

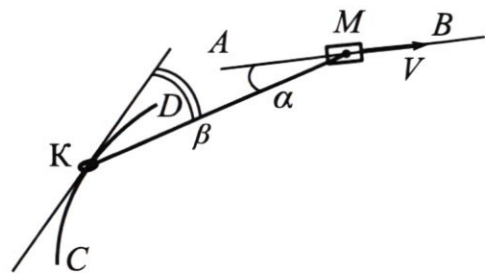
Олимпиада «Физтех» по физике, с

Класс 11

Вариант 11-01

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

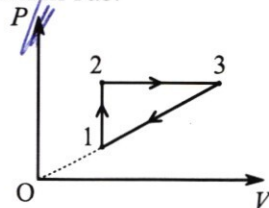
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной 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 $\frac{q}{m} = \gamma$.

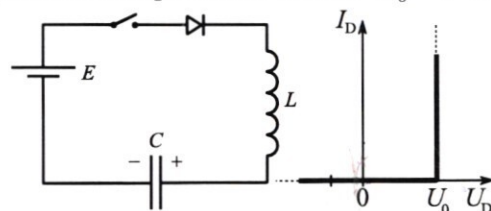
- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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.

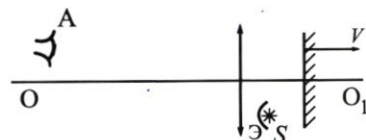
Ключ замыкают.

- 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

$qE = 0,75S = \frac{mv_1^2}{2}$
 $-Ed$
 $v = \frac{v^2}{2S} = a = \frac{qE}{m} \approx 7$
 $v = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad \frac{v_1}{2} T = S$
 $-Edq = -\frac{mv_1^2}{2}$
 Δp_{AV}
 $\Delta (pV \approx \frac{5}{2} pV \approx \frac{5}{2} pV \approx \frac{5}{2} pV)$

$$\frac{\Delta p \Delta v}{\Delta p v + 5 \Delta p v + 3 p \Delta v + 3 \Delta p \Delta v}$$

$$= \frac{624}{320} \Delta v$$

$$\Delta p = \frac{p \Delta v}{v}$$

$$= \Delta p \cdot \Delta v$$

$$2 (p v + \frac{5}{2} \Delta p v + \frac{3}{2} p \Delta v + \frac{3}{2} \Delta p \Delta v)$$

$$\begin{array}{r} 15 \\ 8 \\ \hline 120 \end{array}$$

$$\frac{p}{v} \frac{\Delta v^2}{v}$$

$$\begin{array}{r} 120 \\ \times 36 \\ \hline 4320 \end{array}$$

$$2 (p v + \frac{5}{2} \frac{\Delta v p v}{v} + \frac{3}{2} p \Delta v + \frac{3}{2} \frac{\Delta v^2}{v})$$

$$\begin{array}{r} 68 \\ 68 \\ \hline 136 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 564 \\ 408 \\ \hline 972 \end{array}$$

$$2 p v + 5 \Delta p v + 3 p \Delta v + \frac{3 \Delta v^2}{v} p$$

max
min

$$\begin{array}{r} 624 \\ 624 \\ \hline 1248 \end{array}$$

$$\Delta v^2$$

$$\begin{array}{r} 5625 \\ 304 \\ \hline 5929 \end{array}$$

$$= \frac{2 p v}{\Delta v^2} + \frac{5 p}{\Delta v} + \frac{3 p}{\Delta v} + \frac{3}{v} p + \frac{v}{p}$$

$$\begin{array}{r} 75 \\ \times 75 \\ \hline 375 \\ + 525 \\ \hline 5625 \end{array}$$

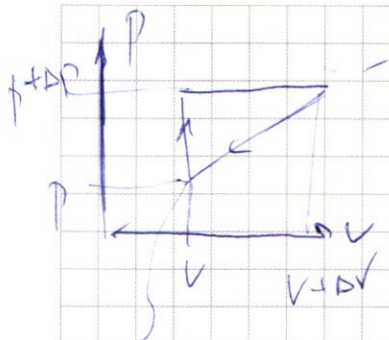
$$\frac{p}{v} \cdot 3 + \frac{v}{p} = \frac{p}{v} + \frac{v}{p}$$

$$3t + \frac{1}{t} = 38$$

$$32^2 + t = \frac{2}{3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$pV = \nu RT$$



$$C_{p,m} T =$$

$$C_{v,m} T = \frac{1}{2} \nu R T +$$

$$C = \frac{1}{2} \nu R$$

$$C_{v,m} T = \frac{1}{2} \nu R T + \nu R T = \frac{1}{2} \nu R + \nu R$$

$$C_{p,m} T = \frac{3}{2} \nu R T +$$

$$Q = \frac{W}{Q_1} = \frac{\Delta P \cdot \Delta V}{2}$$

$$p \left(5 \Delta P \Delta V + 3 \Delta P \Delta V - \frac{\Delta P \Delta V}{R} \right)$$

$$Q_1 = \frac{3}{2} \nu R \quad \frac{3}{2} (p + \Delta p) V - pV = \frac{3}{2} \nu R \cdot \frac{1}{2} pV + \frac{3}{2} \Delta p \nu R V$$

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

$$\Delta p \nu R V$$

$$p \Delta V \cdot 5 + 5 \Delta p \Delta V + \Delta p \nu R V - 3 \Delta p \nu R V - 3 \Delta p \nu R V$$

