

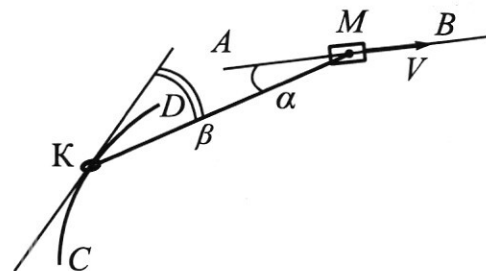
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-02

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



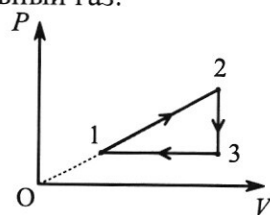
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 количества теплоты, полученной газом, 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. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной

обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.

2) Найдите напряжение U на конденсаторе.

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.

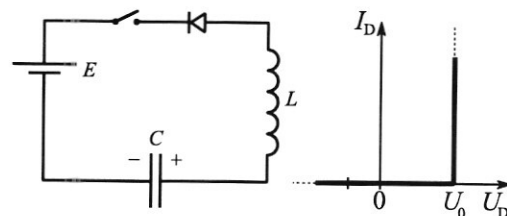
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

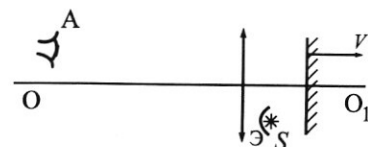


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от 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

$$Q = C \dot{V} \Delta T \Rightarrow C = \frac{Q}{\dot{V} \Delta T} \cdot \rho \cdot V_f \cdot t \quad \frac{3}{5F} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F} \quad t = 2,5 \text{ s}$$

$$2-3 \text{ } R_1, R_{23} = \Delta V_{23} \stackrel{(3)}{=} \frac{1}{2} R \Delta T_{23} = C_V \Delta T_{23} \Rightarrow C_{23} = \frac{3}{2} R$$

$$37. \quad Q_{31} = A_{31} + \Delta V_{31} = p \Delta V + \frac{3}{2} n R \Delta T = \frac{5}{2} n R \Delta T = C_{31} \Delta T \Rightarrow C_{31} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{31}}{C_{23}} = \frac{\frac{5}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{5}{3}$$

$$\frac{P_1 + P_2}{2} (V_1 - V_2) = \frac{k(V_1 + V_2)}{2} (V_2 - V_1)^2 = \frac{k(V_2^2 - V_1^2)}{2} = \frac{1}{2} V R \Delta T$$

$$k(V_2^2 - V_1^2) = \nu R \Delta T$$

$$\frac{1}{2} 2VR\Delta T, \frac{1}{2} 2VR\Delta T^2 = 4; R_{23} = \frac{3}{2} VR\Delta T \quad Q_{sd2} = v_{1t} - \frac{Q_t}{2}$$

$$\eta = \frac{A_G}{Q_H} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} = \frac{V_R I_{R23}}{V_R I_{R12}}$$

$$Q_{fd} = \frac{25^2}{9} - \frac{25^2}{20}$$

$$\eta = \frac{W}{Q_H} = 1 - \frac{\left(\frac{3}{2}R(T_2 - T_2) + \frac{5}{2}R(T_1 - T_3)\right)}{2UR\Delta_{12}} = 1 - \frac{\left(\frac{3}{2}URT_3 - \frac{3}{2}URT_2 + \frac{5}{2}URT_1 - \frac{5}{2}URT_3\right)}{2UR(T_2 - T_1)}$$

$$= 1 - \frac{1/2 \sqrt{RT_3} + \frac{3}{2} \sqrt{RT_1} - \frac{3}{2} \sqrt{RT_2} + \sqrt{RT_1}}{2 \sqrt{RT_2 - T_1}}} = 1 - \left(\frac{3/2 \sqrt{RT_{12}}}{2 \sqrt{RT_{12}}} + \frac{1/2 \sqrt{RT_3} + \sqrt{RT_1}}{2 \sqrt{RT_{12}}} \right)$$

