

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2020

Класс 11

Вариант 11-07

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

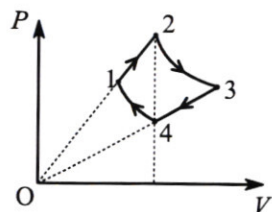


1. Шарик подвешен в поле тяжести на легкой упругой пружине с неизвестной жесткостью. Шарик поднимают вверх до положения, когда пружина не деформирована, и отпускают. При дальнейшем движении шарика вдоль вертикали в некоторые моменты времени силы, действующие на шарик со стороны пружины, отличаются в 3 раза, а модули ускорений равны.

- 1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
- 2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
- 3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

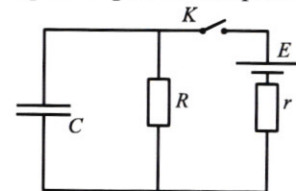
2. Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой T_1 расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V . В процессе 1-2 объем газа увеличивается в $k = 1,8$ раза. Затем газ расширяется в изотермическом процессе 2-3, сжимается в процессе 3-4 прямо пропорциональной зависимости давления от объема и сжимается в изотермическом процессе 4-1. Объемы газа в состояниях 2 и 4 равны.

- 1) Найти температуру газа в процессе 2-3.
- 2) Найти отношение давлений в состояниях 1 и 3.
- 3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 1-2.



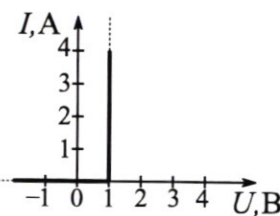
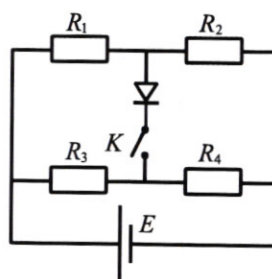
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 3R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

- 1) Найти ток, текущий через источник, сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти ток, текущий через конденсатор, непосредственно перед размыканием ключа.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?



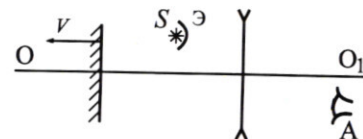
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 8$ В, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 6$ Ом, $R_4 = 2$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

- 1) Найти ток через резистор R_3 при разомкнутом ключе K .
- 2) При каких значениях R_1 ток потечет через диод при замкнутом ключе K ?
- 3) При каком значении R_1 мощность тепловых потерь на диоде будет равна $P_D = 2$ Вт?

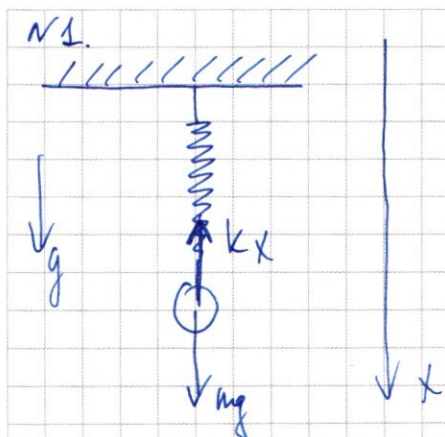


5. Оптическая система состоит из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $-F$ ($F > 0$), плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси линзы OO_1 . Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии F от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/2$ от линзы.

- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель A 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



$$m\ddot{x} = mg - kx \quad (\text{II закон Ньютона})$$

$$m\ddot{x} + kx - mg = 0.$$

$$ky = kx - mg$$

$$y = x - \frac{mg}{k}$$

$$\dot{y} = \dot{x}$$

$$\ddot{y} = \ddot{x}$$

$$m\ddot{y} + ky = 0$$

$$\ddot{y} + \frac{k}{m}y = 0.$$

$$y = A \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right) + B \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$$

$$x = A \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right) + B \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right) + \frac{mg}{k}$$

$$x(0) = 0 = B + \frac{mg}{k} \Rightarrow B = -\frac{mg}{k}$$

$$\dot{x} = A \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right) - B \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$$

$$\dot{x}(0) = 0 = A \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow A = 0.$$

$$x = -\frac{mg}{k} \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right) + \frac{mg}{k} \Rightarrow 0 \leq x \leq \frac{2mg}{k}$$

$$v = \dot{x} = +\frac{mg}{k} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right) \Rightarrow -g\sqrt{\frac{m}{k}} \leq v \leq g\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$a = \ddot{x} = \frac{mg}{k} \cdot \frac{k}{m} \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right) = g \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -g \leq a \leq g$$

1) Пусть $kx = \frac{1}{3}mg \Rightarrow ma = mg - \frac{1}{3}mg = \frac{2}{3}mg$

$$a = \frac{2}{3}g$$

Пусть $kx = 3mg \Rightarrow ma = mg - 3mg = -2mg$

$$a = -2g, \text{ но}$$

$$\Rightarrow kx \neq 3mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow kx = \frac{1}{3}mg \Rightarrow a = \frac{2}{3}g$$

$$3) E_g = \frac{kx^2}{2} \Rightarrow E_{g \max} \text{ при } x_{\max}$$

$$x_{\max} = \frac{2mg}{k} \Rightarrow E_{g \max} = \frac{k}{2} \cdot \left(\frac{2mg}{k}\right)^2 = \frac{2m^2 g^2}{k}$$

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow E_{k \max} \text{ при } v_{\max}$$

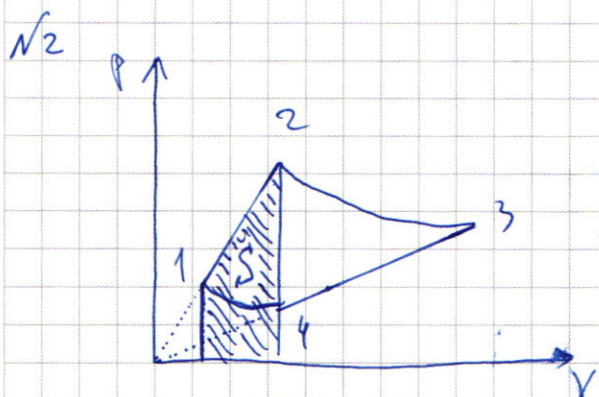
$$v_{\max} = g \sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow E_{k \max} = \frac{m}{2} \cdot \frac{g^2 m}{k} = \frac{m^2 g^2}{2k}$$

$$\frac{E_{g \max}}{E_{k \max}} = \frac{\frac{2m^2 g^2}{k} - 2A}{\frac{m^2 g^2}{2k}} = 4.$$

