

Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-06

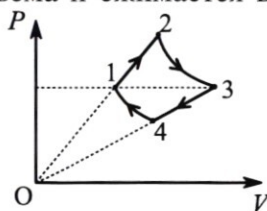
Класс 11

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

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 2,5 раза, а модули ускорений равны.

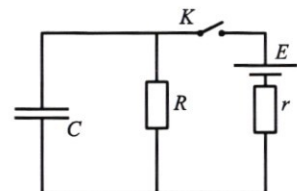
- 1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
- 2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
- 3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

2. Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой T_1 расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V . 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. В процессе 3-4 объем газа уменьшается в $k = 1,9$ раза. Давления газа в состояниях 1 и 3 равны.



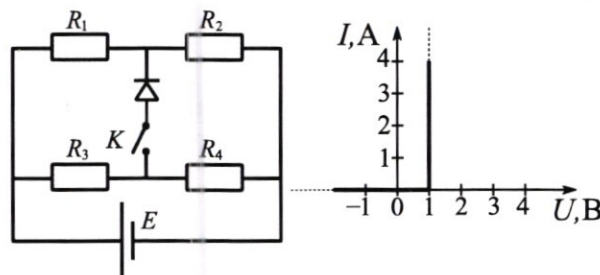
- 1) Найти температуру газа в процессе 2-3.
- 2) Найти отношение объемов газа в состояниях 2 и 4.
- 3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 3-4.

3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 2R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.



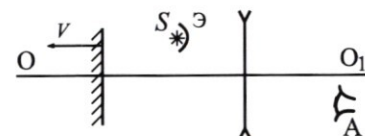
- 1) Найти напряжение на резисторе R сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти заряд конденсатора непосредственно перед размыканием ключа.
- 3) Найти максимальную скорость роста энергии, запасаемой конденсатором.

4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 12$ В, $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 1$ Ом, $R_4 = 22$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.



- 1) Найти ток через резистор R_1 при разомкнутом ключе K .
- 2) При каких значениях R_3 ток потечет через диод при замкнутом ключе K ?
- 3) При каком значении R_3 мощность тепловых потерь на диоде будет равна $P_D = 3$ 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 $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $4F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $8F/5$ от линзы.

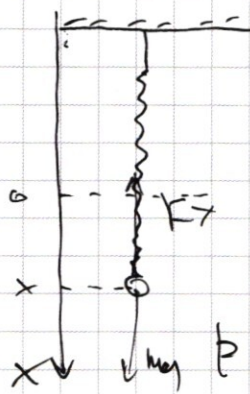


- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель A сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
- 2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- 3) Найти скорость изображения в этот момент.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

m - масса
шарика
 k - жёсткость
пружин



$x=0$ при недеформированной пружине
 x отсчитывается от недеформированной пружины.

Пусть x_1, x_2 - положение шарика: $|a_1| = |a_2|$ и

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{kx_2}{kx_1} = 2,5 \Rightarrow \frac{x_2}{x_1} = 2,5 = \frac{5}{2} \Rightarrow \text{[Позначение]}$$

1) По условию, что $a_2 = -a_1$, т.к. иначе $x_2 = x_1$, а это не так $\Rightarrow ma_2 = -ma_1$

ma_2 2-й закон Ньютона для двух положений:

$$\begin{cases} ma_2 = mg - kx_2 \\ ma_1 = mg - kx_1 \end{cases} \Rightarrow k(x_1 + x_2) = 2mg$$

$$x_2 = 2x_1 = \frac{5}{2}x_1$$

$$k = \frac{2mg}{(2+1)x_1} \Rightarrow a_1 = g - \frac{kx_1}{m} = g - \frac{2g}{2+1} = g - \frac{2}{3}g = \frac{1}{3}g = 3,28 \frac{m}{c^2} \quad [\text{при } g = 10 \frac{m}{c^2}]$$

2) ЗСЭ:

$$\frac{kx^2}{2} - mgx + K = \text{const} \quad \text{кинетическая энергия шарика}$$

$$\Rightarrow 0 = \frac{kx_1^2}{2} - mgx_1 + K_1 = \frac{kx_2^2}{2} - mgx_2 + K_2$$

$$K_1 = x_1(mg - \frac{kx_1}{2}) = x_1(mg - \frac{2}{3}mg) = \frac{1}{3}mgx_1$$

$$K_2 = x_2(mg - \frac{kx_2}{2}) = \frac{5}{2}x_1(mg - \frac{4}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{mg}{x_1} \cdot \frac{5}{2}x_1) =$$

$$= \frac{5}{2}x_1(mg - \frac{5}{2}mg) = \frac{5}{2} \cdot \frac{1}{3}mgx_1 \Rightarrow \boxed{K_1/K_2 = 1}$$

3). Положение равновесия колебаний $x = \frac{mg}{k} [\Sigma \vec{F} = 0]$

• В этом положении $k = k_{\max}$

• Если начальное положение $x=0$, а равновесие $x = \frac{mg}{k}$, при этом $v(0) = 0$ - скорость, то