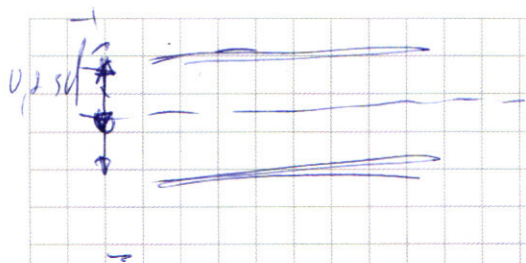
$$= \frac{\Delta p}{p \left(5 \frac{\Delta p \nu R V}{p} + 8V \right)}$$

$$\frac{p + \Delta p}{V + \Delta V} = \frac{p}{V} \Rightarrow \nu R + \Delta p \nu R = p \nu R + \Delta p \nu R$$

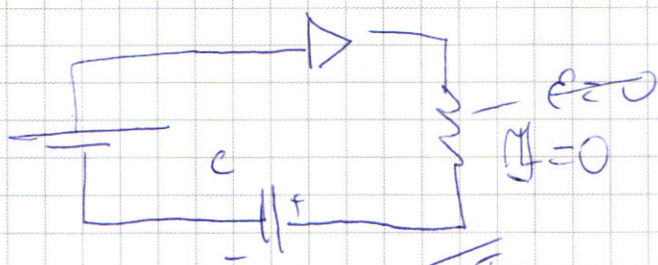
$$\Delta V = \frac{\Delta p \nu R}{p}$$

$$\Delta p = \frac{V (\Delta p + p)}{\nu R} = \frac{V \Delta p}{\nu R} + \frac{V p}{\nu R}$$

$$\frac{5 \Delta p \nu R + \Delta p \nu R}{\nu R} = \frac{\Delta p}{\Delta p + p}$$



$$\epsilon = 1, \quad (\epsilon - 1) \cdot c \cdot U_1 \cdot \epsilon =$$



$$= \frac{((\epsilon - 1) \cdot c)^2}{2 \cdot c} - \frac{q U_1^2}{2} + \frac{L U^2}{2}$$

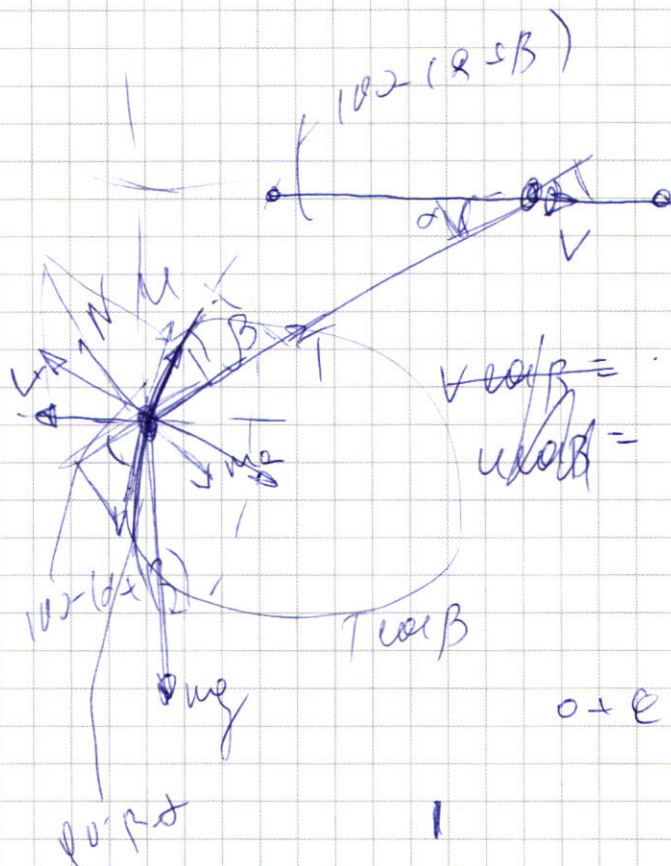
$$T_3 = \sqrt{T_1 T_2}$$

$$-s \parallel +s$$

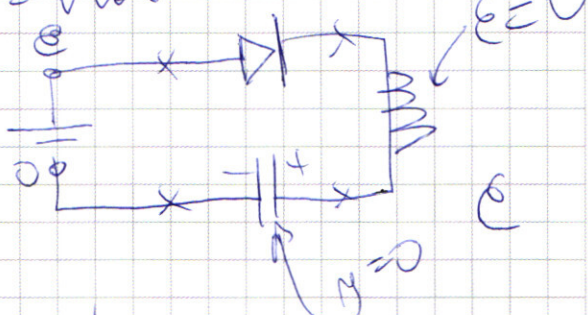
$$1 \parallel 16$$

$$U_1 -$$

$$\frac{4 \cdot 11 \cdot 10}{1} = 11 \cdot \frac{5 \cdot 10}{2 \cdot 10} = 11 \cdot \frac{5}{2} = 27.5$$



