

Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-08

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

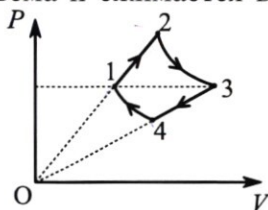
1. Шарик подвешен в поле тяжести на легкой упругой пружине с неизвестной жесткостью. Шарик поднимают вверх до положения, когда пружина не деформирована, и отпускают. При дальнейшем движении шарика вдоль вертикали в некоторые моменты времени силы, действующие на шарик со стороны пружины, отличаются в 4 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 давление газа уменьшается в $k = 1,7$ раза.

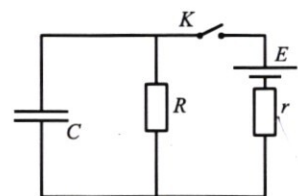
Давления газа в состояниях 1 и 3 равны.

- 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.



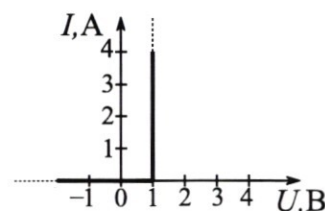
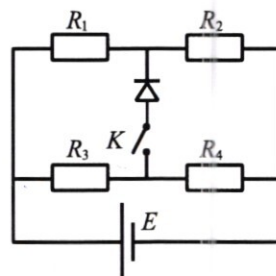
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 4R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

- 1) Найти ток, текущий через резистор R , сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти напряжение на конденсаторе сразу после размыкания ключа.
- 3) Найти максимальную скорость роста энергии, запасаемой конденсатором.



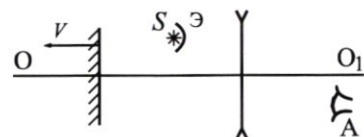
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 10$ В, $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 5$ Ом, $R_4 = 15$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

- 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 $P_D = 0,8$ Вт?



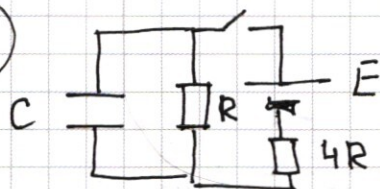
5. Оптическая система состоит из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $-F$ ($F > 0$), плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси линзы OO_1 . Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/3$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $11F/18$ 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

3



$I_{R0} - ?$

1) $U_{\text{конденс}} = U_{\text{резист } R}$

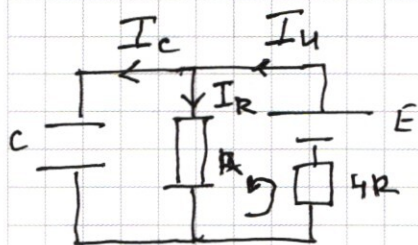
Напряжение на C не меняется скачком, т.е. равно 0 сразу

после замыкания.

Весь ток в нач. момент идет чрез конденсатор. $U_R = I_{R0} R = 0 \Rightarrow \underline{I_{R0} = 0}$

2) Скорость роста энергии - $P_c = U_c I_c$

$U_c = I_R R$ (парал. сог.)



По I зак. Кирхгофа

$I_u = I_c + I_R$

$I_c = I_u - I_R$

По II з. Кирхгофа для правого контура

$E = I_u \cdot 4R + I_R R$

$I_u = \frac{E - I_R R}{4R}$

$\Rightarrow I_c = \frac{E - I_R R}{4R} - I_R$

$P_c = I_R R \left(\frac{E - I_R R}{4R} - I_R \right) = \frac{I_R E}{4} - \frac{I_R^2 R}{4} - I_R^2 R$

$= -\frac{5}{4} I_R^2 R + \frac{I_R E}{4}$

$P_c(I_R)$ - параболы ветви вниз, т.е.