$\& A = \frac{mg}{k}$ - Амплитуда $\Rightarrow x_{\max} = \frac{2mg}{k}$

• $W_{\text{уп}} = \frac{kx^2}{2}$ [Энергия пружины] $W_{\text{уп}} \rightarrow W_{\text{уп}_{\max}} \Leftrightarrow x \rightarrow x_{\max}$

$$W_{\text{уп}_{\max}} = \frac{k}{2} \frac{(4mg)^2}{k^2} = 2 \frac{m^2 g^2}{k}$$

• Зад. Для $x = \frac{mg}{k}$ и $x=0$

$$0 = \frac{kx^2}{2} + k_{\max}x - mgx$$

$$k_{\max} = -\frac{kx^2}{2} + mgx = \frac{1}{2} \frac{m^2 g^2}{k}$$

$$\frac{W_{\text{уп}_{\max}}}{k_{\max}} = \frac{2}{\frac{1}{2}} = 4$$

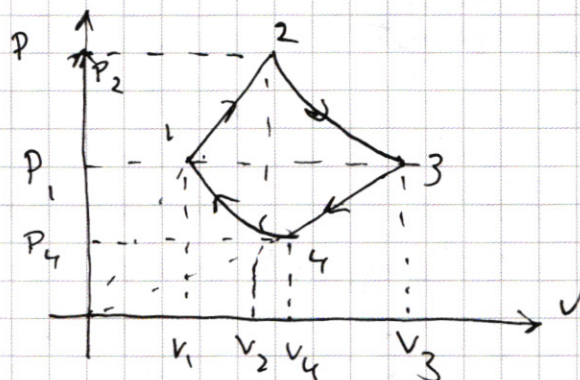
Ответ: 1) $|\vec{a}| = \frac{3}{7}g = 3,28 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2) $k_1/k_2 = 1$

3) $W_{\text{уп}_{\max}}/k_{\max} = 4$

Задача 2. В процессе

1) 1-2 и 3-4 $P \sim V$
 $\Rightarrow \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}$ и $\frac{P_1}{V_3} = \frac{P_4}{V_4}$ (1)



• Также известно, что $\frac{V_3}{V_4} = k = 1,9$ (2)

• 2-3 и 4-1 - Изотермы $\Rightarrow PV = \text{const}$

$$\begin{cases} P_2 V_2 = P_1 V_3 \\ P_4 V_1 = P_4 V_4 \end{cases} \quad (3.)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

• Урв. состояния для 1 и 2

$$\begin{cases} P_1 V_1 = \nu R T_1 \\ P_2 V_2 = \nu R T_2 \end{cases} \quad (*)$$

• Из (*) $\Rightarrow T_2 = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} T_1$; из (1) $T_2 = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 T_1$

из (2) и (3) $T_2 = K^2 T_1 = \boxed{3,61 T_1}$

2) из (1) $\frac{P_1/V_1}{P_1/V_3} = \frac{P_2/V_2}{P_4/V_4} = \frac{V_3}{V_1} = \frac{P_2}{P_4} \cdot \frac{V_4}{V_2}$

Из (3) $\frac{P_1 V_3}{P_1 V_1} = \frac{P_2 V_2}{P_4 V_4} = \frac{V_3}{V_1} = \frac{P_2}{P_4} \cdot \frac{V_4}{V_2} \Rightarrow \frac{V_4}{V_2} = 1 \Rightarrow \boxed{V_4 = V_2}$

3) Урв. политропы $PV^n = \text{const}$, где $n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$

• В процессе 3-4 $P \sim V$ C — молярная теплоёмкость
 $\Rightarrow PV^{-1} = \text{const}$

• Полагая $n = -1$, $n = -1 = \frac{C - C_p}{C - C_v} \Rightarrow C = \frac{C_v + C_p}{2}$

$C_v = \frac{3}{2} R$, а $C_p = \frac{5}{2} R$

$C = \frac{8}{4} R = 2R = 16,62 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

Ответ: 1) $T_2 = K^2 T_1 = 3,61 T_1$

2) $\frac{V_4}{V_2} = 1$

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

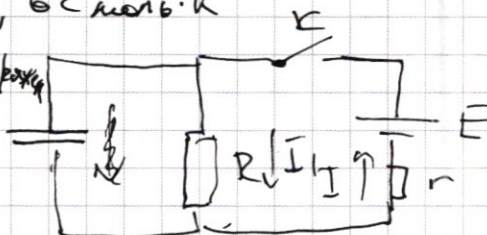
Задача 3 Т.к. конденсатор незаряжен

1) В момент $t = 0$ после замыкания ключа C

• $q = 0$ на конденсаторе

• Но по 2-му п. Кирхгофа

$\frac{q}{C} = IR = 0 \Rightarrow \text{но } R \neq 0 \Rightarrow \boxed{I = 0} \quad IR = U_C = 0$



2) ЗСЭ: ЗСЭ в дифференциальной форме:

Энергия конденсатора $d\left(\frac{q^2}{2C}\right) + I_1^2 R dt + I^2 r dt = E dq \quad | : dt$

• $\frac{q^2}{2C} = W$ — энергия конденсатора

$\frac{dW}{dt} = EI - RI_1^2 - rI^2 \left[\frac{dW}{dt} - \text{эквивалент изменения энергии} \right]$

• Из з. Кирхгофа $E = I_1 R + I r \Rightarrow I_1 = \frac{E - I r}{R}$

• $\frac{dW}{dt} = EI - \frac{1}{R}(E^2 - 2rEI + I^2 r) - rI^2 = I\left(E + E\frac{2r}{R}\right) - \frac{E^2}{R} - I^2\left(\frac{r^2}{R} + r\right)$

• $\frac{dW}{dt}(I)$ — искомая ветвь в кривой $\Rightarrow \max$ при $I_0 = -\frac{b}{2a} =$
 $= -\frac{E \frac{R+2r}{R}}{-2 \frac{r(R+r)}{R}} = E \frac{R+2r}{2(R+r)r} = E \frac{R+4R}{2 \cdot 3R^2} = E \frac{5R}{4R \cdot 3R} = \frac{5E}{12R}$

Заряд найдем из 2-го з. Кирхгофа

$E = I_0 r + \frac{q}{C} \Rightarrow q = C(E - I_0 r) = C\left(E - \frac{5}{6}E\right) = \boxed{\frac{CE}{6}}$

3) $\frac{dW}{dt} \rightarrow \left(\frac{dW}{dt}\right)_{\max}$ при $I = I_0 = \frac{5}{12} \frac{E}{R}$

$\left(\frac{dW}{dt}\right)_{\max} = \frac{5}{12} \frac{E^2}{R} \frac{R+2r}{R} - \frac{E^2}{R} - \frac{25}{144} \frac{E^2}{R^2} \frac{r^2 + rR}{R} =$