$$= 1 - 0,45 + \frac{\frac{1}{2} T_3 + T_1}{2(T_2 - T_1)} = 0,25$$

$$T_3 = 2T_1$$

$$T_1 - T_3 \leq 0$$

$$L = \frac{9}{335}$$

$$E = \frac{F}{q}$$

$$m g = E \cdot g$$

$$m a^2 = \frac{9^2}{556}$$

$$99^2 = 9801$$

$$t_2 = \frac{V_1 - Q_{sd}}{Q}$$

$$ds/dt = V_1 - at$$

$\frac{m\omega_c^2}{2}$

$$\frac{29}{8805} \approx 0.0033$$

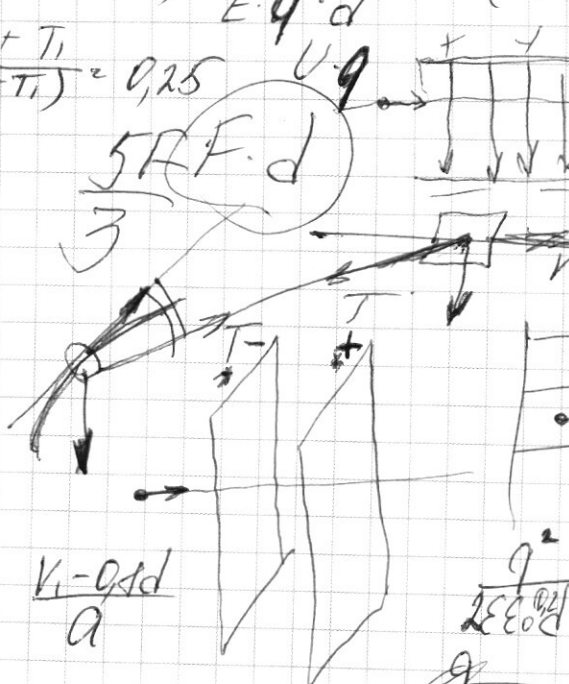
$$\frac{Rx}{\epsilon \epsilon_0 S} = Q$$

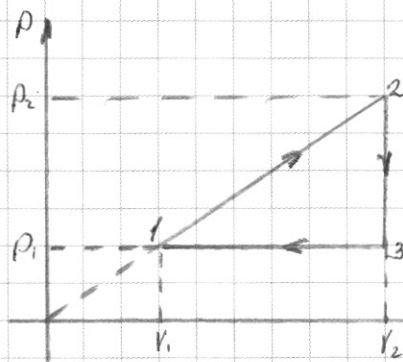
1. 8809

$$\frac{q^2}{2 \times 10^8} + \frac{q^2}{2 \times 10^8} = \frac{q^2}{10^8}$$

$$\frac{Q_1}{P_1} = \frac{Q_2}{P_2}$$

$$\frac{V_f}{P} = b^2$$





Индикс перед вертикальными показателями рассматриваемый процесс или состояние, в котором находится макросистема

$Q = A + \Delta U$ - 1-ое начало термодинамики
 $pV = \nu RT$ - уравнение Менделеева-Клапейрона

1) Процесс 1-2: $A_{12} > 0$, т.к. увеличивается объем. $T_2 \sim P_2 \cdot V_2$ т.к. давление и объем увеличиваются, то температура увеличивается $\Rightarrow$ разность температур $\Delta T_{12} > 0 \Rightarrow \Delta U_{12} > 0$. $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$
 $\Delta U_{12} > 0$ и $A_{12} > 0 \Rightarrow Q_{12} > 0$, значит газ получает тепло

Процесс 2-3: $V_{23} = \text{const} \Rightarrow A_{23} = 0$. $P_2 > P_3$ по 1-му Шарлю т.к. давление уменьшается, то и температура уменьшается $\Rightarrow$ разность температур $\Delta T_{23} < 0 \Rightarrow \Delta U_{23} < 0$, значит $Q_{23} < 0$, т.к.

$$\left. \begin{aligned} Q_{23} &= \Delta U_{23} + A_{23} \\ A_{23} &= 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} Q_{23} &= \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} \\ Q_{23} &= C_{23} \nu \Delta T_{23} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} = C_{23} \nu \Delta T_{23}$$

$$C_{23} = \frac{3}{2} R$$

Процесс 3-1: $p = \text{const} \Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = \frac{T_3}{T_1}$ по 3-му Гей-Люссака т.к.