$\underline{U' = I_{R \text{ max}} \cdot R}$

P_{max} - в вершине

$$I_{R \max} = \frac{-b}{2a} = \frac{-\frac{E}{4}}{-\frac{5}{2}R} = \frac{E}{10R}$$

Т.к. напряжение сразу после замыкания равно напрям. перед замыканием, то $U' = I_{\max} \cdot R = \frac{E}{10}$

(В этот момент P максимальна)

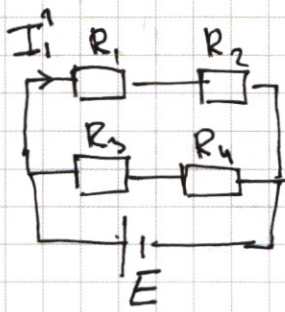
$$3) P_{\max} = -\frac{5}{4} \cdot \frac{E^2}{100R^2} R + \frac{E^2}{40} = -\frac{E^2}{80R} + \frac{E^2}{40R} = \frac{E^2}{80R}$$

Ответ: 1) $I_{R0} = 0$

2) $U' = \frac{E}{10}$

3) $P_{\max} = \frac{E^2}{80R}$

4) 1)

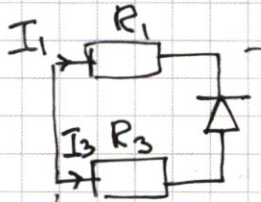


В верхней ветви течет ток I_1'
 $E = I_1'(R_1 + R_2) = 2I_1'R_1$

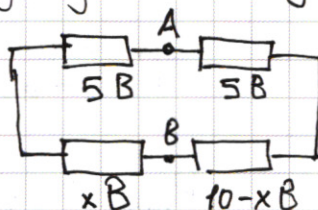
$$R_1 = R_2 = \frac{1}{3}R_4$$

$$I_1' = \frac{E}{2R_1} = \frac{10}{10} = 1 \text{ (A)}$$

2) Чтобы через диод потек ток, нужно чтобы падение напряжения на R_3 было на $U_d = 1 \text{ В}$ меньше, чем на R_1



Рассм. случай, когда ток через диод не идет.



Падение напряжения подписаны на рисунке

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

④ продолжение. В таком случае, чтобы между точками А и В напряжение было меньше 1 В (сразу потенциал выше, т.е. $\varphi_B - \varphi_A < 1$)

Т.е. X -напряжение на R_3 $X \gg 4$ (В)

$$X = I_3 R_3 \quad \text{Пз.к. для нижней части}$$

$$E = I_3 (R_3 + 3R_1)$$

$$E - 3I_3 R_1 = I_3 R_3$$

$$E - 3I_3 R_1 > 4 ;$$

$$\frac{E-4}{3R_1} > I_3 \quad \text{Ток не течет при таком условии}$$

Но, течет при $X \leq 4$

$$\frac{E-4}{3R_1} \leq I_3 \quad \text{ток через диод течет}$$

$$\frac{10-4}{15} \leq I_3 ; \quad I_3 \geq 0,4 \text{ (А)} \quad \text{Рассм. равенство.}$$

$$\text{Т.е. } X = 4 = I_3^{\text{равн}} \cdot R_3 \quad R_3 = \frac{4}{0,4} = 10 \text{ (Ом)}$$

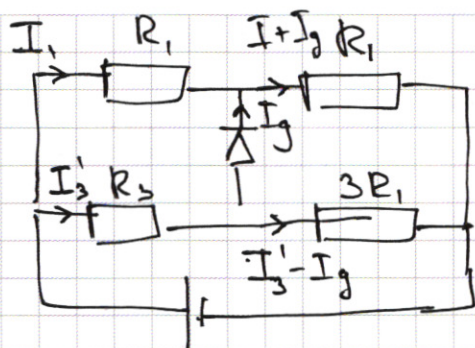
$$I_3 R_3 \leq 4$$

$$R_3 \leq \frac{4}{I_3}$$

но I_3 возрастает, $\Rightarrow R_3$ убывает

$$R_3 \leq 10 \text{ (Ом)} \quad \text{Ток течет через диод}$$

3) Запишем закон Кирх. для контуров, при протекании тока через диод



$$E = I_3 R_3 + 3I_3 R_1 - 3I_g R_1$$

$$E = I_1 R_1 + I_1 R_1 + I_g R_1$$

$$I_g = \frac{E - 2I_1 R_1}{R_1}$$

$$P_g = I_g U_g = \frac{E - 2I_1 R_1}{R_1} \cdot U_g \Rightarrow I_1 = \frac{-P_g R_1 + E}{2R_1}$$