Order: 1) $\frac{2}{3} g \approx 6,67$

2) —

3) 4



$$T_2 = T_3, T_1 = T_4 \text{ (изотермы)}$$

$$V_2 = k V_1 = 1,8 V_1$$

$$1) 1-2: p \sim V \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1} = 1,8.$$

из ур-е Менделеева-Клапейрона для 1 и 2:

$$\left. \begin{array}{l} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{1,8 p_1 \cdot 1,8 V_1}{p_1 V_1} = 3,24 \Rightarrow T_2 = 3,24 T_1$$

$$2) 3-4: p \sim V \Rightarrow \frac{p_3}{p_4} = \frac{V_3}{V_4}$$

$$\text{Т.к. } 2-3 \text{ и } 1-4 \text{ — изотермы} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} p_2 V_2 = p_3 V_3 \\ p_1 V_1 = p_4 V_4 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{p_3 V_3}{p_4 V_4} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{T_2}{T_1} = 3,24$$

$$\left(\frac{p_3}{p_4}\right)^2 = 3,24 \Rightarrow \frac{p_3}{p_4} = 1,8 \Rightarrow p_4 = \frac{p_3}{1,8}$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$p_4 V_4 = \nu R T_4$$

$$\Rightarrow \text{Т.к. } V_2 = V_4, T_2 = T_4 \Rightarrow \frac{p_2}{p_4} = \frac{T_2}{T_1} = 3,24 \Rightarrow p_4 = \frac{p_2}{3,24}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Значит, $\frac{P_3}{1,8} = \frac{P_2}{3,24} \Rightarrow P_2 = 1,8 P_3$
но $P_2 = 1,8 P_1 \Rightarrow P_1 = P_3 \Rightarrow \frac{P_3}{P_1} = 1.$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$Q_{12} = C_V \cdot \gamma \Delta T_{12}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T_{12}$$

$$A_{12} = \frac{(P_2 + P_1)(V_2 - V_1)}{2} = \frac{2,8 P_1 \cdot 0,8 V_1}{2} = 1,12 P_1 V_1 =$$

$$= 1,12 \gamma R T_1$$

$$\Delta T_{12} = T_2 - T_1 = 2,24 T_1$$

Значит, $C_V \cdot \gamma \cdot 2,24 T_1 = \frac{3}{2} \gamma R \cdot 2,24 T_1 + 1,12 \gamma R T_1$

$$2,24 C_V = 4 \cdot 1,12 R$$

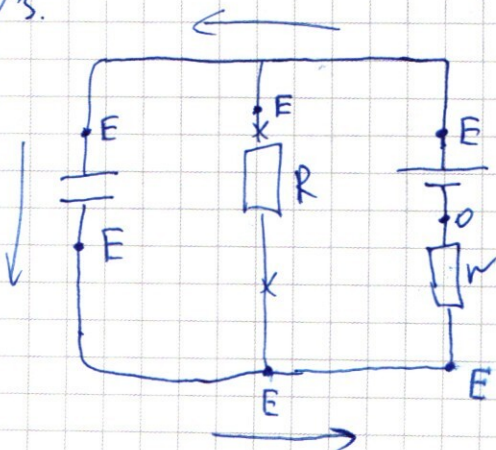
$$C_V = 2 R \approx 16,62 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

Ответ: 1) $T_{2-3} = T_2 = 3,24 T_1$

2) $\frac{P_3}{P_1} = 1$

3) $C_V = 2 R \approx 16,62 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

№3.

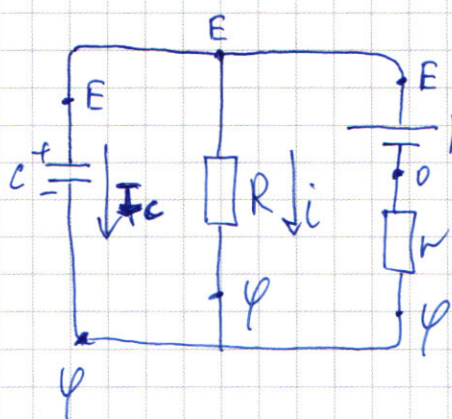


1) Рассм. цепь сразу после замыкания
ключа $\Rightarrow U_C = 0$

Используем метод узловых
потенциалов

из рисунка видно, что $I_R(0) = 0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow I_C(0) = I_R(0) = \frac{E - 0}{R} = \frac{E}{R} \text{ (по 3. Ома)}$

2) Рассчитать заряд в момент $t = \tau$ перед размык. ключа.



$$P_c = \frac{dW_c}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{CU_c^2}{2} \right) =$$

$$= \frac{C}{2} \cdot 2U_c \cdot \frac{dU_c}{dt}$$

$$I_c = C \cdot \frac{dU_c}{dt} \Rightarrow \frac{dU_c}{dt} = \frac{I_c}{C} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_c = CU_c \cdot \frac{I_c}{C} = U_c \cdot I_c.$$

по закону сохранения энергии:

$$I_1 = i + I_c \Rightarrow I_c = I_1 - i = \frac{\varphi}{r} - \frac{E - \varphi}{R} =$$

$$= \frac{\varphi}{3R} - \frac{E - \varphi}{R} = \frac{4\varphi - 3E}{3R}$$

$$U_c = E - \varphi$$

Значит, $P_c = (E - \varphi) \cdot \frac{4\varphi - 3E}{3R}$

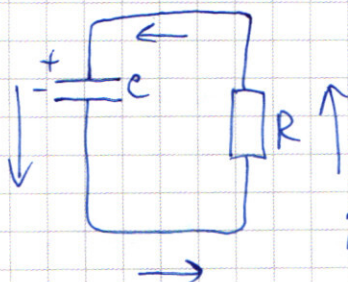
т.к. $P_c = P_{c \max}$ при $\varphi_{\max} \Rightarrow P_c' / \varphi_{\max} = 0$

$$P_c' = -1 \cdot \frac{4\varphi - 3E}{3R} + (E - \varphi) \cdot 4 \cdot \frac{1}{3R} = 0$$

$$4\varphi - 3E = 4E - 4\varphi$$

$$8\varphi = 7E \Rightarrow \varphi = \frac{7E}{8} \Rightarrow I_c = \frac{\frac{7E}{8} - 3E}{3R} = \frac{E}{6R}$$

