

Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-05

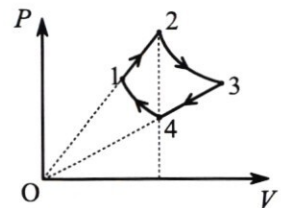
Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложения бланка задания не принимаются.

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 раза, а модули ускорений равны.

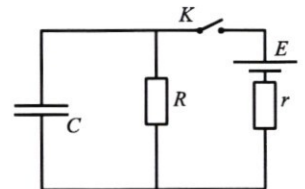
- 1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
- 2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
- 3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

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 давление увеличивается в $k = 2$ 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.

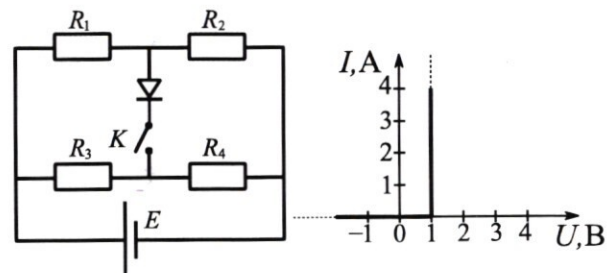
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.



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

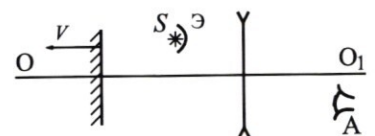
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 10$ В, $R_2 = 12$ Ом, $R_3 = 8$ Ом, $R_4 = 2$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

- 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 $P_D = 1,25$ 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 $F/2$ 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

Задача 2.

Дано: 1 атом,

T_1 , $k=2$.

1-2 $p \sim V$

2-3 $T = \text{const}$

3-4 $p \sim V$

4-1 $T = \text{const}$

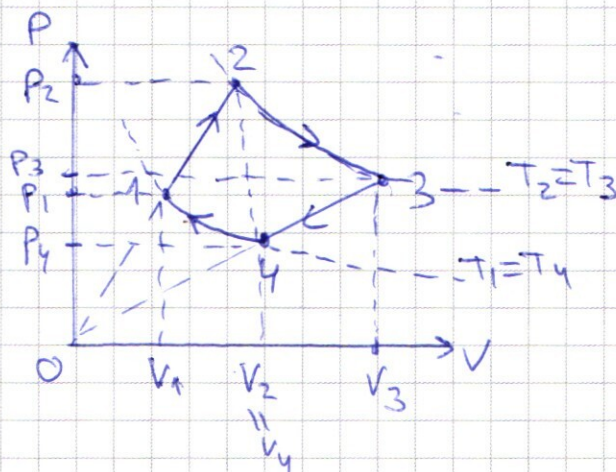
$V_2 = V_4$

Найти: T_2 ?

P_3/P_1 ?

C_{12} ?

Решение:



1-2: $p \sim V$ — упр-е прямог

$$\alpha = \frac{p}{V} = \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \quad \left. \vphantom{\frac{P_1}{V_1}} \right\} \Rightarrow V_2 = 2V_1$$

$$k = 2 = \frac{P_2}{P_1}$$

$$\begin{cases} P_1 V_1 = \nu R T_1 & (\text{Ур-е М-К}) \\ P_2 V_2 = 4 P_1 V_1 = \nu R T_2 \Rightarrow T_2 = 4 T_1 \end{cases}$$

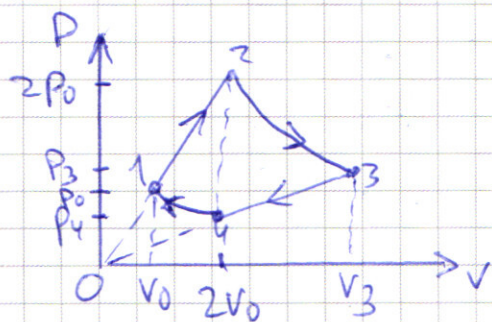
$$T_2 = T_3 \Rightarrow P_2 V_2 = \nu R T_2 = P_3 V_3 = \nu R T_3 \quad (\text{З.Б-М})$$

$$T_1 = T_4 \Rightarrow P_1 V_1 = \nu R T_1 = P_4 V_4 = \nu R T_4 \quad (\text{З.Б-М})$$