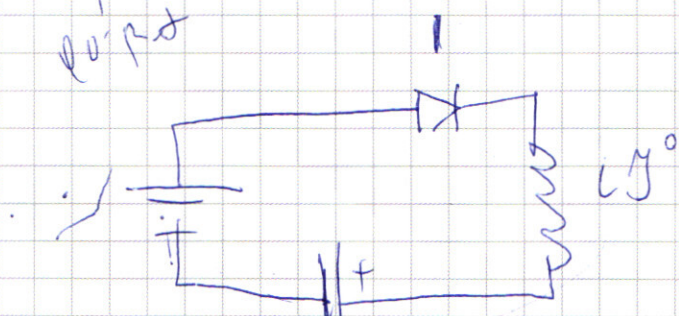
$$U_{AB} = U_{AB}$$



$$0 + \epsilon - 1 - \frac{q}{c} = 0$$

$$\frac{q}{c} = \epsilon - 1$$

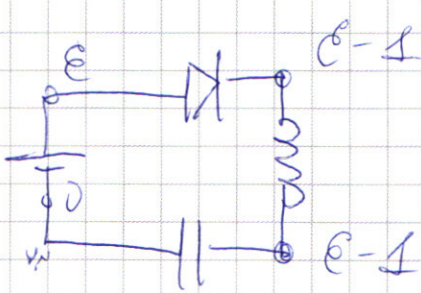
$$q = (\epsilon - 1) \cdot c$$



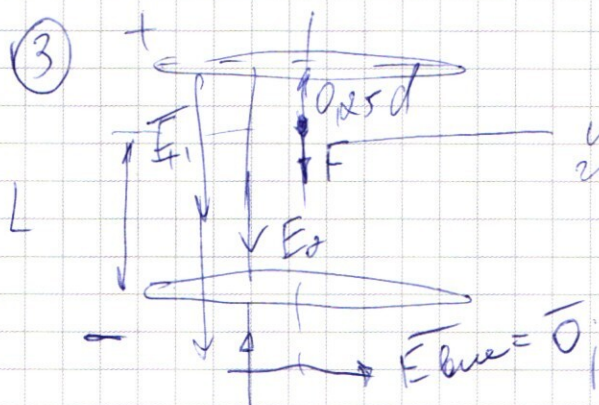
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{3F} + \frac{2}{3F}$$

$$q = cU$$

$$\dot{q} = cU$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



направление та же, т.е.
здесь "+" заряды.

$$1) L = d - 0,25d = 0,75d$$

$$2) \text{ ПЗМ: } F = ma, \quad F = q E_{\text{вне}} \Rightarrow a = \text{const};$$

$$\text{потому } L = \frac{v_1 + v_0}{2} T \Rightarrow v_1 = \frac{2L}{T} = \frac{2 \cdot 0,75d}{T} = \frac{1,5d}{T}$$

$$3) \text{ ЗЕТ: ПЗМ} \Rightarrow q E_{\text{вне}} = ma =$$

$$a = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2L} \Rightarrow a = \frac{v_1^2}{2L}$$

$$E_{\text{вне}} = \frac{v_1^2}{2L} \frac{m}{q} = \frac{v_1^2}{2Lq}$$

Исканное $\sqrt{v_1^2} \Rightarrow$
найти можно
путем деления
конечное

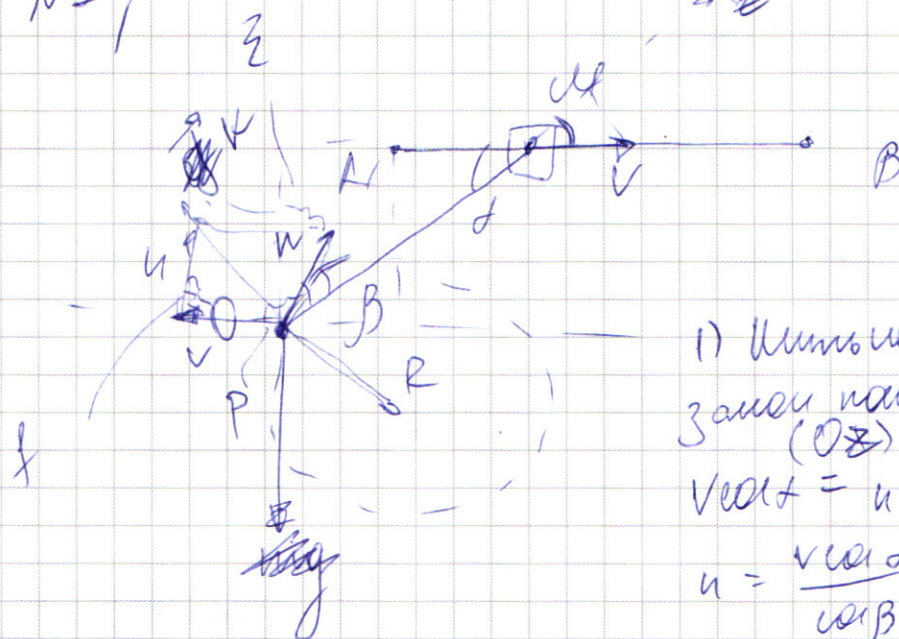
$$E_{\text{вне}} = E_1 + E_2 = \frac{Q}{2\epsilon_0} \cdot 2 = \frac{Q}{\epsilon_0} = \frac{Q}{S\epsilon_0}$$

$$\frac{Q}{S\epsilon_0} = \frac{v_1^2}{2Lq} \Rightarrow Q = \frac{v_1^2 \cdot S\epsilon_0}{2Lq} = \frac{1,5d^2}{T^2} \cdot S\epsilon_0$$

