

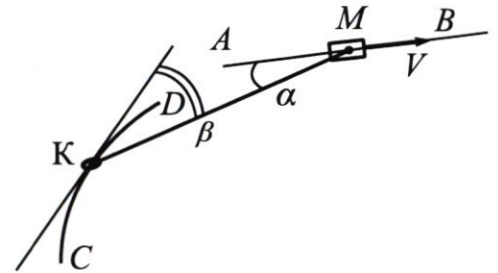
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

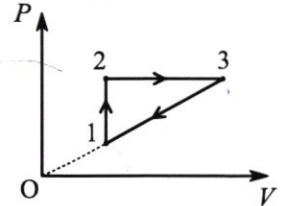
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) 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 количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

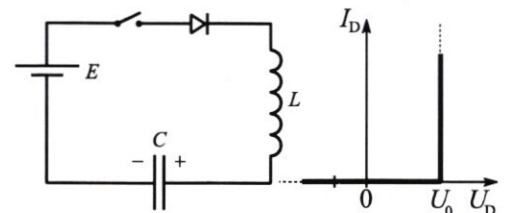


3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- 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.

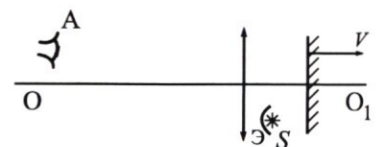
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

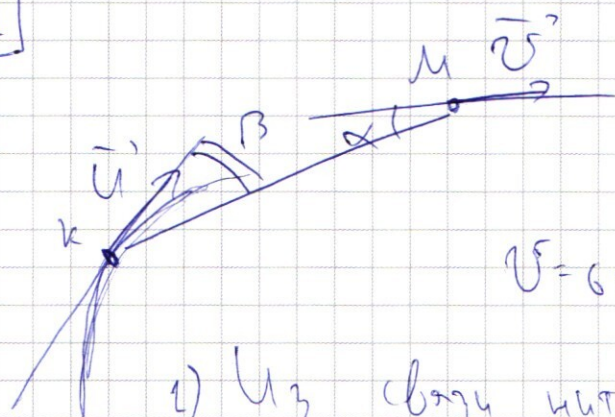
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/2$ от плоскости 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

№ 1

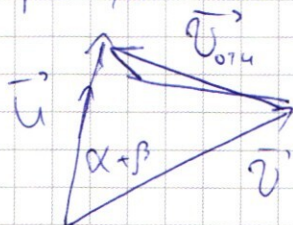


$$v = 68 \frac{\text{cm}}{\text{c}} \quad \cos \alpha = \frac{15}{17} \quad \cos \beta = \frac{4}{5}$$

1) U_z (вдоль нити): $v \cos \alpha = U \cos \beta$

$$U = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{68 \times \frac{15}{17}}{\frac{4}{5}} = \frac{5 \times 15 \times 68}{4 \times 17} = \frac{75 \text{ cm}}{\text{c}}$$

2) Пересечение в со связанным с M



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

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{225}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$v_{\text{отн}}^2 = U^2 + v^2 - 2Uv \cos(\alpha + \beta) = 68^2 + 75^2 - 2 \times 68 \times 75 \left(\frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} \right)$$

$$v_{\text{отн}}^2 = 68^2 + 75^2 - 2 \times 68 \times 75 \times \frac{36}{17 \times 5} = 4624 + 5625 - 4320$$

$$v_{\text{отн}}^2 = 5929$$

$$v_{\text{отн}} = 77 \frac{\text{cm}}{\text{c}}$$

3) $T \sin \beta = m a_y$ $a_y = \frac{v^2}{R}$ $T = \frac{m v^2}{R \sin \beta} = \frac{m 0,1 \times 68^2 \times 4}{1,9 \times 5}$

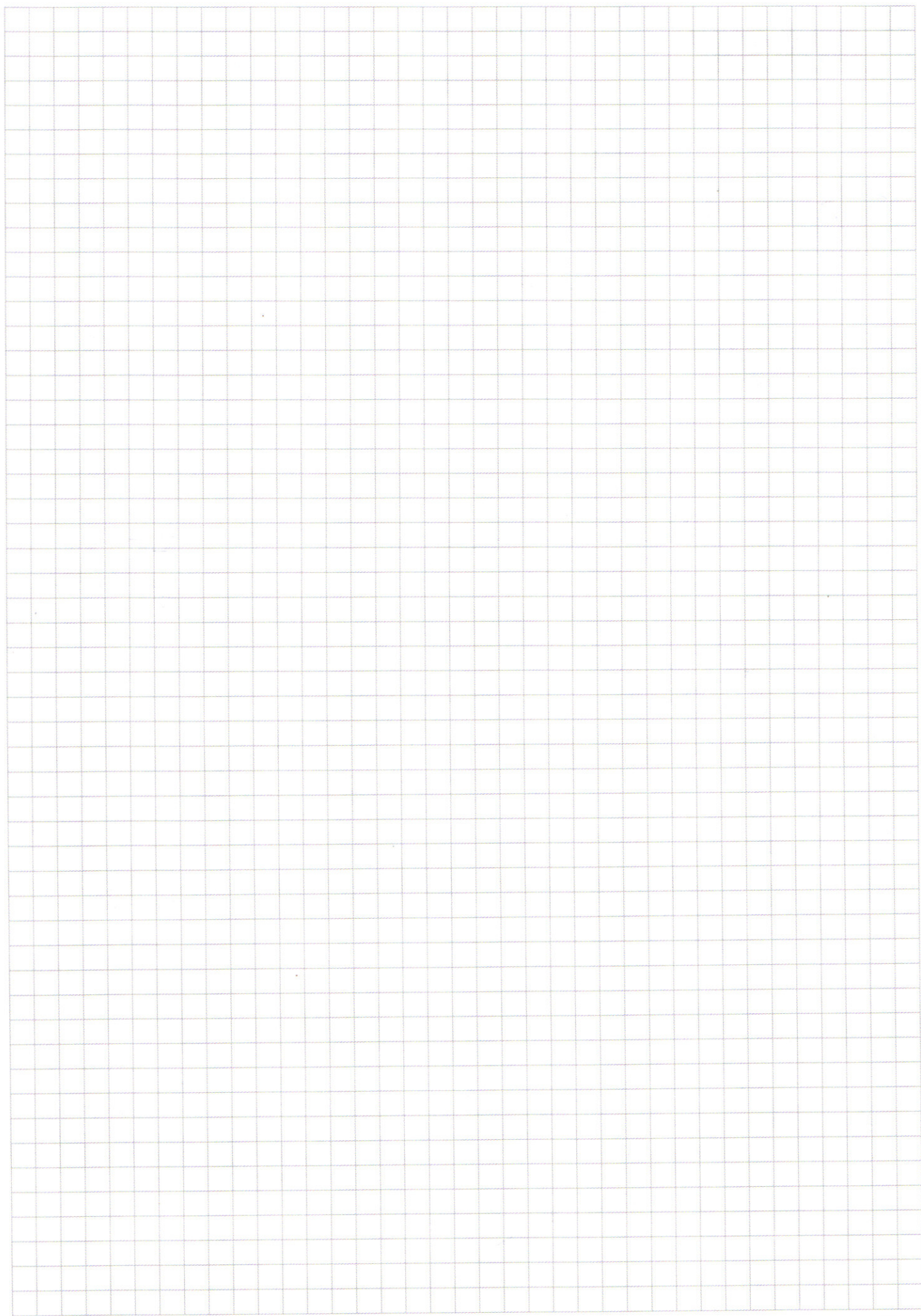
$$T = \frac{0,1 \times 4 \times 4624 \times 10^{-4}}{1,9 \times 5}$$

