

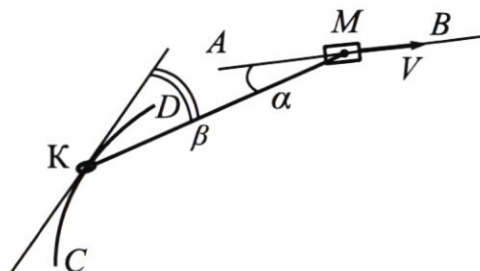
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

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

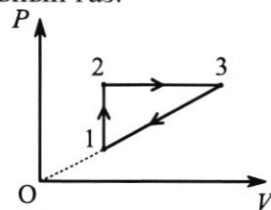
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной 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.

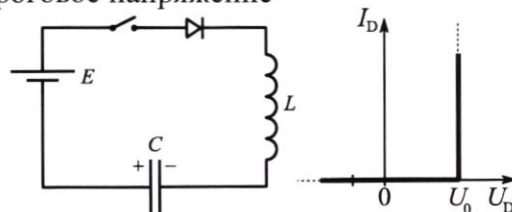


3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица 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?

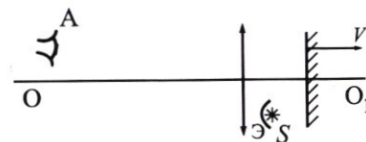
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.

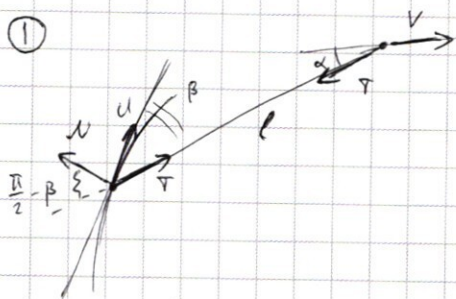
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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



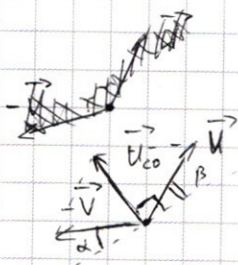
Вертик. силы $N_{\text{верт}} + mg = 0$

1) Т.к. нить во время движения остается натянутой проекции скоростей её концов на ось нити равны.

$$V \cos \alpha = U \cos \beta$$

$$U = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = 50 \text{ м/с}$$

2)



В СО-мупта проекции скоростей такие равны. т.к. $V_{\text{со}} = 0$, то проекция = 0.

$$\vec{U}_{\text{со}} = \vec{U} - \vec{V}$$

$$\begin{aligned} U_{\text{со}} &= U \sin \beta + V \sin \alpha = \\ &= U \sqrt{1 - \cos^2 \beta} + V \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = V \left(\frac{\cos \alpha \sqrt{1 - \cos^2 \beta}}{\cos \beta} + \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} \right) = \\ &= 56 \text{ м/с.} \end{aligned}$$

3) В лаб. СО кольцо движется по экр. рад. R.

$$T \sin \beta - N = \frac{U^2}{R} \cdot m \quad \Rightarrow \quad N = T \sin \beta - \frac{U^2}{R} m$$

В СО-мупта кольцо движ. по экр. рад. l.

$$T - N \cos \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) = \frac{U_{\text{со}}^2}{R} \cdot m \quad \sin \beta = \frac{4}{5}$$

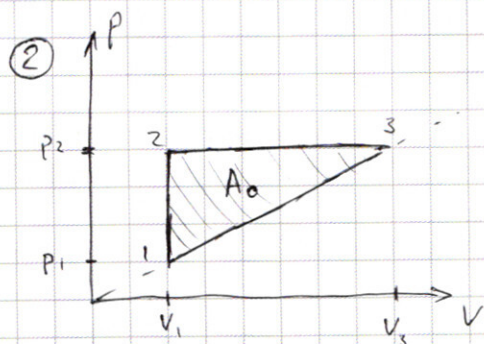
$$T - T \sin^2 \beta + m \frac{U^2}{R} \sin \beta = m \frac{U_{\text{со}}^2}{R}$$

$$T = \frac{m}{R \cos^2 \beta} \left(\frac{U_{\text{со}}^2}{\ell} - \frac{U^2 \sin \beta}{R} \right) = \frac{m}{R \cos^2 \beta} \left(\frac{4}{5} U_{\text{со}}^2 - U^2 \sin \beta \right) = 800 \text{ Н}$$