11. ~~Summarize~~ ~~Dec.~~

$$\begin{array}{r} 2) \quad \frac{\overline{1,125d^2}}{T^2} \quad \text{Seo} \\ \underline{ T^2} \\ 44 \end{array}$$

$$\beta) = V_g = \frac{1,5 \text{ cl}}{T}$$

$$N I,$$


1) Кинь чертёжишко $\Rightarrow$
защелкни палочку.
(08)

$$V_{eff} = u \cos \beta = ?$$

$$u = \frac{v_{\text{rel } \alpha}}{v_{\text{rel } \beta}} = \frac{v_0 \cdot \frac{15}{17} \cdot 0.5}{u} =$$

✓) Перелазу в 10 мизотн

χ - скорость поворота от по
сылки ГЛ,

$$= \frac{1075}{68} = \frac{6875}{68}$$

2) $\vec{x} = -\vec{v} + \vec{u}$ - закон сохранения
импульса;
($v_{абс} = v_{отр} + v_{пол}$).

$$\angle Z = (90 - \alpha) - \beta$$

$$Z_p = p_0 + \varepsilon = 100 - (\alpha + \beta) \cdot f = 100 - Z_p = \alpha + \beta$$

Вывод: не все люди являются идеальными.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$x^2 = u^2 + v^2 - 2uv \cos(\alpha + \beta)$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{15}{17}\right)^2} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \left(\frac{4}{5}\right)^2} = \frac{3}{5}$$

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

$$= \frac{315}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{12}{17} - \frac{24}{17 \cdot 5} = \frac{60 - 24}{17 \cdot 5} =$$

$$= \frac{36}{17 \cdot 5} = \frac{36}{85}$$

$$x = \sqrt{68^2 + 75^2 - 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot \frac{36}{85}} = \sqrt{68^2 + 75^2 - 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot \frac{36}{85}} =$$

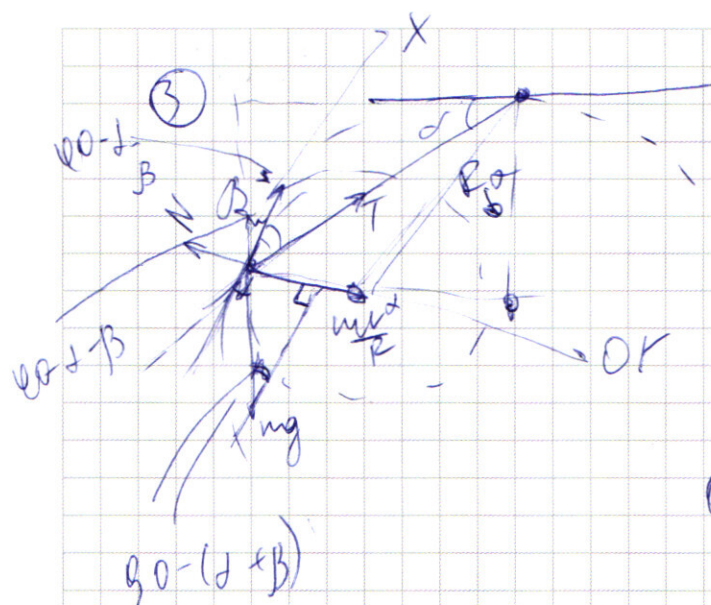
$$x = \sqrt{68^2 + 75^2 - 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot \frac{36}{85}} = \sqrt{68^2 + 75^2 - 2040 \cdot \frac{36}{85}} =$$

$$= \sqrt{68^2 + 75^2 - 4320} =$$

$$= \sqrt{4624 + 5625 - 4320} = \sqrt{304 + 5625} = \sqrt{5929} =$$

77 (см); перпендикуляр $PO - (\alpha + \beta)$ к горизонту

$$\alpha = \arcsin \frac{15}{17} + \arcsin \frac{4}{5}$$



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

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

$$= T \sin \beta - N + mg \cos(\alpha + \beta)$$

$$OX: m a_x = T \cos \beta - mg \cos(\alpha - \beta + \beta) =$$

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

$$OX: m a_x =$$

$$\text{Если } a_x = 0, \text{ то}$$

$$T \cos \beta = mg \sqrt{1 - \cos^2(\alpha + \beta)} = mg \sqrt{1 - \frac{36^2}{85^2}} =$$

$$= mg \sqrt{\frac{85^2 - 36^2}{85^2}} = mg \sqrt{\frac{49 \cdot 121}{85^2}} =$$

$$= mg \cdot \frac{7 \cdot 11}{85} = \frac{77}{85} \cdot$$

$$F = \frac{77 \cdot 5}{85 \cdot 4} = \frac{77}{4 \cdot 17} = \frac{77}{68} \text{ (Н)}$$

