

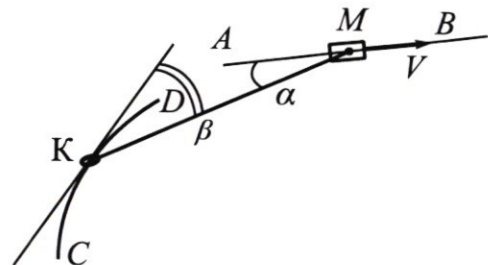
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-04

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



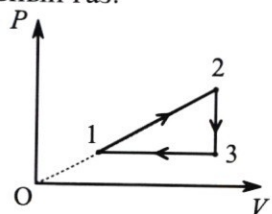
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 изменения внутренней энергии газа 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. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.

2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?

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.

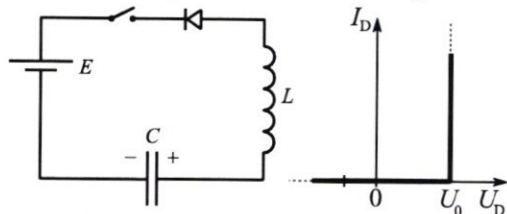
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

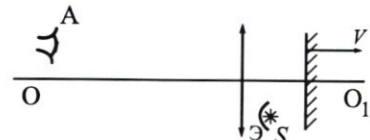


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ 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.)

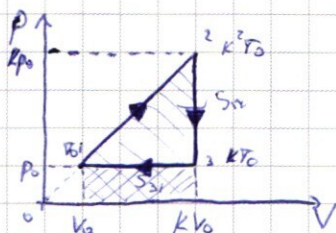
3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~2

$i=3$



• Пусть в 1-м газ имел $P_1 = P_0$, $V_1 = V_0$, $T_1 = T_0$
в т. 3 $V_3 = KV_0$ ~~из первого закона~~
~~для процесса 2-3~~
т.к. процесс 1-2 изотермический
то $\frac{P_0}{V_0} = \frac{P_2}{KV_0} \Rightarrow P_2 = K P_0$

- По ур Менг-Клар.: для т. 1 $P_0 V_0 = 2RT_0$
для т. 2 $K P_0 \cdot KV_0 = 2RT_2 \Rightarrow T_2 = K^2 T_0$
- $T_3 = K T_0$

- 1) Заметим, что повышение температуры происходило на уз. 2-3 и 3-1 (т.к. $K > 0$)

$$\alpha = \frac{C_{23}}{C_{31}} = ?$$

По Первому началу термодинамики:
(т.к. изохоры)

$$C_{23} = \frac{\Delta Q_{23}}{\Delta T_{23}} = \frac{\frac{1}{2} \Delta P \Delta V_{23}}{\Delta T_{23}} = \frac{\frac{1}{2} R \Delta T_{23}}{\Delta T_{23}} = \frac{1}{2} R = C_V$$

$$C_{31} = \frac{\Delta Q_{31}}{\Delta T_{31}} = \frac{-(K-1) 2RT_0 (1 + \frac{1}{2})}{T_0 (1-K)} = \frac{(1 + \frac{1}{2}) R}{1} = C_P = C_V + R$$

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = -2RT_0 (K-1) - \frac{1}{2} 2RT_0 (K-1) = (K-1) 2RT_0 (-1 - \frac{1}{2})$$

$$A_{31} = -S_{31} = -P_0 (KV_0 - V_0) = -P_0 V_0 (K-1) = -2RT_0 (K-1)$$

$$\Delta U_{31} = \frac{1}{2} 2R \Delta T_{31} = \frac{1}{2} 2RT_0 (K-1) \cdot (-1) \quad P_0 V_0 = 2RT_0 \text{ (ур. Менг-Клар.)}$$

$$\alpha = \frac{C_V (C_{23})}{C_P (C_{31})} = \frac{\frac{1}{2} R}{R + \frac{1}{2} R} = \frac{\frac{1}{2}}{1 + \frac{1}{2}} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{3}{2}} = \frac{1}{3}$$