Ответ: 1) $U = 50 \text{ м/с}$

2) $U_{\text{со}} = 56 \text{ м/с}$

3) $T = 800 \text{ Н.}$



1) 1-2: $\frac{P}{T} = \text{const}$

$$Q = p_0 V + \frac{3}{2} \Delta R_0 T = \frac{3}{2} \Delta R_0 T$$

$$C_{12} = C_V = \frac{3}{2} R$$

2-3: $p = \text{const}$

$$C_{23} = C_P = \frac{i+2}{2} R = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{C_V}{C_P} = \frac{3}{5}$$

2) $Q = p_0 V + \frac{3}{2} \Delta R_0 T$

$$Q = C_P \Delta T$$

$$\Rightarrow \frac{5}{2} \Delta R_0 T = p_0 V + \frac{3}{2} \Delta R_0 T$$

$$A = \Delta R_0 T$$

$$\frac{\Delta U}{A} = \frac{\frac{3}{2} \Delta R_0 T}{\Delta R_0 T} = \frac{3}{2}$$

3) $\eta = \frac{A_0}{Q_0}$

$$Q_0 = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} \Delta R_0 T_{12} + \frac{5}{2} \Delta R_0 T_{23} =$$

$$= \frac{3}{2} (p_2 V_1 - p_1 V_1) + \frac{5}{2} (p_2 V_3 - p_2 V_1) = \frac{1}{2} (5 p_2 V_3 - 2 p_2 V_1 - 3 p_1 V_1)$$

$$A_0 = \frac{1}{2} (p_2 - p_1)(V_3 - V_1) = \frac{1}{2} (p_2 V_3 - p_1 V_3 - p_2 V_1 + p_1 V_1)$$

$$\frac{p_2}{V_3} = \frac{p_1}{V_1} \Rightarrow p_2 = p_1 \cdot \frac{V_3}{V_1}$$

$$Q_0 = \frac{1}{2} (5 p_1 \cdot \frac{V_3^2}{V_1} - 2 p_1 V_3 - 3 p_1 V_1)$$

$$\frac{V_3}{V_1} = d$$

$$A_0 = \frac{1}{2} (p_1 \cdot \frac{V_3^2}{V_1} - 2 p_1 V_3 + p_1 V_1)$$

$$\eta = \frac{A_0}{Q_0} = \frac{5 p_1 d^2 - 2 p_1 d - 3 p_1}{p_1 d^2 - 2 p_1 d + p_1} = \frac{5 d^2 - 2 d - 3}{d^2 - 2 d + 1} = \frac{5 d + \frac{3}{5}}{d - 1}$$

~~$$\frac{d\eta}{dd} = \frac{(10d-2)(d^2-2d+1) - (5d^2-2d-3)(2d-1)}{(d^2-2d+1)^2}$$~~

~~$$\frac{d\eta}{dd} = \frac{10d^3 - 2d^3 - 2d^2 + 4d^2 + 2d - 1 - 10d^3 + 5d^2 + 4d - 3}{(d^2-2d+1)^2}$$~~

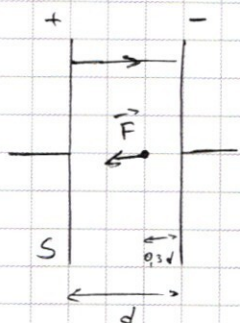
$$\eta = \frac{d-1}{5d+\frac{3}{5}} = \frac{2}{5d+3} = \frac{d-1}{5d+3} = \frac{1}{5} - \frac{8}{5(5d+3)}$$

$$\eta_{\max} \text{ при } d \rightarrow \infty \quad \eta_{\max} = \frac{1}{5}$$