В данный момент шарики также движутся по окружности радиусом R_2

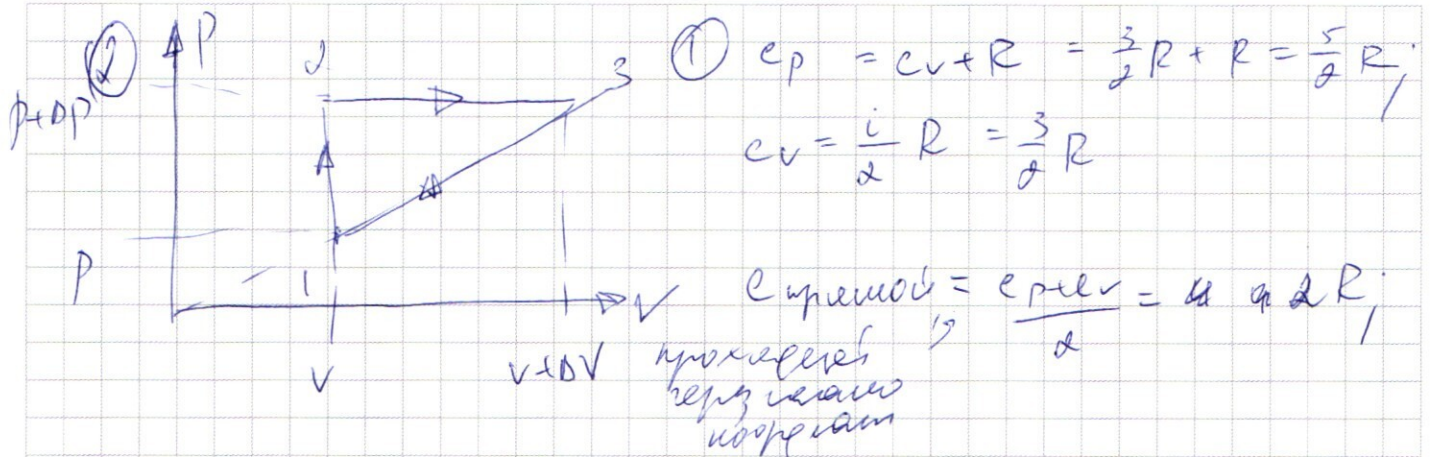
Ответ:

1) 75 см/с,

2) 77 см/с,

3) $\frac{77}{68}$ Н.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Наблюдение температуры на 1-2 и 2-3;

$$\frac{c_{23}}{c_{12}} = \frac{5}{3}$$

② Изобарный процесс 2-3; $\downarrow \neq 3T$

$$Q = \frac{3}{2} \int_{V_1}^{V_2} R dT + p(V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \int_{V_1}^{V_2} R dT + \int_{V_1}^{V_2} R dT =$$

$$= \frac{3}{2} \int_{V_1}^{V_2} (1+1) dT \Rightarrow \frac{Q}{\Delta T} = \frac{3}{2} + 1 = \frac{5}{2}$$

③ $\eta = \frac{W}{Q^+} =$

$$W = \frac{p \Delta V}{2}$$

$$Q^+ = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} \int_{V_1}^{V_2} R dT_{12} + \frac{3}{2} \int_{V_2}^{V_3} R dT_{23} + (p + p_0) \Delta V =$$

$$= \frac{3}{2} \int_{V_1}^{V_3} R dT = \frac{3}{2} (c_p + p) V - pV + \frac{3}{2} ((p + p_0)(V + \Delta V) - (p + p_0)V) =$$

$$= (c_p + p) V + (p + p_0) V =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= \frac{3}{2} (\Delta p V) + \frac{3}{2} (p \Delta V + \Delta p \Delta V) + (p + \Delta p) V =$$

$$= \frac{3}{2} \Delta p V + p V + \frac{3}{2} p \Delta V + \frac{3}{2} \Delta p \Delta V$$

проверено + безоговорочно
идеально
верно
идеально

$$= \frac{\Delta p \Delta V}{2 (p V + \frac{3}{2} \Delta p V + \frac{3}{2} p \Delta V + \frac{3}{2} \Delta p \Delta V)}$$

$$= \frac{\Delta p \Delta V}{2 p V + 3 \Delta p V + 3 p \Delta V}$$

$$= \frac{p \Delta V^2}{(p V + 5 \Delta p V + 3 p \Delta V)}$$

$$\frac{p + \Delta p}{V + \Delta V} = \frac{p}{V} \Rightarrow$$

$$= \frac{p \Delta V^2}{V (p + 5 \Delta p + 3 p \Delta V)}$$

$$p V + V \Delta p = p V + p \Delta V$$

$$\Delta p = \frac{p \Delta V}{V}$$

$$= \frac{p \Delta V^2}{p V^2 + 5 p \Delta V + 3 p \Delta V} =$$

$$= \frac{p}{V} \frac{1}{1 + 5 \Delta V + 3 \Delta V} =$$

$$= \max, \text{ когда } \Delta V \rightarrow 0$$

$$0 \text{ или } 1) \frac{3}{2}, 2) \frac{5}{2}, 3) \frac{1}{8}$$

$$\Delta V \rightarrow 0 \Rightarrow \frac{1}{8}$$

$$Z_N = Z_{O \times ON} = \frac{3F}{2} \perp \frac{3F}{4} = \frac{6F}{4} \perp \frac{3F}{4} = \frac{8F}{4},$$

$$kZ = f = 3F;$$

$$kN = \sqrt{\quad}$$

$$\alpha = \arctg\left(\frac{Z_N}{kZ}\right) = \arctg\left(\frac{\frac{3}{4}F}{4 \cdot 3F}\right) = \arctg\left(\frac{3}{4}\right),$$

↑ Умноживается

значение проекции скорости везаи тем.

$$\frac{V_d}{V_1} = \frac{1}{\Gamma^2}, \quad \Gamma = 2.$$

$$\Rightarrow Z_{\text{прое}} = \Gamma^2 \cdot (2V) = 4 \cdot 2V = 8V,$$

* Z-скорость

Направление в ту же сторону, (тогда $\uparrow \uparrow Z_{\text{прое}}$)

$$Z = \frac{Z_{\text{прое}}}{\cos \alpha} = 8V$$

$$\sin \alpha + \cos \alpha = \frac{1}{\Gamma}, \quad \cos \alpha = \sqrt{\Gamma^2 + 1} =$$

$$= \sqrt{\frac{9}{16} + 1} = \sqrt{\frac{0.16}{2.5}} = \frac{4}{5},$$

$$Z = \frac{8V \cdot 5}{4} = 2V \cdot 5 = 10V,$$

Вектор скорости $\vec{v}$
матрица
матрица.