Ответ: $\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{1}{3}$

2) $m = \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = ?$

$$\Delta U_{12} = \frac{1}{2} 2R (K^2 T_0 - T_0) = \frac{1}{2} 2RT_0 (K^2 - 1)$$

$$A_{12} = +S_{12} = \frac{P_0 + K P_0}{2} \cdot (KV_0 - V_0) = \frac{1}{2} P_0 V_0 (1+K)(K-1)$$

$$m = \frac{\frac{1}{2} 2RT_0 (K^2 - 1)}{\frac{1}{2} 2RT_0 (K^2 - 1)} = 1 = 3$$

ур. Менг-Клар $P_0 V_0 = 2RT_0$
(для первого сос.)

Ответ: $m = 3$

~ 2 продолжение

3) $\xi_{\max} = ?$

$$\xi = \frac{Q_{\Sigma}}{Q_{>0}} = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12}}$$

$$Q_{\Sigma} = A_{\Sigma} + \Delta U^0 \Rightarrow Q_{\Sigma} = A_{\Sigma} = A_{12} + A_{23} + A_{31}$$

$Q_{>0} = Q_{12}$ только в этом процессе производится тепло

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} \Rightarrow Q_{12} > 0$$

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} \Rightarrow Q_{23} < 0$$

(тем. падает) (тем. падает)

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} \Rightarrow Q_{31} < 0$$

(тем. падает)

Первое из терм. для проц. 1-2

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \frac{1}{2} 2RT_0 (k^2 - 1) + \frac{c}{2} 2RT_0 (k^2 - 1) \quad (\text{см. п. 2})$$

$$Q_{12} = \frac{1}{2} 2RT_0 (k^2 - 1) (1 + i)$$

$$\xi = \frac{\frac{1}{2} 2RT_0 (k^2 - 1) + \frac{c}{2} 2RT_0 (k^2 - 1)}{\frac{1}{2} 2RT_0 (k^2 - 1) (1 + i)} = \frac{\xi(k+1) - 2}{(k+1)(1+i)} = \left(1 - \frac{2}{k+1}\right) \frac{1}{1+i}$$

$\xi = \xi_{\max}$ когда $\frac{2}{k+1} \rightarrow 0 \Rightarrow k \rightarrow +\infty$, тогда

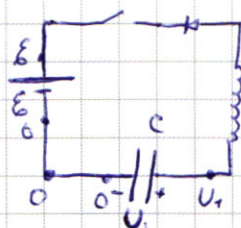
$$\xi_{\max} = \left(1 - 0\right) \frac{1}{1+i} = \frac{1}{1+i} = \frac{1}{4} = 25\%$$

Ответ $\xi_{\max} = 25\%$

~ 4

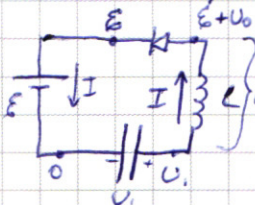
0) Рассмотрим цепь в начальный момент времени:

$$I = 0 \Rightarrow I_L = 0$$



тока нет
метод потенциалов

12) Рассмотрим цепь сразу после замыкания ключа:



метод • ток на катушке сразу не меняется $I_L(0) = 0$
потенц. Следовательно в цепи нет тока
• напряжение на конденсаторе сразу не меняется
 $U_C(0) = U_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

так как через мгновение в цепи потечет ток $\Rightarrow$ напряжение на диоде должно равняться пороговому значению $U_D = U_0$

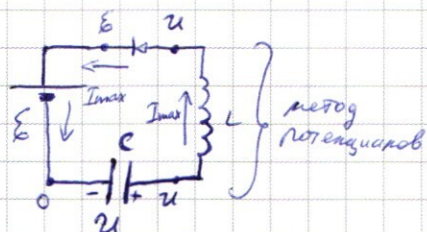
Значит ~~напряжение~~ $U_L = U_1 - (E + U_0)$