объем уменьшается, то и температура уменьшается. $A_{31} = p \Delta V_{31}$
 $\Delta V_{31} = V_1 - V_3 < 0$, т.к. $V_3 > V_1$. $\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) < 0$, т.к. $T_1 < T_3$

$$\left. \begin{aligned} Q_{31} &= A_{31} + \Delta U_{31} = p \Delta V_{31} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} \\ p \Delta V_{31} &= \nu R \Delta T_{31} \text{ по уравнению Менделеева-Клапейрона} \\ &= \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{31} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} Q_{31} &= \nu R \Delta T_{31} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} \\ Q_{31} &= C_{31} \nu \Delta T_{31} \end{aligned} \right\} \Rightarrow C_{31} \nu \Delta T_{31} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{31} \Rightarrow C_{31} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5} = 0,6$$

2) $p = kV$, где k - коэффициент. Работа газа в процессе 1-2 равна площади трапеции (площадь под графиком). $A_{12} = S_{\text{трап}} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1)$
 $p_1 = kV_1$; $p_2 = kV_2$; $A_{12} = \frac{kV_1 + kV_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{k(V_1 + V_2)(V_2 - V_1)}{2} = \frac{k(V_2^2 - V_1^2)}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$p_1 V_1 = \nu R T_1; \quad k V_1^2 = \nu R T_1 \quad (1)$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2; \quad k V_2^2 = \nu R T_2 \quad (2)$$

$$(2) - (1): k(V_2^2 - V_1^2) = \nu R(T_2 - T_1) = \nu R \Delta T_{12}$$

$$A_{г12} = \frac{\nu R \Delta T_{12}}{2}$$

$$\Delta V_{12} = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$Q_{12} = \Delta V_{12} + A_{г12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} + \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12} = 2 \nu R \Delta T_{12}$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{г12}} = \frac{2 \nu R \Delta T_{12}}{\frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12}} = 4$$

$$3) \eta = \frac{A_{г12}}{Q_{12}} = 1 - \frac{1}{4}$$

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

$$Q_{13} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{31} = \frac{3}{2} \nu R(T_3 - T_2) + \frac{5}{2} \nu R(T_1 - T_2)$$

$$= \frac{3}{2} \nu R T_3 - \frac{3}{2} \nu R T_2 + \frac{5}{2} \nu R T_1 - \frac{5}{2} \nu R T_2 = -\frac{1}{2} \nu R T_3 - \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1) + \nu R T_1$$

$$\eta = 1 - \frac{1 - \frac{1}{2} \nu R T_3 - \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} + \nu R T_1}{2 \nu R \Delta T_{12}} = 1 - \frac{1 - \frac{1}{2} T_3 + \frac{3}{2} \Delta T_{12} + T_1}{2 \Delta T_{12}} = 1 - \frac{\frac{1}{2} T_3 + \frac{3}{2} \Delta T_{12} - T_1}{2 \Delta T_{12}}$$

$$= 1 - \frac{3 \Delta T_{12}}{4 \Delta T_{12}} = 1 - \frac{3}{4} = \frac{1}{4} = \frac{1}{4} \quad \frac{\frac{1}{2} T_3 - T_1}{2 \Delta T_{12}} = 1 - \frac{3}{4} = \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$$

Максимальный КПД будет если $\frac{1}{2} T_3 - T_1 = 0 \Rightarrow \eta_{\max} = 1 - \frac{3}{4} = \frac{1}{4} = 0,25$