$$U_g = 1 \text{ В}$$

$$I_1 = 0,6 \text{ (A)}$$

$$E = I_3 R_3 + U_g + I_1 R_1 + I_g R_1$$

$$E = I_3 R_3 + U_g + I_1 R_1 + E - 2I_1 R_1$$

$$I_1 R_1 = I_3 R_3 + U_g$$

$$E = I_3 R_3 + 3I_3 R_1 - 3E + 6I_1 R_1$$

$$I_3 = \frac{4E - 6I_1 R_1}{R_3 + 3R_1} = \frac{40 - 3 \cdot 0,6}{R_3 + 3 \cdot 10}$$

Проведем преобразование

$$R_3 = \frac{3U_g R_1 - 3I_1 R_1^2}{I_1 R_1 - U_g - 4E + 6I_1 R_1}$$

$$R_3 = \frac{15 - 75 \cdot 0,6}{5 - 1 - 40 + 18} = \frac{-30}{-20} = 1,5 \text{ (Ом)}$$

$$1,5 < 10 \text{ (ток через диод есть)}$$

$$\text{Ответ: } 1) I_1' = 1 \text{ А}$$

$$2) R_3 \leq 10 \text{ Ом}$$

$$3) R_3 = 1,5 \text{ Ом}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

② 1) $T_1 = T_4$, $T_2 = T_3$

$$p \downarrow \quad V \downarrow \quad \quad \quad \downarrow \quad T$$

$$k \quad k \quad \quad \quad k^2$$

Если давление упало в k раз и объем,
то T упало в k^2 раз

$$T_3 = k^2 T_4 = k^2 T_1$$

$$\underline{T_{23} = k^2 T_1}$$

2) $p_4 V_4 = \nu R T_1$, $\frac{p_2 V_2}{p_4 V_4} = k^2$ Пусть $\theta = \frac{V_2}{V_4}$
 $p_2 V_2 = \nu R T_1 k^2$

$$p_2 V_2 = p_3 V_3 \Rightarrow p_2 = \frac{p_3 V_3}{V_2}$$

$$p_4 V_4 = p_1 V_1 = p_3 V_1 \Rightarrow p_4 = \frac{p_3 V_1}{V_4}$$

$$\frac{p_2}{p_4} = \frac{\frac{p_3 V_3}{V_2}}{\frac{p_3 V_1}{V_4}} = \frac{V_3 V_4}{V_2 V_1} = \frac{V_3}{V_1 \theta} ; \text{т.е. } \frac{V_3}{V_1 \theta} \cdot \theta = k^2$$

$\frac{V_3}{V_1} = k^2$ Пусть в ходе 1-2 V вырос в n раз,
 тогда $\begin{matrix} \uparrow n \\ p \end{matrix} \begin{matrix} \uparrow n \\ V \end{matrix} \begin{matrix} 1-2 \end{matrix}$ $\begin{matrix} \downarrow n \\ p \end{matrix} \begin{matrix} \uparrow n \\ V \end{matrix} \begin{matrix} 2-3 \end{matrix}$

т.е. $\frac{V_3}{V_1} = n^2 = k^2$

чтобы $p_1 = p_3$

$V_1 = \frac{V_2}{k}$ $\frac{V_4}{V_1} = k \Rightarrow \underline{\frac{V_2}{V_4} = 1}$
 Аналогично