3-4: $p \sim V$ — упр-е прямог

$$\beta = \frac{p}{V} = \frac{P_3}{V_3} = \frac{P_4}{V_4}$$

Обозначим $p_1 = p_0$ и $V_1 = V_0$, тогда $p_2 = 2p_0, V_2 = V_4 = 2V_0$



$$\frac{p_4}{2V_0} = \frac{p_3}{V_3} \quad \text{из упр-я прямих}$$

$$2p_4 V_0 = p_0 V_0 \quad \text{З.Б.-М.}$$

$$\Downarrow 2p_4 = p_0$$

$$p_3 V_3 = 4p_0 V_0 \quad \text{З.Б.-М.}$$

$$\frac{p_3 V_3}{2p_4 V_0} = \frac{4p_0 V_0}{p_0 V_0} = 4 \Rightarrow V_3 = \frac{8p_4 V_0}{p_3}$$

$$\frac{p_4}{2V_0} = \frac{p_3}{V_3} = \frac{p_3^2}{8p_4 V_0} \quad p_3^2 = \frac{8p_4^2 V_0}{2V_0} = 4p_4^2$$

$$\text{Т.к. } p_4 > 0 \text{ и } p_3 > 0 \quad p_3 = 2p_4 = p_0$$

Получаем $p_3/p_1 = 1$.

$$dU = \frac{3}{2} R dT, \quad dA = p dV$$

$$C_{12} = \frac{dQ_{12}}{dT} = \frac{dU_{12} + dA}{dT} = \frac{3}{2} R + \frac{dA}{dT}$$

$$pV = RT \quad p = \frac{p_0}{V_0} \cdot V \quad \text{упр-е прямих.}$$

$$V^2 \frac{p_0}{V_0} = RT \quad T = \frac{p_0}{V_0 R} \cdot V^2 \Rightarrow dT = \frac{p_0}{V_0 R} \cdot 2V dV$$

$$p dV = \frac{p_0}{V_0} \cdot V dV = dA$$

$$\frac{dA}{dT} = \frac{\frac{p_0}{V_0} \cdot V dV}{\frac{p_0}{V_0 R} \cdot 2V dV} = R/2$$

Ответ: $T_2 = 4T_1, \quad p_3/p_1 = 1, \quad C_{12} = 2R$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4. Дано:

$$\mathcal{E}, R_1, C, E = R$$

$$\mathcal{E} = 10 \text{ В} \quad R_2 = 120 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 80 \text{ Ом} \quad R_4 = 20 \text{ Ом}$$

$$U_0 = 1 \text{ В} \quad P_0 = 1,25 \text{ Вт}$$

Найти: I_H ?

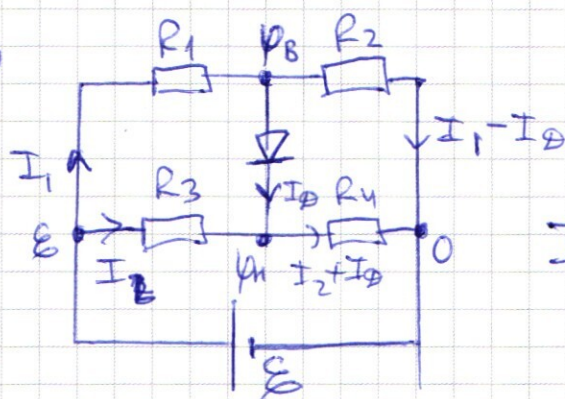
R_{1K} - ?

R_{1P} - ?

Решение:

1) II З. Кирхгофа при разомкнутом ключе:

$$\mathcal{E} = I_H (R_3 + R_4) \Rightarrow I_H = \frac{\mathcal{E}}{R_3 + R_4} = 1 \text{ А}$$



$$I_0 = 4 \text{ А}$$

из ВАХ

$$\begin{cases} \mathcal{E} = I_2 R_3 + (I_2 + I_0) R_4 \\ I_1 R_1 + U_0 = I_2 R_3 \\ I_2 R_3 + I_2 U_0 + (I_2 + I_0) R_4 = (I_1 - I_0) R_2 \end{cases}$$

$$I_2 = \frac{\mathcal{E} - I_0 R_4}{R_3 + R_4} = 0,2 \text{ А}$$

$$I_1 = \frac{U_0 + (I_2 + I_0) R_4}{R_2} + I_0 = \frac{287}{60} \text{ А}$$

$$\varphi_B - 0 = I_1 \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2} \cdot R_2$$

$$\varphi_H = 0 = \frac{\mathcal{E}}{R_3 + R_4} \cdot R_4$$

$\varphi_B - \varphi_H \geq U_0$ - условие протекания тока через диод.

