

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 11-05

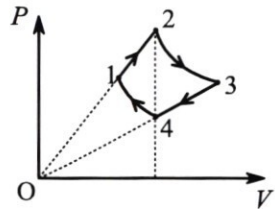
Класс 11

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 раза, а модули ускорений равны.

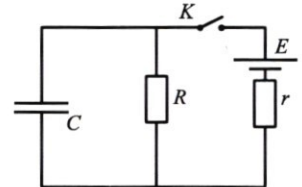
- 1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
- 2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
- 3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

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.



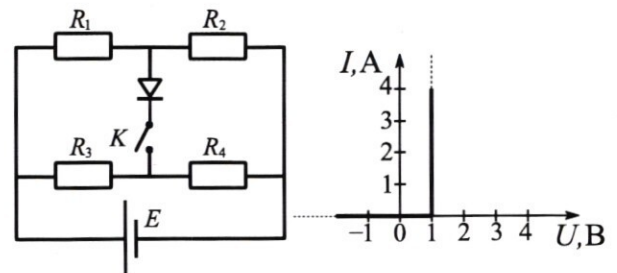
- 1) Найти температуру газа в процессе 2-3.
- 2) Найти отношение давлений в состояниях 1 и 3.
- 3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 1-2.

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.



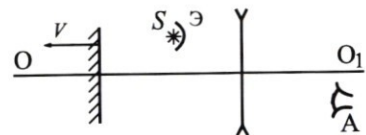
- 1) Найти ток, текущий через конденсатор, сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти ток, текущий через конденсатор, сразу после размыкания ключа.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

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?

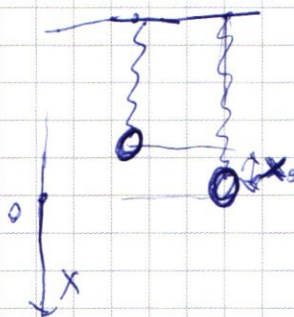
5. Оптическая система состоит из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $-F$ ($F > 0$), плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической 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 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

1.



$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\frac{kx}{k} = \frac{kx \cdot \omega^2}{\omega^2 \cdot k}$$

$$-x_0 = A \cdot \cos \varphi_0$$

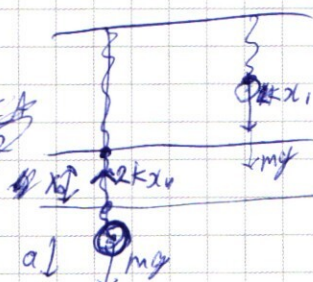
$$mg \Delta h = \frac{k(kx_0)^2}{2}$$

$$mgA = \frac{k}{2} \left(\frac{mg}{k} + A \right)^2 - \frac{k}{2} \left(\frac{mg}{k} \right)^2$$

$$mgA = \frac{k}{2} \left(A \right) \left(\frac{2mg}{k} + A \right)$$

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

$$mg = \frac{kx}{2}$$



$$mgA = \frac{m^2 g^2}{2k} + \frac{kA^2}{2} + mgA$$

$$ma = mg - kx_1 \quad | \Rightarrow 2mg = 3kx_1 \Rightarrow x_1 = \frac{2mg}{3k}$$

$$ma = 2kx_1 - mg$$

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

$$ma = mg + kx_1$$

$$ma = mg + 2kx_1$$

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

$$kx_1 + mg$$

$$ma = kx_1 + mg$$

$$ma = 2kx_1 - mg \quad | \Rightarrow kx_1 = 2mg$$

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

$$mg \left(2x_1 - \frac{mg}{k} \right) = \frac{k}{2} (2x_1)^2 - \frac{k}{2} x_0^2 + \frac{mv^2}{2} E_{k1}$$

$$mg \left(x_1 + \frac{mg}{k} \right) + \frac{k}{2} (x_1)^2 - \frac{k}{2} x_0^2 + \frac{mv^2}{2} E_{k2} = 0$$