Ответ: 1) $\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5}$; 2) $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{3}{2}$; 3) $\eta_{\max} = \frac{1}{5}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3)



$$1) F = qE = ma$$

$$a = \gamma E$$

$$0,7d = \frac{V_1^2}{2\gamma E} \Rightarrow \frac{V_1^2}{0,7d} = 2\gamma E \quad \gamma E = \frac{V_1^2}{1,4d}$$

$$0,2d = \frac{1}{2} \gamma E T^2$$

$$T^2 = \frac{0,2d}{\frac{1}{2}\gamma E} = \frac{0,4d}{\gamma E} = \frac{0,4d}{\frac{V_1^2}{1,4d}} = \frac{5,6d^2}{V_1^2}$$

$$T = 2,4 \frac{d}{V_1}$$

$$Q = \frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot U$$

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

$$0,7 q U = \frac{m V_1^2}{2} \Rightarrow U = \frac{V_1^2}{1,4 \gamma}$$

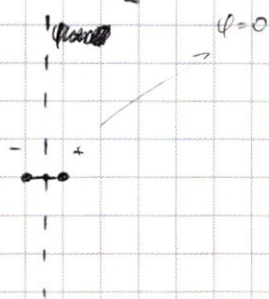
$$E = \frac{V_1^2}{1,4 d \gamma}$$

$$Q = \frac{V_1^2 \epsilon_0 S}{1,4 d \gamma}$$

3)



$$W = \frac{k q Q d}{L^2}$$



Вне конденсатора частица взаимодействует с ним как с диполем (на больших расст.).

Таким образом дипольное поле ведет себя на равном расст. от обоих зарядов.

$$W_{\phi_0} = \frac{2kqQ}{d} + \frac{2kqQ}{d} = \frac{4kqQ}{d}$$

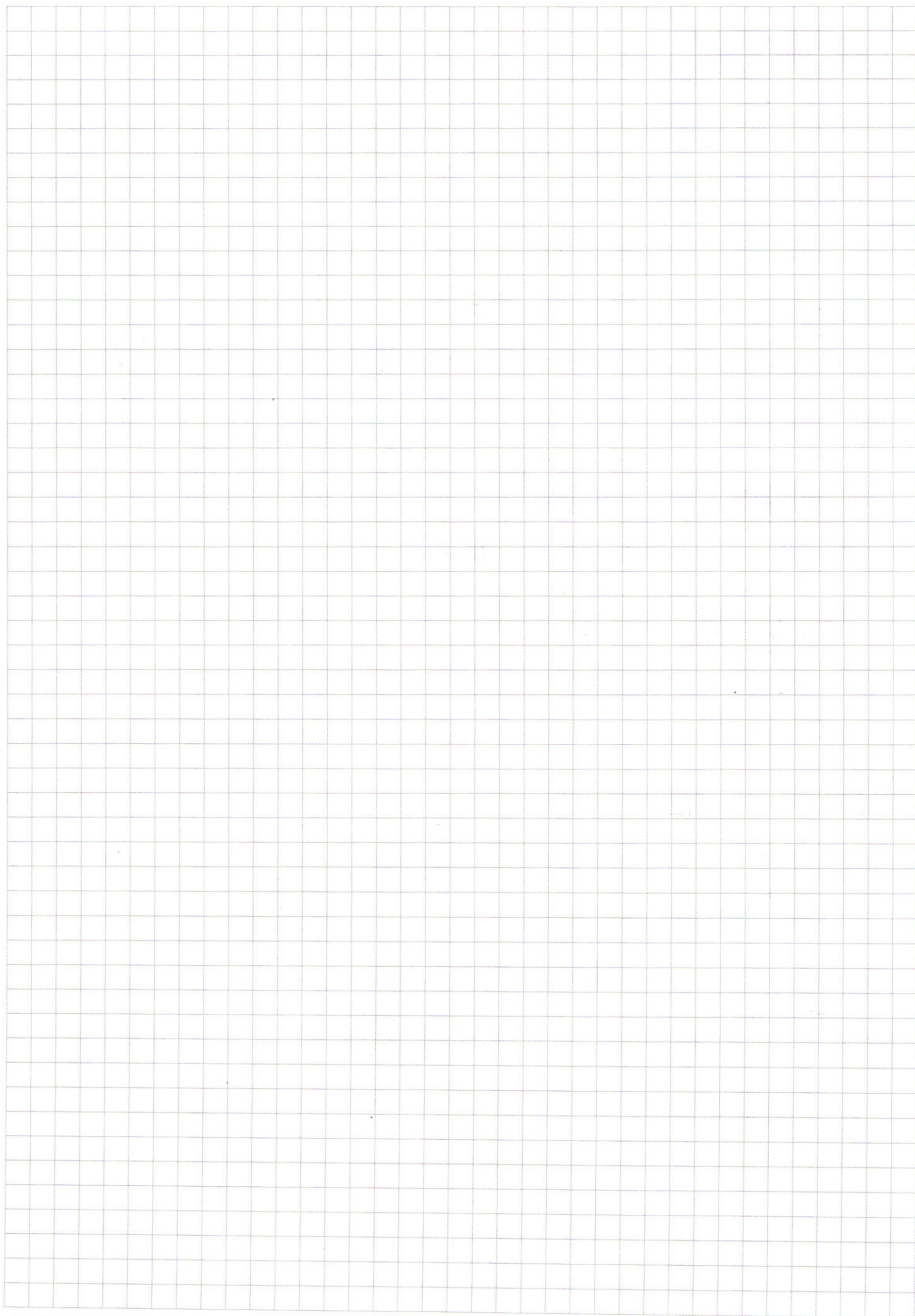
$$\frac{m V_0^2}{2} = 0,2 q U \Rightarrow V_0^2 = 0,4 \gamma \cdot \frac{V_1^2}{1,4 \gamma} = \frac{2}{7} V_1^2$$