Ответ: 1) $f = 3F$;
2) $\alpha = \arctg\left(\frac{3}{4}\right)$;
3) $Z = 10V$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Найти ускорение по закону:

$$F = \frac{P}{v} \cdot \Delta v^2$$

$$\frac{P \cdot \Delta v}{v \cdot \Delta v} = \frac{P}{v}$$

$$\downarrow \Delta P = \frac{P \Delta v}{v}$$

$$2 \Delta v + 5 \Delta v + 3 \Delta v + 3 \frac{\Delta v^2}{v} \Delta$$

= max, когда

$$\frac{1}{F} = \min = \frac{2v + 5 \Delta v + 3 \Delta v + \frac{3 \Delta v^2}{v}}{\Delta v^2} \quad v =$$

$$= \left(\frac{2v}{\Delta v^2} + \frac{5}{\Delta v} + \frac{3}{\Delta v} + \frac{3}{v} \right) v = \min, \text{ когда}$$

$$\left(\begin{array}{l} \Delta v \rightarrow \infty \\ \text{а значит } \frac{1}{F} \rightarrow 0 \end{array} \right)$$

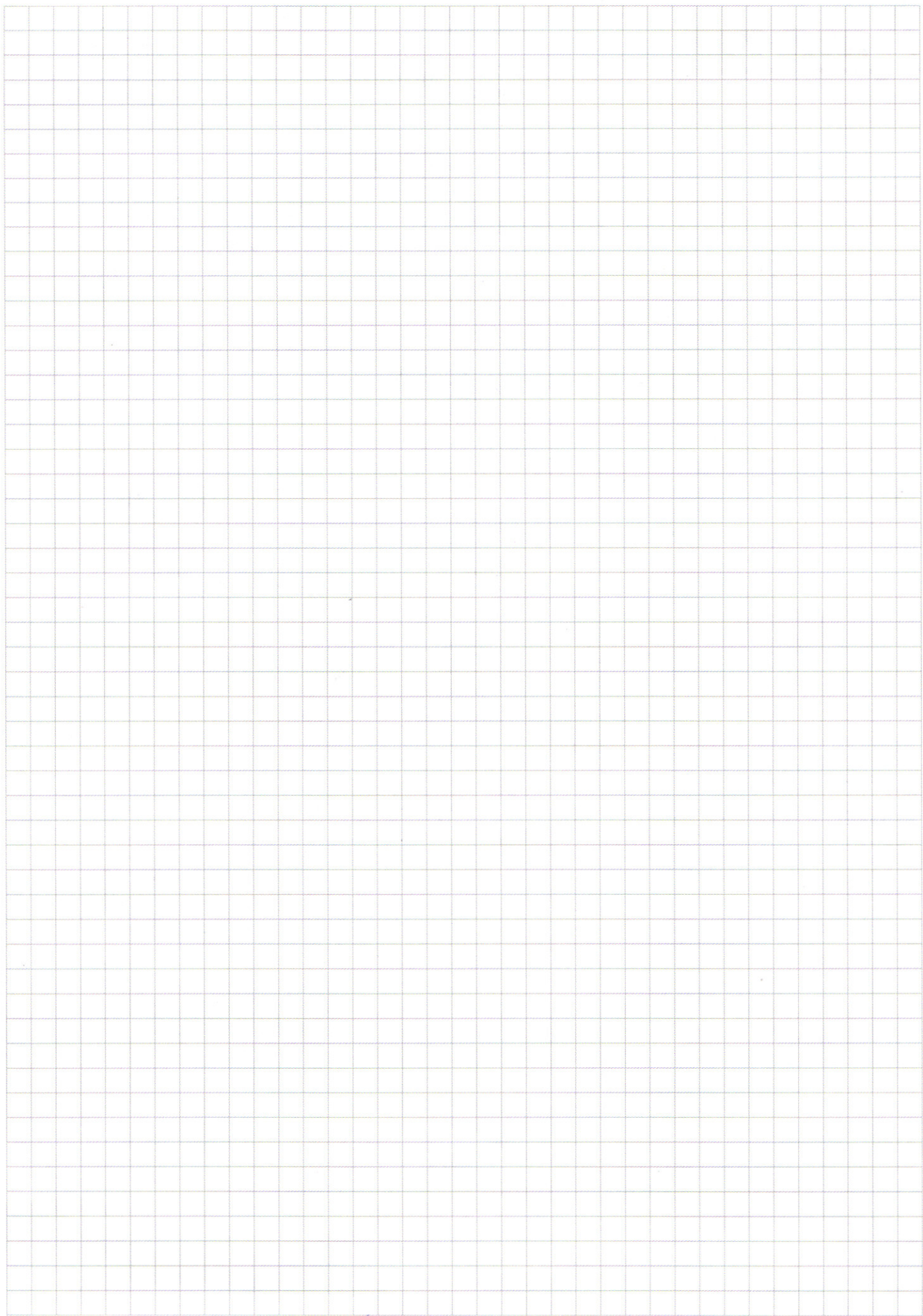
↓ 0

$$= \frac{3}{v} \Delta v = 3$$

$$1 = \frac{1}{F} = \frac{1}{3}$$

- 1) $\frac{5}{3}$
- 2) $\frac{5}{2}$

Ответ: 3) $\frac{1}{3}$

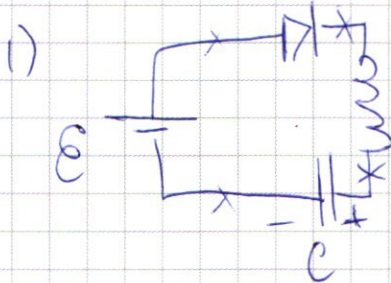


☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) (1)