$$E_{k1} = \frac{3m^2 g^2}{k} - \frac{8m^2 g^2}{k} = \frac{5m^2 g^2}{k}$$

$$E_{k2} =$$

$$2P_1 \cdot 2V_1 = P_3 \cdot V_3$$

$$\begin{array}{l} P_1 V_1 = 2RT_1 \\ 2 \cdot 2P_1 \cdot 2V_1 = 2RT_2 \end{array} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 4 \Rightarrow T_2 = 4T_1$$

$$\begin{array}{l} P = 2V \Rightarrow P_1 = 2V_1 \\ 2P_1 = 2V_2 \end{array} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 2 \Rightarrow V_2 = 2V_1$$

$$4P_1 V_1 = P_3 V_3 \Rightarrow 4P_1 V_1 = P_3 \cdot V_3$$

$$\begin{array}{l} P_3 V_3 = 2RT_2 \\ P_4 \cdot 2V_1 = 2RT_1 \end{array} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 4 = \frac{2 \cdot 4P_1 V_1}{P_4 \cdot 2V_1} = \frac{2P_1}{P_4} \Rightarrow P_4 = \frac{P_1}{2}$$

$$\begin{array}{l} \cancel{P_3} \cdot \frac{P_1}{2} \cdot 2V_1 \\ P_3 = 2, V_3 \\ P_4 = 2, 2V_1 \end{array} \Rightarrow \frac{P_4}{P_3} = \frac{2V_1}{V_3} = \frac{P_1}{2P_3} \Rightarrow \frac{P_1}{P_3} = \frac{4V_1}{V_3}$$

$$P_1 V_1 = 2RT_1$$

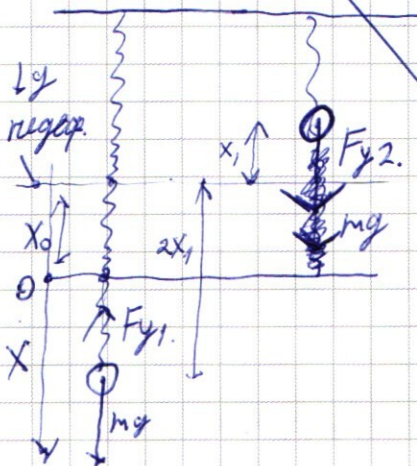
$$P_3 V_3 = 4 \cdot 2RT_1 \Rightarrow \frac{P_3}{P_1} = \frac{4V_1}{V_3} \quad \begin{array}{l} V_2 = 2V_1 \\ V_4 = 2V_1 \end{array}$$

$$2 \cdot \frac{3}{2} P_1 \cdot 2V_1 - \frac{3}{2} P_1 V_1 = \frac{3}{2} \cdot \frac{P_1}{2} \cdot 2V_1 - \frac{3}{2} P_3 V_3$$

$$\frac{2}{3} P_1 V_1 = -P_3 V_3$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:



$$\frac{F_{y1}}{F_{y2}} = 2$$

1) a - ?

2) $\frac{E_{k1}}{E_{k2}}$ - ?

3) $\frac{E_{k1, \max}}{E_{k2, \max}}$ - ?

Реш:

1) Модули ускорения с разницей F_{y1} могут быть равны по модулю, только когда противоположны. (см. рис.) на ОХ

Составим из 2 3-го Ньютона:

$$\begin{cases} ma = F_{y1} - mg & (\text{лев. рис.}) \\ ma = F_{y2} + mg & (\text{прав. рис.}) \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2mg = F_{y1} - F_{y2} = F_{y2}$$

$$F_{y2} = kx_1, x_1 - \text{удл. пружины.}$$

$$\Rightarrow x_1 = \frac{2mg}{k}$$

$$\Rightarrow ma = mg + 2mg = 3mg \Rightarrow a = 3g$$

2) Запишем сл. из 3-х (усл. равн. и закон сохранения энергии):

$$mg(2x_1 - x_0) + \frac{kx_0^2}{2} = \frac{k}{2} \cdot 4x_1^2 + E_{k1} \quad (\text{левый рис.})$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{kx_0^2}{2} &= mg(x_1 + x_0) + \frac{kx_1^2}{2} + E_{k2} \quad (\text{прав. рис.}) \end{aligned} \right.$$

$$\Rightarrow E_{k1} = mg(2x_1 - x_0) + \frac{k}{2}(x_0^2 - 4x_1^2) \quad E_{k2} = \frac{k}{2}(x_0^2 - x_1^2) - mg(x_1 + x_0)$$