3) Пусть $\alpha = \frac{1}{k}$ Т.е. в т.4 р в α раз больше p_3

$$Q_{34} = A_{34} + \Delta U_{34}$$

$$\partial C \Delta T = \left(\frac{\alpha p_3 + p_3}{2} \right) (\alpha V_3 - V_3) + \Delta U_{23}$$

$$\partial C \Delta T = \frac{p_3 V_3}{2} (\alpha^2 - 1) + \frac{3}{2} \partial R T_1 (1 - k^2)$$

$$\partial C \Delta T (1 - k^2) = \frac{\partial R T_1 k^2 \left(\frac{1}{k^2} - 1 \right)}{2} + \frac{3}{2} \partial R T_1 (1 - k^2)$$

$$C = \frac{1}{2} R + \frac{3}{2} R = 2R$$

Ответ: 1) $T_{23} = k^2 T_1$

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

3) $C = 2R$

5

1) Изображение в зеркале находится на $\frac{11F}{18} - \frac{2F}{3}$

Левее зеркала

Т.е. $d = \frac{7F}{90} + \frac{11F}{18} = \frac{62F}{90} = \frac{31F}{45}$

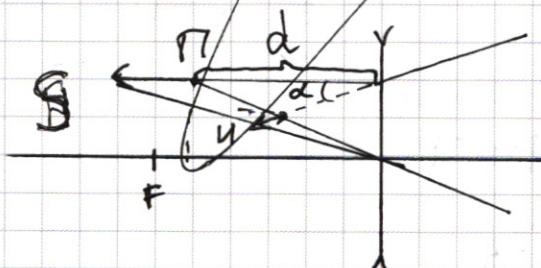
$$\frac{7F}{90}$$

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

$$-\frac{1}{F} = \frac{45}{31F} - \frac{1}{f} ; \frac{1}{f} = \frac{45 + 31}{31F}$$

$$f = \frac{31F}{76}$$

$$f = \frac{31F}{76}$$

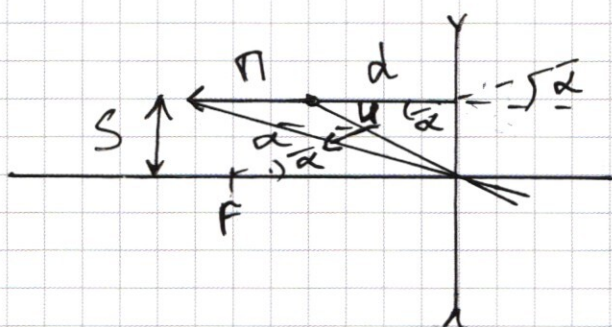


$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{d} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5) Изображение левее зеркала на $\frac{11F}{18} - \frac{F}{3} = \frac{5F}{18}$
 Т.е. $d = \frac{5F}{18} + \frac{11F}{18} = \frac{16F}{18} = \frac{8F}{9}$

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f} \quad ; \quad \frac{1}{f} = \frac{9}{8F} + \frac{1}{F} \quad ; \quad f = \frac{8F}{17}$$



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{F} = \frac{\frac{8F}{15}}{\frac{8F}{17}} = \frac{8}{15}$$

$$\frac{U \cos \alpha}{2V} = r^2$$

$2V \leftarrow$ скорость изобраз. в зеркале (предмета)

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{8}{15}\right)^2}} = \sqrt{\frac{225}{289}} = \frac{15}{17}$$