$= \frac{5}{12} \frac{E^2}{R} \frac{5}{5} - \frac{E^2}{R} - \frac{25}{144} \frac{E^2}{R} \frac{4R^2 + 2R^2}{R^2} = \left(\frac{13}{12} - \frac{25 \cdot 6}{144}\right) \frac{E^2}{R} =$

$= \frac{26 - 25}{24} \frac{E^2}{R} = \boxed{\frac{E^2}{24R}}$

Ответ: 1) $V_R = 0$

2) $q = \frac{CE}{6}$

3) $\left(\frac{dW}{dt}\right)_{\max} = \frac{E^2}{24R}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5

• Обозначения:

$$h = \frac{8}{15} f$$

$$l = \frac{4}{5} f$$

$$c = \frac{8}{5} f$$

• Из-за отражения

лучи из S пойдут ^{только} в зеркало

получим изображение S', а уже от S'

получится изображение от b на экране

на b от центра и h* от оси OO_i

• Ф. на экране $a = 2c - 2l + l = 2c - l = (\frac{16}{5} - \frac{4}{5})f = \frac{12}{5}f$

• Ф. точкой рассеивающей линзы

$$\frac{1}{b} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f} \Rightarrow b = \frac{af}{f+a} = \frac{\frac{12}{5}f^2}{\frac{12}{5}f} = \boxed{\frac{12}{17}f}$$

Из подобия $\frac{h}{a} = \frac{h^*}{b} \Rightarrow h^* = h \frac{b}{a} = h \frac{f}{f+a}$

• Движение изображения можно разложить

по 2-м осям вдоль OO_i и || ил-ту

механика назовём их X и Y соответственно

точно, что $V_x = -\frac{db}{dt}$, а $V_y = \frac{dh^*}{dt}$, $\dot{a} = \frac{da}{dt}$

$$\frac{db}{dt} = f \frac{(f+a)\dot{a} - \dot{a}a}{(f+a)^2} = \frac{\dot{a}f^2}{(a+f)^2} \Rightarrow V_x = -\dot{a} \frac{f^2}{(a+f)^2}$$

$$\frac{dh^*}{dt} = -\frac{hf\dot{a}}{(f+a)^2} = V_y \Rightarrow \tan \alpha = \frac{V_y}{V_x} = \frac{h}{f} = \boxed{\frac{8}{15}}$$

α - угол между вектором скорости и осью OO_i

3) по Th. Тундара

$$V_0 = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \frac{\dot{q} t}{(a + f)^2} \sqrt{k^2 + f^2}$$

$$a = 2c - l = \frac{12}{5} \text{ F} \quad \dot{q} = 2 \frac{dc}{dt} = 2 \text{ V}$$

$$V_0 = 2 \text{ V} \frac{f}{\left(\frac{12}{5} + f\right)^2} \sqrt{\left(\frac{8}{15}\right)^2 f^2 + f^2} = 2 \text{ V} \frac{25}{17^2} \sqrt{\frac{64 + 15^2}{15^2}} =$$

$$= \text{V} \frac{50 \cdot 17}{17^2 \cdot 15} = \text{V} \frac{50}{15 \cdot 17} = \text{V} \frac{10}{3 \cdot 17} = \frac{10}{51} \text{ V}$$

Ответ: 1) $b = \frac{12}{17} \text{ F}$

$$2) \operatorname{tg} \alpha = \frac{8}{15}$$

$$3) \frac{10}{51} \text{ V}$$

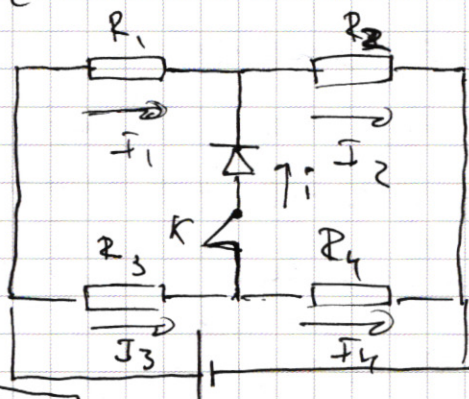
Задача 4

1) Ключ разомкнут

Тогда пусть сверху

течет ток I

2-й
3. Кирхгофа:



$$E = I(R_1 + R_2) \Rightarrow I = \frac{E}{R_1 + R_2} \quad E \quad I = \frac{12}{6} = 2 \text{ A}$$

2) • Когда ключ замкнут, идет ток, ток на нем $= U_{02} = 1 \text{ В}$

• Записываем 2-е в. Кирхгофа: $E = I_1 R_1 + I_2 R_2$

и 1-е.

$$E = I_3 R_3 + I_4 R_4$$

• Условие на напряжение

$$U_0 + I_2 R_2 - I_4 R_4 = 0$$

тока через диод

$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4$$

$$I_1 - I_2 = I_4 - I_3$$

$$I_1 - I_2 = 1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Решаем эту систему, чтобы получить $i(R_3)$

$$I_3 = \frac{E}{R_3} - I_4 \frac{R_4}{R_3} \quad I_1 = \frac{E}{R_1} - I_2 \frac{R_2}{R_1}$$

$$E = I_3 R_3 + I_4 R_4$$

$$U_0 + I_2 R_2 = I_4 R_4$$

$$I_1 = \frac{E}{R_1} - I_2 \frac{R_2}{R_1} + I_3 = I_2 + I_4$$

$$I_1 - I_2 = \frac{E}{R_1} - I_2 \frac{R_2 - R_1}{R_1} = i$$

$$I_2 = \frac{I_4 R_4}{R_2} \quad I_4 = \frac{E}{R_4} - I_3 \frac{R_3}{R_4}$$

$$I_4 = \frac{E}{R_4} - I_3 \frac{R_3}{R_4}$$

$$U_0 + I_2 R_2 = E - I_3 R_3 \Rightarrow I_3 = \frac{E - U_0 - I_2 R_2}{R_3}$$

$$\frac{E}{R_1} + I_3 = I_2 \frac{R_2 + R_1}{R_1} + \frac{E}{R_4} - I_3 \frac{R_3}{R_4}$$