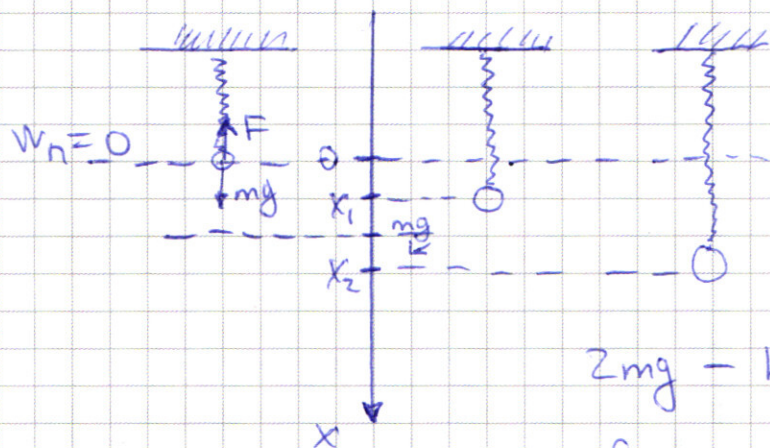
$$\frac{\mathcal{E} R_2}{R_1 + R_2} \geq \frac{\mathcal{E} R_4}{R_3 + R_4} + U_0 = 3 \text{ В}$$

$$10 R_2 \geq 3 R_1 + 3 R_2$$

$$R_1 \leq \frac{7 R_2}{3} = 28 \text{ Ом}$$

Задача 1. ~~Задача 1.~~

II 3. И:



$$\begin{cases} mg - kx_1 = ma \\ mg - kx_2 = -ma \\ kx_2 = 2kx_1 \end{cases}$$

$$2mg - k(x_1 + x_2) = 0$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 = \frac{2mg}{k} \\ x_2 = 2x_1 \end{cases}$$

Итого,

$$x_1 = \frac{2mg}{3k}, x_2 = \frac{4mg}{3k}$$

$$a = g - \frac{k}{m} x_1 = g - \frac{k}{m} \cdot \frac{2mg}{3k} = \frac{1}{3}g$$

$$0 = \frac{kx_1^2}{2} - mgx_1 + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{kx_2^2}{2} - mgx_2 + \frac{mv_2^2}{2}$$

$$\frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{\frac{mv_2^2}{2}}{\frac{mv_1^2}{2}} = \frac{mgx_2 - \frac{kx_2^2}{2}}{mgx_1 - \frac{kx_1^2}{2}} \quad \text{и } x_1 = \frac{2mg}{3k}, x_2 = \frac{4mg}{3k}$$

Итого: $\frac{E_{k2}}{E_{k1}} = 1$

$E_{кин} \rightarrow \max$ при $V \rightarrow \max \Rightarrow a = 0 \Rightarrow \text{пол. равн.}$

$$E_{k\max} = \frac{mv_{\max}^2}{2}$$

$$0 = \frac{kx_p^2}{2} - mgx_p + \frac{mv_{\max}^2}{2}$$

$$x_p = \frac{mg}{k} \quad (\text{т.к. } 0 = mg - kx_p \text{ II 3. И.})$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$mg - kx = m\ddot{x} \Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{m} \left(x - g \frac{m}{k}\right) = 0 \quad \left\{ z = x - \frac{mg}{k} \right.$$

$$\ddot{z} + \frac{k}{m} z = 0 \quad z = A \cos \omega t + B \sin \omega t$$

$$\dot{z} = -A\omega \sin \omega t + B\omega \cos \omega t$$

$$z(0) = -\frac{mg}{k} = A \quad \dot{z}(0) = B\omega = 0, \omega \neq 0 \Rightarrow B = 0$$