Скорость возрастания тока (I') зависит от тока на катушке, т.к. она мешает протекать зарядам

$$U_L = L \cdot I' \Rightarrow I' = \frac{dI}{dt} = \frac{U_L}{L} = \frac{U_1 - E - U_0}{L} = \frac{9 - 6 - 1}{0,4} = \frac{2}{0,4} = 5 \text{ А/с}$$

Ответ: $I' = 5 \text{ А/с}$

2) $I = I_{\max} \Rightarrow$ на катушке ток максимальный значит $U_L = 0$, т.к. $I' = 0$



чтобы через диод шел ток: $U_D \geq U_0$
 $U - E \geq U_0$
 $U \geq U_0 + E$

$$\Delta W = W(t) - W(0) + Q$$

$Q = 0$ т.к. нет резисторов на которых выделяется тепло

$$\Delta W = -E q$$

$$W(t) = \frac{L I_{\max}^2}{2} + \frac{C U^2}{2}$$

$$W(0) = \frac{C U_1^2}{2} + 0$$

$$-E C (U_1 - U) = \frac{L I_{\max}^2}{2} + \frac{C}{2} U^2 - \frac{C}{2} U_1^2$$

$$-E C (U_1 - U) = \frac{L}{2} I_{\max}^2 + \frac{C}{2} (U - U_1)(U + U_1)$$

$$C (U - U_1) (E - \frac{1}{2}(U + U_1)) = \frac{L}{2} I_{\max}^2$$

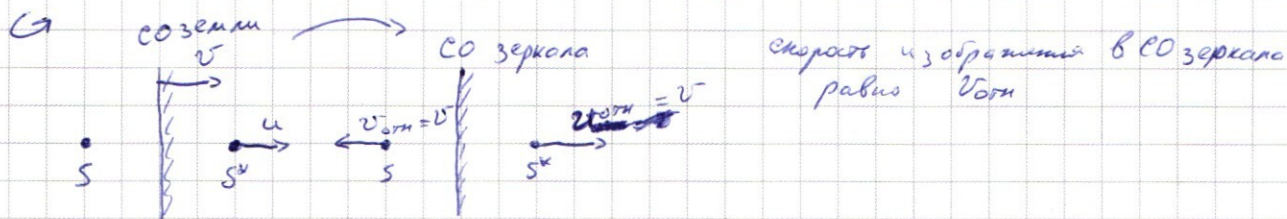
$$\frac{2}{2} \cdot C (U_0 + E - U_1) \cdot (E - \frac{1}{2}(U_0 + E + U_1)) = I_{\max}^2$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{2C}{L} (U_0 + E - U_1) (E - \frac{1}{2}(U_0 + E + U_1))} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{0,4} (-2) (6 - \frac{1}{2} \cdot 16)}$$

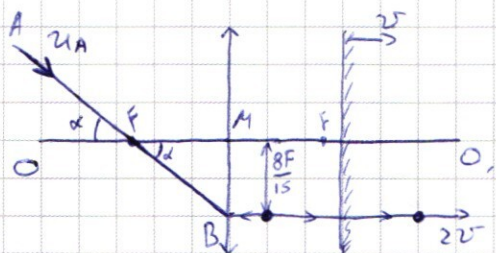
$$= \sqrt{50 \cdot 10^{-6} \cdot 4} = 2 \cdot 10^{-3} \sqrt{50} \approx 14 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

Ответ: ~~Максимальный ток~~ $I_{\max} \approx 14 \cdot 10^{-3} \text{ А}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\vec{u} = \vec{u}_{отн} + \vec{v}_{пер}$
 $\vec{u} = \vec{v} + \vec{v} = 2\vec{v}$ - скорость изобр. S^* в зеркале.



$$\tan \alpha = \frac{BM}{MF} = \frac{8F}{15 \cdot F} = \frac{8}{15}$$

Ответ: $\tan \alpha = \frac{8}{15}$

3) СО линзы = СО земли тк. линза не подвижна

$$увел. лин. \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{8F5}{4 \cdot 8F} = \frac{5}{4}$$