$t=0$ В момент времени $t=0$

$$\mathcal{E} = L \dot{I} \Rightarrow I = \text{const}$$

$$I_0 = 0 \Rightarrow I(0) = 0$$

решение задачи

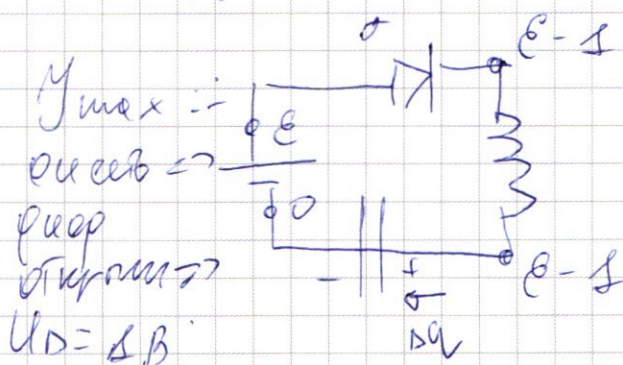
→ правильное решение

$$q = U; \dot{q} = I \Rightarrow U_c = U_0 = U$$

$I=0 \Rightarrow U_0=0$ (если мы не будем брать ток, то не будет тока)

2) $I_0=0, U_0=0 \Rightarrow W_{L0}=0$

$$W_{C0} = \frac{e U_0^2}{2}$$



$$U_c = \varepsilon - \Delta V \Rightarrow$$

$$q_c = (\varepsilon - \Delta V) \cdot C > q_{0c} = e U_0 C$$

Заряд притягивается

$$\Delta q = (\varepsilon - \Delta V) C - U_1 C =$$

$$= (\varepsilon - \Delta V - U_1) C$$

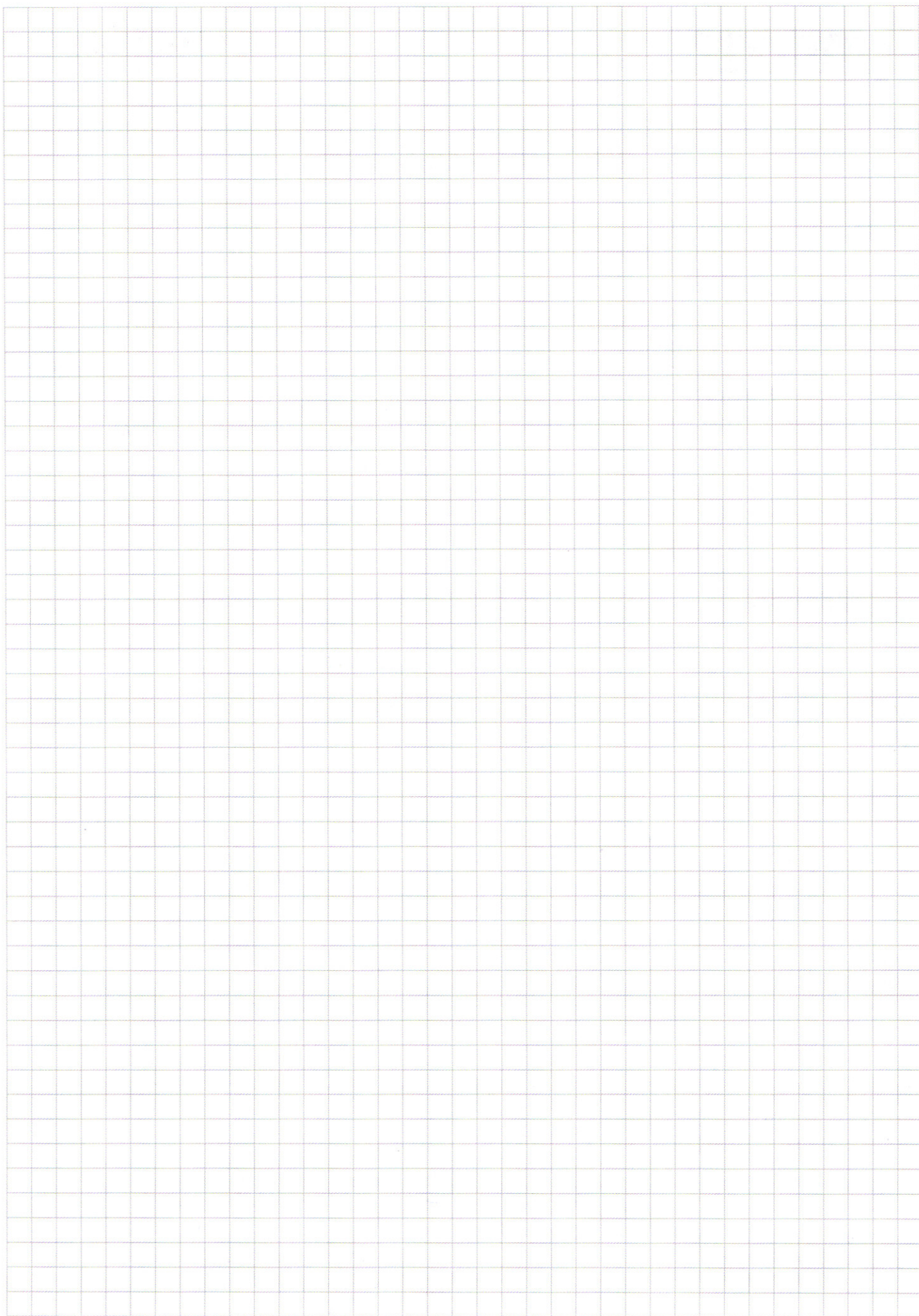
$$\mathcal{E} = L \dot{I} = 0$$

$$\text{ЗСЭ: } W_{\text{ит}} = \Delta W_L + \Delta W_C$$

$$e(\varepsilon - \Delta V - U_1) C = \frac{L I^2}{2} + \frac{((\varepsilon - \Delta V) C)^2}{2C} - \frac{e U_1^2}{2}$$

$\Rightarrow q_{\text{ит}} = I$

$\Rightarrow I_{\text{ит}} = I$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

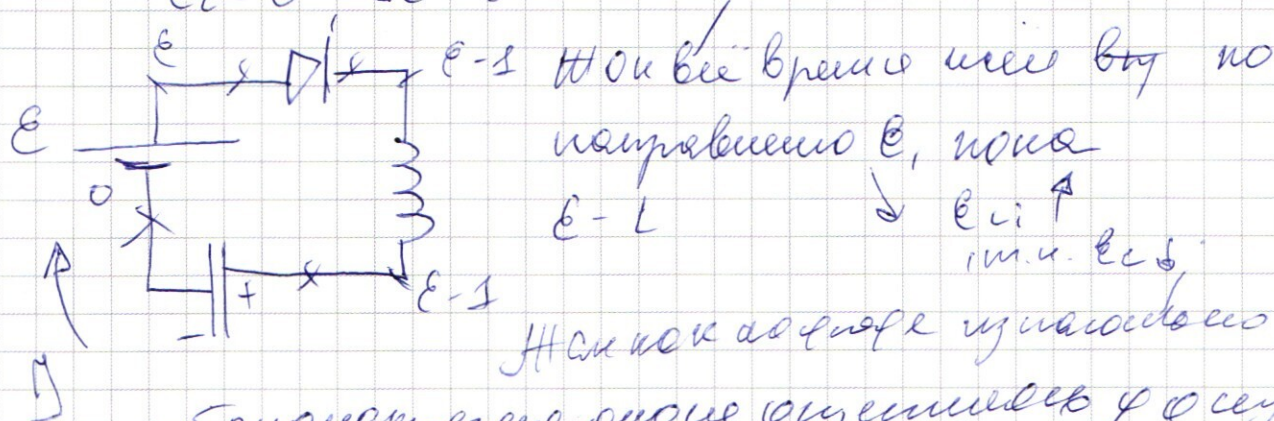
$$2 \cdot 9 \cdot (3) \cdot 40 \cdot 10^{-6} = 0,1 \text{ Дж}^2 + \underline{64 \cdot 40 \cdot 10^{-6}} = 40 \cdot 10^{-6} \cdot 25$$