Из уст. равновесия: $kx_0 = mg \Rightarrow x_0 = \frac{mg}{k}$

$$\Rightarrow E_{k1} = mg \left(\frac{3mg}{k} \right) + \frac{k}{2} \left(\frac{16m^2g^2}{k^2} - \frac{16m^2g^2}{k^2} \right) = \frac{3m^2g^2}{k} - \frac{1,5m^2g^2}{k} =$$

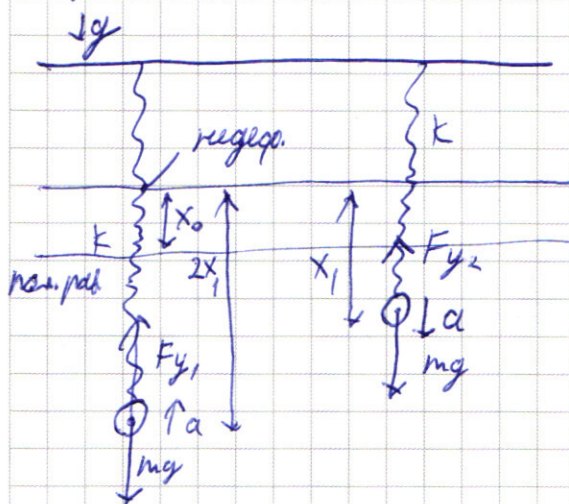
$$= \frac{1,5m^2g^2}{k}$$

2) Запишем сл. из 3(7) (маленький дифф. пр. и малые данные):

$$mg2x_1 = 2kx_1^2 + E_{k1} \quad (\text{для пр.})$$

1.

Дано:



$$\frac{F_{y1}}{F_{y2}} = 2;$$

1) $a = ?$

2) $\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = ?$

3) $\frac{E_{пр. max}}{E_{к. max}} = ?$

Реш:

Запишем для 2 ситуаций следств. из 2-го 3-го Ньютона на ось вдоль вертикали:

$$\begin{cases} ma = mg - F_{y2} & (\text{пр. справа}) \\ ma = F_{y1} - mg & (\text{пр. слева}) \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2mg = F_{y2} + F_{y1}$$

$$F_{y1} = 2F_{y2} \Rightarrow 2mg = 3F_{y2}$$

$$F_{y2} = kx_1 \Rightarrow kx_1 = \frac{2}{3}mg$$

$$\Rightarrow x_1 = \frac{2mg}{3k} \Rightarrow a = g - \frac{2}{3}g = \frac{g}{3}$$

2) Запишем следств. из 3(7) (маленький дифф. пр. и малые данные):

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1 - продолжение

$$\begin{aligned} \text{рис. слева: } mg2x_1 &= \frac{k}{2} 4x_1^2 + E_{k1} \\ \text{рис. справа: } mgx_1 &= \frac{k}{2} x_1^2 + E_{k2} \end{aligned} \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{2mgx_1 - 2kx_1^2}{mgx_1 - \frac{kx_1^2}{2}} \quad \Rightarrow$$

$$x_1 = \frac{2mg}{3k}$$

$$\Rightarrow \frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{\frac{4m^2g^2}{3k} - \frac{2k \cdot 4m^2g^2}{9k^2}}{\frac{2m^2g^2}{3k} - \frac{k \cdot 4m^2g^2}{2 \cdot 9k^2}} = \frac{\frac{4}{9} \frac{m^2g^2}{k}}{\frac{4}{9} \frac{m^2g^2}{k}} = 1 \Rightarrow E_{k1} = E_{k2}$$