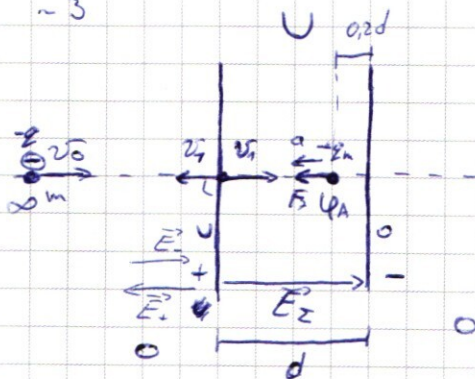
$u_A = ?$

$$\Gamma = \frac{u_A}{v_{изобр}} = \frac{f}{d}$$

$$u_A = \frac{f}{d} \cdot 2v = \frac{5}{2} v$$

Ответ: $u_A = \frac{5}{2} v$

~ 3



$$1) F_z = E_z |q|$$

$$U = E_z \cdot d$$

$$E_z = \frac{U}{d}$$

3 СЭ:

$$\varphi_+ - \varphi_- = U = \varphi_+$$

$$\varphi_A - \varphi_0 = \varphi_A = E_z \cdot 0,2d$$

$$\varphi_A = \frac{U \cdot 0,2d}{d} = 0,2U$$

$$\frac{m v_i^2}{2} + \varphi_+(-q) = \varphi_A(-q)$$

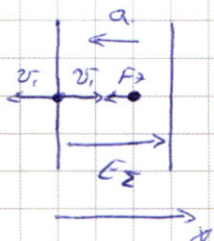
$$\frac{m v_i^2}{2} = (-0,2U + U) q$$

$$m v_i^2 = 2q \cdot 0,8U = 1,6qU$$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{q}{m} = \frac{v_i^2}{1,6U}$$

Ответ: $\gamma = \frac{v_i^2}{1,6U}$

2)



$$\vec{s} = \vec{v}_1 t + \frac{\vec{a} t^2}{2} + \vec{0}$$

$$F_z = ma = E_z \cdot |q| = \underline{E_z q}$$

$$\vec{F}_{D1} = \vec{E}_z \cdot (-q)$$

$$a = \frac{Eq}{m} = E_z \gamma$$

$$0 = v_1 t - \frac{a t^2}{2}$$

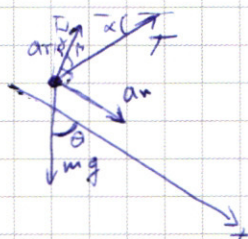
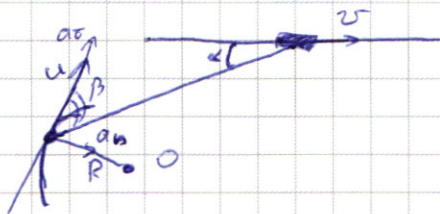
$$v_1 = \frac{a}{2} \cdot t$$

$$t = \frac{2v_1}{E_z \gamma} = \frac{2v_1 d \cdot 1.6 \text{ V}}{U \cdot v_1^2} = \frac{3.2 d}{v_1}$$

$$\text{Отв. } t = \frac{3.2 d}{v_1}$$

$$E_z = \frac{U}{d}$$

~1



u = ?

$$\gamma + \beta = 90 - \alpha$$

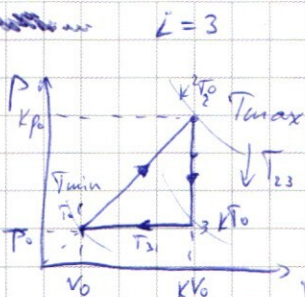
$$\theta = 90 - \gamma = 90 - 90 + \alpha + \beta$$

$$\theta = \alpha + \beta$$

$$1) \vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$\textcircled{*} T \cdot \cos(90 - \beta) + mg \cdot \cos(\alpha + \beta) = m \cdot a_n = m \cdot \frac{u^2}{R}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$p_0 V_0 = n R T_0$$