$$x = \frac{mg}{k} (1 - \cos \omega t)$$

т.е. колеблется вокруг

положения равновесия с амплитудой $\frac{mg}{k}$

$$X_m = 2 \frac{mg}{k}$$

$$\frac{k X_m^2}{2} = E_{pm} = \frac{k}{2} \cdot 4 \frac{m^2 g^2}{k^2} = \frac{2m^2 g^2}{k}$$

$$\frac{E_{pm}}{E_{kmax}} = 4$$

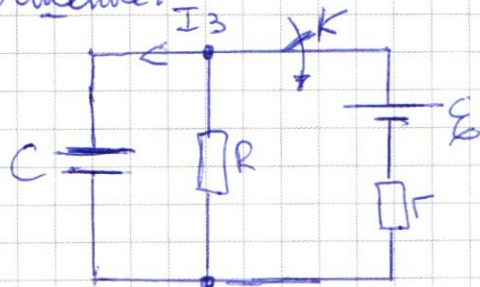
Ответ: $a = g/3$

$$E_{k2}/E_{k1} = 1$$

$$E_{pm}/E_{kmax} = 4$$

③ Дано:
 $\mathcal{E}; R; C; r = R$

Решение:



$$I_3 = \frac{\mathcal{E}}{R+r} = \frac{\mathcal{E}}{2R}$$

Найти: I_3 ?, I_R ?,
 Q ?

$$\frac{dW}{dt} \rightarrow \max$$

$$\frac{d\left(\frac{q^2}{2C}\right)}{dt} = \frac{1}{2C} \cdot 2q \cdot \dot{q} = \frac{q I_C}{C} = U_C I_C$$

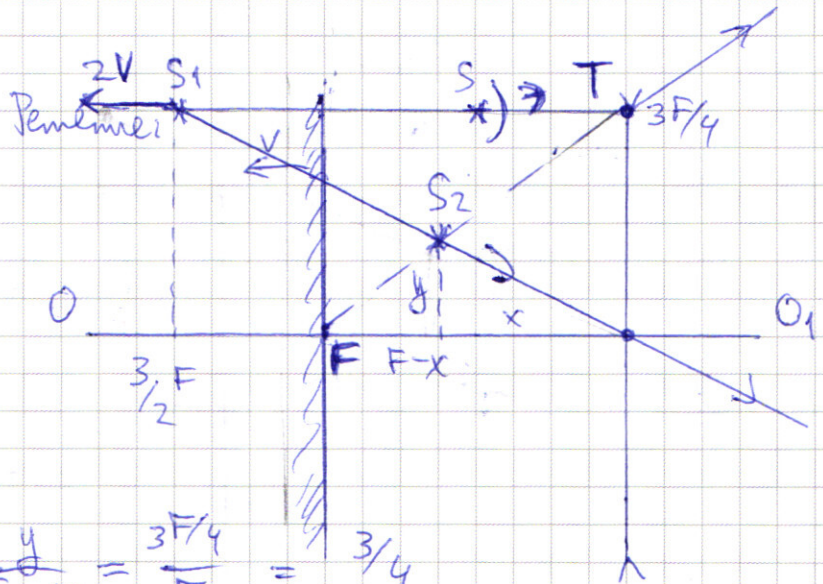
$$\forall t: U_C = U_R$$

$$Q = \int_0^{\infty} I^2 R dt = \frac{C U_{co}^2}{2} \quad (\text{конгенератор наводнения})$$

Antwort: $I_3 = \frac{U_0}{2R}$

⑩ Zagora 5. Lano:
F ; V

Karsten: y-? x-?
u-?



из погодных Δ -ков:

$$\frac{y}{x} = \frac{1}{2} = \frac{3F/4}{3F/2}$$

$$\frac{y}{F-x} = \frac{3/4}{F} = \frac{3}{4}$$

$$\Rightarrow x = 2y$$

$$\Rightarrow 4y = 3F - 3x$$

$$\left. \begin{array}{l} 4y = 3F - 3x \\ x = 2y \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$X = 0,6 F$$