3) Пусть x_2 - макс. удлин. пружины $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \text{из 3(7) сл. } kx_2 = mg \Rightarrow x_2 = \frac{2mg}{k}$$

$$\Rightarrow E_{\text{упр. max}} = \frac{\frac{k}{2} 4m^2g^2}{k} = \frac{2m^2g^2}{k}$$

Макс. E_k будет при прохождении полож. равновесия $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \text{сл. из 3(7): } mgx_0 = \frac{kx_0^2}{2} + E_{k \text{ max}}$$

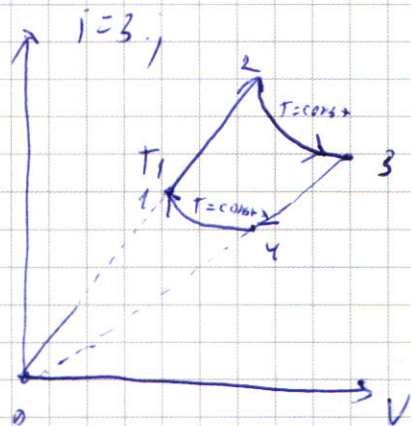
$$\text{из усл. равновесия: } mg = kx_0 \Rightarrow x_0 = \frac{mg}{k} \Rightarrow E_{k \text{ max}} = \frac{m^2g^2}{2k}$$

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

$$\Rightarrow \text{Ответ: } 1) \alpha = \frac{g}{3}, 2) \frac{E_{k1}}{E_{k2}} = 1; 3) \frac{E_{\text{пр. max}}}{E_{k \text{ max}}} = 4$$

№2.

Дано:



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

$$V_2 = V_4;$$

$$1) T_2 = T_3 - ?$$

$$2) \frac{P_1}{P_3} - ?$$

$$3) C_{\alpha} - ?$$

Реш:

1) Запишем ур. сост. ит. газ:

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$\frac{P_2}{P_1} = k = 2; \frac{P_2}{V_2} = \frac{P_1}{V_1} \text{ (пр. пропорц.)}$$

$$\Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{4 P_1 V_1}{P_1 V_1} = 4 \Rightarrow T_2 = 4 T_1$$

$$2) \text{т.к. } 2-3 - \text{изотерма} \Rightarrow P_2 V_2 = P_3 V_3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4 P_1 V_1 = P_3 V_3 \Rightarrow \frac{P_1}{P_3} = \frac{V_3}{4 V_1}$$

$$P_4 V_4 = \nu R T_1 = P_1 V_1; V_4 = V_2 = 2 V_1$$

$$\Rightarrow P_4 \cdot 2 V_1 = P_1 V_1 \Rightarrow P_4 = \frac{P_1}{2}$$

$$\text{т.к. } 3-4 - \text{пр. пропорц.} \Rightarrow \frac{P_4}{V_4} = \frac{P_3}{V_3} \Rightarrow \frac{P_1}{2 \cdot 2 V_1} = \frac{P_3}{V_3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_3} = \frac{4 V_1}{V_3} = \frac{V_3}{4 V_1} \Rightarrow 4 V_1 = V_3 \Rightarrow \frac{P_1}{P_3} = \frac{V_3}{V_3} = 1 \Rightarrow P_1 = P_3$$

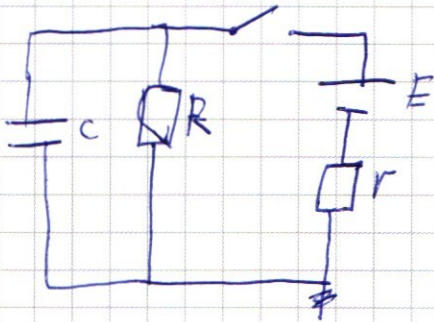
$$3) C_{\alpha} = \frac{\Delta Q_{12}}{2 \Delta T_{12}}; \Delta Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}; \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.

Дано:

$$r = R;$$



1) I_0 найти?