$$p_0 K V_0 = n R T_0 K$$

Показание Термометра на 2-3 и 3-1

$$1) C_{23} = \frac{\Delta Q_{23}}{2 \Delta T_2}$$

$$Q_{23} = \cancel{A_{23}} + \Delta u_{23} = \frac{1}{2} V R \Delta T_{23}$$

$$C_{31} = \frac{\Delta Q_{31}}{\Delta T_{31}}$$

$$Q_{s1} = -V_0(k-1)p_0 + \frac{c}{2} 2R_0 T_{s1}$$

$$C_{23} = \frac{\Delta Q_{23}}{\Delta T_{23}} = \frac{i \cancel{2R\Delta T_{23}}}{\cancel{2\Delta T_{23}}}$$

$$Q_{31} = -(K-1) \gamma R T_0 + \frac{\gamma}{2} R (K T_0 - T_0)$$

$$\frac{P=8.31}{C_{31}} = \frac{(P - 100R\%)(\frac{i}{2} - 1)}{2(100 - 100R\%)} = P R (\frac{i}{2} - 1) = R \frac{i}{2} - R$$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{2}{3}R}{R(\frac{2}{3}-1)} = \frac{3}{2(\frac{3}{2}-1)} = \frac{3 \cdot 2}{2-1} = 3$$

$$A_n \approx S_r = \frac{p_0 + kp_0}{2} \cdot (kV_0 - V_0) = \frac{p_0(1+k)}{2} \cdot V_0(k-1) = \frac{p_0 V_0}{2} (k^2 - 1)$$

$$2) \frac{\Delta u_{1,2}}{A_{1,2}} = \frac{\cancel{2} \cdot \cancel{200} \frac{K^2}{\cancel{1}} \cdot 2 \cdot 3}{\cancel{1000} \frac{K^2}{\cancel{1}}} = 3$$

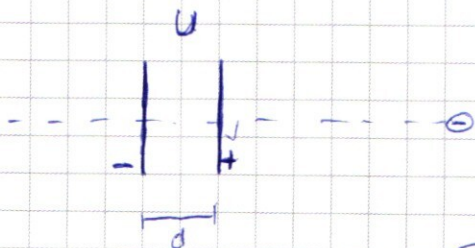
3) ~~For~~ $\frac{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}}{T_{\text{max}}} = \frac{kT_0 - T_0}{kT_0} = \frac{k-1}{k^2} = ?$

$$Z = \frac{\Sigma A}{Q_{\infty}} = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{34}}{Q_{12}} = \frac{\frac{1}{2} 2RT_0 (K^2 - 1) + 0 - p_0 (K-1) V_0}{\frac{1}{2} 2RT_0 (K^2 - 1) + \frac{1}{2} 2RT_0 (K^2 - 1)} = \frac{2RT_0 (K^2 - 1) - 2p_0 (K-1)}{2RT_0 (K^2 - 1) + 2RT_0 (K^2 - 1)}$$

$$= \frac{k^2 - 1 - 2k + 2}{i(k^2 - 1) + (k^2 - 1)} = \frac{(k-1)^2}{(k^2 - 1)(i+1)} = \frac{1}{4} \frac{(k-1)^2}{(\cancel{k-1})(k+1)} = \frac{1}{4} \frac{(k-1)}{(k+1)}$$

$$\frac{K-1+2-2}{K+1} = \frac{K+1-2}{K+1} = 1 - \frac{2}{K+1} = \frac{1}{4} \cdot 1 = 25\%$$

$$k \rightarrow \infty$$



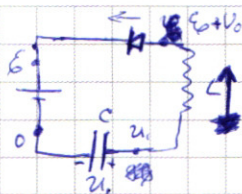
$$\begin{array}{r} 2 \\ 4.5 \\ \times 4.5 \\ \hline 225 \\ 180 \\ \hline 202.5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 14 \\ \hline 14 \\ \hline 56 \\ 14 \\ \hline 196 \end{array} \quad \sqrt{20} \approx 5$$

$$\frac{GF}{5} + \frac{GFg}{5} - \frac{\partial f}{5} = \frac{GF}{5} + \frac{3F}{5} = C u_1 + g = -C u_1$$