$$\eta = \frac{F}{d} = \frac{0,6F}{1,5F} = \frac{2}{5}$$

$$y = 0,3F$$

Продолж. формулы того же типа

поиграем: -2

$$\Gamma^2 = \frac{U_{\text{Oth}}}{V_{\text{Oth}}} = \frac{U}{2V}$$

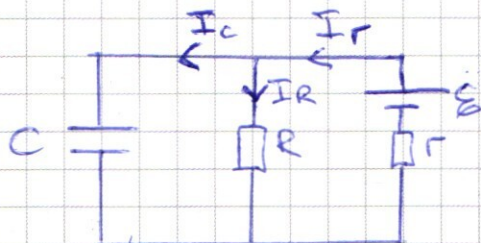
$$u = 2V - \sqrt{2} = 2V - \frac{4}{5} = \frac{8}{5} V.$$

$$\cancel{F} - \frac{1}{F} = -\frac{1}{f} + \frac{1}{d} \quad x=f = \frac{dF}{d+F} = \frac{15F^2}{2,5F} = \frac{3}{5}F = 0,6F$$

$t_{g2} = \frac{y}{F-x} = 3/4$, т.е. изобразиме график
по графу TF Опред.: $y = 0,3F$; $t_{g2} = 3/4$; $u = 1,6V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\mathcal{E}, R, C, r = R$$



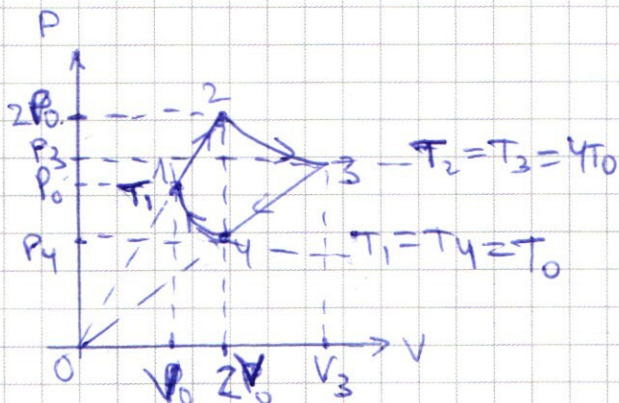
$$CU_C = I_r R \quad \frac{I_r I}{RC} \rightarrow \max$$

$$U_C = \frac{I_r R}{C} \quad I \frac{dq}{dt} + q \frac{dI}{dt} = 0$$

$$\frac{d\left(\frac{CU_C^2}{2}\right)}{dt} \rightarrow \max$$

$$\frac{d\left(\frac{q^2}{2C}\right)}{dt} \rightarrow \max$$

(2.)



$$\text{Дано: } T_1, f = 3$$

$$k = 2$$

$$V_2 = V_4$$

$$U_C + I_0 r = \mathcal{E}$$

$$\frac{P_4}{2V_0} = \frac{P_3}{V_3}$$

$$P_3 V_3 = 4 P_0 V_0$$

$$2 P_4 V_0 = P_0 V_0$$

$$\frac{P_3}{P_0} = ?$$

$$\frac{P_3 V_3}{2 P_4 V_0} = 4$$

$$U_C = \frac{\mathcal{E} - I_0 r}{1}$$

$$\frac{P_4}{2V_0} = \frac{P_3^2}{8 P_4 V_0}$$

$$V_3 = \frac{8 P_4 V_0}{P_3}$$

$$4 P_4^2 = P_3^2$$

$$2 P_4 = P_3$$

$$\frac{P_3}{P_0} = 1$$

$$\left(\frac{1}{x}\right)' = -\frac{1}{x^2}$$

$$0 = + \frac{f'}{f^2} - \frac{d'}{d^2} \quad r^2 = \frac{U}{V}$$

$$C_{12} = \frac{dQ}{dT} = \frac{dU + dA_{12}}{dT} = \frac{d\left(\frac{3}{2} RT\right) + PdV}{dT}$$

$$C_{12} = \frac{3}{2} R + \frac{PdV}{dT}$$

$$PV = RT$$

$$P = V_0 \frac{P_0}{V_0}$$

$$V^2 \frac{P_0}{V_0} = RT$$

$$V^2 \frac{P_0}{V_0 RT} = T$$

$$dT = \frac{P_0}{V_0 RT} dV^2 = \frac{P_0}{V_0 RT} \cdot 2V dV$$

$$d p(x) = p'(x) dx$$

$$d V^2 = (V^2)' dV$$

$$R_1 =$$

$$C_{12} = \frac{3}{2} R + \frac{\frac{P_0}{V_0} \cdot V dV}{R \frac{P_0}{V_0 RT} \cdot 2V dV} = \frac{P_0}{V_0 RT} \cdot 2R$$