3) Рассч. заряд после размыкания ключа:



по закону сохранения энергии:

$$W_c(\tau) - W_c(0) = Q_R = Q$$

$$W_c(\tau) = \frac{CU_c^2}{2} = \frac{C}{2} \cdot \left(E - \frac{7E}{8} \right)^2 = \frac{C}{2} \cdot \left(\frac{E}{8} \right)^2 = \frac{CE^2}{128}$$

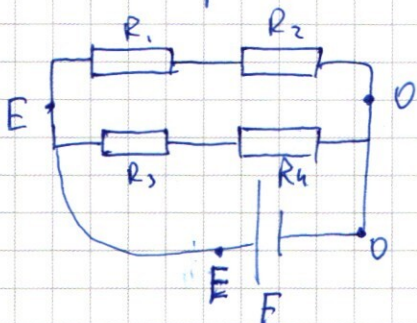
$$W_c(0) = 0$$

Значит, $Q = \frac{CE^2}{128}$

Ответ: 1) $\frac{E}{3R}$; 2) $\frac{E}{6R}$; 3) $\frac{CE^2}{128}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

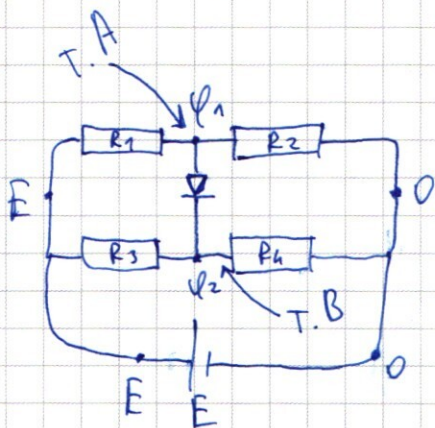
№4. 1) Рассмотрим цепь при разомкнутом ^{кнопке} (К ↑)



Используем метод узловых потенциалов.

$$I_3 = I_4 = \frac{E - 0}{R_3 + R_4} = \frac{8}{8} = 1 \text{ A.}$$

2) Рассм. цепь с открытым диодом ($U_D = U_0$) и
(замкнутым ключом (К ↓))



Используем метод узловых потенциалов по закону сохранения заряда для Т. А и Т. В:

$$\begin{cases} \frac{E - \varphi_1}{R_1} = \frac{\varphi_1}{R_2} + I_D \\ \frac{\varphi_2}{R_4} = \frac{E - \varphi_2}{R_3} + I_D \\ U_D = U_0 = \varphi_1 - \varphi_2 \end{cases}$$

Подставим:

$$\frac{E - \varphi_1}{R_1} - \frac{\varphi_2}{R_4} = \frac{\varphi_1}{R_2} - \frac{E - \varphi_2}{R_3}$$

$$\frac{8 - \varphi_1}{R_1} - \frac{\varphi_1 - 1}{2} = \frac{\varphi_1}{3} - \frac{9 - \varphi_1}{6}$$

$$\frac{8 - \varphi_1}{R_1} = \frac{3\varphi_1 - 9}{6} + \frac{3\varphi_1 - 3}{6} = \frac{6\varphi_1 - 12}{6} = \varphi_1 - 2.$$

$$R_1 = \frac{8 - \varphi_1}{\varphi_1 - 2} \text{ Ом}$$

Но: $0 < \varphi_1 < E = 8$

$0 < 8 - \varphi_1 < 8 \Rightarrow -2 < \varphi_1 \Rightarrow -2 < 6$

Значит, $0 < R_1 < \frac{3}{4} \text{ Ом}$ — при таких значениях R_1 через узел течет ток.

3) $P_D = 2 = U_D \cdot I_D \Rightarrow I_D = 2 \text{ А.}$

$\frac{\varphi_2}{R_4} = \frac{E - \varphi_2}{R_3} + I_D$

$\frac{\varphi_2}{2} = \frac{8 - \varphi_2}{6} + 2$

$3\varphi_2 = 8 - \varphi_2 + 12$

$4\varphi_2 = 20$

$\varphi_2 = 5 \text{ В} \Rightarrow \varphi_1 = U_D + \varphi_2 = 6 \text{ В}$

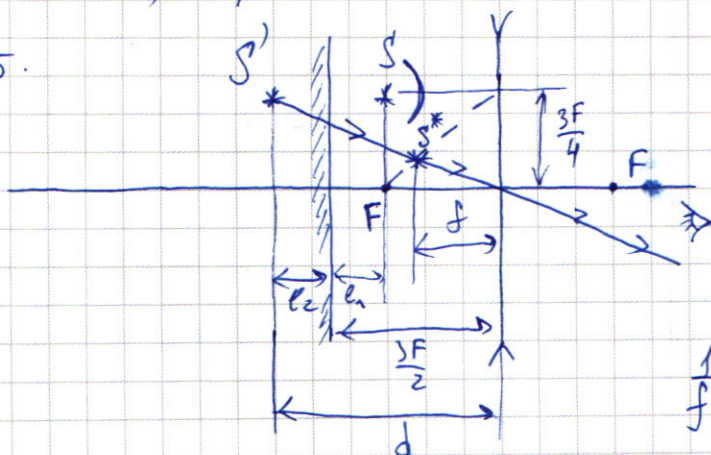
$R_1 = \frac{8 - 6}{6 - 2} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ Ом.}$

Order: 1) 1 А

2) $0 < R_1 < 0,45 \text{ Ом}$

3) 0,5 Ом.

N5.



т.е.