$$\frac{E}{R_1} - I_2 \frac{R_2 - R_1}{R_1} = i$$

$$\frac{E}{R_1} + \frac{E - U_0 - I_2 R_2}{R_3} \frac{R_4 + R_3}{R_4} = I_2 \frac{R_2 + R_1}{R_1}$$

$$\frac{E}{R_1} - I_2 \frac{R_2 - R_1}{R_1} = i$$

$$E \frac{R_4 + R_3}{R_1 R_4} + (E - U_0) \frac{R_4 + R_3}{R_4} = I_2 \left(\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_2}{R_4} \left(\frac{R_4 + R_3}{R_3} + 1 \right) \right)$$

Понятно, что при $R_3 \rightarrow \infty$ так же рез
дифференциал, а при $R_3 \rightarrow 0$ пойдёт

Можно предположить, что дифференциал отк
только на U_3 зависит от U_3 . Очевидно и U_3 зависит
Будет понятно, что при $R_3 \in [0; R_3^*]$ будет отк

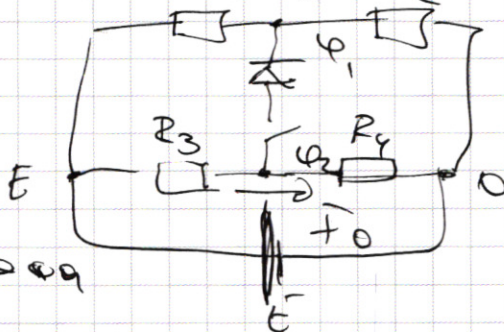
диод, а в основном закрывает.

• R_3^* будет, когда ток через диод = 0, но

$U_D = U_0$ [Критический случай] $R_1 \rightarrow R_2$

• U_3 и (1) $I = 2A$

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2}$$



• U_3 3. Куп + 2000

$$I_0 = \frac{E}{R_3 + R_4}$$

• ~~$I = 2A$~~ $U_2 - U_1 = U_0$

• $U_1 = I R_2$

$U_2 = R_4 I_0$

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

• $R_3 + R_4 = R_4 \frac{1}{\frac{U_0}{E} + \frac{R_2}{R_1 + R_2}} \Rightarrow R_3^* = R_4 \left(\frac{1}{\frac{U_0}{E} + \frac{R_2}{R_1 + R_2}} - 1 \right) =$

$$= 22 \left(\frac{1}{\frac{3}{12} + \frac{1}{6}} - 1 \right) = 22 \left(\frac{1}{\frac{3}{12}} - 1 \right) = \boxed{66 \Omega}$$

$$\boxed{R_3 \in [0; 66 \Omega]}$$

3) $P_D = U_0 \cdot i_D = 3 \text{ Вт} \Rightarrow i_D = \boxed{3A}$ Ток через диод

• 3. Куп + 2000

$$\begin{cases} E = I_3 R_3 + (I_3 - i_D) R_4 \\ E = I_1 R_1 + (I_1 + i_D) R_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} E = I_3 (R_3 + R_4) - i_D R_4 \\ E = I_1 (R_1 + R_2) + i_D R_2 \end{cases}$$

~~$I_1 + I_3 = I_0 R_3 + U_0 = I_1 R_1$~~ $I_3 R_3 + U_0 = I_1 R_1$

$$I_1 = I_3 \frac{R_3}{R_1} + \frac{U_0}{R_1} \Rightarrow \begin{cases} E = I_3 (R_3 + R_4) - i_D R_4 \\ E = I_3 \frac{R_3}{R_1} (R_1 + R_2) + U_0 \frac{R_1 + R_2}{R_1} + i_D R_2 \end{cases}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$I_3 = \frac{E + i_0 R_4}{R_3 + R_4} \Rightarrow E = \frac{E + i_0 R_4}{R_3 + R_4} \cdot \frac{R_3}{R_1} (R_1 + R_2) + U_0 \frac{R_1 + R_2}{R_1} + i_0 R_2$$

• В общем виде решают такую задачу
поэтому подставим числа

$$12 = \frac{12 + 3 \cdot 22}{5} \cdot 6 \frac{R_3}{R_3 + 22} + 1 \cdot \frac{6}{5} + 3$$