Ответ: 1) 0,6 или $\frac{5}{3}$ 2) 4 3) 0,25

N3

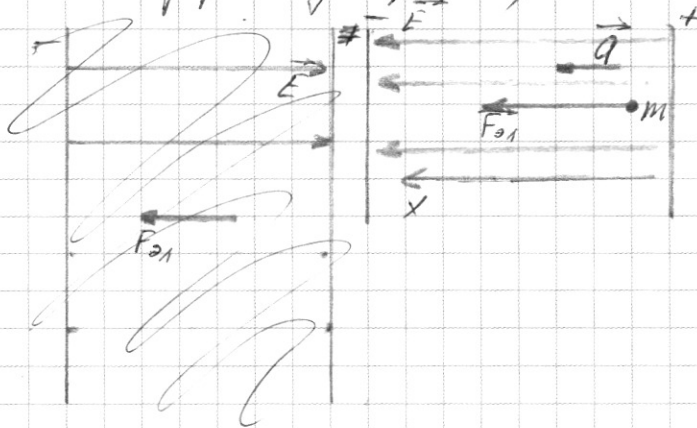
1) Такое движение возможно, если частица вылетает со стороны отрицательно заряженной обкладки. Тогда электрическая сила будет задавать ускорение, направленное против движения частицы.

$$v_k = v_1 + at \Rightarrow 0 = v_1 - at \Rightarrow t = \frac{v_1}{a}; \quad t = \frac{v_1 - 16d}{v_1^2} \cdot \frac{16d}{v_1}$$

$$S = \frac{v_k^2 - v_1^2}{-2a} = \frac{-v_1^2}{-2a} = \frac{v_1^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{v_1^2}{2S} = \frac{v_1^2}{16d}; \quad t = T = \frac{16d}{v_1}$$

$$S = d - 0,2d = 0,8d$$

2) Т.к. Электрическая сила растет ускорение, то они сонаправлены



$$\vec{F}_{эл} = m\vec{a}$$

Для Q: $F_{эл} = ma$

$$F_{эл} = E \cdot q, \text{ где } E - \text{напряженность поле} \quad \Rightarrow F_{эл} = \frac{Uq}{d}$$

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

$$\frac{Uq}{d} = ma = \frac{mv_1^2}{1,6d}$$

$$U = \frac{mv_1^2}{1,6q} = \frac{25^2}{1,6 \cdot 8}$$

3) Увеличение кинетической энергии частицы совпадает с работой электрической силы

$$E_k = E_{k1} + A$$

$$E_{k0} = \frac{mv_0^2}{2}; E_{k1} = \frac{mv_1^2}{2}; A = U \cdot q; E_{k1} = 0$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + Uq \quad | : \frac{m}{2}$$

$$v_0^2 = v_1^2 + \frac{2Uq}{m} = v_1^2 + 2U \cdot 8 = v_1^2 + \frac{2 \cdot 25^2 \cdot 8}{1,6 \cdot 8} = v_1^2 + \frac{25^2}{0,8} = v_1^2 + \frac{5}{4} v_1^2 = \frac{9}{4} v_1^2$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{9}{4} v_1^2} = \frac{3}{2} v_1$$

Ответ: 1) $T = \frac{1,6d}{v_1}$ 2) $U = \frac{v_1^2}{1,6 \cdot 8}$ 3) $v_0 = \frac{3}{2} v_1$

N5

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Изображение источника S в зеркале будет для луча источника света S' . S' будет расположен симметрично относительно зеркала. Тогда d -расстояние от луча до S' равно $F + \frac{2F}{3} = \frac{5F}{3}$
 $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ по ф-ле тонкой линзы

$$d = \frac{5F}{3}$$

$$\frac{3}{5F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{2}{5F} \Rightarrow f = 2,5F$$

$$2) \Gamma = \frac{h}{h} = \frac{f}{d}$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{5F}{2} \cdot \frac{3}{5F} = 1,5$$

Рассмотрим тело движущуюся с зеркалом, тогда S' отдалится от него со скоростью $v_s = 2v$