т.е. зеркало $\Rightarrow l_1 = l_2 = \frac{3F}{2} - F = \frac{F}{2}$

$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$ (+к линза рассматривается $\Rightarrow$ изобр. линза)

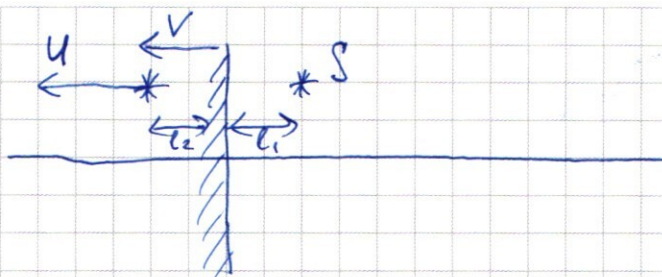
$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F + \frac{F}{2}} + \frac{1}{F} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{F} = \frac{3}{2F}$
 $f = \frac{2F}{3}$

т.е. свет от источника на линзу не попадает, а

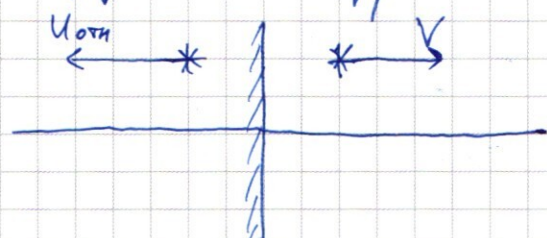
попадает свет от изображения в зеркале $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ уже готова рассмотреть систему без линзы с зеркалом

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

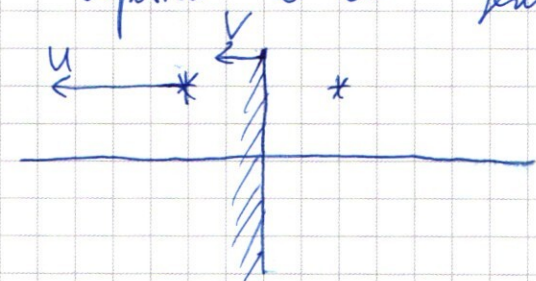


перейдем в СО зеркала:



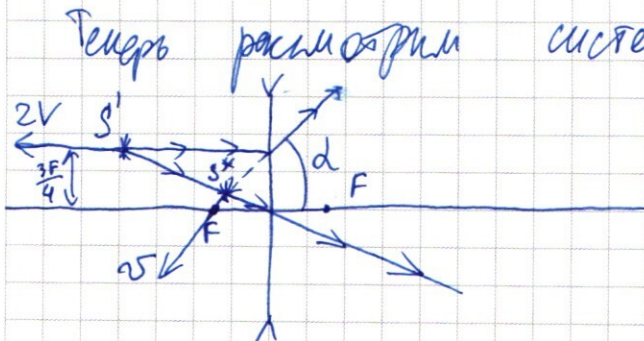
$$U'_{отн} = V \text{ (т.к. зеркало)}$$

обратно в СО земли:



$$U = U'_{отн} + V = 2V$$

Теперь рассмотрим систему коор. в зеркале с линзой, т.е.



сам предмет S с линзой
напряженно не взаимодействует
будем считать, что его нет.
в этой системе.

прямые, на которых лежат вектора скорости
предмета ~~и~~ и изображения, пересекаются в точке,
лежащей на линзе.

Т.к. $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \text{const} \Rightarrow$ т.к. $d \uparrow$, то f тоже $\uparrow$

Исходя из этого можно задать направление скорости S^*

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{3F}{4 \cdot F} = \frac{3}{4} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \alpha = \operatorname{arctg} \frac{3}{4}$$

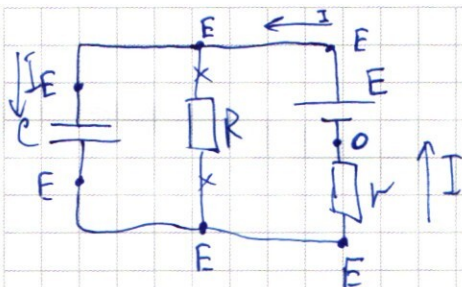
по Т.о. проекциям уравняем: $v \cdot \cos \alpha = 2V \cdot R \cdot r^2$, где

$$R \cdot r = \frac{f}{d} = \frac{2F}{3 \cdot 2F} = \frac{1}{3}$$

значит, $v = \frac{2V \cdot \frac{1}{3}}{4} \cdot 5 = \frac{5}{18} V$

- Ответ:
- 1) $f = \frac{2F}{3}$
 - 2) $\operatorname{arctg} \frac{3}{4}$
 - 3) $v = \frac{5}{18} V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Только замкнули $\Rightarrow U_C = 0$.

используем метод узловых потенциалов

Φ по закону Ома для резистора с R:

$$I = \frac{E - 0}{R} = \frac{E}{3R}$$

$$I_C = C \cdot U_C' = C \cdot \frac{dU_C}{dt} \Rightarrow I_C \cdot dt = C \cdot dU_C$$

по закону сопр. заряда для Т. А: $\tau = \frac{6R}{8} C$

$$I_1 = i + I_C$$

$$U_C = E - \varphi = E - \frac{7E}{8} = \frac{E}{8}$$

$$\tau = \frac{3}{4} RC$$

$$\frac{\varphi - 0}{R} = \frac{E - \varphi}{R} + C \cdot \frac{dU_C}{dt} \quad W_C = \frac{CU_C^2}{2} = \frac{C \cdot E^2}{64}$$

$$C \cdot dU_C = \frac{\varphi}{3R} - \frac{E - \varphi}{R} = \frac{\varphi - 3E + 3\varphi}{3R} = \frac{4\varphi - 3E}{3R}$$