$$\frac{(9 - \frac{6}{5}) \frac{5}{6}}{78} = \frac{R_3}{R_3 + 22}$$

$$\frac{\frac{15}{2} - 1}{78} R_3 + 22 \frac{\frac{15}{2} - 1}{78} = R_3$$

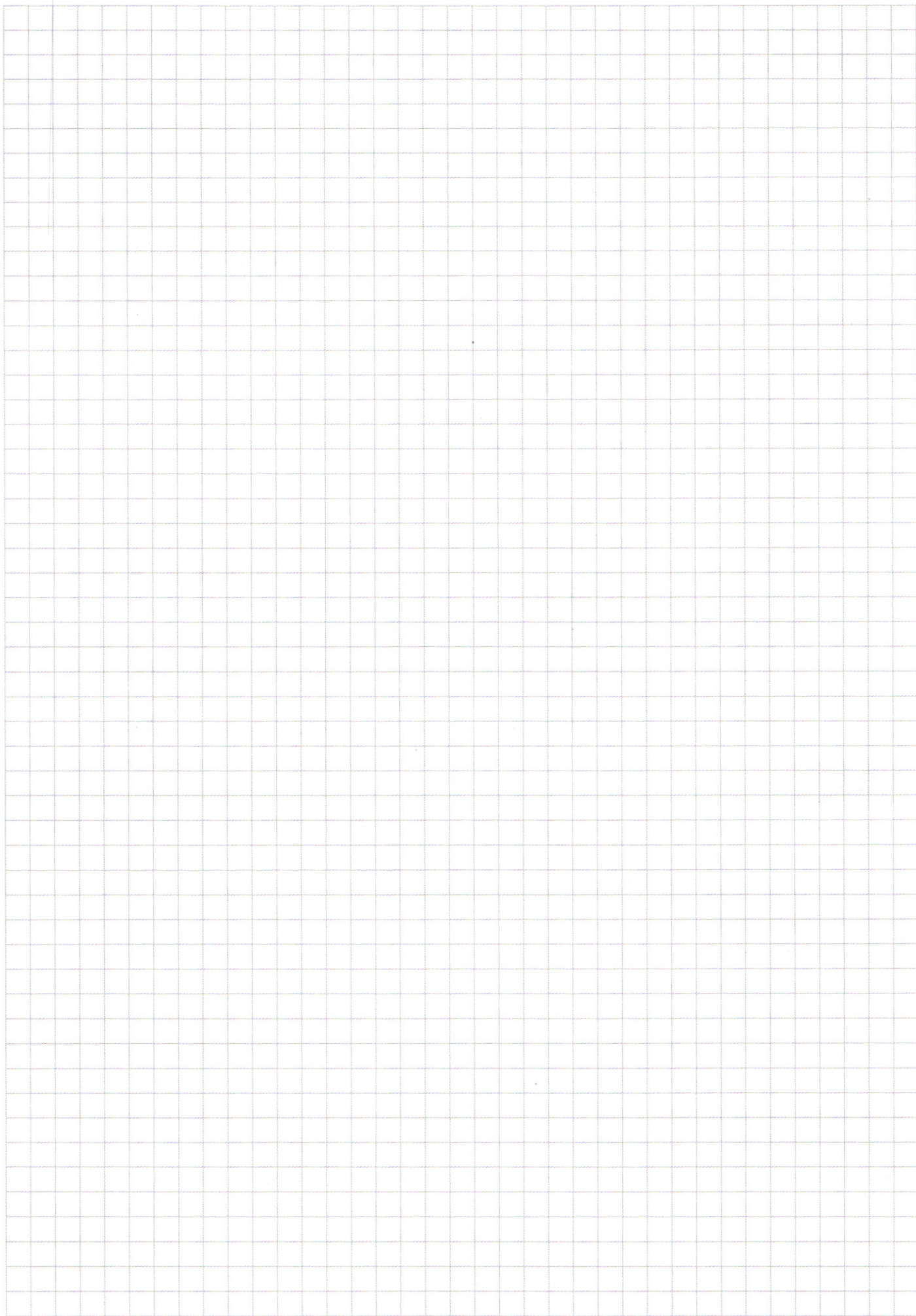
$$22 \cdot \frac{\frac{13}{2}}{78} = R_3 \left(\frac{78 - \frac{13}{2}}{78} \right) \Rightarrow R_3 = \frac{22 \cdot 13}{156 - 13} = \frac{286}{143} = 2 \Omega$$

Ответ:

1) $I = 2A$

2) $R_3 \in [0; 66 \Omega]$

3) ~~R_3~~ $R_3 \text{ при } P_p = 3 \text{ Вт}$ $R_3 = 2 \Omega$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{R_3 + R_1}{R_1} I_3 + \frac{U_0}{R_1} = -\frac{E}{R_2} + \frac{E}{R_4} + I_3 R_3 \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_4} \right) + \frac{U_0}{R_2}$$

$$I_3 \left(\frac{R_3}{R_1} + \frac{R_3}{R_3} + \frac{R_3}{R_2} - \frac{R_3}{R_4} \right) = E \left(\frac{1}{R_4} - \frac{1}{R_2} \right) + U_0 \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right)$$

$$I_3 = \frac{E \left(\frac{1}{R_4} - \frac{1}{R_2} \right) + U_0 \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right)}{R_3 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_4} \right)} = \frac{12 \left(\frac{-21}{22} \right) + 1 \left(\frac{R_1 - R_2}{5} \right)}{R_3 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_4} \right)}$$

$$I_{KZ} \quad I_3 - I_4 = I_3 - \frac{E}{R_4} + I_3 \frac{R_3}{R_4} = 0$$

$$I_3 \left(\frac{R_4 + R_3}{R_4} \right) > \frac{E}{R_4}$$

$$\begin{cases} 12 = 5I_1 + I_2 \\ 12 = R_3 I_3 + 22I_4 \\ R_3 I_3 - 5I_1 = 5I_1 - R_3 I_3 = 1 \\ I_2 - 22I_4 = 1 \\ I_1 + I_3 - I_2 - I_4 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{array}{r} 19 \\ \times 19 \\ \hline 171 \\ 190 \\ \hline 361 \\ \div 19 = 19 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ 170 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\begin{cases} 12 = 6I_1 + I_3 - I_4 \\ 12 = R_3 I_3 + 22I_4 \\ I_1 + 5I_1 - R_3 I_3 = 1 \end{cases} \quad \begin{pmatrix} I_1 & I_3 & I_4 & d \\ 6 & 1 & -1 & 12 \\ 0 & R_3 & 22 & 12 \\ 5 & -R_3 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\det A = 0 + 22 \cdot 5 + 0 + 5R_3 - 22 \cdot 6R_3 + 0 = 22 \cdot 5 - (22 \cdot 6 - 5)R_3$$

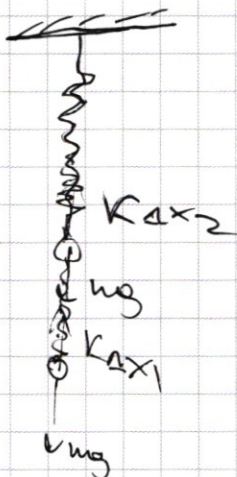
$$\begin{array}{r} 22 \\ \times 13 \\ \hline 66 \\ 22 \\ \hline 286 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 156 \\ \times 13 \\ \hline 143 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 286 \\ \times 13 \\ \hline \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)