$$\frac{9F}{5} = C(u_1 - 2)$$

$$\begin{aligned}\mathcal{E} &= 6 \text{ В} \\ C &= 10 \text{ мкФ} \\ u_1 &= 9 \text{ В} \\ L &= 0,4 \text{ Гн} \\ u_0 &= 1 \text{ В}\end{aligned}$$



$$I' = ?$$

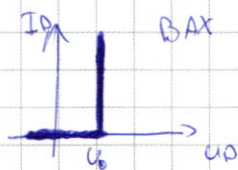
$$I_0 = C u'$$

$$u_L = L I'$$

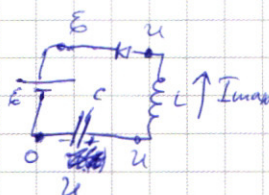
Ток на катушке сразу после замыкания $I(0) = 0$
напр. на конд. то же $u(0) = u_1$

$$u_L = u_1 - \mathcal{E} - u_0 = 9 - 6 - 1 = 2 \text{ В}$$

$$I' = \frac{u_L}{L} = \frac{2}{0,4} = \frac{u_0}{L} = 5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$



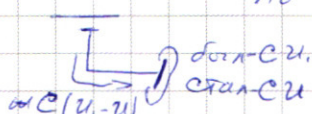
$$I_{\max} \Rightarrow u_L = 0$$



$$\begin{aligned}u - \mathcal{E} &\geq u_0 \\ u &\geq \mathcal{E} + u_0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A\mathcal{E} &= W(t) - W(0) + Q \\ W(t) &= \frac{L I_{\max}^2}{2} + \frac{C u^2}{2} \\ W(0) &= \frac{C u_1^2}{2}\end{aligned}$$

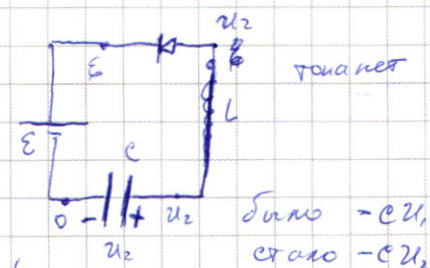
$$A\mathcal{E} = \mathcal{E} \cdot C(u_1 - u)$$



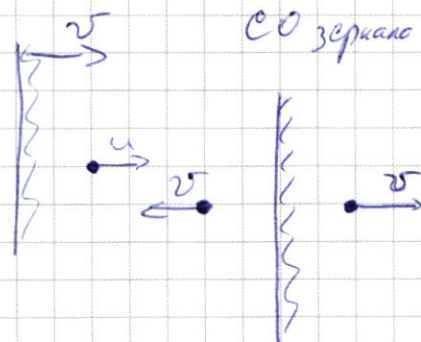
$$u = \mathcal{E} + u_0$$

$$\begin{aligned}-\mathcal{E} C(u_1 - u) &= \frac{L}{2} I_{\max}^2 + \frac{C}{2} (u^2 - u_1^2) \\ 2\mathcal{E} C(u_1 - u) &= L I_{\max}^2 + C(u_1 - u)(u_1 + u)\end{aligned}$$