2) I_{max} найти?

3) Q -?

Реш:

$$(т.к. U = \frac{q}{C} = 0 \Rightarrow IR \Rightarrow I = 0)$$

1) Сразу после замыкания тока не идет
через $R \Rightarrow I_0 = \frac{E}{\frac{r}{2}} = \frac{E}{\frac{R}{2}} = \frac{2E}{R}$

$$2) E_k = \frac{q^2(t)}{2C}$$

$$\Rightarrow P_k = \frac{2q}{2C} \cdot I(t)$$

$$P_{\text{max}} \rightarrow \max \Rightarrow P'_k(t) = 0 = \frac{q}{C} \cdot \frac{dI}{dt} \Rightarrow I \rightarrow \max \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_{\text{общ}} \rightarrow \min \Rightarrow I_{\text{max}} = \frac{E^2}{R} = \frac{2E}{R}$$

$$\Rightarrow P_{\text{max}} = \frac{2E}{R}$$

~~$$I_1 = \frac{2E}{R} \Rightarrow P_k = \frac{2qE}{RC} \Rightarrow E_k = \frac{2E}{RC} \cdot \int$$~~

$$\frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow I \rightarrow \max \Rightarrow I_2 = 0 \Rightarrow I_2 = \frac{2E}{R}$$

№5.

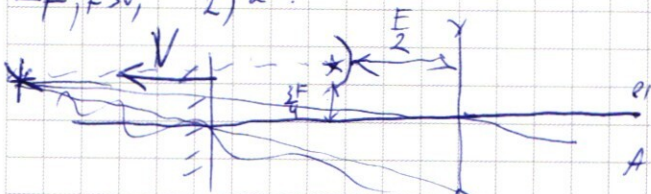
Реш:

1) Для накл. ~~свобод~~ источник
за $U_{\text{контр.}}$
повернется ~~взвешивая~~ симметрично

$$\Rightarrow \frac{1}{-f} = \frac{1}{f} - \frac{1}{f} \Rightarrow$$

Дано:

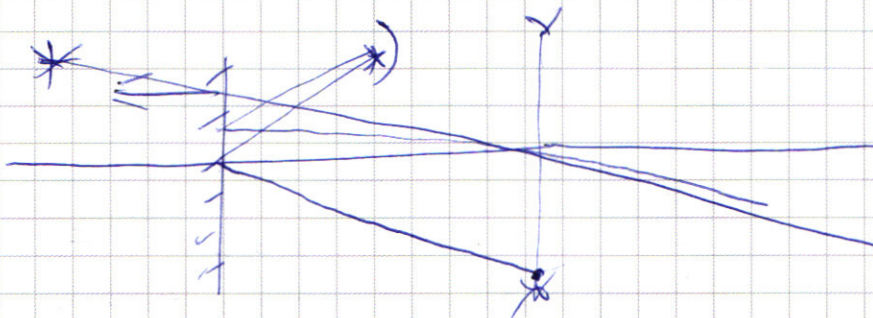
1) f -? 3) u -?
2) u -?
 $-F, F > 0;$



$$\frac{1}{F} = -\frac{1}{F} - \frac{1}{f} \Rightarrow f=0 \Rightarrow \text{изобр. м.о.д.} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1.2}{3F} - \frac{1}{f} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f = 0,6F$$

2)



$$\tan \alpha = \frac{3F \cdot 5}{4 \cdot 3F} = \frac{5}{4}$$

$$3) \frac{V}{u} = k \text{ (погрешн.)} \Rightarrow u = \frac{V \cdot 0,6F}{\frac{3F}{2}} = \frac{V \cdot 3 \cdot 2}{5 \cdot 3} = 0,4V$$

ответ: 1) $f = 0,6F$; 2) $\tan \alpha = \frac{5}{4}$; $u = 0,4V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2- упражнение.

$$\Rightarrow \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \cdot R \cdot 3T_1 = \frac{9}{2} RT_1$$