$F_{\text{гр}}$

$$(mg - k\Delta x_2) = (mg - k\Delta x_1)$$

$$k\Delta x_1 = \frac{5}{2}k\Delta x_2 \Rightarrow \Delta x_1 = \frac{5}{2}\Delta x_2$$

$$k\Delta x_1 - mg = mg - k\Delta x_2$$

$$k(\Delta x_1 + \Delta x_2) = 2mg$$

$$\frac{7}{2}k\Delta x_2 = 2mg$$

$$k = \frac{4}{7} \frac{mg}{\Delta x_2}$$

$$\frac{mv^2}{2} +$$

$$mg = k\Delta x_2 \Rightarrow \Delta x_2 = \frac{2mg}{k}$$

$$\Pi = \frac{kx^2}{2};$$

$$a = \frac{1}{m} (mg - k\Delta x_2) = \frac{1}{m} (mg - \frac{4}{7}mg) = \frac{3}{7}g$$

$$\bullet \quad \frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} - mgx = \text{const}$$

$$0 = \frac{kx_1^2}{2} + K_1 - mgx_1 = \frac{kx_2^2}{2} + K_2 - mgx_2$$

$$K_1 = x_1 (mg - \frac{k}{2}x_1) = \frac{5}{2}x_2 (mg - \frac{4}{7} \frac{mg}{2} \frac{5}{2}x_2) =$$

$$K_2 = x_2 (mg - \frac{k}{2}x_2) = x_2 (mg - \frac{4}{7} \frac{mg}{2}x_2)$$

$$K_1 = \frac{5}{2}x_2 (mg - \frac{5}{7}mg) = \frac{5}{2} \cdot \frac{2}{7} \cdot mgx_2$$

$$K_2 = x_2 \cdot \frac{5}{7}mg \Rightarrow \frac{K_1}{K_2} = 1$$

$$\frac{5}{2} \cdot \frac{2}{7} = \frac{5}{7}$$

$$\frac{5}{2} \cdot \frac{2}{7} = \frac{5}{7}$$

2)

$$V_4 = 1,9 V_3 \Rightarrow \frac{V_4}{V_3} = k$$

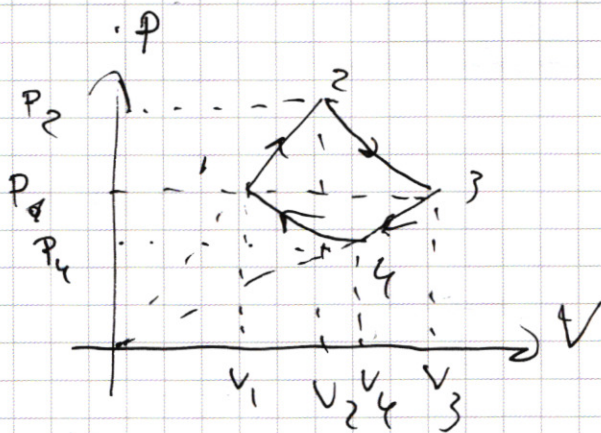
$$P = \alpha V$$

$$P_1 = \alpha V_1$$

$$P_1 = \alpha V_3$$

$$P_2 = \alpha V_2$$

$$P_4 = \alpha V_4$$



$$P_2 V_2 = P_1 V_3 \quad \frac{P_4}{P_1} = k \quad \frac{V_4}{V_3} = k$$

$$P_4 V_4 = P_1 V_1$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Delta(PV) = \alpha R \Delta T$$

$$P_1 V_1 = \alpha R T_1$$

$$\frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = \frac{P_1 V_3}{P_4 V_4}$$

$$P_2 V_2 = \alpha R T_2$$

$$\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = \frac{1}{k^2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = k$$

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$k^2 = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{T_1}{k^2}$$

$$\left\{ \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2}, \frac{P_1}{P_4} = \frac{V_3}{V_4} = \frac{1}{k} \right.$$

$$\left\{ P_2 V_2 = P_1 V_3 \right. \Rightarrow \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{P_4 V_4}{P_1 V_3}$$

2) -)

$$1,9 = 20 \cdot 10^{-15}$$

$$= 380 \cdot 10^{-15}$$

$$= 361$$

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 = \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^2 = k^2 \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = k$$

$$P_1 V_1 = \alpha R T_1$$

$$P_2 V_2 = \alpha R T_2$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{k^2} \Rightarrow T_2 = k^2 T_1$$

$$\frac{V_2}{V_1} = k$$

$$\frac{V_4}{V_3} = k$$

$$PV^n = \text{const}$$

$$n = \frac{c - c_p}{c - c_v} \Rightarrow n = -1$$

$$c_v - c = c - c_p$$

$$c = \frac{c_v + c_p}{2}$$

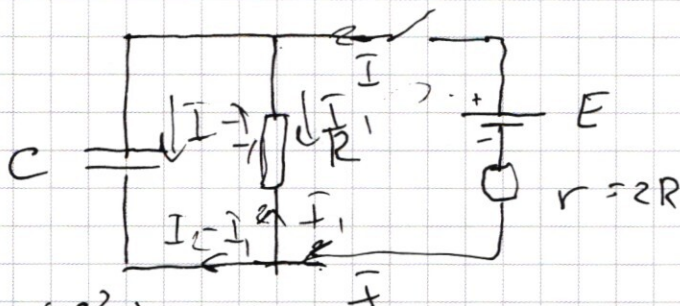
$$\frac{V_2}{V_4} \frac{V_3}{V_1} = k^2$$

$$\frac{V_2}{V_4} = k^2 \frac{V_1}{V_3}$$

$$c = \frac{\frac{3}{2}R + \frac{5}{2}R}{2} = \frac{8}{4}R = 2R$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3)