$$L I_{\max}^2 = C(u_1 - u)(2\mathcal{E} - u_1 - u)$$



$$F_{\text{эл}} = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$



$$q = C(u_1 - u_2)$$

$$-\mathcal{E} q(u_1 - u_2) = \frac{q u_1^2}{2} - \frac{q u_2^2}{2}$$

$$u = u_1 + u_2 = 2u$$

$$\mathcal{E} (u_1 - u_2) = \frac{1}{2} (u_1 - u_2)(u_1 + u_2)$$

$$\mathcal{E} = \frac{1}{2} (u_1 + u_2)$$

$$2\mathcal{E} = u_1 + u_2$$

$$u_2 = 2\mathcal{E} - u_1 = 12 - 9 = 3 \text{ В}$$

$$\frac{q}{qF} = \frac{5}{9F} + \frac{1}{F}$$

$$\frac{14}{9F} = \frac{1}{F}$$

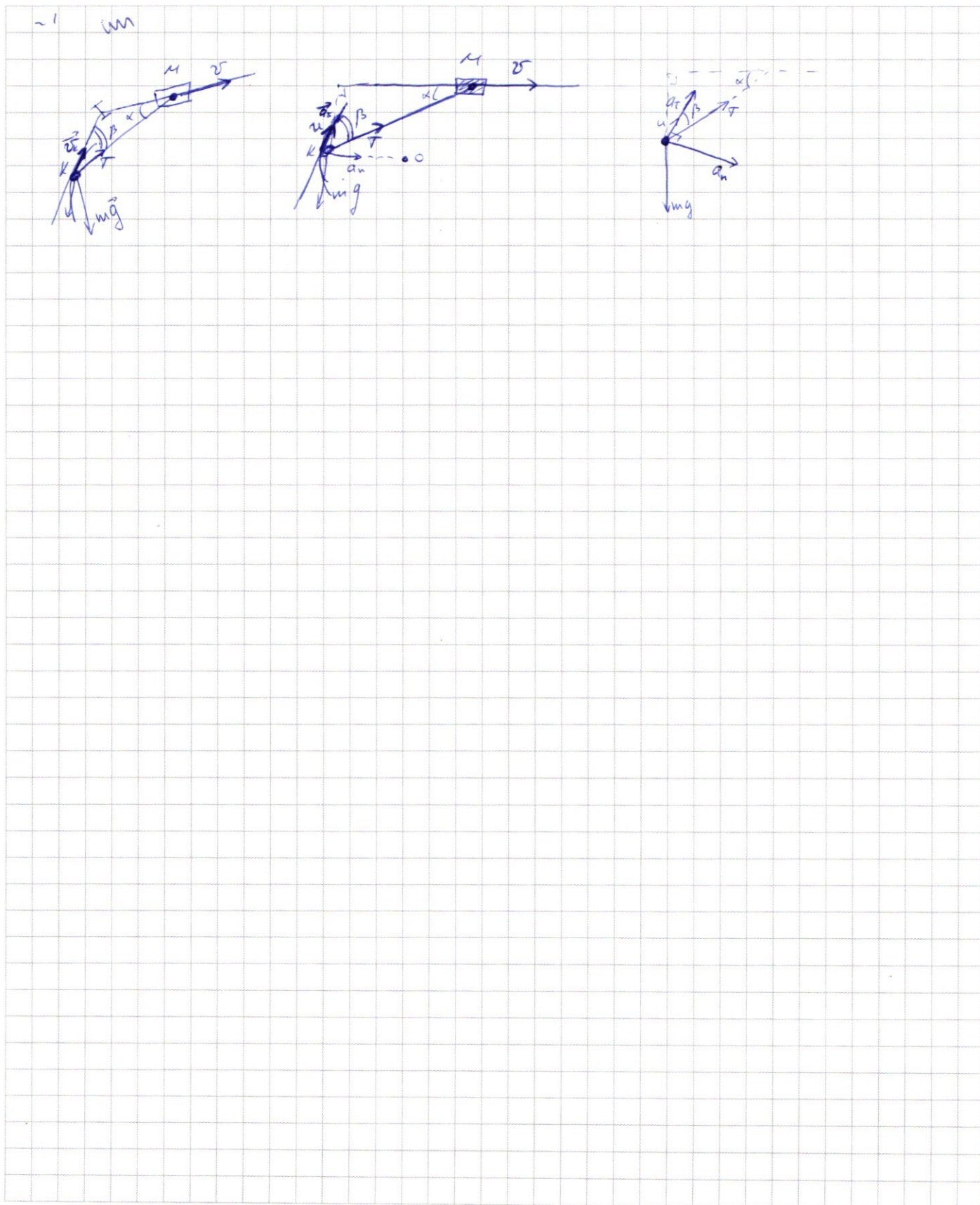
$$f = \frac{9F}{4} \quad \frac{9F}{14}$$

$$\frac{1}{F} = -\frac{1,5}{9F} + \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{9F}{14}$$

$$\frac{9+5}{9F} - \frac{1}{f} = \frac{14}{9F} = \frac{1}{f}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