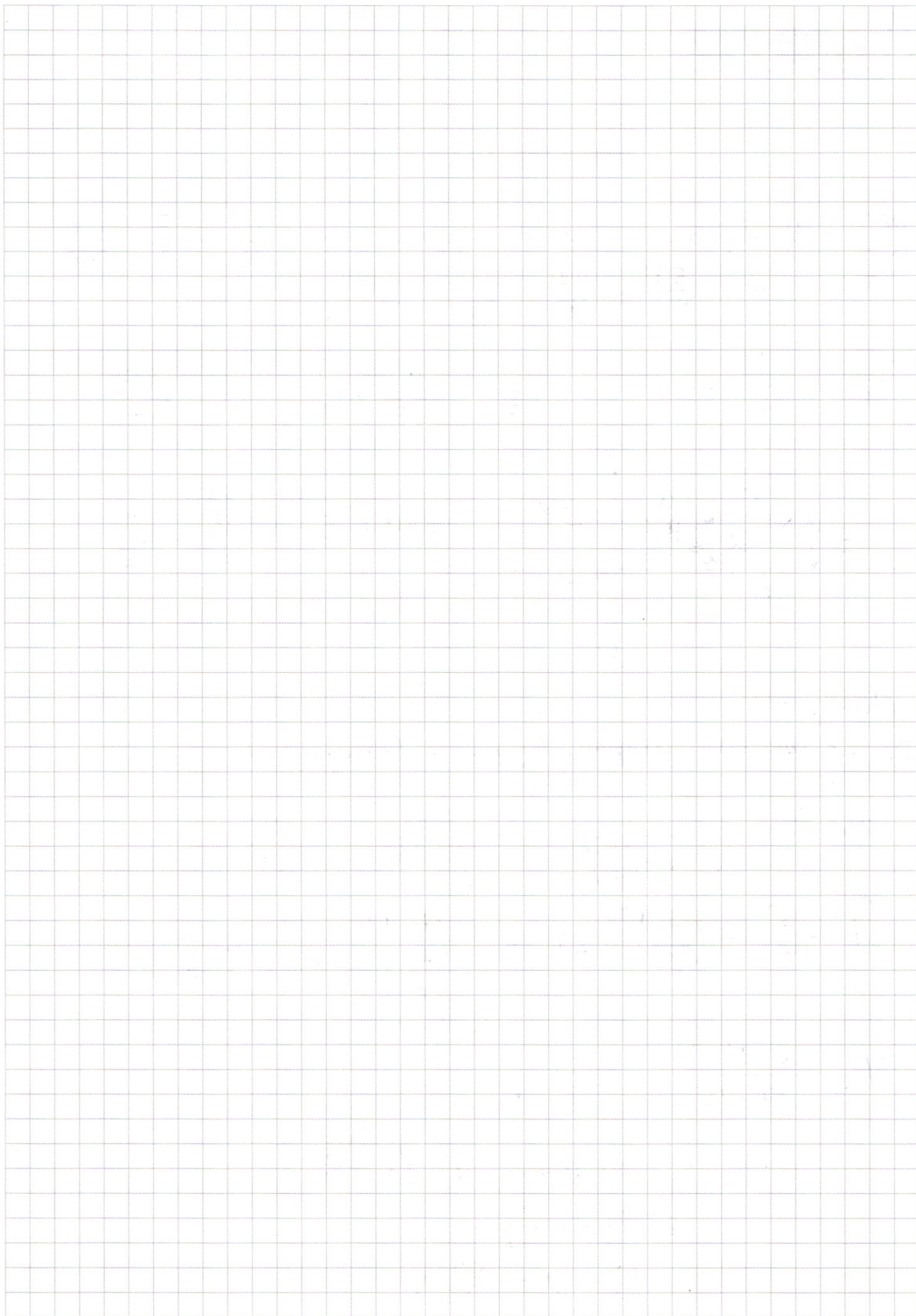
$$U \cdot \frac{15}{17} = \left(\frac{f}{d}\right)^2 \cdot 2V = \left(\frac{\frac{8F}{17}}{\frac{8F}{9}}\right)^2 \cdot 2V = \frac{2 \cdot 9^2}{17^2} V$$