$$R_1 = \frac{36}{287}$$

$$R_1 \frac{287}{60} = \frac{36}{60}$$

$$PV^{-1} = \text{const}$$

$$-1 = \frac{C - C_p}{C - C_v}$$

$$\frac{287}{60} R_1 + 1 = 1,6$$

$$C_v - C = C - C_p$$

$$\frac{C_v + C_p}{2} = C = \frac{\frac{3}{2}R + \frac{5}{2}R}{2} = 2R$$

$$\frac{9,4}{12}$$

$$\mathcal{E} = I_2(R_3 + R_4) + I_0 R_4$$

$$\frac{1}{5} + \frac{20}{5} = \frac{21}{5}$$

$$I_2 = \frac{\mathcal{E} - I_0 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{10 - 4 \cdot 2}{8 + 2}$$

$$\frac{47}{60} + 4$$

$$I_2 = 0,2 A$$

$$\frac{9,4}{12}$$

$$\frac{1 + 4,2 \cdot 2}{12} + 4$$

$$I_1 =$$

$$\frac{U_0 + (I_2 + I_0) R_4}{R_2} + I_0 =$$

$$\frac{47}{60} + \frac{4,40}{60}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$U_0 + \varepsilon - \frac{I_1 R_1 (R_3 + R_4)}{R_3} - \frac{U_0 (R_3 + R_4)}{R_3} + \frac{I_1 R_1 R_4}{R_3} + \frac{U_0 R_4}{R_3} =$$

$$= I_1 R_2 - \frac{\varepsilon R_2}{R_4} - \frac{I_1 R_1 (R_3 + R_4) R_2}{R_3 R_4} - \frac{U_0 (R_3 + R_4) R_2}{R_3 R_4}$$

$$R_3 = 80 \text{ м}$$

$$R_2 = 120 \text{ м}$$

$$R_4 = 20 \text{ м}$$

$$\frac{R_3 + R_4}{R_3 R_4} = \frac{10}{16} = \frac{5}{8}$$

$$1 + 10 - I_1 R_1 \cdot \frac{10}{16} \cdot 2 - 1 \cdot \frac{10}{16} \cdot 2 + I_1 R_1 \cdot \frac{2}{8} + \frac{1 \cdot 2}{8} =$$

$$= I_1 \cdot 12 - \frac{10 \cdot 12}{2} - I_1 R_1 \cdot \frac{10}{16} \cdot 12 - 1 \cdot \frac{10}{16} \cdot 12$$

$$(11 - \frac{5}{4} I_1 R_1 - \frac{5}{4}) + I_1 R_1 \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = 12 I_1 - 60 - \frac{30}{4} I_1 R_1 - \frac{15}{2}$$

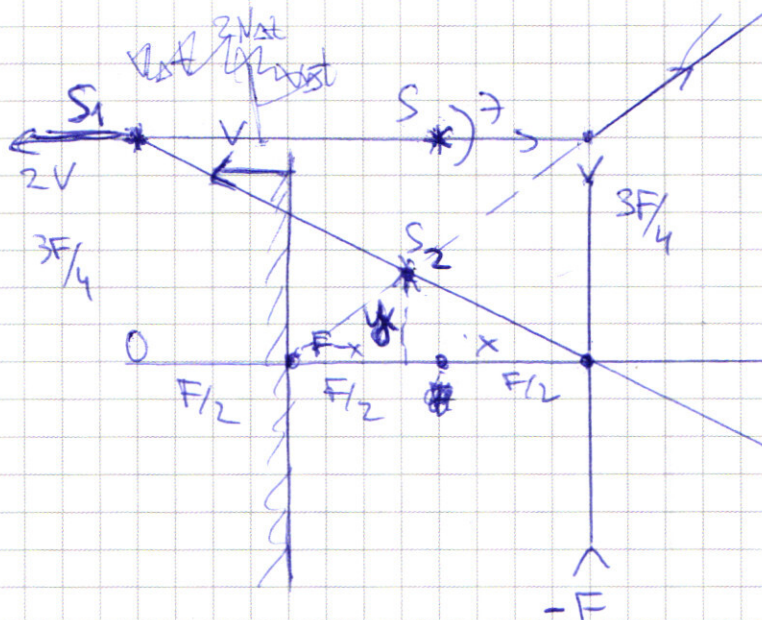
$$11 - \frac{5}{4} + \frac{1}{4} + 60 + \frac{30}{4} = 12 I_1 - \frac{30}{4} I_1 R_1 - \frac{1}{4} I_1 R_1 + \frac{5}{4} I_1 R_1$$