$$V_0 = 0,5 V_1$$

$$\frac{m V_0^2}{2} + \frac{4kqQ}{d} = \frac{m V_2^2}{2}$$

$$V_2 = \sqrt{V_0^2 + 8 \gamma \frac{Q}{d}} = \sqrt{0,25 V_1^2 + 8 \cdot \gamma \cdot \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \cdot \frac{V_1^2 \epsilon_0 S}{1,4 d \gamma}} = \sqrt{0,25 V_1^2 + 0,45 V_1^2} = 0,88 V_1$$

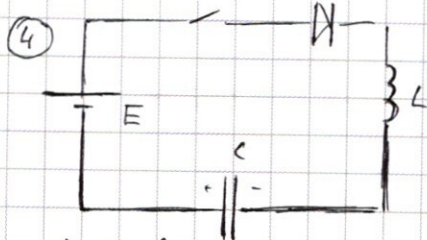
Ответ: 1) $T = 2,4 \frac{d}{V_1}$; 2) $Q = \frac{V_1^2 \epsilon_0 S}{1,4 d \gamma}$; 3) $V_2 \approx 0,88 V_1$.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

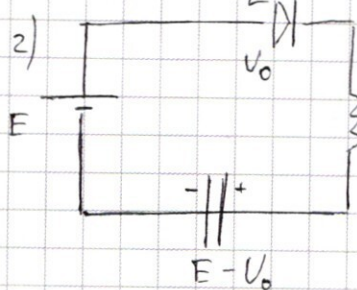


$$\cancel{L \dot{I} = E + U_1}$$

$$\cancel{\dot{I} = \frac{E + U_1}{L} = 30 \text{ A/c}}$$

1) $L \dot{I} = E + U_1 - U_0$

$$\dot{I} = \frac{E + U_1 - U_0}{L} = 70 \text{ A/c}$$



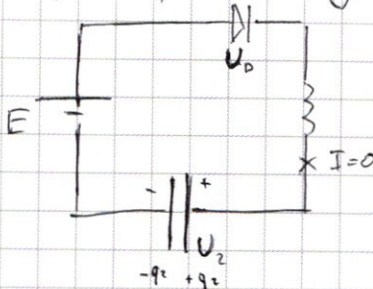
$$q_1 = CU_1, \quad q'_1 = C(E - U_0)$$

$$\frac{CU_1^2}{2} + \Delta q(E - U_0) = \frac{C(E - U_0)^2}{2} + \frac{LI^2}{2}$$

$$LI^2 = CU_1^2 - C(E - U_0)^2 + C(U_1 + E - U_0)(E - U_0)$$

$$I = \sqrt{\frac{C(U_1^2 + U_1(E - U_0))}{L}} = 7,6 \cdot 10^{-2} \text{ A}$$

3) Напряжение установится, когда закроется диод.



$$\frac{CU_1^2}{2} + (q_1 + q_2)(E - U_0) = \frac{CU_2^2}{2}$$

$$U_1^2 + 2(U_1 + U_2)(E - U_0) = U_2^2$$

$$U_2^2 - 2U_2(E - U_0) - U_1^2 - 2U_1(E - U_0) = 0$$

$$\frac{D}{4} = (E - U_0)^2 + U_1^2 + 2U_1(E - U_0) = (E - U_0 + U_1)^2$$

$$U_2 = (E - U_0) + (E - U_0 + U_1) = 12 \text{ V}$$

Ответ: 1) 70 A/c ; 2) $7,6 \cdot 10^{-2} \text{ A}$; 3) 12 V .



