

Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-06

Класс 11

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

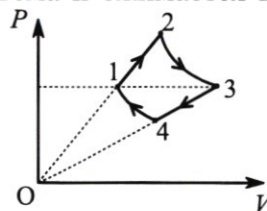
1. Шарик подвешен в поле тяжести на легкой упругой пружине с неизвестной жесткостью. Шарик поднимают вверх до положения, когда пружина не деформирована, и отпускают. При дальнейшем движении шарика вдоль вертикали в некоторые моменты времени силы, действующие на шарик со стороны пружины, отличаются в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

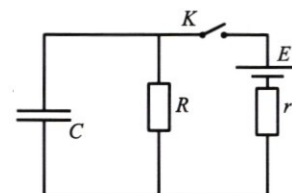
Давления газа в состояниях 1 и 3 равны.

- 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.



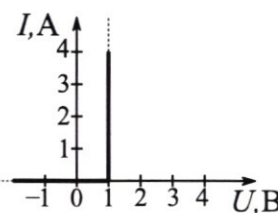
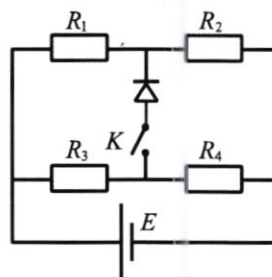
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 2R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

- 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.



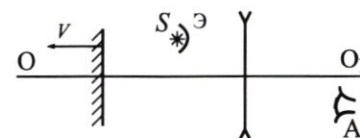
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 12$ В, $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 1$ Ом, $R_4 = 22$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

- 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

✓ 1
Дано: $-F, V$
 $l = \frac{4F}{5}$
 $h = \frac{8F}{15}$
 $L = \frac{8F}{5}$

Решение:

1) S'' -изобр-е
источника в
зеркале
 $d = 2(L-l) + L =$
 $= 2L - l = \frac{12F}{5}$, где
 d - расстояние от лампы до нового источника

2) d - ?
3) U - ?
 $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{-F \cdot \frac{12F}{5}}{\frac{12F}{5} + F} = -\frac{12}{17}F$
 f - расстояние от лодки до лампы $f = |f| = \frac{12}{17}F$

2) $\tan \alpha = \frac{h}{|f|}$
 $\tan \alpha = \frac{\frac{8F}{15}}{F} = \frac{8}{15}$
 $\alpha = \arctg \frac{8}{15}$
положение
зеркала
через некоторое
время

3) $\Gamma = \frac{U}{V}$, где U - скорость из-я
 $V = 2V$ V - скорость сближения
в зеркале
 $\Gamma = \frac{|f|}{d} = \frac{f^2}{2d} = \left(\frac{\frac{12}{17}F}{\frac{12F}{5}}\right)^2 = \frac{25}{289}$
Или $\frac{U}{V} = \frac{f^2}{2d} = \frac{25}{289}$
 $U = 2V \cdot \frac{25}{289} = \frac{50}{289} V$

Ответ: 1) $-\frac{12}{17}F$, 2) $\arctg \frac{8}{15}$
3) $\frac{50V}{289}$

№2
Дано:

$$T_1; k = 19$$

$$V_3 = k V_1$$

Решено:

1) в 3-4:

$P \sim V$ (гидравлическое)

$$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_4 V_4}{T_4} \Rightarrow$$

$$V_3 = k V_1$$

$$P_3 = k P_1$$

$$\Rightarrow \frac{k P_1 \cdot k V_1}{T_3} = \frac{P_1 V_1}{T_4}$$

$$T_4 k^2 = T_3 \Rightarrow T_4 = \frac{T_3}{k^2}$$

в пр-се 4-2: $T = \text{const} \Rightarrow T_4 = T_2 = \frac{T_3}{k^2} \Rightarrow T_3 = T_1 k^2$