$$C \cdot (E - \varphi) = \frac{4\varphi - 3E}{3R} \cdot t$$

$$3RC \cdot E - 3RC \cdot \varphi = 4\varphi \cdot t - 3E \cdot t$$

$$(4t + 3RC) \cdot \varphi = 3E(RC + t)$$

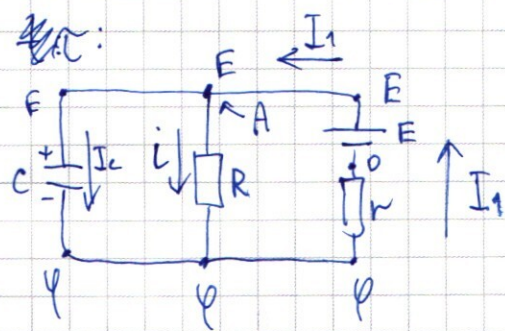
$$\varphi = \frac{3E(RC + t)}{3RC + 4t} = E \cdot \frac{3RC + 3t}{3RC + 4t}$$

$$W_C' = \frac{C}{2} \cdot 2U_C \cdot U_C' = C U_C \cdot \frac{I_C}{C} = U_C \cdot I_C$$

$$I_1 = i + I_C$$

$$I_C = I_1 - i = \frac{\varphi}{R} - \frac{E - \varphi}{3R} = \frac{\varphi - 3E + 3\varphi}{3R} = \frac{4\varphi - 3E}{3R}$$

$$8\varphi = 7E \quad \varphi = \frac{7E}{8} \Rightarrow I_C = \frac{\frac{7E}{8} - 3E}{3R} = \frac{\frac{7E - 24E}{8}}{3R} = \frac{-17E}{24R}$$



$$q_1 = q_R + q_C$$

$$(E - \varphi) \cdot C$$

$$U_C = E - \varphi =$$

$$= E \left(1 - \frac{3RC + 3t}{3RC + 4t} \right) =$$

$$= E \left(\frac{3RC + 4t - 3RC - 3t}{3RC + 4t} \right) =$$

$$= E \cdot \frac{t}{3RC + 4t}$$

$$W_C(t) = \frac{CU_C^2}{2} = \frac{C}{2} \cdot \left(\frac{t}{3RC + 4t} \right)^2$$

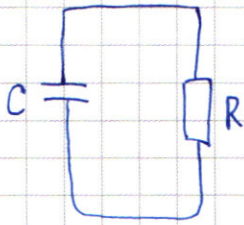
$$P_C(t) = \frac{C}{2} \cdot 2 \cdot \frac{t}{3RC + 4t}$$

$$P_C' = -1 \cdot \frac{4\varphi - 3E}{3R} + (E - \varphi) \cdot \frac{1}{3R} \cdot 4 = 0$$

$$4E - 4\varphi = 4\varphi - 3E$$

$$8\varphi = 7E$$

$$\varphi = \frac{7E}{8} \Rightarrow I_C = \frac{\frac{7E}{8} - 3E}{3R} = \frac{\frac{7E - 24E}{8}}{3R} = \frac{-17E}{24R}$$

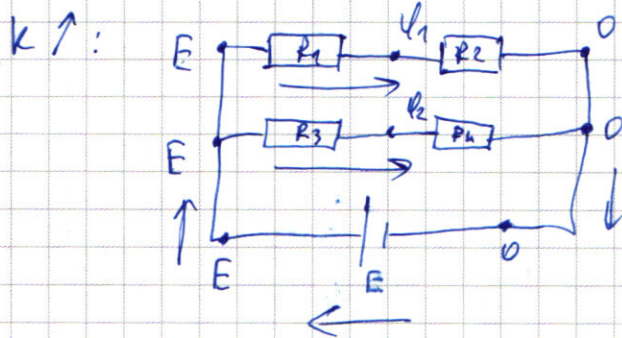
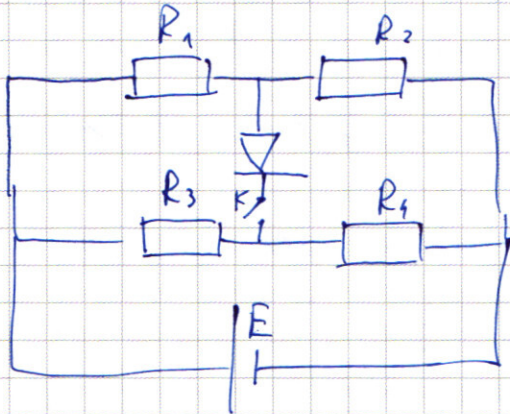


Wc(t)

$$W_c(t) - W_c(t_{\text{зад}}) = Q_R$$

$$\frac{CE^2}{128} - 0 = Q_R \Rightarrow Q_R = \frac{CE^2}{128}$$

4.



Метод узл. потенциалов.

$$\frac{E - U_1}{R_1} = \frac{U_1}{R_2}$$

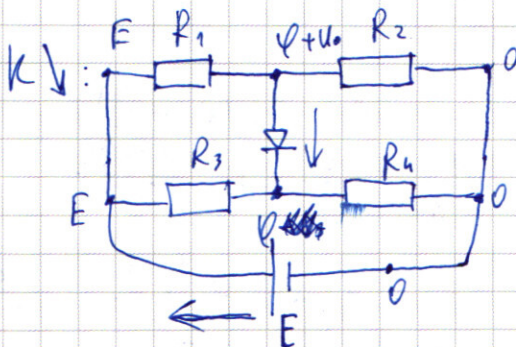
$$\frac{E - U_2}{R_3} = \frac{U_2}{R_4}$$

$$\frac{8 - U_2}{3\Omega} = \frac{U_2}{2\Omega}$$

$$3U_2 = 8 - U_2$$

$$4U_2 = 8$$

$$U_2 = 2\text{В} \Rightarrow I_3 = \frac{E - U_2}{R_3} = \frac{8\text{В} - 2\text{В}}{6\Omega} = 1\text{А}$$