$$E = I(r + R) \Rightarrow I = \frac{E}{r + R}$$

$$\eta = \frac{ER}{3R} = \frac{E}{3}$$

$$E = Ir + I_1 R$$

$$I_1 = \frac{E - Ir}{R}$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{q^2}{2C} \right) + I^2 r dt + I_1^2 R dt = E dq$$

$$\frac{dW}{dt} = EI - rI^2 - RI_1^2$$

$$\frac{dW}{dt} = EI - rI^2 - R \frac{(E - Ir)^2}{R^2} = I(E - Ir) - \frac{(E - Ir)^2}{R}$$

$$\frac{dW}{dt} = EI - I^2 r - \frac{(E - Ir)^2}{R} = EI - \frac{E^2 - 2EIr + r^2 I^2}{R} = EI - \frac{E^2}{R} + \frac{2EIr}{R} - \frac{r^2 I^2}{R}$$

$$\frac{d}{dI} \left(\frac{dW}{dt} \right) = 0 = E - 2rI - \frac{2(E - Ir)(-r)}{R} = 0$$

$$E - 2rI = -\frac{2(E - Ir)r}{R}$$

$$\frac{dW}{dt} = I(E - Ir) - \frac{(E - Ir)^2}{R} = -\frac{CE}{6}$$

$$= (E - Ir) \left(\frac{rR}{R} \frac{E}{R} \right) = 3EI - \frac{E^2}{R} - I^2 \frac{r(r+R)}{R} + \frac{Er}{R} I =$$

$$= I \left(E \frac{r+R}{R} + \frac{Er}{R} \right) - \frac{E^2}{R} - I^2 \frac{r^2 + Rr}{R} =$$

$$I_0 = -\frac{b}{2a} = I \frac{E}{R} (3R + 2R) - \frac{E^2}{R} - I^2 \frac{2R \cdot 3R}{R} =$$

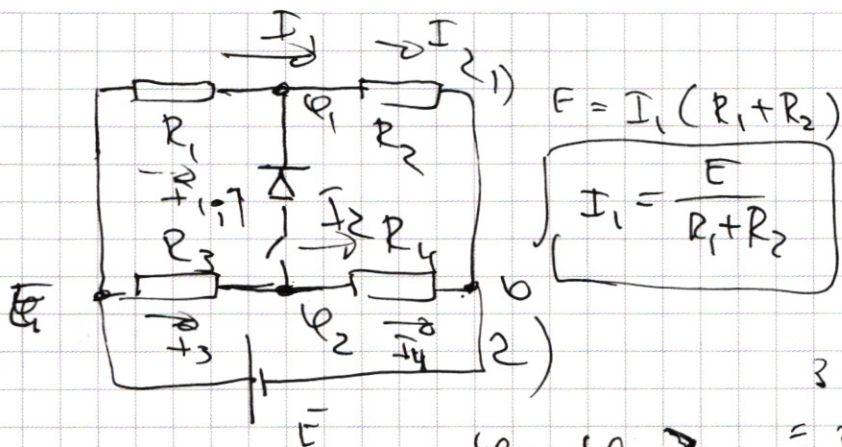
$$= I(5E) - \frac{E^2}{R} - I^2 6R$$

$$\left(\frac{\partial W}{\partial t} \right)_{\max} = \frac{25E^2}{12R} - \frac{E^2}{R} - \frac{25 \cdot 6E^2}{12R} =$$

$$I_0 = -\frac{b}{2a} = \frac{-5E}{-12R} = \frac{5E}{12R}$$

$$= \left(\frac{13}{12} - \frac{25}{12} \right) \frac{E^2}{R} = \frac{26 - 25}{24} \frac{E^2}{R} = \frac{E^2}{24R}$$

4)



$$3 \cdot 17 =$$

$$= 30 + 21.51$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 \rightarrow$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 \neq U_0$$

$$E - \varphi_2 = R_3 I_3$$

$$\varphi_2 = R_4 I_4$$

$$E - \varphi_1 = R_1 I_1$$

$$\varphi_1 = I_2 R_4$$

$$I = I_3 - I_4$$

$$I = I_2 - I_1$$

$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4$$

$$E - \varphi_2 = I_3 R_3$$

$$\varphi_2 = I_4 R_4$$

$$E - \varphi_1 = I_1 R_1$$

$$\varphi_1 = I_2 R_4$$

$$I_2 - I_1 = I_3 - I_4$$

$$I_2 - I_1 \geq 0$$

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



$$\varphi_2 = I_4 R_4$$

$$15 \cdot 15 = 150$$

$$225 + 64 = 289$$

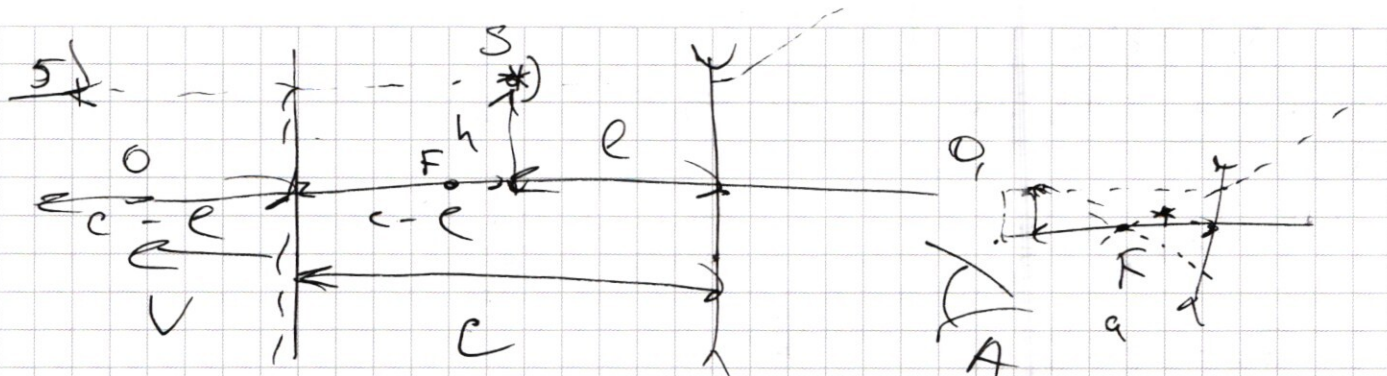
$$E = I_3 R_3 + I_4 R_4$$

$$I_2 - I_1 =$$

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$1) \frac{1}{b} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f} \quad a = 2c - 2l + l = 2c - l$$