$$\frac{4 \times 4624 \times 10^{-4}}{19 \times 5}$$

$$194,7 \text{ H}$$

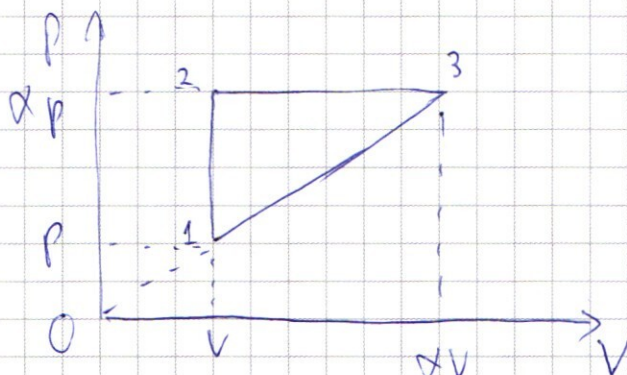
$$\approx 0,02 \text{ H}$$

$$= 194,7 \times 10^{-4} \text{ H} \approx 0,02 \text{ H}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2



$$\frac{p_3}{V_3} = \frac{p_1}{V_1} \Rightarrow \frac{p_3}{p_1} = \frac{V_3}{V_1} = \alpha$$

$$p_3 = p_2 = \alpha p_1$$

$$V_3 = \alpha V_1 = \alpha V_2$$

$$V_1 = V \quad p_1 = p$$

$$1) A_{12} = 0 \quad \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} p_2 V_2 - p_1 V_1 = \frac{3}{2} (\alpha - 1) p V$$

$$\nu R T = p V$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (\alpha - 1) p V = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$A_{23} = \alpha p (\alpha V - V) = \alpha (\alpha - 1) p V \quad \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \alpha (\alpha - 1) p V$$

$$Q_{23} = \left(\frac{3}{2} + 1 \right) \alpha (\alpha - 1) p V = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$C_{12} = \frac{Q_{12}}{\Delta T_{12}} = \frac{3}{2} \nu R$$

$$C_{23} = \frac{Q_{23}}{\Delta T_{23}} = \frac{5}{2} \nu R$$

$$\nu = \text{const} \Rightarrow \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5} = \frac{i}{i+2}$$

$$2) p = \text{const} \Rightarrow \text{процесс 23:}$$

$$A_{23} = p_2 (V_3 - V_2) = \alpha p (\alpha V - V) = \alpha (\alpha - 1) p V$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} (p_3 V_3 - V_2 p_2) = \frac{3}{2} (\alpha^2 p V - \alpha p V) = \frac{3}{2} \alpha (\alpha - 1) p V$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} A_{23}, \text{ т.к. } p = \text{const}$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \left(\frac{3}{2} + 1 \right) \alpha (\alpha - 1) p V = \frac{5}{2} \alpha (\alpha - 1) p V$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} \alpha (\alpha - 1) p V}{\alpha (\alpha - 1) p V} = \frac{5}{2}$$

$$3) Q_{12} > 0 \quad Q_{23} > 0 \quad Q_{31} < 0 \Rightarrow \eta = \frac{A}{Q_{12} + Q_{23}}$$

$$A = S_{123} = (p_2 V_2 - p_1 V_1) (V_3 - V_2) \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2} (\alpha - 1) (\alpha - 1) \alpha p V = \frac{1}{2} (\alpha - 1)^2 \alpha p V$$

$$Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} (\alpha - 1) p V + \frac{5}{2} \alpha (\alpha - 1) p V$$

№2 упражнение

$$\eta = \frac{(x-1)^2 x}{3(x-1) \cdot 5(x^2 x)} \frac{pV}{pV} = \frac{(x^3-1)^2 x}{5x^2-2x-3} = \eta(x)$$