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$E = \frac{V_1}{1,428}$$

$$\begin{array}{r} 314 \\ 107 \\ \hline 2101 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,14 \\ 0,7 \\ \hline 219,8 \end{array}$$

$$V = \frac{V_1}{1,428} = \frac{V_1 \cdot m}{1,428}$$

$$\frac{1}{2,2} =$$

$$0,45$$

$$\begin{array}{r} 1,0000 \overline{) 2,2} \\ 88 \\ \hline 120 \\ 110 \\ \hline 100 \end{array}$$

$$0,74$$

$$\begin{array}{r} 0,85 \\ 0,85 \\ \hline 425 \\ 360 \\ \hline 4025 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,86 \\ 0,86 \\ \hline 516 \\ 368 \\ \hline 4196 \end{array}$$

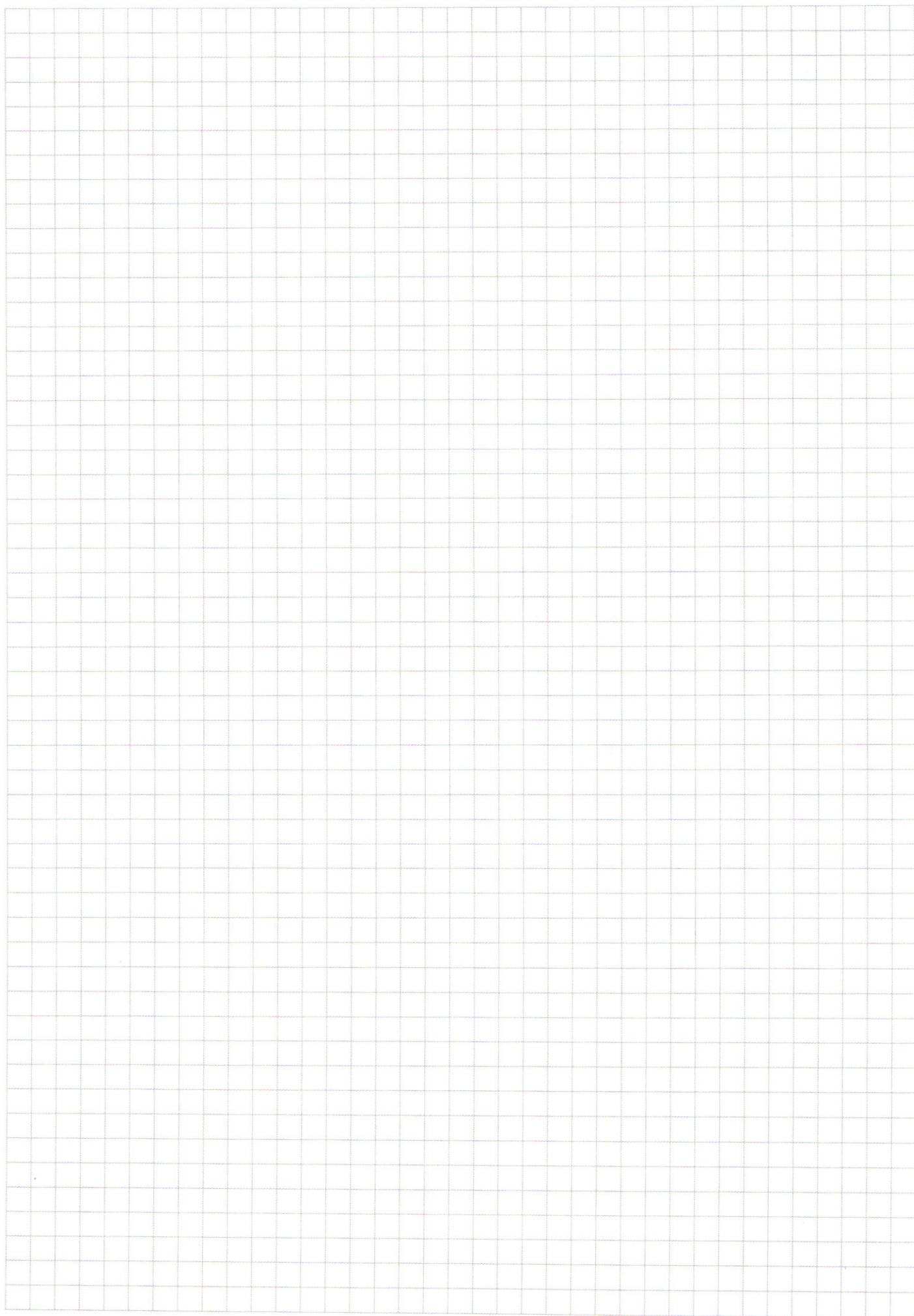
$$50 \cdot \frac{16}{25} = 32$$

$$\frac{4}{3}$$

$$\begin{array}{r} 32 \cdot 1024 \\ 576 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 3 \end{array}$$

$$\frac{1}{5} \cdot \left(\frac{5d-5}{5d+3} \right) = \frac{1}{5} \left(1 - \frac{8}{5d+3} \right)$$