$$\frac{1}{b} = \frac{a}{a+f}$$

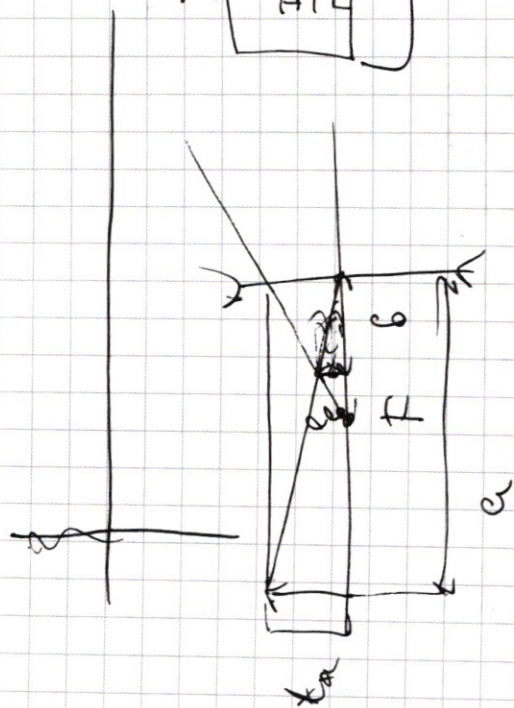
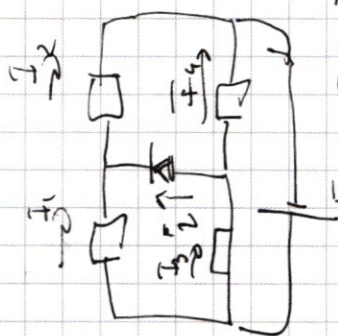
$$E = I_3 R_3 + I_4 R_4$$

$$E = I_1 R_1 + I_2 R_2$$

$$I_2 R_2 + U_0 = I_4 R_4$$

$$I_3 - I_4 = I$$

$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4$$



$$\frac{b}{a} = \frac{b}{b} \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{b}{a} = \frac{b}{a} = \frac{b}{a}$$

$$b = \frac{a}{a+f} \Rightarrow \frac{\partial b}{\partial t} = \frac{f}{(a+f)^2} \cdot \frac{\partial a}{\partial t}$$

$$\frac{\partial b}{\partial t} = -\frac{f a}{(a+f)^2}$$

$$v = \sqrt{\left(\frac{\partial b}{\partial t}\right)^2 + \left(\frac{\partial b}{\partial t}\right)^2}$$

$$\frac{\partial b}{\partial t} = \frac{f a}{(a+f)^2}$$

$$\frac{\partial b}{\partial t} = \frac{f a}{(a+f)^2}$$

$$\frac{f a}{(a+f)^2} \sqrt{b^2 + f^2}$$

$$\frac{b}{a} = \frac{b}{a}$$

$$\begin{cases} E - \varphi_2 = I_3 R_3 \\ \varphi_2 = I_4 R_4 \\ E - \varphi_1 = I_1 R_1 \\ \varphi_1 = I_2 R_2 \\ I_2 - I_1 = I_3 - I_4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} E = I_3 R_3 + I_4 R_4 \\ E = I_1 R_1 + I_2 R_2 \\ I_4 R_4 = I_2 R_2 + U_0 \\ I_2 - I_1 = I_3 - I_4 \end{cases}$$

$$I_4 = I_2 \frac{R_2}{R_4} + \frac{U_0}{R_4}$$

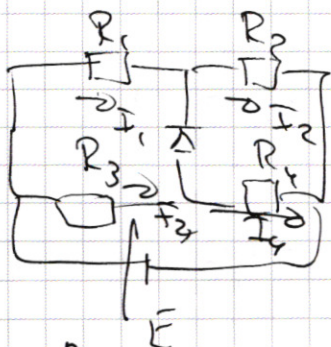
$$I_1 = \frac{E - I_2 R_2}{R_1}$$

$$I_3 = \frac{E - I_4 R_4}{R_3}$$

$$I_4 \xrightarrow{I_2} \quad I_3 - I_4 = \frac{E}{R_3} - I_4 \frac{R_4}{R_3} - I_4 =$$

$$\frac{E}{R_3} - I_4 \frac{R_4 + R_3}{R_3} = \frac{E}{R_1} - I_2 \frac{R_2 + R_1}{R_1} =$$

$$E \left(\frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_1} \right) = I_4 \left(\frac{R_2}{R_4} + \frac{U_0}{R_4} \right) \left(\frac{R_4 + R_3}{R_3} \right)$$



$$I_4 = I_2$$

$$I_3 = \frac{E - I_4 R_4}{R_3}$$

$$I_3 = I_1 = I_4 = I_2$$

$$I_1 = \frac{R_3 I_3 + U_0}{R_1}$$

$$I_3 R_3 + I_2 R_2 \quad I_1 + I_3 = I_2 + I_4$$

$$E = I_1 R_1 + I_2 R_2$$

$$E = I_3 R_3 + I_4 R_4$$

$$I_3 R_3 + U_0 = I_1 R_1$$

$$-I_4 R_4 + U_0 = I_2 R_2$$

$$I_3 - I_4 = 0$$

$$I_4 = \frac{E - I_3 R_3}{R_4}$$

$$I_2 = \frac{-E + I_3 R_3 + U_0}{R_2}$$