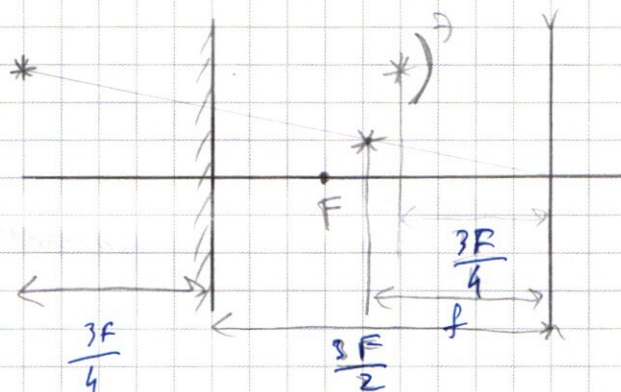


Рез. ток $\Rightarrow U_D = U_0$

$$\frac{E - U}{R_1} + \frac{E - U - U_0}{R_3} = \frac{U}{R_2} + \frac{U + U_0}{R_4}$$

$$\frac{E - U - U_0}{R_1} + \frac{E - U}{R_3} = \frac{U + U_0}{R_2} + \frac{U}{R_4}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{3F}{2} - \frac{3F}{4} = \frac{3F}{4}$$

$$d = \frac{3F}{2} + \frac{3F}{4} = \frac{9F}{4}$$

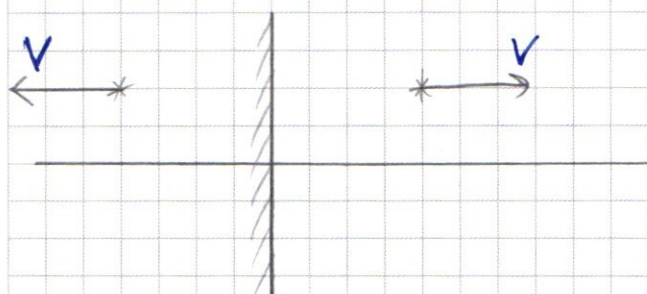
$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$$

$$-\frac{1}{F} = \frac{4}{9F} - \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{4}{9F} + \frac{1}{F} = \frac{13}{9F}$$

$$f = \frac{9}{13} F$$

с О зеркало:

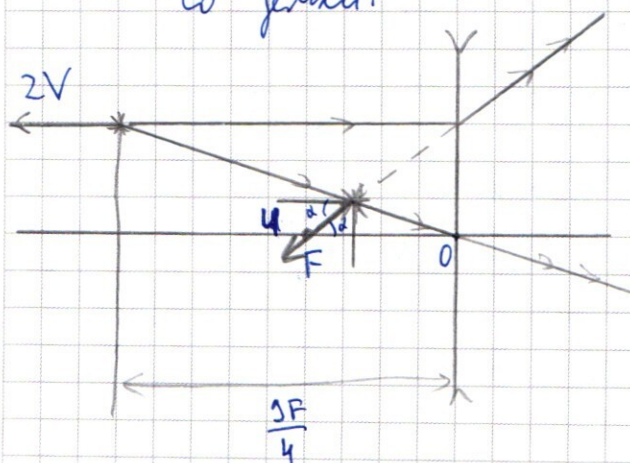


$$U_{\text{из}} = V \text{ (так. зеркало)}$$

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

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

с зеркалом:



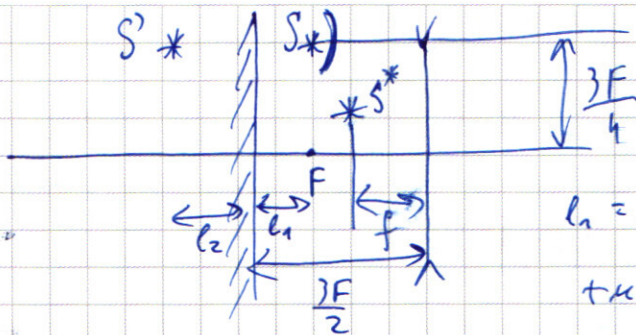
$$U_{\text{из}} = U \cos \alpha$$

$$U_{\text{из}} = \Gamma^2 \cdot 2V$$

$$U_{\text{из}} = \left(\frac{4}{13}\right)^2 \cdot 2V$$

$$U_{\text{из}} =$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{F}{F+d} = \frac{F}{F+\frac{9F}{4}} = \frac{4}{13}$$



$$l_1 = \frac{3F}{2} - F = \frac{F}{2}$$

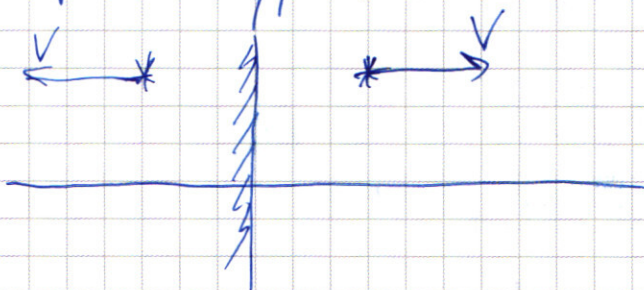
т.к. зеркало $\Rightarrow l_1 = l_2 = \frac{F}{2}$

$$d = F + l_1 + l_2 = 2F$$

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f} \quad (\text{т.к. мнимая рассм.} \Rightarrow \text{узд. мнимое})$$

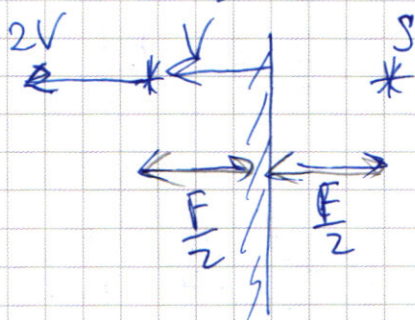
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{F} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{F} = \frac{3}{2F}$$

Рассч. систему без мимой:
Рис. в со зеркало:

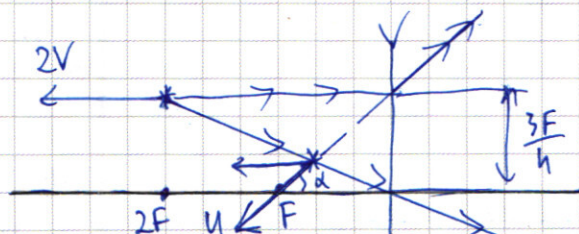


в зеркале изображение имеет такую же по модулю скорость

в со земли:



Рассч. узор. в зеркале с мимой:



Продолжение векторов скорости
прям. и узор. ~~мимой~~ пересекут. в на мимой

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

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

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

$$U_n = U \cdot \cos \alpha$$

$$U_n = 2V \cdot \Gamma^2, \text{ где } \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{2F}{3 \cdot 2F} = \frac{1}{3}$$

$$U_n = 2V \cdot \frac{1}{9} = U \cdot \cos \alpha$$

$$U = \frac{2V}{9 \cdot \cos \alpha} = \frac{2V \cdot 5}{9 \cdot 4} = \frac{5}{18} V$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Diagram of a mass-spring system with a mass m and spring constant k . The displacement x is measured downwards from the equilibrium position. The forces acting on the mass are gravity mg and the spring force $-kx$.