S'' - изображение S' даваемое линзой

$u_y = v_s \Gamma$ - поперечная скорость S''

$u_x = v_s \Gamma^2$ - продольная скорость S''

$$\text{tg } \alpha = \frac{u_y}{u_x} = \frac{v_s \Gamma}{v_s \Gamma^2} = \frac{1}{\Gamma} = \frac{2}{3}$$

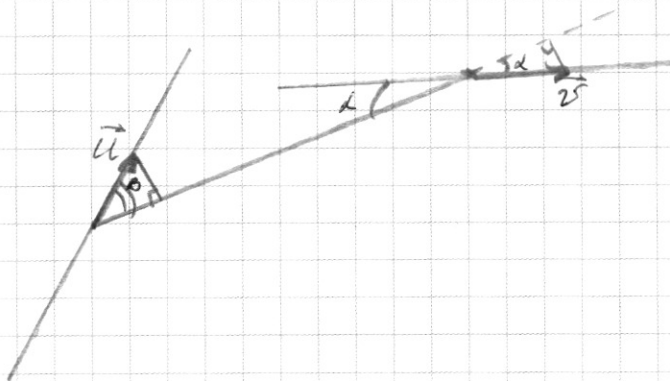
$$3) u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} = \sqrt{v_s^2 \Gamma^4 + v_s^2 \Gamma^2} = v_s \Gamma \sqrt{\Gamma^2 + 1} = 2v \Gamma \sqrt{\Gamma^2 + 1} =$$

$$= 2 \cdot v \cdot \frac{3}{2} \sqrt{1,5^2 + 1} = 3v \sqrt{4 + 1} = \frac{3}{2} v \sqrt{13}$$

$$\text{Ответ: 1) } f = 2,5 \quad 2) \text{ tg } \alpha = \frac{2}{3} \quad 3) u = \frac{3}{2} v \sqrt{13}$$

N4

1) В силу неразрывности нити скорости ее концов в точках К и М равны. Строим векторы скорости нити и концов на нить и приравняем их.



$$v \cos \alpha = u \cos \beta$$

$$u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$u = \frac{40 \cdot 3 \cdot 14}{8 \cdot 8} = 51 \text{ км/ч}$$

2)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4.