$$44 - 5 + 1 + 240 + 30 = 48 I_1 - 30 I_1 R_1 - I_1 R_1 + 5 I_1 R_1$$

$$310 = 48 I_1 - 26 I_1 R_1$$

$$I_1 = \frac{310}{48 - 26 R_1} = \frac{155}{24 - 13 R_1} > 0$$

$$R_1 \neq \frac{24}{13}$$



$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = mg \frac{mg}{k} - \frac{1}{2} \frac{mg^2}{k}$$

$$mv_{\max} = \frac{m^2 g^2}{2k}$$

$$p=0 = \frac{\varepsilon R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\varepsilon - p + p - 0 = 0$$

$$\varepsilon - \frac{\varepsilon R_2}{R_1 + R_2} = \frac{\varepsilon R_1}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{u}{F-x} = \frac{3F/4}{F} = \frac{3}{4}$$

$$4y = 3F - 6y$$

$$y = 0,3F$$

$$x = 0,6F$$

$$\varepsilon - \frac{\varepsilon R_4}{R_3 + R_4} = \frac{\varepsilon R_3}{R_3 + R_4}$$

$$\frac{\frac{3F}{4}}{\frac{3}{2}F} = \frac{1}{2} = \frac{y}{x}$$

$$x = 2y$$

$$\frac{\varepsilon R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow \frac{\varepsilon R_4}{R_3 + R_4} \Rightarrow u_0$$

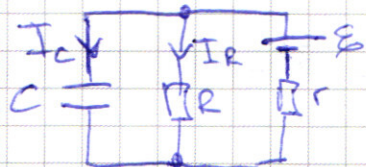
$$\Gamma = \frac{u}{v} = \frac{f}{d} = \frac{6}{15} = \frac{2}{5}$$

$$f = 0,6F$$

$$10R_2 \geq 3R_1 + 3R_2$$

$$d = 1,5F \frac{\varepsilon R_1}{R_1 + R_2} = 10 \frac{2}{10} \geq 1$$

$$u = 0,4V$$



$$u_c = I_r \cdot R$$

$$10R_1 \geq 9R_1 + 9R_2$$

$$R_1 \geq 9R_2$$

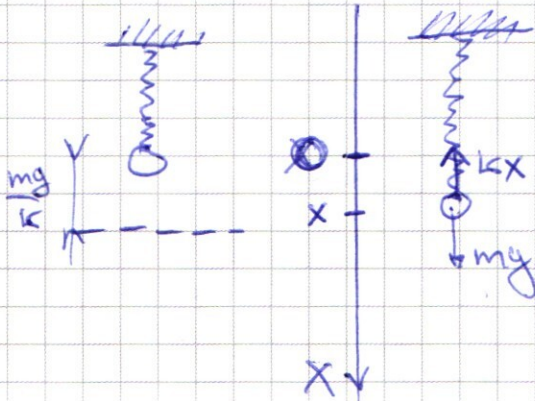
$$C \frac{dI_c}{dt} = \frac{dC u_c}{dt} = C \frac{d u_c}{dt} = C R \frac{d I_r}{dt}$$

$$\frac{\frac{4}{3} - \frac{1}{2} \left(\frac{4}{3} \right)^2}{\frac{2}{3} - \frac{1}{2} \left(\frac{2}{3} \right)^2} = \frac{\frac{12}{9} - \frac{16}{9}}{\frac{6}{9} - \frac{2}{9}} = \frac{8/9}{4/9} = \frac{2}{1}$$

$$\frac{mg \cdot \frac{4mg}{3k} - \frac{16mg^2}{9k}}{mg \cdot \frac{2mg}{3k} - \frac{4mg^2}{9k}} = \frac{4/9}{2/9} = \frac{2}{1}$$

$$\frac{\frac{12}{9} - \frac{8}{9}}{\frac{6}{9} - \frac{2}{9}} = \frac{4/9}{4/9} = 1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0$$