Equations of motion:

$$m\ddot{x} = mg - kx$$

$$m\ddot{x} + kx - mg = 0$$

$$m\ddot{y} + ky = 0$$

$$\ddot{y} + \frac{k}{m}y = 0$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

General solution for y :

$$y = A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t)$$

Initial conditions:

$$x(0) = 0 = B \cos(0) + \frac{mg}{k}$$

$$B = -\frac{mg}{k}$$

Velocity $\dot{x}$:

$$\dot{x} = \omega A \cos(\omega t) - \omega B \sin(\omega t)$$

$$\dot{x}(0) = 0 = \omega A \Rightarrow A = 0$$

Position x :

$$x = -\frac{mg}{k} \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right) + \frac{mg}{k}$$

Energy calculations:

$$E_{\text{max}} = \frac{1}{2} k x_{\text{max}}^2 = \frac{1}{2} k \left(\frac{mg}{k}\right)^2 = \frac{m^2 g^2}{2k}$$

$$E_{\text{kin max}} = \frac{m^2 g^2}{2k}$$

$$\frac{E_{\text{kin max}}}{E_{\text{kin max}}} = \frac{2m^2 g^2}{k \cdot m^2 g^2} = 4$$

Force balance:

$$mg = 3kx_1 \Rightarrow \frac{k}{m} = \frac{g}{3x_1}$$

$$x_1 = -x_1 \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{g}{3x_1}} t\right) + 3x_1$$

Acceleration a :

$$a = -\omega^2 x = -\frac{k}{m} x$$

$$a = -\frac{g}{3x_1} x$$

Velocity $\dot{x}$:

$$\dot{x} = \frac{mg}{k} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right)$$

$$\dot{x} = g \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right)$$

$$\ddot{x} = g \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right)$$

$$2g = g \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right)$$

Angle α :

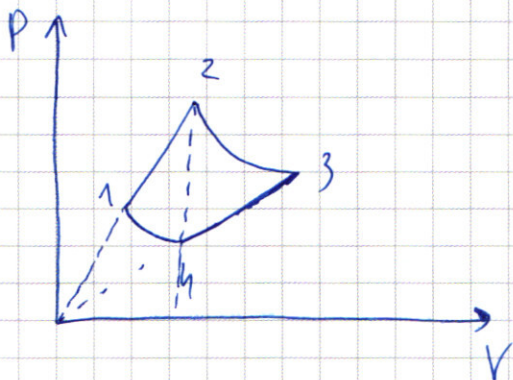
$$\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right) = \frac{2}{3}$$

$$\sqrt{\frac{k}{m}} t = \arccos \frac{2}{3}$$

Maximum velocity $\dot{x}_{\text{max}}$:

$$\dot{x}_{\text{max}} = g \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Diagram of a right triangle with sides 2, 3, and hypotenuse $\sqrt{5}$.



$$p_2 V_2 = p_3 V_3$$

$$\gamma = \frac{C_p + i}{C_p} = \frac{i+2}{i} = \frac{5}{3} = 1,666...$$

$$p_2 V_2 = p_3 V_3$$

$$V_2 = V_4 = 1,8 V_1$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_{2-3}}$$

$$1-2: \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1} = 1,8$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{1,8 p_1 \cdot 1,8 V_1}{T_{2-3}}$$

$$T_{2-3} = 3,24 \cdot T_1$$

$$p_2 V_2 = p_3 V_3$$

$$p_1 V_1 = p_4 V_4$$

$$\frac{p_3}{p_4} = \frac{V_3}{V_4}$$

$$\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = 3,24$$

$$\frac{V_3}{V_4} = \frac{p_4}{p_3} \cdot 3,24$$

$$\frac{p_3}{p_4} = \frac{p_4}{p_3} \cdot 3,24 \Rightarrow \frac{p_3}{p_4} = 1,8$$

$$p_2 V_2 = \gamma R T_{2-3}$$

$$p_4 V_4 = \gamma R T_{1-4} \Rightarrow \gamma R T_1$$

ср. γT

$$\frac{p_2}{p_4} = \frac{T_{2-3}}{T_1} = 3,24 \Rightarrow p_4 = \frac{p_2}{3,24} = \frac{p_3}{1,8}$$

$$p_2 = 1,8 p_3 = 1,8 p_1$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$c_v \cdot \gamma \Delta T_{12} = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T_{12} + \frac{(p_2 + p_1)(V_2 - V_1)}{2}$$

$$p_1 = p_3$$

$$p_2 + p_1 = 2,8 p_1$$

$$V_2 - V_1 = 0,8 V_1$$

$$c_v \gamma \Delta T_{12} = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T_{12} + 1,12 \gamma R T_1$$