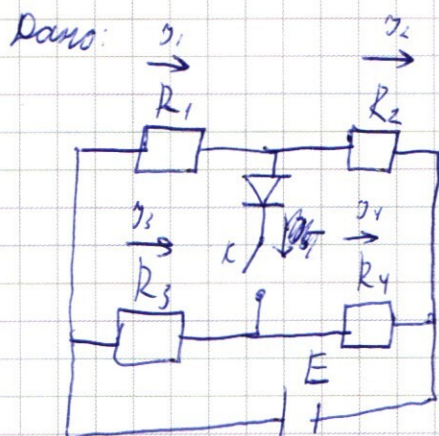
$$A_{12} = \frac{P_2 + P_1}{2} \cdot (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} P_1 \cdot V_1 = \frac{3}{2} RT_1$$

$$\Rightarrow \Delta Q_{12} = 6 RT_1, \Delta T_{12} = T_2 - T_1 = 3 T_1$$

$$\Rightarrow C_4 = \frac{6 RT_1}{3 T_1} = 2 R$$

$$\Rightarrow \text{Ответ: } 1) T_2 = 4 T_1, 2) \frac{P_1}{P_3} = 1, 3) C_4 = 2 R$$

№4



$$R_2 = 12 \Omega; R_3 = 8 \Omega; R_4 = 2 \Omega;$$

$$E = 10 \text{ В}; U_0 = 1 \text{ В};$$

$$I'_{R3} = ?$$

$$2) R_1 = ?$$

$$3) R_1 = ?, P_0 = 1,25 \text{ Вт};$$

Реш:

$$1) R_1 \text{ и } R_2 \parallel R_3 \text{ и } R_4 \Rightarrow$$

(3-й закон Кирхгофа)

$$\Rightarrow U_{R3} + U_{R4} = E \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = I'_3 (R_3 + R_4) \Rightarrow I'_{R3} = \frac{E}{R_3 + R_4}$$

$$\Rightarrow I'_{R3} = 1 \text{ А};$$

$$2) \text{ Загл. на тем. тока: } U_0 \geq 1$$

$$\Rightarrow U_0 + I_4 R_4 = I_2 R_2 \text{ (3-й закон Кирхгофа)}$$

$$U_0 = I_2 R_2 - I_4 R_4, U_0 \geq 1$$

$$\Rightarrow I_2 R_2 - I_4 R_4 \geq 1$$

$$I_1 R_1 + U_D = I_3 R_3 \Rightarrow I_3 R_3 - I_1 R_1 = 1$$

$$I_2 R_2 - I_4 R_4 = I_3 R_3 - I_1 R_1$$

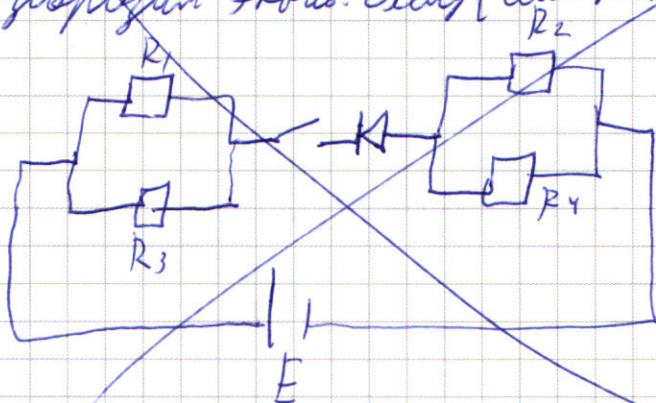
$$I_1 R_1 + I_2 R_2 = E = I_3 R_3 + I_4 R_4$$

$$\Rightarrow I_2 R_2 = I_3 R_3 - I_1 R_1 + I_4 R_4 \neq \Rightarrow$$

~~$$E = I_1 R_1 + I_2 R_2 = I_3 R_3 + I_4 R_4$$~~

~~$$\Rightarrow E - I_1 R_1 = I_3 R_3 + I_4 R_4 - I_1 R_1 \Rightarrow I_3 R_3 + I_4 R_4 = E$$~~