в пр-се 2-3: $T = \text{const} \Rightarrow T_3 = T_2 = T_1 k^2$

2) Из рисунка видно, что $P_1 = P_3$

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

$$\Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = k^2 \Rightarrow P_2 = k P_1, V_2 = k V_1, P \sim V$$

$$\frac{P_2 V_2}{T_3} = \frac{P_4 V_4}{T_4} \Rightarrow$$

$$\frac{P_3}{T_3} = \frac{P_4}{T_4} \Rightarrow P_3 = k P_1, V_3 = k V_1, P \sim V$$

$$\begin{aligned} P_2 V_2 &= \nu R T_2 \\ P_4 V_4 &= \nu R T_4 \Rightarrow \frac{P_2}{P_4} \cdot \frac{V_2}{V_4} = \frac{T_2}{T_4} \Rightarrow \frac{V_2}{V_4} = \frac{T_2 P_4}{T_4 P_2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_4} = \frac{k^2 T_4 P_4}{T_4 P_2} = 1 \end{aligned}$$

$$\text{Значит } \frac{V_2}{V_4} = 1$$

$$3) Q_{34} = \Delta U_{34} + A_{34}$$

$$Q_{34} = C_V \nu (T_4 - T_3) = C_V \cdot \nu \cdot T_4 (k^2 - 1)$$

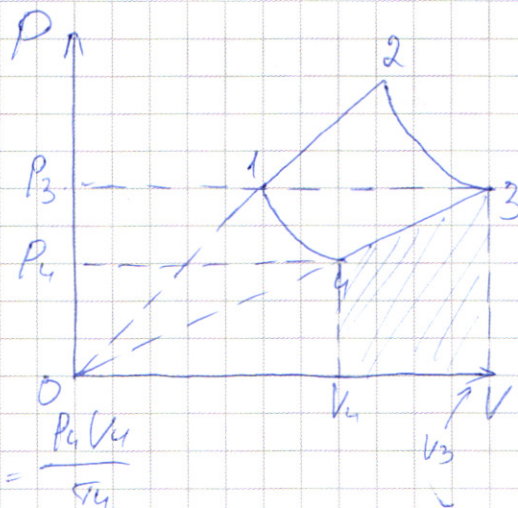
$$\Delta U_{34} = \frac{3}{2} \nu R (T_4 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R T_4 (1 - k^2)$$

$$A_{34} = \frac{P_3 + P_4}{2} \cdot (V_4 - V_3) = \frac{(k+1)P_1}{2} \cdot V_1 (1 - k) = P_1 V_1 \cdot \frac{1 - k^2}{2}$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$\Rightarrow C_V = \frac{2 \nu R}{\nu} = 2R$$

Ответ: 1) $T_2 = T_1 k^2$; 2) $\frac{V_2}{V_4} = 1$; 3) $C_V = 2R$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4.

Дано: $P_0 = 3 \text{ Вт}$

Решение:

$$E = 12 \text{ В}$$

$$R_1 = 5 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 10 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 22 \text{ Ом}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$1) I_1 = ?$$

$$2) R_3 = ?$$

$$3) R_3 = ?$$

$$U_{12} = E$$

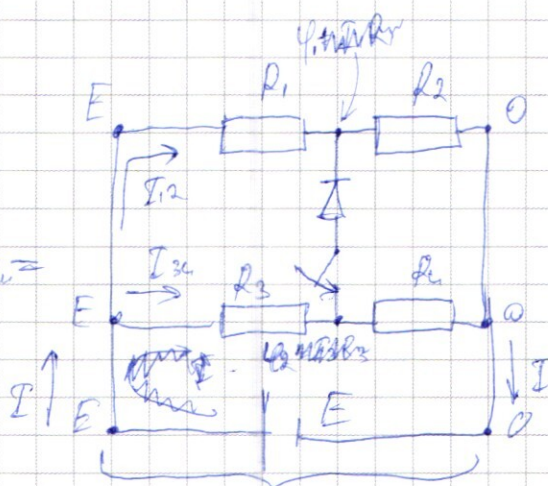
$$I_{12} = I_1 = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{12 \text{ В}}{5 \text{ Ом} + 10 \text{ Ом}} = \frac{12 \text{ В}}{15 \text{ Ом}} = 2 \text{ А}$$