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

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x - g = 0$$

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

$$\sin' x = \cos x$$

$$\cos' x = -\sin x$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{m} \left(x - g \frac{m}{k} \right) = 0$$

$$\frac{k}{m} = \omega^2 \quad \frac{1}{\omega} = \sqrt{\frac{m}{k}}$$



$$\frac{m}{k} (N/c^2)$$

$$\frac{F}{F/x} = \frac{F}{x}$$

$$z = A \cos \omega t + B \sin \omega t$$

$$\dot{z} = -A\omega \sin \omega t + B\omega \cos \omega t$$

$$z(0) = -\frac{mg}{k} = A$$

$$\dot{z}(0) = B\omega = 0 \quad B = 0$$

$$z = -\frac{mg}{k} \cos \omega t = \left(x - \frac{mg}{k} \right)$$

$$x = \frac{mg}{k} (1 - \cos \omega t)$$

$$mg - kx_1 = ma$$

$$mg - kx_2 = -ma$$

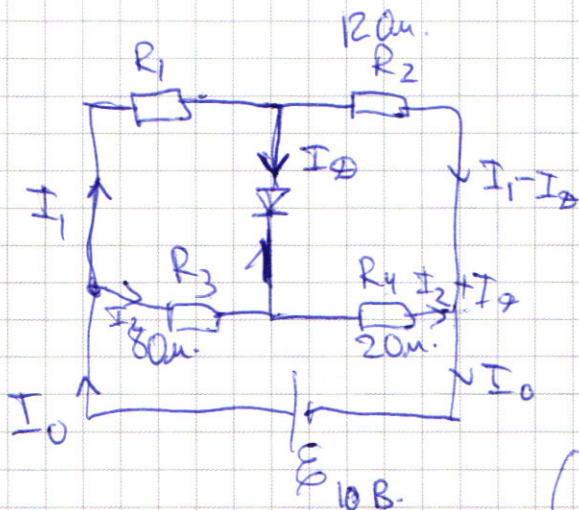
$$x_1 = x_2$$

$$2mg - k(x_1 + x_2) = 0$$

$$x_1 + x_2 = \frac{2mg}{k}$$

$$kx_2 - kx_1 = 2ma$$

$$kx_2 = 2kx_1$$



$$\varepsilon = I_2(R_3 + R_4)$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_3 + R_4} = \frac{10B}{100m} = 1A$$

$$\begin{cases} I_1 R_1 + U_0 = I_2 R_3 \\ U_0 + (I_2 + I_2) R_4 = (I_1 - I_2) R_2 \\ I_2 R_3 + (I_2 + I_2) R_4 = \varepsilon \end{cases}$$

$$I_2 = \frac{I_1 R_1 + U_0}{R_3}$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon R_3 - (I_1 R_1 + U_0)(R_3 + R_4)}{R_3 R_4}$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon - \frac{I_1 R_1 + U_0}{R_3} (R_3 + R_4)}{R_4} = \frac{\varepsilon - \frac{I_1 R_1 + U_0}{R_3} R_3 - \frac{I_1 R_1 + U_0}{R_3} R_4}{R_4}$$

$$U_0 + \left(\frac{\varepsilon R_3 - (I_1 R_1 + U_0)(R_3 + R_4)}{R_3 R_4} \right) + \frac{I_1 R_1 + U_0}{R_3} R_4 =$$

$$= \left(I_1 - \frac{\varepsilon R_3 - (I_1 R_1 + U_0)(R_3 + R_4)}{R_3 R_4} \right) R_2$$

$$U_0 + \left(\frac{\varepsilon}{R_4} - \frac{I_1 R_1 + U_0}{R_3 R_4} (R_3 + R_4) \right) + \frac{I_1 R_1 + U_0}{R_3} R_4 =$$

$$= \left(I_1 - \frac{\varepsilon}{R_4} - \frac{I_1 R_1 + U_0}{R_3 R_4} (R_3 + R_4) \right) R_2$$