$$U = \frac{2 \cdot 9^2 \cdot V}{17 \cdot 15} = \frac{54}{85} V$$

Ответ: 1) $f = \frac{8F}{17}$

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

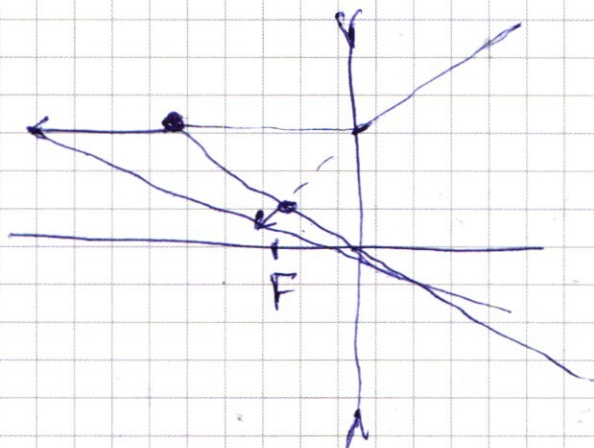
3) $U = \frac{54}{85} V$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{array}{r} 17 \\ 17 \\ \hline 179 \\ 17 \end{array}$$

~~$kP_3 = \frac{P_3}{k}$~~

$$\left(\frac{p_3 - \frac{p_3}{k}}{2} \right) \left(\frac{V_3 - V_3}{k} \right)$$

$$\frac{\frac{1}{k} + 1}{2} \cdot \frac{1}{k} - 1$$

$$\frac{k+1}{2k} \cdot \frac{k-1}{k}$$

$$n = \frac{1}{k}$$

$$\frac{np_3 + p_3}{2} \quad nV_3 - V_3 = \frac{p_3 V_3 (n^2 - 1)}{2}$$

$$\frac{\partial RT_3 (n^2 - 1)}{2} + \frac{3}{2} \partial RT_1 (1 - k^2) = \partial CT_1 (1 - k^2)$$

$$\frac{\partial RT_1 k^2 \left(\frac{1}{k^2} - 1 \right)}{2} + \frac{3}{2} \partial RT_1 (1 - k^2) = \partial CT_1 (1 - k^2)$$

$$C = 2R$$



$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{F}{3} + \frac{11}{18}F}$$

$$+ \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{35}{17F}$$

$$-\frac{1}{F} = \frac{18}{17F} - \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{17F}{35}$$

$$\frac{U}{2V} =$$

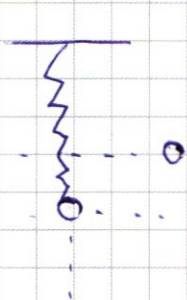
$$U = \frac{648V}{1225}$$

$$\frac{17}{35} - \frac{18}{18} = \frac{18}{35}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ 18 \\ \hline 144 \\ 18 \\ \hline 324 \end{array}^6$$

$$\begin{array}{r} 35 \\ 35 \\ \hline 175 \\ 105 \\ \hline 1225 \end{array}^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$mg = kx$$