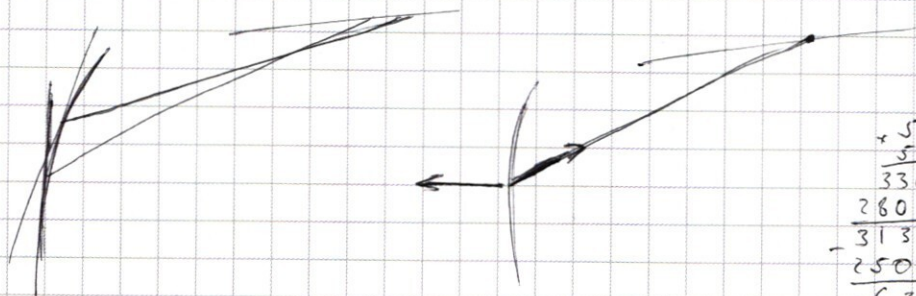
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{2}{34} \cdot \frac{5}{17} \cdot \frac{5}{8} = 50$$

$$\text{или } 50 \cdot \frac{4}{5} + 34 \cdot \frac{8}{17} = 40 + 16$$



$$\frac{0,53 \cdot 2,2}{2,53} \left(\frac{2}{4} \cdot 56^2 - 50^2 \cdot \frac{2}{8} \right) = \frac{2}{1,59} \cdot 400$$

$$\text{или } \frac{D}{4} = 1 + 5 = 6$$

$$d = \frac{1 \pm \sqrt{16}}{5}$$

$$D = 1 -$$

$$\begin{array}{r} + 56 \\ 56 \\ \hline 336 \\ 280 \\ \hline 3136 \\ - 2500 \\ \hline 636 \end{array} \quad \frac{159}{4}$$

$$\frac{72}{14,4} = \frac{20}{14,4} = \frac{320}{144} = \frac{20}{9}$$

$$\frac{2,2}{198}$$

$$\begin{aligned} & - (10d^3 - 2d^2 - 10d^2 + 2d + 10d - 2) - (10d^3 - 5d^2 - 2d^2 + d + 2d - 1) = \\ & = -12d^2 + 12d - 2 + 7d^2 - 3d + 1 = \\ & = -5d^2 + 9d - 1 \end{aligned}$$