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

$$\eta'(x) = 0 \Rightarrow (2x^2+2x+x^2-2x+1)(5x^2-2x-3) - (10x-2)(x^2-2x+1)x = 0$$

$$(3x^2+1)(5x^2-2x-3) - (10x^2-x)(x^2-2x+1) = 0$$

$$15x^4 - 6x^3 - 9x^2 + 5x^2 - 2x - 3 - 10x^4 + x^3 + 20x^3 - 2x^2 - 10x^2 + x = 0$$

$$5x^4 + 15x^3 + 4x^2 - x - 3 = 0$$

$$\eta = \frac{Q_H - |Q_C|}{Q_H} = \frac{Q_{12} + Q_{23} - |Q_{31}|}{Q_{12} + Q_{23}} =$$

$$Q_{12} = (x-1)pV \quad Q_{23} = \frac{5}{2}x(x-1)pV \quad |Q_{31}| = \frac{5}{2}(x^2+1)pV$$

$$\eta = \frac{x-1 + \frac{5}{2}x^2 - \frac{5}{2}x - \frac{5}{2}x^2 + \frac{5}{2}}{x-1 + \frac{5}{2}x^2 - \frac{5}{2}x} = \frac{3-3x}{5x^2-3x-2}$$

$$(\eta(x))' = \frac{-3(5x^2-3x-2) - (10x-3)(3-3x)}{(5x^2-3x-2)^2} = 0$$

$$(\eta(x))' = \frac{-3(5x^2-3x-2) - (10x-3)(3-3x)}{(5x^2-3x-2)^2} = 0$$

$$(\eta(x))' = \frac{-3(5x^2-3x-2) - (10x-3)(3-3x)}{(5x^2-3x-2)^2} = 0$$

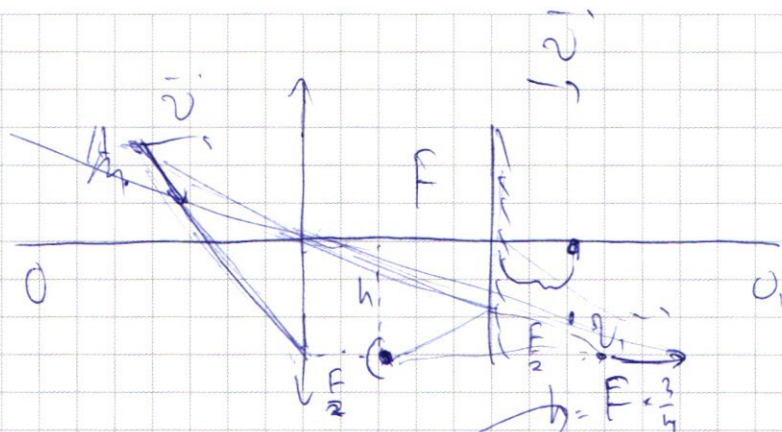
$$-15x^2 + 9x + 6 - 30x + 9 - 10x + 10x^2 = 0$$

$$15x^2 - 51x + 15 = 0$$

$$3x^2 - 17x + 3 = 0$$

$$x = \frac{17 \pm \sqrt{289 - 9 \cdot 4}}{6} = 17 \pm$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

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

$$\frac{1}{F}$$

$$\frac{2}{3F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{2}{3F} = \frac{1}{3F}$$

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

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

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

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

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

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

И

$$F = \frac{f}{d} = \frac{3}{\frac{3}{2}} = 2$$

$$U_1 = 3V$$

$$U_2 = 2^2 \times 3V = 12V$$

$$U_1 = 3V$$

$$U_2 = 12V$$

$$U_2 = 12V$$

$$U_2 = 12V$$

$$U_2 = 12V$$

$$U_2 = 12V$$

$$U_2 = 12V$$

$$U_2 = 12V$$

~~11 = 10000~~

$$\sqrt{5929} = 77$$

$$\begin{array}{r} 10244 \\ - 4320 \\ \hline 5929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 107 \\ \times 107 \\ \hline \end{array}$$

$$77^2$$

$$77^2 = 10000 + 1400 + 49 =$$

$$99$$

$$\begin{array}{r} 97 \\ \times 97 \\ \hline 679 \\ 873 \\ \hline 9409 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 97 \\ \times 97 \\ \hline 609 \\ 696 \\ \hline 7569 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 46244 \\ \times 41 \\ \hline 46244 \\ + 462440 \\ \hline 1849615 \end{array}$$

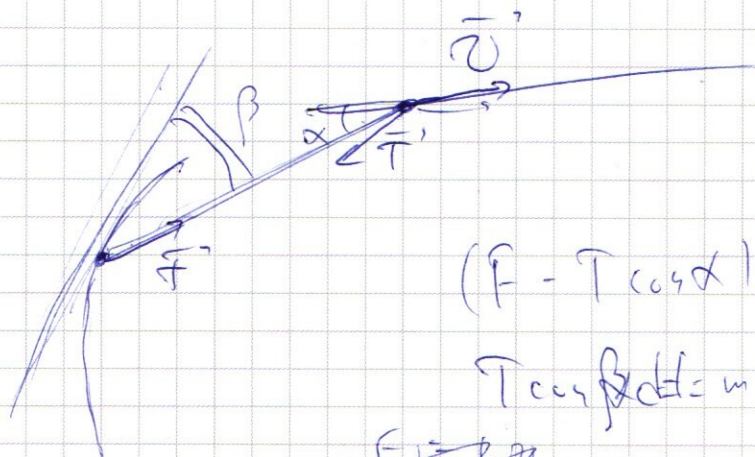
$$\begin{array}{r} 1849615 \\ - 15 \\ \hline 34 \\ - 70 \\ \hline 49 \\ - 45 \\ \hline 46 \\ - 45 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1849615 \\ - 19 \\ \hline 179 \\ - 171 \\ \hline 89 \\ - 76 \\ \hline 132 \\ - 114 \\ \hline 180 \\ - 171 \\ \hline 90 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 119 \\ \times 194,89 \\ \hline \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