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

$$x = A \cos \omega t$$

$$v = -A \omega \sin \omega t$$

$$a = -A \omega^2 \cos \omega t$$

$$a = -\omega^2 x$$

$$4kx + mg = ma$$

$$kx - mg = ma$$

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

$$kx_1 + mg = ma$$

$$4kx_1 - mg = ma$$

$$5kx = ma$$

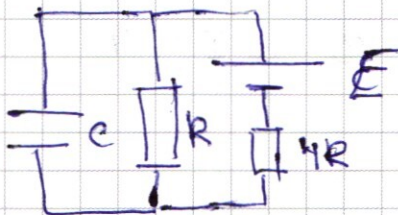
$$a = \frac{5kx}{m}$$

$$5kA \cos \omega t = -mA \omega^2$$

$$-A \omega^2 \cos \omega t = \frac{5kA \cos \omega t}{m}$$

$$-\omega^2 = \frac{5k}{m}$$

$$\frac{m^2 g^2}{2k} = F_y$$



$$\frac{mg}{k} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$I_R = 0$$

$$U_R = U_C \quad U_C = 0 \Rightarrow I_R R = 0$$

$$P_c = IU$$

$$I_u = I_R + I_C$$

$$I_C = I_u - I_R \quad \frac{m^2 g^2}{2k}$$

$$I_R R + 4R I_u = E$$

$$U_C = I_R R$$

$$U_C + I_u \cdot 4R = E$$

$$I_R$$

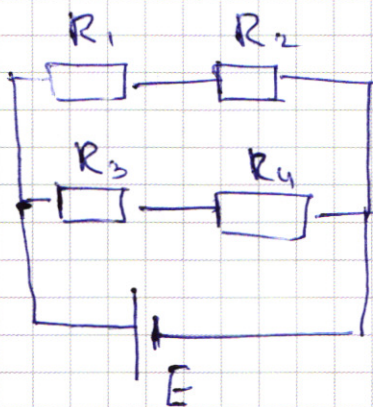
$$I_u = \frac{E - U_C}{4R}$$

$$P = \frac{I(E - U_C)}{4R} - I_R^2 R$$

$$\sqrt{\frac{m^2 g^2}{k}}$$

$$-I_R^2 R + I_R \left(\frac{E - I_R R}{4} \right) = -I_R^2 R + \frac{I_R E}{4} - \frac{I_R^2 R}{4}$$

$$\left(\frac{E - I_R R}{4R} - I_R \right) I_R R = \frac{IE}{4} - \frac{I_R^2 R}{4} - I_R^2 R = \frac{5}{4} I_R^2 R + \frac{IE}{4}$$



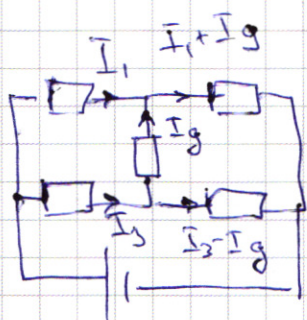
$$E = I(R_1 + R_2)$$

$$10 = I \cdot 10 \quad I = 1 \text{ (A)}$$

$$\Delta U_1 = 5 \text{ В}$$

$$\Delta U_3 = \cancel{E} I_3 R_3$$

$$I_3 = I_g + I_4$$



$$E = I_3 R_3 + I_3 R_4 - I_g R_4$$

$$E = I_1 R_1 + I_1 R_2 + I_g R_1$$

$$\frac{E - 2I_1 R_1}{R_1} = I_g$$

$$\frac{10 - 2I \cdot 5}{5} = 0,8$$

$$10 - 10I = 4$$

$$E = I_3 R_3 + U_g + I_1 R_1 + I_g R_1$$

$$E = I_3 R_3 + U_g + I_1 R_1 + E - 2I_1 R_1$$

$$\underline{I_1 R_1 = I_3 R_3 + U_g}$$

$$E = I_3 R_3 + 3I_3 R_1 - 3E + 6I_1 R_1$$

$$\cancel{4E + 6I_1 R_1 = I_3 (R_3 + 3R_1)}; \quad I_1 R_1 = \frac{(4E - 6I_1 R_1) R_3}{R_3 + 3R_1} + U_g$$

$$4E - 6I_1 R_1 = I_3 (R_3 + 3R_1)$$

$$I_3 = \frac{4E - 6I_1 R_1}{R_3 + 3R_1}$$

$$(I_1 R_1 - U_g)(R_3 + 3R_1) = 4E R_3 - 6I_1 R_1 R_3$$

$$I_1 R_1 R_3 - U_g R_3 + 3I_1 R_1^2 - 3U_g R_1 = 4E R_3 + 6I_1 R_1 R_3$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{-\frac{E}{4}}{-\frac{5}{2}R} = \frac{E}{10R} \Rightarrow U_{c \max} = \frac{E}{10}$$

$$P_{\max} = -\frac{5}{4} \cdot \frac{E^2}{100 \cdot R} + \frac{E^2}{40R} = \frac{-E^2}{80R} + \frac{E^2}{40R} = \frac{E^2}{80R}$$