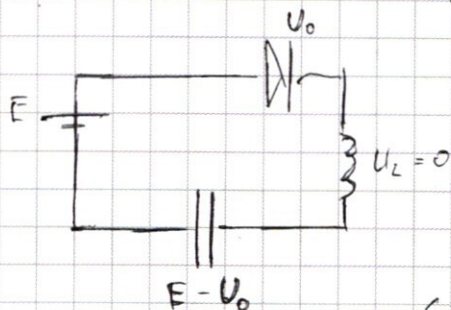
$$5d^2 - 9d + 1$$

$$D = 31 - 20 = 61$$

$$d = \frac{9 \pm \sqrt{61}}{10}$$

$$\frac{4,8}{14,4} \quad 14,4$$

$$\frac{5}{4} F \quad \frac{1}{4} F \quad \frac{1}{16} F^2$$



$$32V \cdot \frac{5}{4} F - 2V \cdot$$

$$24 \cdot 3$$

$$\frac{C}{L} (4 + 2 \cdot 5) = \frac{400}{2,1} \cdot 14$$

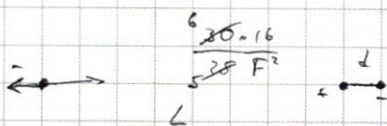
$$40 - 10 = 30$$

$$\frac{96V}{5F}$$

$$\text{или } 4 \cdot 10^{-4} \cdot 14$$

$$\frac{kqQ}{L} - \frac{kqQ}{(L+d)} = \frac{kqQd}{L^2}$$

$$4 \quad 3,8 \quad 7,6$$



$$\text{или } 12 = 2 + 2$$

$$\frac{5}{4} F \cdot F \quad \frac{1}{4} F = 5F$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} R_0 T = \frac{3}{2} (p_2 V_1 - p_1 V_1)$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} R_0 T = \frac{5}{2} (p_2 V_3 - p_2 V_1)$$

$$Q_0 = \frac{1}{2} (-2p_2 V_1 - 3p_1 V_1 + 5p_2 V_3) = \frac{1}{2} (-2p_1 V_3 - 3p_1 V_1 + 5p_1 \cdot \frac{V_3^2}{V_1})$$

$$A_0 = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_3 - V_1) = \frac{1}{2} p_1 \left(\frac{V_3^2}{V_1} - 1 \right) (V_3 - V_1) = \frac{1}{2} p_1 \left(\frac{V_3^2}{V_1} - V_3 - V_3 + V_1 \right) = \frac{1}{2} p_1 \left(\frac{V_3^2}{V_1} - 2V_3 + V_1 \right)$$

$$4. 1 + 15 = 16$$

$$d = \frac{1 \pm 4}{105} - \frac{3}{5}$$

$$(d-1) \left(d + \frac{3}{5} \right)$$

$$\frac{d-1}{d + \frac{3}{5}} = \frac{d + \frac{3}{5} - \frac{8}{5}}{d + \frac{3}{5}} = 1 - \frac{\frac{8}{5}}{d + \frac{3}{5}} = 1 - \frac{8}{5d+3}$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{8}{5x+3} =$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x-1}{x + \frac{3}{5}} = \frac{1 - \frac{1}{x}}{1 + \frac{3}{5x}} = 1$$

$$l = \frac{U^2}{2a}$$

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

$$Q = \frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot U$$

$$U = Ed$$

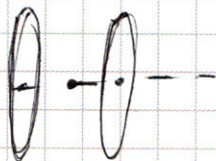
$$E = \frac{0,7d}{28V_1^2}$$

$$U = \frac{0,35d^2}{8V_1^2} = \frac{V_1^2}{1,48}$$

$$E = \frac{V_1}{1,4d8}$$

$$\frac{V_1}{1,4d8} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$Q = \frac{V_1 \epsilon_0 S}{1,4d8}$$



$$W = \frac{2kq^2}{d} + \frac{2kq^2}{d}$$

$$p_2 = p_1$$

$$\frac{p_2}{V_3} = \frac{p_1}{V_1}$$

$$p_2 V_1 = p_1 V_3$$

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{V_3}{V_1}$$

$$\begin{array}{r} 0,37 \\ 0,37 \\ \hline 254 \\ 111 \\ \hline 1364 \end{array}$$

$$Q = \frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot U$$

$$U = Ed$$

$$\begin{array}{r} 2,5 \\ 2,5 \\ \hline 6,25 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,4 \\ 2,4 \\ \hline 96 \\ 48 \\ \hline 576 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14,4 \\ 14,4 \\ \hline 576 \\ 576 \\ \hline 144 \\ 20736 \end{array}$$

$$1024 + 207,36 = 1231$$

$$\begin{array}{r} 200 \overline{) 17} \\ 16 \\ \hline 60 \\ 56 \\ \hline 4 \end{array}$$

$$0,285$$

$$\begin{array}{r} 3,5 \\ 3,5 \\ \hline 175 \\ 105 \\ \hline 1225 \\ 0,52 \\ 0,52 \\ \hline 104 \\ 260 \end{array}$$