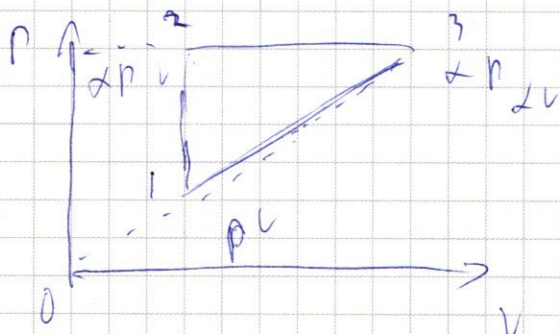


$$(F - T \cos \alpha) dx = m v$$

$$T \cos \beta dx = m dx$$

$$F dx = m v dx$$

№2



$$\Delta h_{12} = p v (\alpha - 1)$$

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

$$C_p = \frac{7}{2} R$$

$$\frac{C_p}{C_v} = \frac{7/2}{5/2} = \frac{7}{5}$$

$$A_{23} = \alpha p (\alpha v - v) = \alpha (\alpha - 1) p v$$

$$\Delta h_{23} = \frac{3}{2} (\alpha^2 p v - \alpha p v)$$

$$Q = \frac{5}{2}$$

$$\frac{A}{Q} = \frac{Q}{A} = \frac{5}{2}$$

$$Q_1 = (\alpha - 1) p v \quad Q_2 = \alpha (\alpha - 1) p v \quad \eta = \frac{\alpha - 1 (\alpha^2 - \alpha - \alpha^2 \alpha)}{\alpha^2 - 1}$$

Ag

01
25
56

$$Q_{12} = (x-1) p v$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} x (x-1) p v$$

$$Q_{31} = \frac{5}{2} (x^2-1) p v$$

$$\eta = \frac{x-1 + \frac{5}{2}x^2 - \frac{5}{2}x - \frac{5}{2}x^2 + \frac{5}{2}}{x-1 + \frac{5}{2}x^2 - \frac{5}{2}x} = \frac{3-3x}{5x^2-3x-2}$$

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

$$19^2 = 100 + 81 + 180 = 361$$

125
104

$$\frac{x-1 + \frac{5}{2}x^2 - \frac{5}{2}x - \frac{5}{2}x^2 + \frac{5}{2}}{x-1 + \frac{5}{2}x^2 - \frac{5}{2}x}$$

$$1,9^2 = 3,61$$

$$q = C(u_c - u_1)$$

$$\frac{L I^2}{2} + \frac{C u_c^3}{2} = \varepsilon (u_c - u_1) C + \frac{C u_1^2}{2}$$

$$\frac{L I^2}{2} = \varepsilon C u_c - \frac{C u_c^3}{2} + \frac{C u_1^2}{2} - \varepsilon C u_1$$

$$\left(\frac{L I^2}{2}\right)' = \varepsilon_c - C u_c \quad u_c = \varepsilon$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{нагр}} = \frac{Q_{нагр} - Q_{хол}}{Q_{нагр}}$$

324

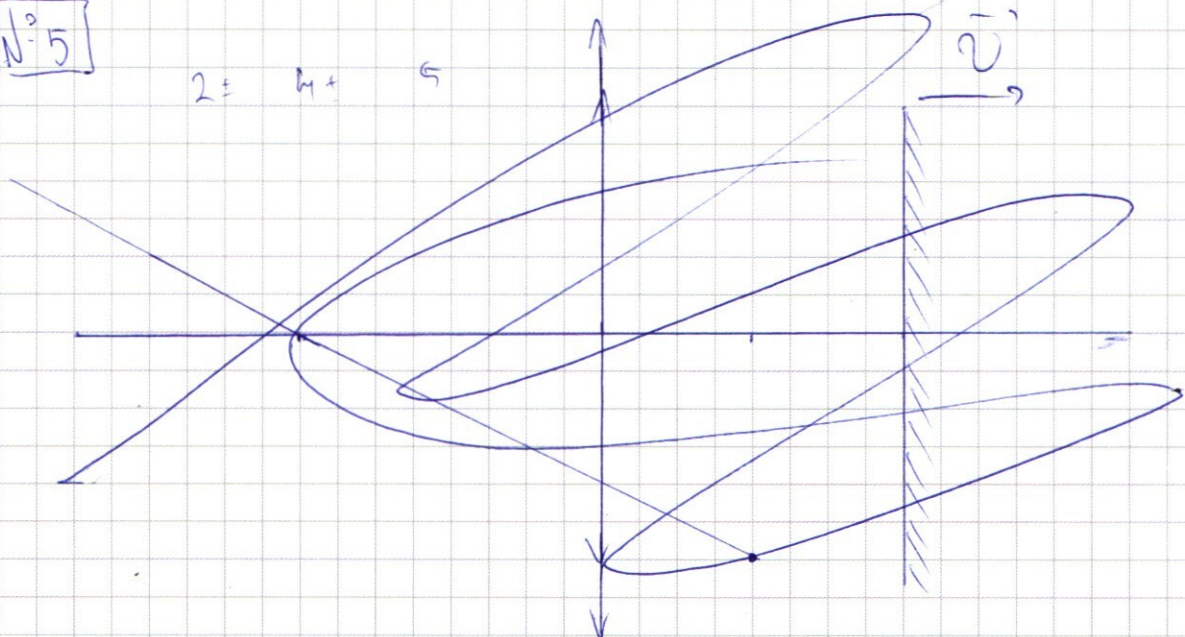
260

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 18 \\ \hline 144 \\ 180 \\ \hline 324 \\ - 52 \\ \hline 272 \end{array} \quad \begin{array}{r} 13 \\ \times 20 \\ \hline 260 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