черновик

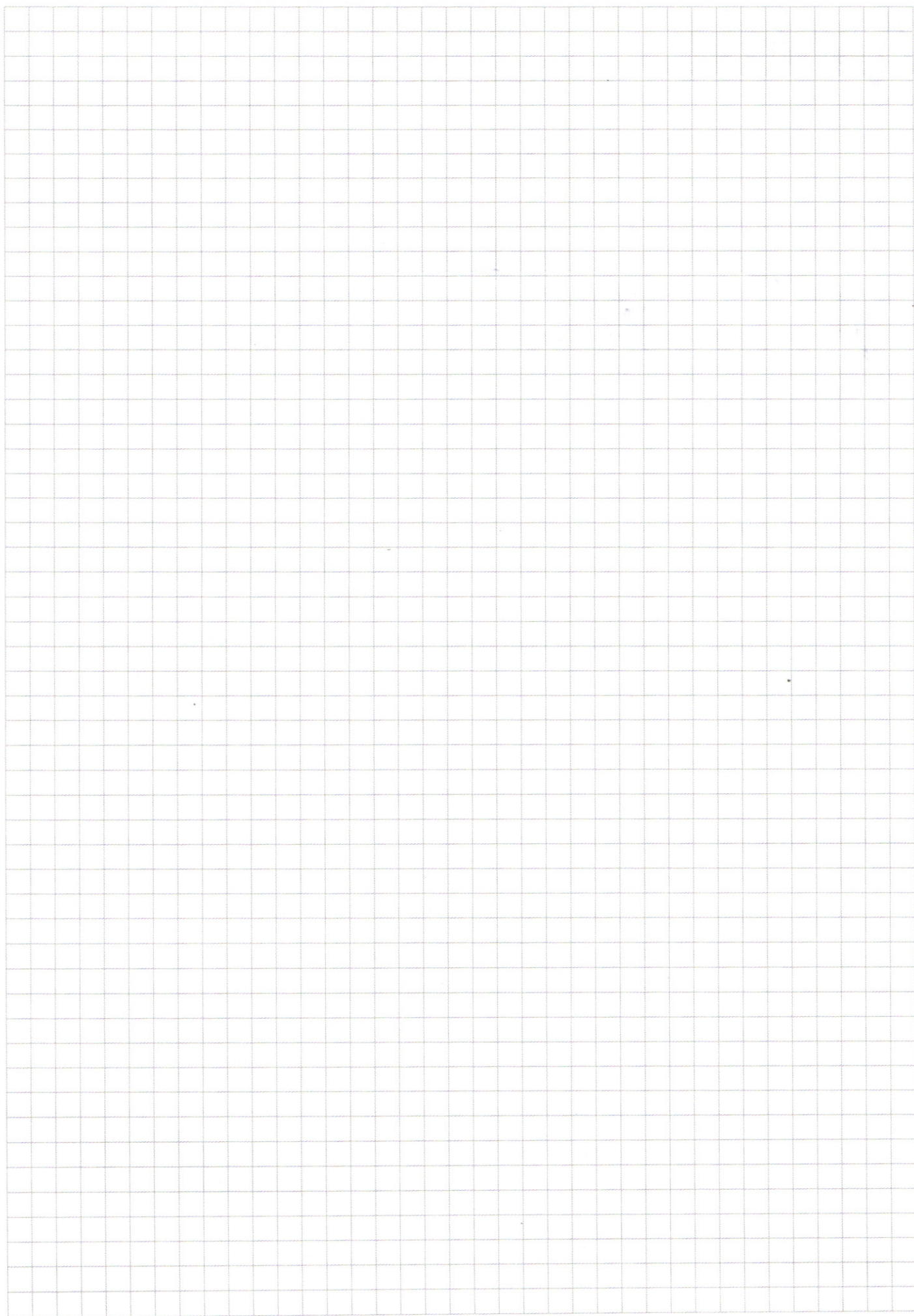


чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)