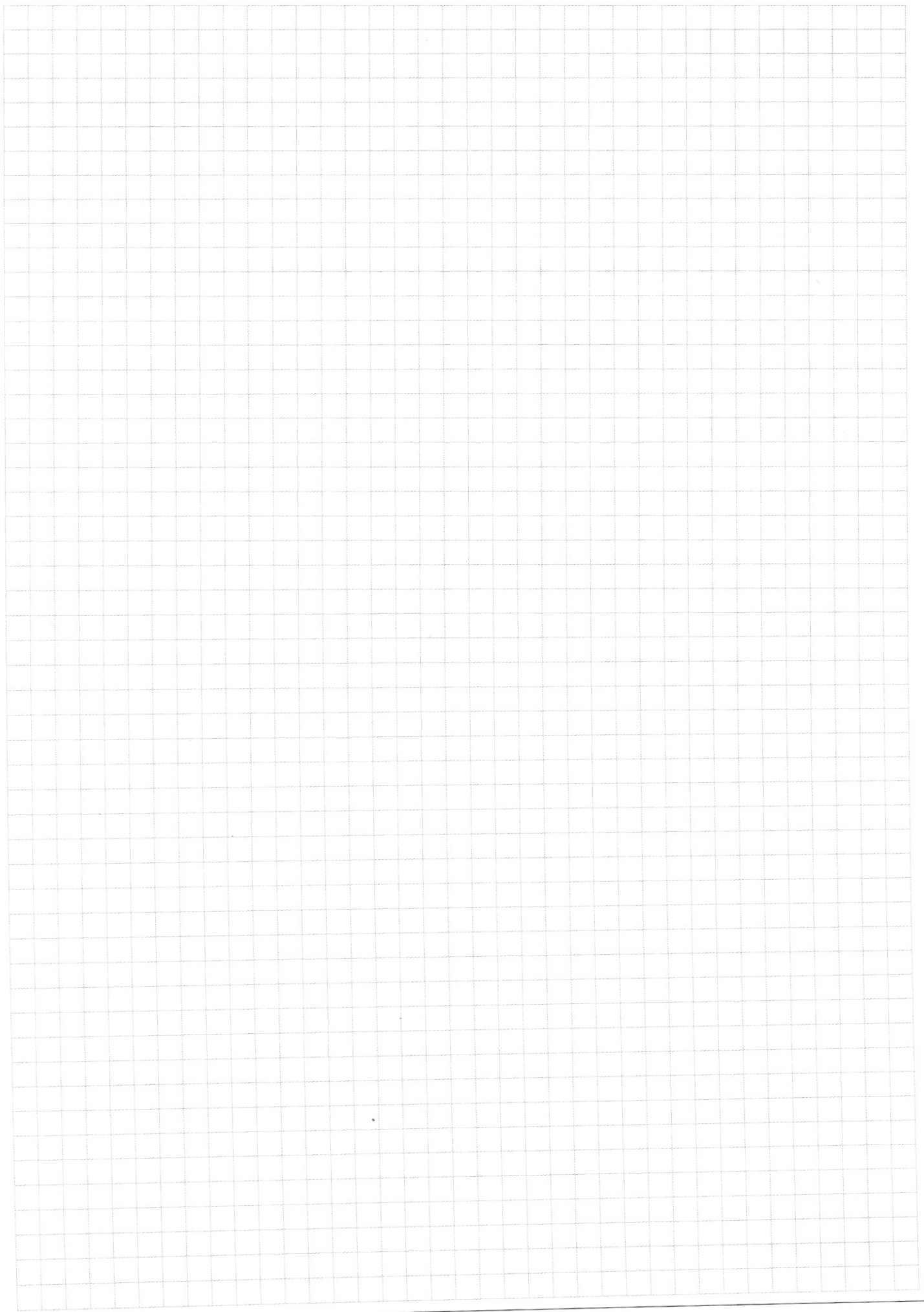
После замыкания ключа напряжение на катушке равно

$$U_k = U - E - U_0 \quad \Rightarrow \quad L \cdot I' = U - E - U_0$$
$$U_k = L \cdot I' \quad I' = \frac{U - E - U_0}{L}$$

$$I' = \frac{6 - 3 - 1}{0,2} = \frac{2}{0,2} = 10 \text{ А}$$

2)