2 ± 4 + 5



№ 3

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

$$W = \frac{k q^2}{r} = \frac{q}{d} A = \psi q \quad \psi_0 = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot 0,25 d$$

$$\psi_1 = \frac{Q}{\epsilon_0 S} d$$

$$F = E q = m a$$

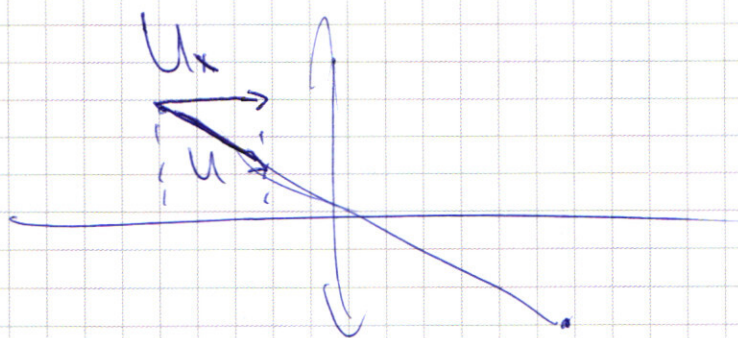
$$\frac{Q}{\epsilon_0 S} q = m a$$

$$\frac{Q}{\epsilon_0 S} q (d - 0,25 d) = m \frac{v^2}{2}$$

$$\frac{v}{a} = T = \sqrt{\frac{3 \epsilon_0 S d}{2 q Q}} \quad T^2 =$$

$$a = \frac{q Q}{\epsilon_0 S}$$

$$v = \sqrt{\frac{3 q Q d}{\epsilon_0 S}}$$

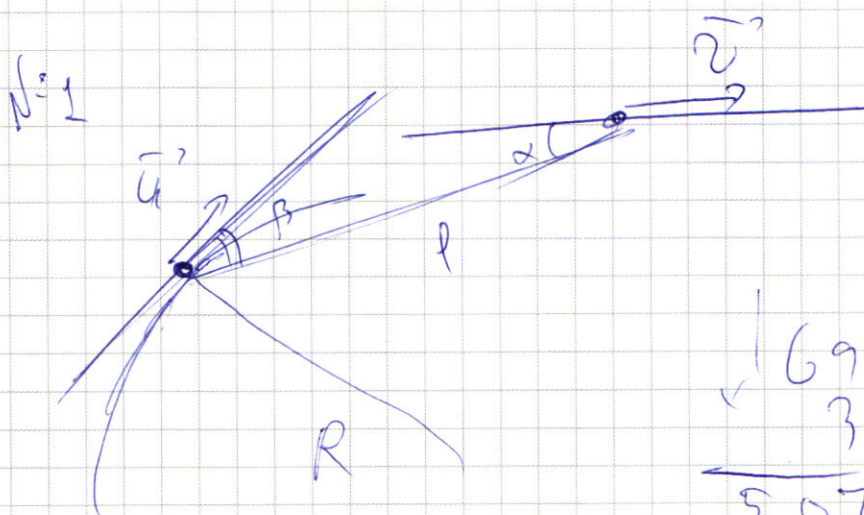


$$U_x = r^2 \gamma$$

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

$$U = \frac{U_x}{\sin \alpha}$$

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



$$\frac{64}{512} =$$

$$\begin{array}{r} 69 \\ 3 \\ \hline 507 \\ 5 \\ \hline 512 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$[N^2 3]$

$$d, S, 0,25d, T \quad E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \quad \frac{q}{m} = f$$

В момент $t=0$ $\varphi_0 = E \cdot 0,25d = 0,25 \frac{Qd}{\epsilon_0 S}$

В момент вылета $\varphi_1 = Ed = \frac{Qd}{\epsilon_0 S}$

В конденсаторе $E = \text{const}$

$$ma = F = qE \quad a = \text{const} \quad F = \text{const} \quad F = \frac{Qq}{\epsilon_0 S}$$

$$a = \frac{q}{m} E = f \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

~~ЗЗЗ~~: $qE \cdot 0,75d = \frac{mV^2}{2} \quad V^2 = \frac{qE}{m} \cdot 1,5d = f \frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{3}{2}d$ (из ЗЗЗ)

$$\frac{V^2}{a^2} = T^2 = \frac{f^2 \frac{Q^2}{\epsilon_0^2 S^2} \cdot \frac{9}{4}d^2}{f^2 \frac{Q^2}{\epsilon_0^2 S^2}} = \frac{3\epsilon_0 S d}{2fQ}$$

$$2) Q = \frac{3\epsilon_0 S d}{2fT^2}$$

$$1) U_1 = aT = f \frac{Q}{\epsilon_0 S} T = \frac{3}{2} \frac{f\epsilon_0 S d T}{fT^2 \epsilon_0 S} = \frac{3}{2} \frac{d}{T}$$