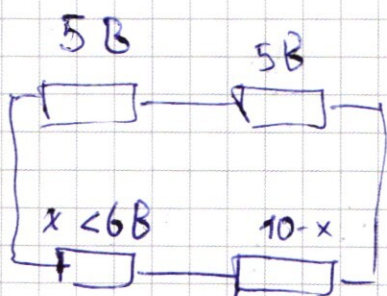
$$R_3(I_1 R_1 - U_g - 4E + 6I_1 R_1) = 3U_g R_1 - 3I_1 R_1^2$$

$$R_3 = \frac{15 - 75 \cdot 0,6}{3 - 1 - 40 + 18} = \frac{-30}{-20} = 1,5$$

$$I_u = I_3 + I_1$$

$$I_1 R_1 - I_3 R_3 = U_g$$

$$\begin{array}{r} 75 \\ 0,6 \\ \hline 450 \end{array}$$



$$E = I_3(R_3 + 3R_1)$$

$$\cancel{E = I_3 R_3} \quad E - 3I_3 R_1 = I_3 R_3$$

$$E - 3I_3 R_1 < 6$$

$$10 - 35I_3 < 6$$

$$-15I_3 < -4$$

$$I_3 < \frac{4}{15}$$

не точен

$$I_3 \geq \frac{4}{15} \text{ точен}$$

$$R_3 = \frac{6}{I_3}$$

$$R_3 = \frac{6}{\frac{4}{15}} = \frac{45}{2}$$

$$R_3 \leq \frac{45}{2} (22,5)$$

$$\cancel{E = I_3 R_3} \quad \frac{10 - 10I_1}{5} \cdot 1 = 0,8$$

$$10 - 10I_1 = 4$$

$$-10I_1 = -6$$

$$I_1 = 0,6$$

$$\frac{pV(n^2-1)}{2} = \cancel{2R(T_2-T_1)} = \frac{2RT_1(n^2-1)}{2} = A$$

$$\frac{p_3 V_3 (k^2-1)}{2} = \frac{2RT_3}{2} (k^2-1) \quad \begin{matrix} n & n \\ \downarrow & \downarrow \\ p & V \end{matrix} = \overset{n^2}{2RT}$$

$$\frac{\cancel{T_3}}{\cancel{k^2}} \cdot \frac{T_3}{k^2} = T_1 \quad \textcircled{T_1 k^2 = T_3}$$

$$p_4 V_4 = 2RT_1$$

$$p_2 V_2 = 2Rk^2 T_1$$

$$p_3 V_3 = 2RT_1 k^2$$

$$p_3 V_1 = 2RT_1$$

$$\frac{p_2}{p_4} \cdot A = k^2$$

$$p_2 = \frac{p_3 V_3}{V_2}$$

$$p_4 = \frac{p_3 V_1}{p_4 V_4}$$

$$\frac{p_3 V_3}{V_2} \cdot \frac{p_3 V_1}{p_4 V_4} = \frac{p_3 V_3}{p_3 V_2} = \frac{V_3}{V_1 \cdot A}$$

$$\frac{p_3 V_3}{p_3 V_2} = \frac{V_3}{V_2 V_1}$$

$$= \frac{V_3}{V_1 \cdot A}$$

$$\cancel{\frac{p_2}{p_4}} = \frac{p_3}{k}$$

$$p_4 = \frac{p_3}{k}$$

$$\frac{kp_2}{p_3}$$

$$\cancel{p_2} =$$

$$\frac{kp_3 V_3}{p_3 V_2}$$

$$\frac{V_3}{V_4}$$

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

$$V_3 = k V_4$$

$$\frac{V_4}{V_1} = k$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_3}{T}$$

$$\begin{matrix} n & n & n & n \\ \uparrow & \uparrow & \downarrow & \uparrow \\ V & p & p & V \end{matrix}$$

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

$$\textcircled{\frac{V_4}{V_2} = 1}$$

$$\frac{V_3}{V_1} = n^2 = k^2$$

$$\frac{2RT_1(k^2-1)}{2} = \frac{2RT_1(k^2-1)}{2}$$

$$\frac{2RT_1(k^2-1)}{2} = 2CT_1(k^2-1)$$

$$C = 2R$$