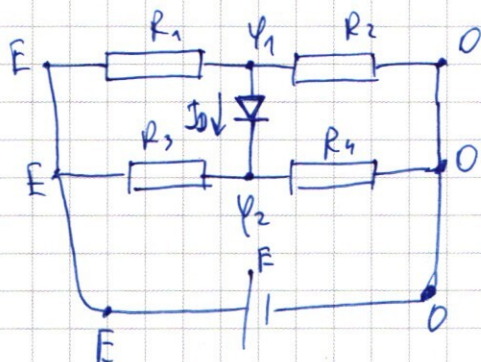
$$\Delta T_{12} = T_2 - T_1 = 2,24 T_1$$

$$c_v \cdot 2,24 T_1 = \frac{3}{2} \cdot R \cdot 2,24 T_1 + 1,12 R T_1$$

$$c_v \cdot 2 \cdot 1,12 = 2,4 \cdot 1,12 \cdot R$$

$$c_v = 2R$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{aligned} \frac{E - \phi_1}{R_1} &= \frac{\phi_1}{R_2} \\ \frac{E - \phi_2}{R_3} &= \frac{\phi_2}{R_4} \end{aligned} \Rightarrow \begin{aligned} \phi_1 &= \frac{ER_2}{R_1 + R_2} \\ \phi_2 &= \frac{ER_4}{R_3 + R_4} \end{aligned}$$

$$\phi_1 - \phi_2 = U_0$$

$$\frac{ER_2}{R_1 + R_2} = \frac{ER_4}{R_3 + R_4} + U_0$$

$$\frac{ER_2}{R_1 + R_2} - \frac{ER_4}{R_3 + R_4} = U_0$$

$$R_1 = \frac{ER_2}{\frac{ER_4}{R_3 + R_4} + U_0}$$

$$\frac{E - U_0 + \phi_2}{R_1} = \frac{\phi_2}{R_2} - \frac{E - \phi_2}{R_3} + \frac{\phi_2}{R_4}$$

$$\frac{\phi_2}{R_4} = \frac{E - \phi_2}{R_3} + I_D$$

$$\phi_1 - \phi_2 = U_0$$

$$\begin{aligned} \frac{E - \phi_1}{R_1} - \frac{\phi_2}{R_4} &= \frac{\phi_1}{R_2} - \frac{E - \phi_2}{R_3} \\ \frac{8 - \phi_1}{R_1} - \frac{\phi_1 - 1}{2} &= \frac{\phi_1}{3} - \frac{9 - \phi_1}{6} \end{aligned}$$

$$\frac{8 - \phi_1}{R_1} = \frac{2\phi_1 - 9 + \phi_1}{6} + \frac{3\phi_1 - 3}{6} = \frac{6\phi_1 - 12}{6} = \phi_1 - 2$$

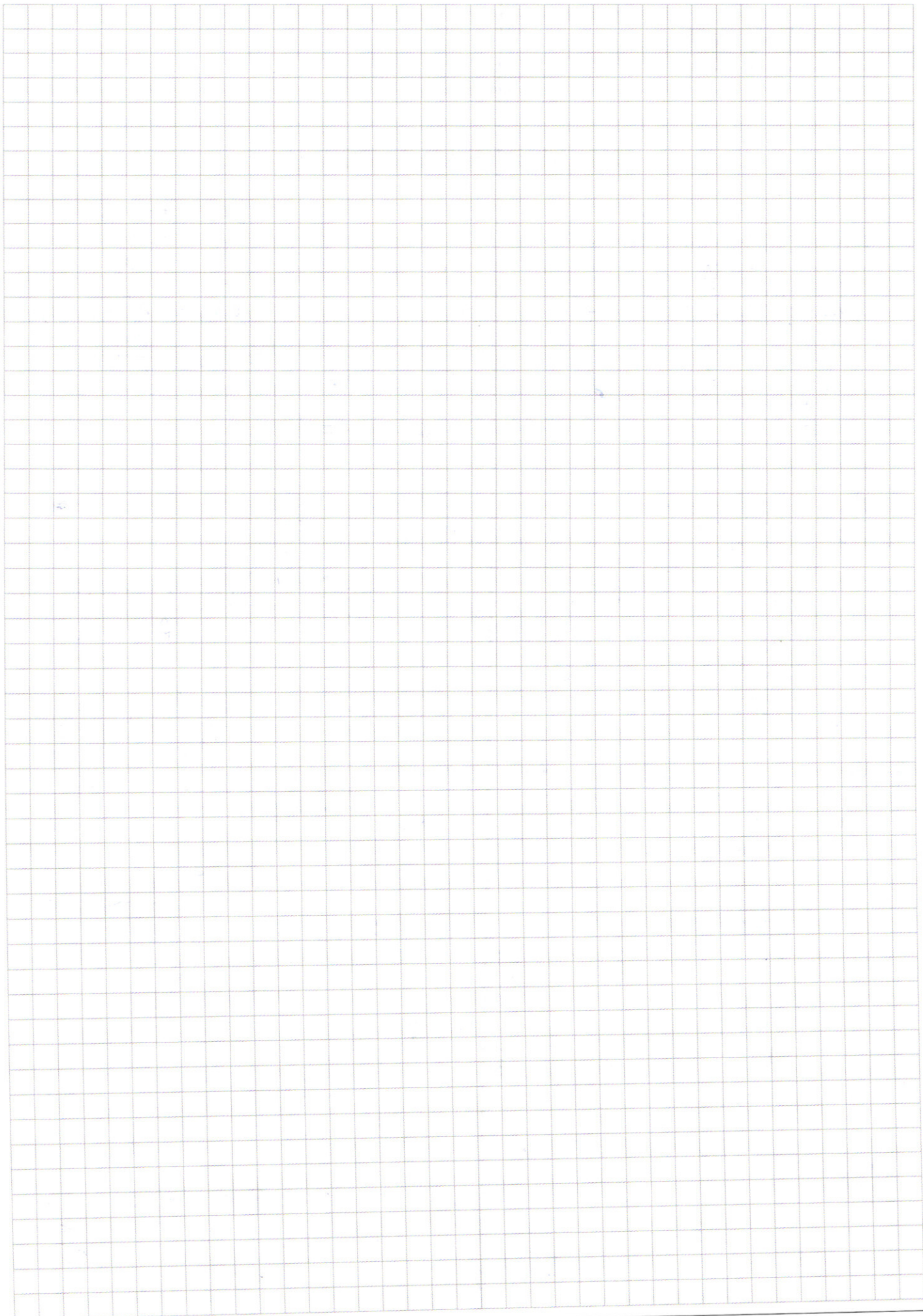
$$R_1 = \frac{8 - \phi_1}{\phi_1 - 2} \text{ Ом}$$

$$0 < R_1 < \frac{3}{4} \text{ Ом}$$

$$R_1 = \frac{2}{1} = 2 \text{ Ом}$$

$$0 < \phi_1 < 8 \quad -2 < \phi_1 - 2 < 6$$

$$0 < 8 - \phi_1 < 8$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)