3) На бесконечно большом расстоянии от конденсатора $E=0 \quad \varphi=0$

Все силы потенциальные =

ЗЗЗ: $\frac{Qq}{\epsilon_0 S} \cdot 0,25d = \frac{mV_2^2}{2}$

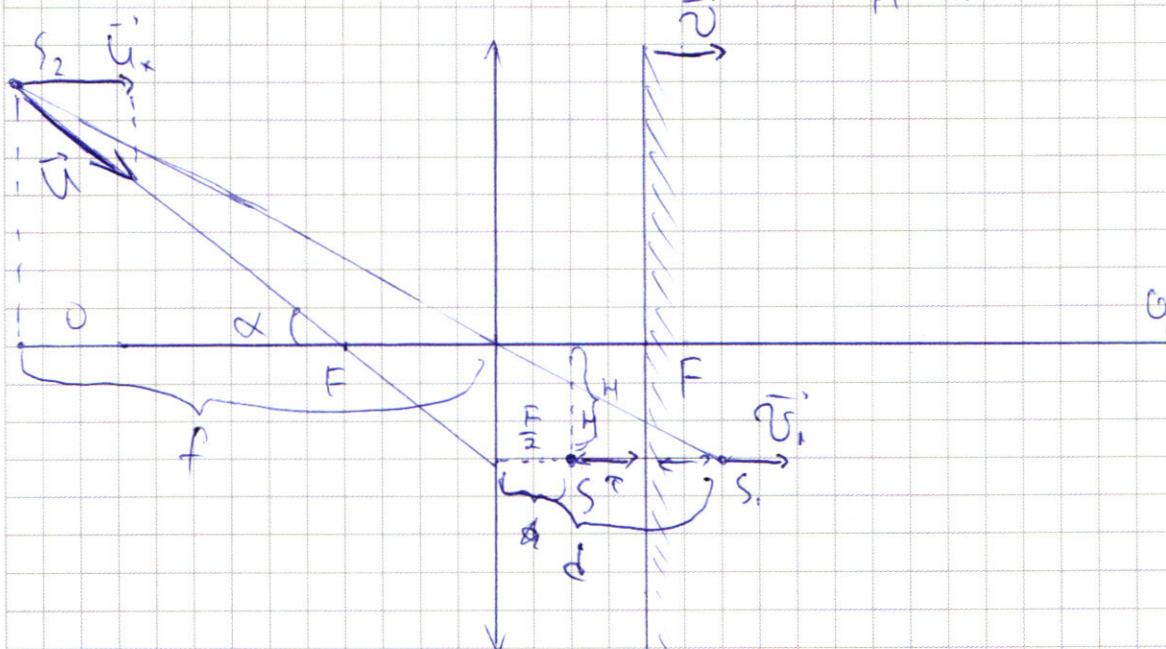
$$V_2^2 = \frac{f \cdot 3\epsilon_0 S d}{2f + 2\epsilon_0 S} \cdot \frac{2}{4}d = \frac{3}{4} \frac{d^2}{T^2}$$

$$V_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{d}{T} \approx 0,85 \frac{d}{T}$$

№ 5

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

$\vec{v}$



Расстояние от S до зеркала в момент t ; когда зеркало в фокусе
 $\tau = F - \frac{F}{2} = \frac{F}{2} \Rightarrow S_1$ на таком же расстоянии по
 группе скорости зеркала

$$d = \frac{F}{2} + F = \frac{3}{2}F$$

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} \quad f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{\frac{3}{2}F^2}{\frac{3}{2}F - F} = 3F \quad \Gamma = \frac{F}{d} = 2$$

↳ Изображение в зеркале S_1 движется вдоль OO_1

$\Rightarrow H = \text{const} \Rightarrow$ луч $\perp$ лучу всегда проходит через
 фокус линзы $\Rightarrow$ изображение S_2 движется
 вдоль этой линзы

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

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

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = 1 + \tan^2 \alpha = 1 + \frac{9}{16} = \frac{25}{16}$$

$$\Rightarrow \cos \alpha = \frac{4}{5}$$

U_S от зеркала - U влево

$\Rightarrow U_{S_1}$ от зеркала - U - влево $\Rightarrow U_{S_1}$ от Земли - $U + U = 2U$
 влево

$$U_x = 2U \Gamma^2 = 2U \left(\frac{F}{d}\right)^2 = 2U \cdot 2^2 = 8U$$

$$U = \frac{U_x}{\cos \alpha} = \frac{8 \cdot 5U}{4} = 10U$$

$\vec{U}_x \uparrow \vec{U}_{S_1} \Rightarrow \vec{U}$ как на рисунке

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 продолжение

$$\eta = \frac{A}{Q_{\text{нагр}}}$$

$$Q_{\text{нагр}} = Q_{12} + Q_{23}$$

$$A = S_{123} = \frac{1}{2}(p_3 - p_1)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2}(\alpha - 1)^2 pV$$

$$Q_{12} = (\alpha - 1)pV$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2}\alpha(\alpha - 1)pV$$

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

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

$$(2\alpha - 3)(5\alpha^2 + 2\alpha - 3) - (10\alpha + 2)(\alpha^2 - 2\alpha + 1) = 0$$

$$10\alpha^3 - 10\alpha^2 + 4\alpha^2 - 4\alpha - 10\alpha + 18 - 10\alpha^3 + 20\alpha^2 + 20\alpha^2 + 4\alpha - 10\alpha - 2 = 0$$

$$16\alpha^2 - 16\alpha + 4 = 0$$

$$4\alpha^2 - 4\alpha + 1 = 0$$

$$\alpha = \frac{4 \pm \sqrt{16 - 16}}{8} = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$$

$$\eta = \frac{(\frac{1}{2} - 1)^2}{5(\frac{1}{2})^2 + 2 \cdot \frac{1}{2} - 3} = 0,25$$

$$16\alpha^2 - 24\alpha + 12 = 0$$

$$\alpha = \frac{24 \pm \sqrt{576}}{32}$$

$$68^2 = 3600 + 64 = 1204 \times 8 =$$

$$75^2 = 4900 + 25 + 700 = 5625$$

$$15 \times 4 = 60$$

$$\frac{15}{17} \times \frac{4}{5} = \frac{12}{17} \approx \frac{60}{17 \times 5} = \frac{24}{17,5}$$

$$\frac{8}{17} \times \frac{3}{5} = \frac{24}{17 \times 5} = \frac{24}{17,5}$$

$$\frac{24}{17,5} = \frac{36}{17,5}$$

$$3600 + 64 + 960 = 4624$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \times 60 \\ \hline 00 \\ 216 \\ \hline 2160 \end{array}$$

$$Q_{11} < 0$$

$$\begin{array}{r} 47 \\ \times 47 \\ \hline 329 \\ 188 \\ \hline 2209 \end{array}$$

$$4624 + 5625 =$$

$$\begin{array}{r} 10 \times 49 \\ - 2164 \\ \hline 8089 \end{array}$$

$$6089$$

$$\begin{array}{r} 57 \\ \times 57 \\ \hline 399 \\ 285 \\ \hline 3249 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 77 \\ \times 77 \\ \hline 539 \\ 539 \\ \hline 5939 \end{array}$$