$$40 \cdot 10^{-6} (54 - 64 + 25) = 0,1 \text{ Дж}^2$$

$$40 \cdot 10^{-6} (15) = \text{Дж}^2$$

$$4 \cdot 10^{-4} \cdot 15 = \text{Дж}^2 \Rightarrow \text{Дж} = 2 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{15}$$

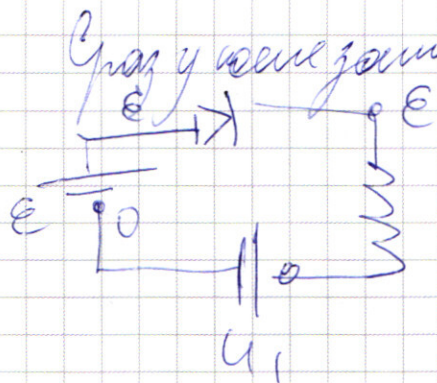
Ключ замкнут, напряжение у нас постоянное:
 $\Rightarrow \mathcal{E}_L = 0$ $\mathcal{E}_C = 0 \Rightarrow \mathcal{E} = 0$ - если бы иначе было



Насколько адекватно учтено

было напряжение, оно не уменьшается в процессе, с
сохраняется. Вероятно, в процессе взаимодействия
его напряжение было $\mathcal{E} \Rightarrow$ оно было сбалансировано
 $\mathcal{E}_L$ $\Rightarrow \mathcal{E}_{\text{сум}} = \mathcal{E} - \mathcal{E}_L = 8 \text{ В}$

1) В процессе не было напряжения и было
установлено оно возникло. Значит,
он не замкнулся.
 $\mathcal{U}_{\text{об}} = 0$



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

$$\dot{I} = \frac{E - U_1}{L} =$$

$$= \frac{U}{0,1 \text{ Гн}} = 40 \text{ А/с}$$

Ответ: 1) 40 $\frac{\text{А}}{\text{с}}$

2) $2 \cdot 10^{-2} \sqrt{15} \text{ А}$

3) 8 В