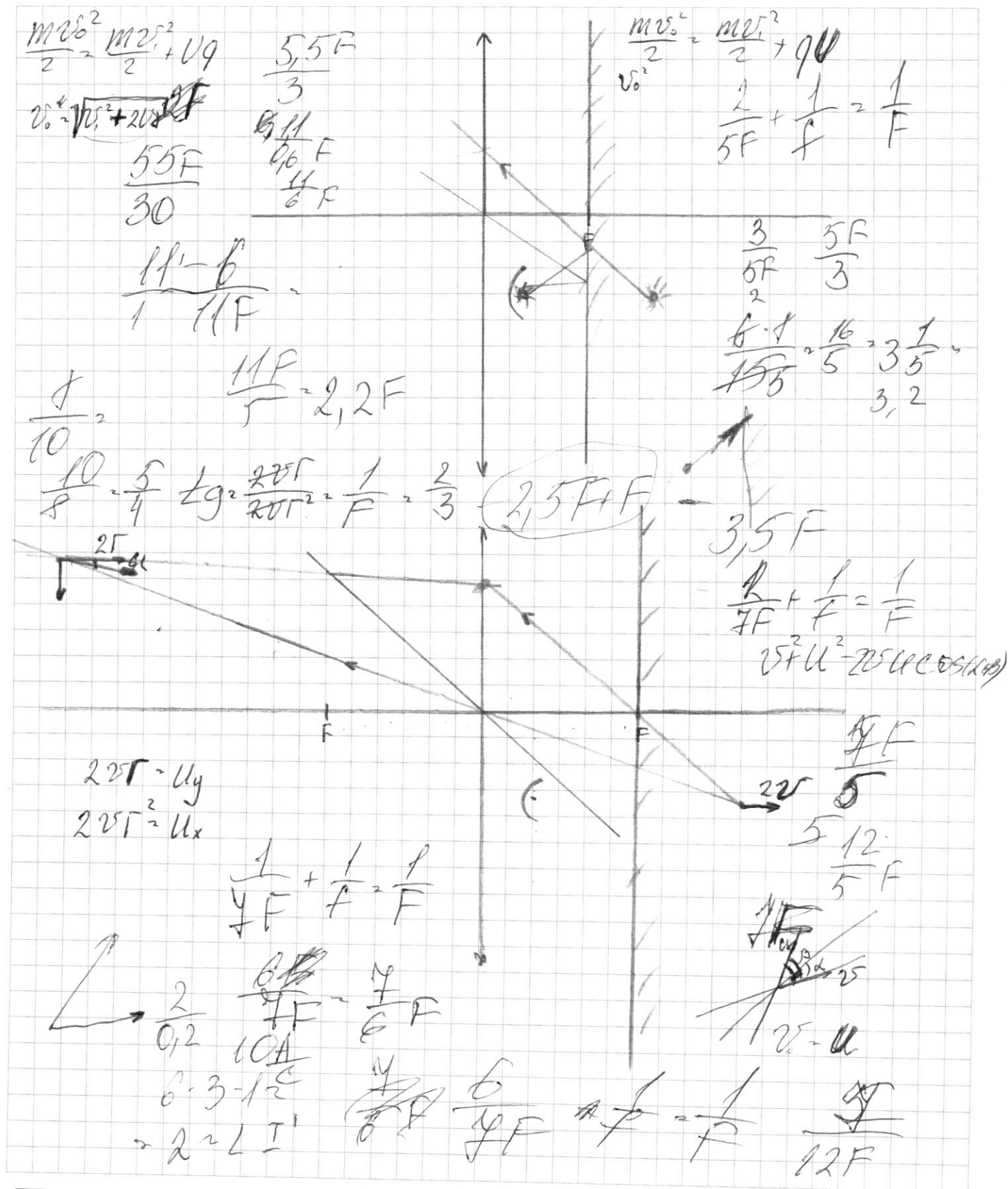
Ответ: 1) 10 А



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Изображение источника S в зеркале будет для широт нечетной кривизны S' . S' будет расположиться симметрично относительно зеркала. Тогда d -расстояние от широт до S' равно

$$F + \frac{2F}{3} = \frac{5F}{3}$$

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

$$\frac{3}{5F} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = 2,5F$$

$$2) \Gamma = \frac{f}{d}$$

$$\Gamma = \frac{2,5F \cdot 3}{5} = 1,5$$

Рассмотрим ИСО, связанную с зеркалом, тогда S' отдаляется от ИСО со скоростью $2v$

S'' -изображение S' , даваемое широтой

$u_y = v, \Gamma$ -поперечная скорость S''

$u_x = v, \Gamma^2$ -продольная скорость S''

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{u_y}{u_x} = \frac{v, \Gamma}{v, \Gamma^2} = \frac{1}{\Gamma}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2}{3} \Rightarrow \alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{2}{3} \right)$$

$$3) u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} = \sqrt{v^2 \Gamma^4 + v^2 \Gamma^2} = v, \Gamma \sqrt{\Gamma^2 + 1} = 2v, \Gamma \sqrt{\Gamma^2 + 1}$$

$$u = 2v \cdot \frac{3}{2} \sqrt{\frac{9}{4} + 1} = \frac{3v}{2} \sqrt{13}$$

$$\text{Ответ: } 1) 2,5F \quad 2) \operatorname{arctg} \left(\frac{2}{3} \right) \quad 3) u = \frac{3v}{2} \sqrt{13}$$