№2 продолжение

$$\eta = \frac{A}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{A}{Q_{12} + Q_{21}} \quad Q_{31} < 0$$

$$A = S_{123} = \frac{1}{2}(p_2 - p_1)(V_3 - V_2) = \frac{1}{2}(\alpha - 1)^2 p V$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2}(\alpha - 1) p V$$

$$Q_{21} = \frac{5}{2}\alpha(\alpha - 1) p V$$

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

$$(\eta(\alpha))' = \frac{2(\alpha - 1)(5\alpha^2 - 2\alpha - 3) - (10\alpha - 2)(\alpha - 1)^2}{(5\alpha^2 - 2\alpha - 3)^2} = 0$$

$$(2\alpha - 1)(5\alpha^2 - 2\alpha - 3) - (10\alpha - 2)(\alpha^2 - 2\alpha + 1) = 0$$

$$\cancel{10\alpha^3} - 5\alpha^2 - 4\alpha^2 + 2\alpha - 6\alpha + 3 - \cancel{10\alpha^3} + 2\alpha^2 + 20\alpha^2 - 4\alpha - 10\alpha + 2 = 0$$

$$13\alpha^2 - 18\alpha + 5 = 0 \quad \alpha = \frac{18 \pm \sqrt{324 - 260}}{26} = \frac{18 \pm 8}{26}$$

$$(\eta(\alpha))' \text{ при } \alpha = 0 > 0 \Rightarrow \alpha = \max \text{ при } \alpha = \frac{5}{13}$$

$$\eta\left(\frac{5}{13}\right) = \frac{\left(\frac{8}{13}\right)^2}{\left|5 \cdot \left(\frac{5}{13}\right)^2 - \frac{10}{13} - 3\right|} = \frac{64}{|125 - 130 - 3 \cdot 169|} = \frac{64}{512} = \left(\frac{1}{8}\right)$$

$$\eta_{\max} = 12,5 \%$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$N^{\circ} 4$$

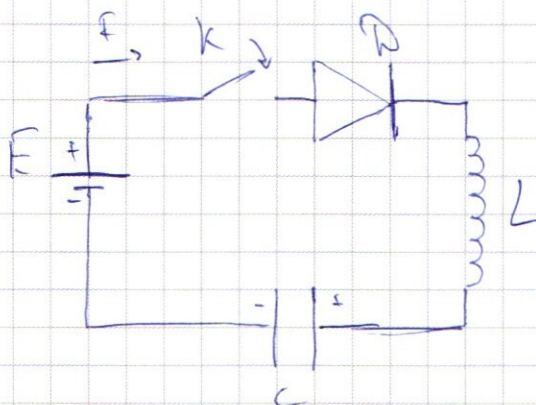
$$E = 9 \text{ В}$$

$$C = 40 \times 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 5 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$



D - диод
 k - ключ

1) Сразу после замыкания k :

Напряжение на конденсаторе не меняется скачком

$\Rightarrow U_C = U_1$ Через диод пойдет ток $\Rightarrow U_D = U_0$ из ВАХ

$$\Rightarrow U_L = E - U_1 - U_0 \quad U_L = L \dot{I}$$

$$\dot{I} = \frac{U_L}{L} = \frac{E - U_1 - U_0}{L} = \frac{9 - 5 - 1}{0,1} = 30 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

2) В некоторый момент t : на $C - U_C$, на $L - I$

источник передал заряд $C(U_C - U_1)$ с момента замыкания ключа

$$\text{Закл: } E C (U_C - U_1) + \frac{C U_1^2}{2} = \frac{C U_C^2}{2} + \frac{L I^2}{2}$$

$$\frac{L I^2}{2} = E C (U_C - U_1) + \frac{C}{2} (U_1^2 - U_C^2) \quad \text{зависимость } I \text{ от } U_C$$

$$I = \max \Rightarrow \frac{L I^2}{2} = \max \quad \left(\frac{L I^2}{2} \right)' = E C - C U_C$$

$$\frac{L I^2}{2} = \frac{C}{2} U_1^2 - E C U_1 + E C U_C - \frac{C}{2} U_C^2$$

$$\left(\frac{L I^2}{2} \right)' = -C U_C + C E \quad U_C = E$$

Из-за диода $U_{C \max} = E - U_0$, т.к. при $U_C + U_L > E - U_0$ диод закрывается и цепь разрывается

№ 4 продолжение

$U_L \geq 0$, т.к. так не может быть когда

$$\Rightarrow U_C = E - U_0 = 9 - 1 = 8 \text{ В}$$

$$\frac{LI^2}{2} = \frac{CU_1^2}{2} - \frac{CU_2^2}{2} + E C (U_1 - U_2) = \frac{C}{2} (5^2 - 8^2 + 2(9 \cdot 8 - 9 \cdot 5)) =$$

$$= 20 \times 10^{-6} \cdot (25 - 64 + 144 - 90) = 20 \times 10^{-6} \cdot 15 = 3 \times 10^{-4}$$

$$I = \sqrt{\frac{2 \times 3 \times 10^{-4}}{0,1}} = \sqrt{0,006} \text{ А}$$

9) В установившемся режиме $U_L = 0$, т.к. $\dot{I} = 0$
 $I = \text{const}$

Если конденсатор открыт: $E = U_0 + U_2$

$$\Rightarrow U_2 = E - U_0 = 9 - 1 = 8 \text{ В}$$

Если конденсатор оказался закрыт, то

$U_2 \rightarrow E - U_0$ U_L всегда ≥ 0 , т.к. так не может

быть только когда закрыт конденсатор

$$\Rightarrow U_2 = E - U_0 - U_L = E - U_0$$

$$U_2 + U_L = E - U_0 \Rightarrow U_C \leq E - U_0$$

$\Rightarrow$ конденсатор не закрывается

$$\Rightarrow U_2 = E - U_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 продолжение 4