~~Удобно найти эквив. схему (если мож. быть)~~



Удобно найти эквив. схему:

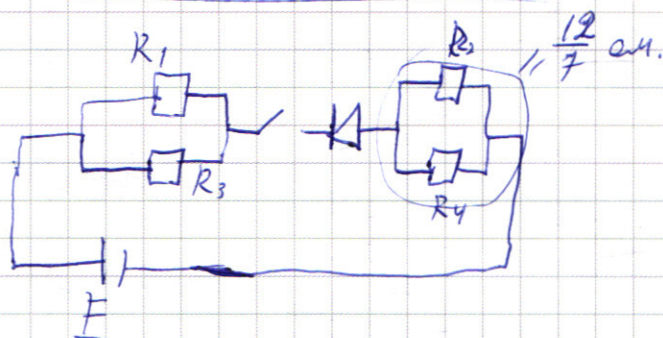
Крайний случай: $U_D = 1\text{ В}$

$$\Rightarrow I_2 R_2 = I_4 R_4 \Rightarrow I_2 = I_4 \frac{R_4}{R_2}$$

$$I_0 = \frac{12}{7}$$

~~$$I_0 \left(\frac{12}{7} + \frac{U_D}{1} + \frac{8R_1}{8+R_1} \right) = E$$~~

$$I_1 R_1 = U_D$$



$$I_0 \cdot \frac{12}{7} + U_D + I_0 \cdot \frac{R_1 \cdot 8}{8+R_1} = E$$

~~$$I_0 \left(\frac{12}{7} + \frac{U_D}{1} + \frac{8R_1}{8+R_1} \right) = E$$~~

~~$$\Rightarrow \frac{12}{7} + U_D + \frac{8R_1}{8+R_1} = \frac{E}{I_0}$$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P_1 V_1 = 2RT_1$$

$$P_2 V_2 = 2RT_2, P_2 = 2P_1, V_2 = 2V_1$$

$$\frac{q^2}{2C} \cdot \frac{1}{C} \cdot I(t) = P$$

$$\frac{q}{C} \cdot \frac{dI}{dt} = 0 \quad \frac{dI}{dt} = 0$$

$$P_2 V_2 = P_3 V_3 \Rightarrow \frac{P_1}{P_3} = \frac{V_3}{4V_1}$$

$$P_3 V_3 = 2RT_2$$

$$P_4 V_4 = 2RT_1, V_4 = V_2 = 2V_1 \Rightarrow P_4 \cdot 2V_1 = P_1 V_1 \Rightarrow P_4 = \frac{P_1}{2}$$

$$\frac{P_4}{V_4} = \frac{P_3}{V_3} \Rightarrow \frac{P_1}{2 \cdot 2V_1} = \frac{P_3}{V_3} \Rightarrow \frac{P_1}{P_3} = \frac{4V_1}{V_3}$$

$$\Rightarrow V_3 = 4V_1$$

$$\frac{3}{2} P_1 \cdot V_1 + \frac{3}{2} 3P_1 V_1 = Q = 6P_1 V_1 = 6RT_1$$

$$\frac{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot R T_1}{2 \cdot 4 \cdot 4} = 2R$$

$$\frac{q^2(t)}{2C} = E \quad E'(t) = \frac{2q}{2C} \cdot \frac{dI}{dt} \cdot I(t)$$

$$\frac{q}{C} \cdot \frac{dI}{dt} = P(t)P$$

$$\Rightarrow -\gamma_4 \cdot \frac{5}{6} > 1 \Rightarrow \gamma_4 < \frac{6}{5} \cdot 4$$

$$\gamma_2 - \gamma_4 > 1$$

$$\gamma_4 R_4 = \gamma_2 R_2 \Rightarrow \gamma_2 = \gamma_4 \frac{R_4}{R_2}$$

$$\gamma_4 R_4 + \gamma_3 R_3 = E = \gamma_2 R_2 + \gamma_1 R_1$$

γ_4

