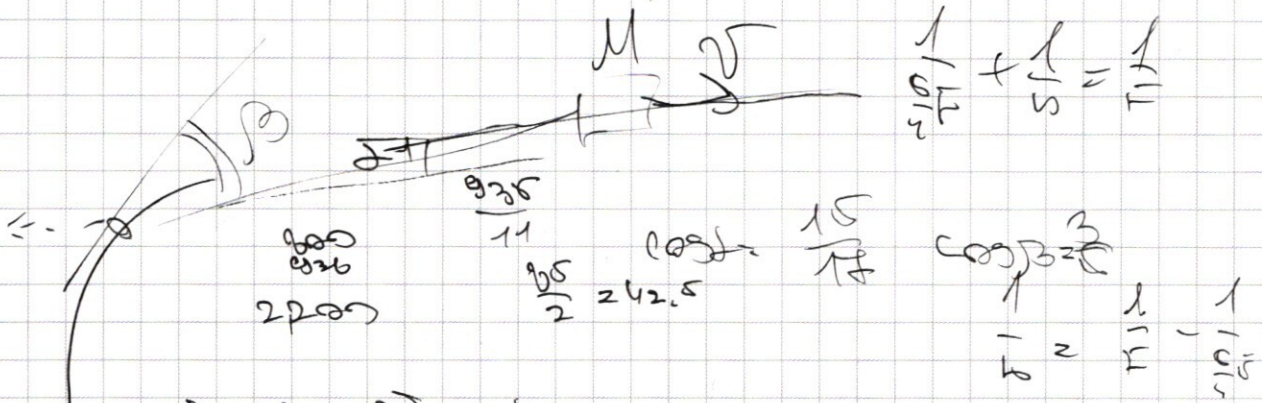
$$\frac{3}{2} p_2 V_3 - \frac{3}{2} p_1 V_2 + p_2 V_3$$

$$\frac{p_2 V_3 - p_1 V_3 - p_2 V_2 + p_1 V_2}{3 p_2 V_3 - 3 p_1 V_2 + 2 p_2 V_3}$$

$$= k p_1 \cdot k V_2 - p_1 \cdot k V_2$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



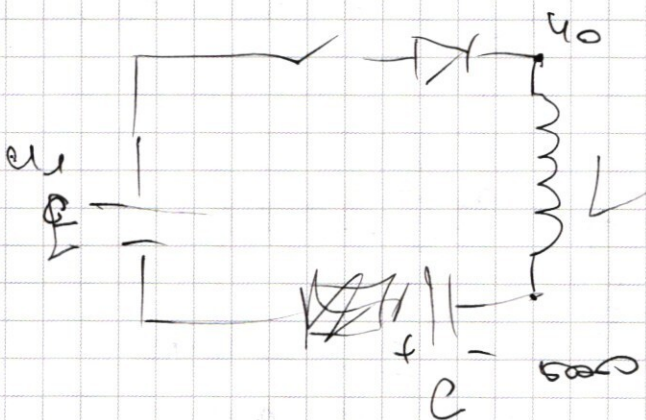
$$V_{\text{avg}} = V_{\text{const}}$$

$$v_n \cdot \frac{3}{5} = v \frac{15}{18}$$

$$V_{12} = \frac{28}{51} V = 50 \text{ mV}$$

$$34 = 17 \cdot 2$$

$\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 25.64$



$$\frac{a}{b} = \frac{b}{H}$$

$$b \geq a^{\frac{1}{n}}$$

66.00 23300

$(a + \Delta x) \frac{1}{n}$

$$\frac{d^2 R}{dt^2}$$

$$14^2 \cdot 16 = 196 \cdot 16 = 3136$$

$$\cancel{U_0} - E_{\text{kin}} + U_1 = 0$$

$$GB - 1B - \sum c_n + 2B = 0$$

$$Q_{ce} = 70$$

$$L \frac{dB}{ds} \sim \tau_m$$

$$\frac{dD}{dt} = 20 \text{ A/c}$$

$$B + C_1 - C_2 + C_3 - C_4 = 0$$

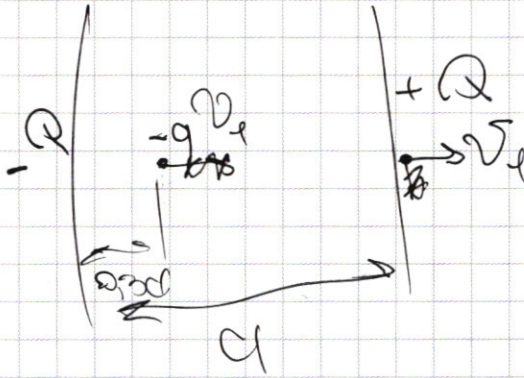
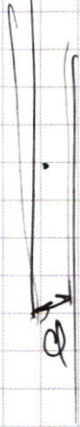
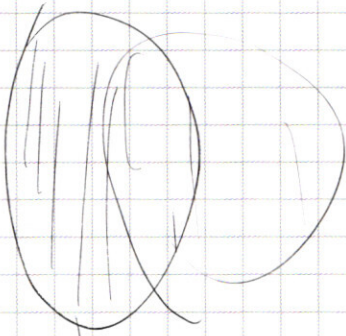
$$a + v_d t \quad (\Omega - \omega_g) + \frac{q}{e} + L \ddot{q} = 0$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{\tilde{a}} \quad \frac{1}{\tilde{a}} = \frac{1}{\tilde{a}'} + \frac{1}{c}$$

$$(y + \frac{a}{c}) \quad b = \frac{a}{a-i}$$

$$a_n = \frac{1}{n^2}$$

13



$$E = k \Omega G$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot 2\pi G = \frac{G}{2\epsilon_0}$$

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

$$\frac{G}{2\epsilon_0}$$

$$E \cdot x = \Delta U = \frac{q}{C} = \frac{q}{\epsilon_0 \frac{G}{d}} = \frac{G d}{\epsilon_0} \quad | E = \frac{G}{\epsilon_0} = \frac{q \cdot d}{\epsilon_0 \cdot d}$$

$$ma = q \cdot E$$

$$ma = q \cdot \frac{G}{\epsilon_0} \quad a = \frac{|q|}{m} \frac{G}{\epsilon_0}$$

$$\frac{v_1^2}{1.4d} = \frac{|q|}{m}$$

$$\Gamma a \approx v \quad \frac{a + 2}{2} = 0.7d \quad \Gamma \rightarrow \frac{v}{a} \quad a \rightarrow \frac{v}{t}$$

$$t = \sqrt{0.7d \cdot \frac{2}{a}} =$$

$$\frac{v_1}{2} = 0.7d \quad \frac{v_1}{2} = 1.4d \quad t = \frac{1.4d}{v_1}$$

$$\left(\frac{q+q_0}{C} \right) \omega \ddot{y} = 0$$

$$(q+q_0)(t) = (q+q_0) \sin(\omega t)$$

$$\ddot{y}(t) = (q+q_0) \omega \sin(\omega t)$$