2) Пусть в момент времени t после замыкания ключа на конденсаторе U

$$U + U_L + U_0 = E$$

Работа источника: $A = qE = E(cU - cU_0) = Ec(U - U_0)$

ЗУТ: $W_1 + A = W + W_L$

$$\frac{cU_1^2}{2} + cE(U - U_0) = \frac{cU^2}{2} + \frac{LI^2}{2}$$

~~$$\frac{LI^2}{2} = \frac{LI^2}{2} - cE(U - U_0)$$~~

$$LI^2 = c(2EU - U^2 - 2EU_0 + U_0^2)$$

~~$I_{\max} \Rightarrow LI^2_{\max}$~~

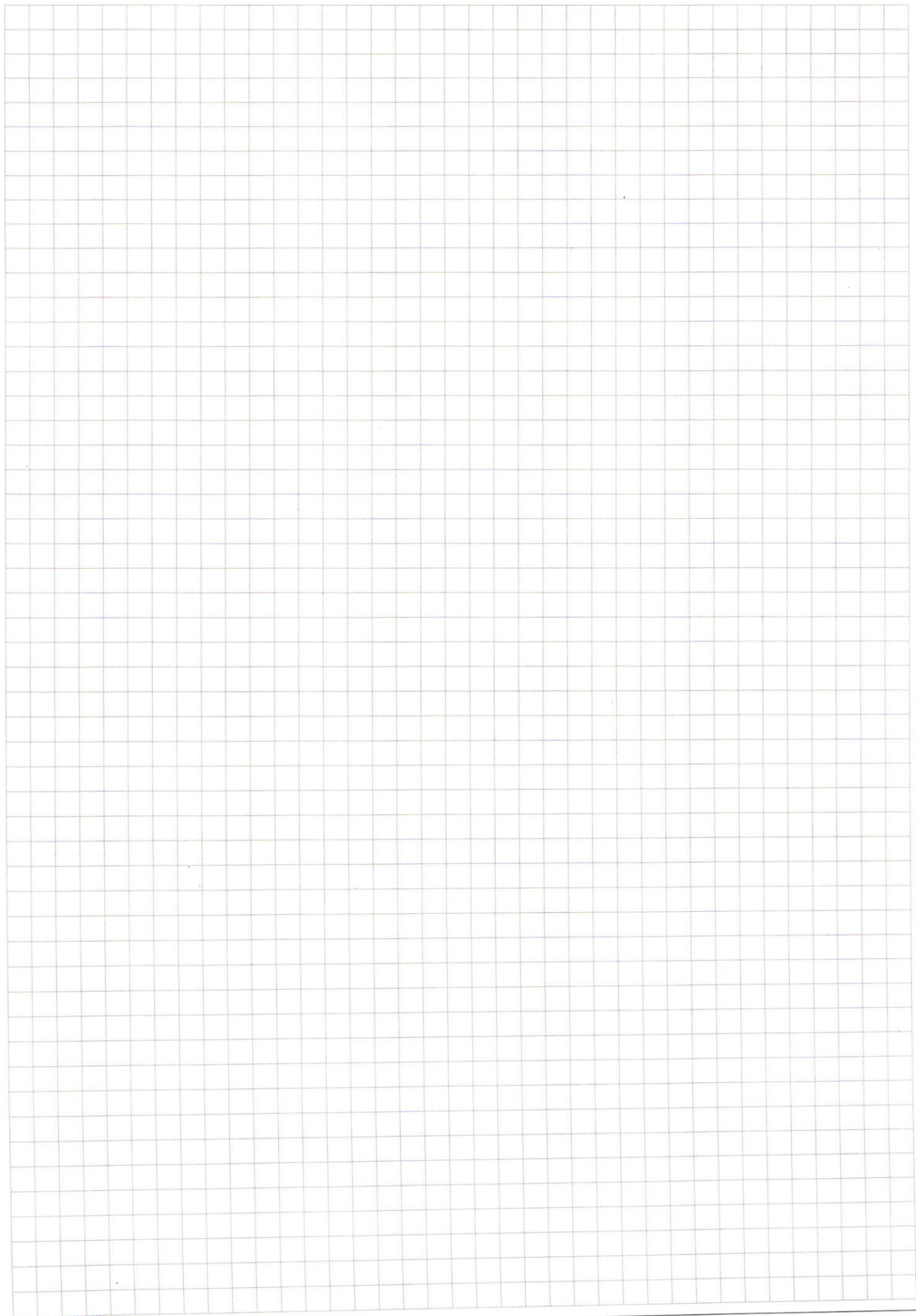
$$(LI^2)' = 2E - 2U \quad U = E$$

$$I = \sqrt{\frac{c}{L}} \cdot \sqrt{2E^2 - E^2 + U_0(U_0 - 2E)} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-9}}{10^{-7}}} \cdot \sqrt{9^2 + 5(5 - 18)}$$

$$= 0,02 \times \sqrt{16} = 0,08 \text{ A}$$

3) В установившемся режиме

$$I = 0 \quad U_L = L\dot{I} = 0 \Rightarrow U_2 = E - U_0 = 9 - 1 = 8 \text{ В}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)