$$2) U_{34} = E$$

$$I_{34} = I_3 = \frac{E}{R_3 + R_4}$$

$$\varphi_2 = I_3 R_3 = \frac{E}{R_3 + R_4} \cdot R_3$$

$$\varphi_1 = I_1 R_1$$



Используем метод
потенциалов

Через этот диод пойдёт ток, если $\varphi_2 - \varphi_1 \geq U_0$

$$\frac{E \cdot R_3}{R_3 + R_4} - I_1 R_1 \geq U_0 \quad ; \quad \frac{12 R_3}{R_3 + 22} - 10 \geq 1$$

$$\frac{12 R_3 - 11 R_3}{R_3 + 22} \geq 0 \quad ; \quad \frac{R_3 - 242}{R_3 + 22} \geq 0$$

$$\Rightarrow R_3 \geq 242 \text{ (Ом)}$$

$$R_3 > 0 \text{ (Ом)}$$

$$3) P_0 = U_0 I_0, \quad I_0 = 4 \text{ А (по условию)}$$

$$U_0 = \frac{P_0}{I_0} = \frac{3 \text{ Вт}}{4 \text{ А}} = \frac{3}{4} \text{ В} \Rightarrow \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{E R_3}{R_3 + R_4} - I_1 R_1 = \frac{3}{4}$$

$$\frac{12 R_3}{R_3 + 22} - 10 = \frac{3}{4} \Rightarrow 12 R_3 = 10,75 R_3 + (220 + \frac{33}{2})$$

$$2,25 R_3 = 236,5 \Rightarrow R_3 = 105 \frac{5}{9} = 105 \frac{1}{9} \text{ (Ом)}$$

Ответ: 1) 2 А; 2) $R_3 \geq 242 \text{ Ом}$; 3) $105 \frac{1}{9} \text{ Ом}$.

№3 Дано:

Решение:

$E, R, C, r=2\Omega$

и.к. не может увеличиться

1) $U_R = ?$

средним грузом зам-л

2) $q = ?$

кратчай, значит $U_C = 0 \Rightarrow U_R = 0V$

3) $P_m = ?$

2) По ЗСЗ: $I_3 = I_D + I_4$

$$\frac{E - U_1}{R_3} = I_D + \frac{U_2}{R_4}$$

$$ER_4 - U_2 R_4 = I_D R_3 R_4 + U_2 R_3$$

$$U_2 (R_3 + R_4) + I_D R_3 R_4 = ER_4$$

По ЗСЗ: $I_2 = I_1 + I_D$

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

$$U_1 R_1 = ER_2 - U_1 R_2 + I_D R_1 R_2$$

$$U_1 (R_1 + R_2) = ER_2 + I_D R_1 R_2$$

$$U_2 - U_1 = \frac{ER_2 + I_D R_1 R_2}{R_1 + R_2} - \frac{ER_4 - I_D R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{ER_2 + I_D R_1 R_2}{R_1 + R_2} \geq 0$$

$$\frac{12 \cdot 22 + 4 \cdot R_3 \cdot 22}{R_3 + 22} - \frac{12 \cdot 4 + 4 \cdot 5}{6} \geq 0$$

$$(88R_3 + 220 + 44) \cdot 6 - 32(R_3 + 22) \geq 6(R_3 + 22)$$

$$480R_3 + 48R_3 + 264 - 32R_3 - 640 - 64 \geq 6R_3 + 132$$

$$480R_3 \geq 132 + 64 + 640 - 264$$

$$480R_3 \geq 376 + 196$$

$$480R_3 \geq 572$$

$$R_3 \geq \frac{236}{245}$$

Ответ: 1) 2A, 2) $R_3 \geq \frac{236}{245}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~3

Дано:

$E, R, C, F=2R$

1.) $U_R = ?$

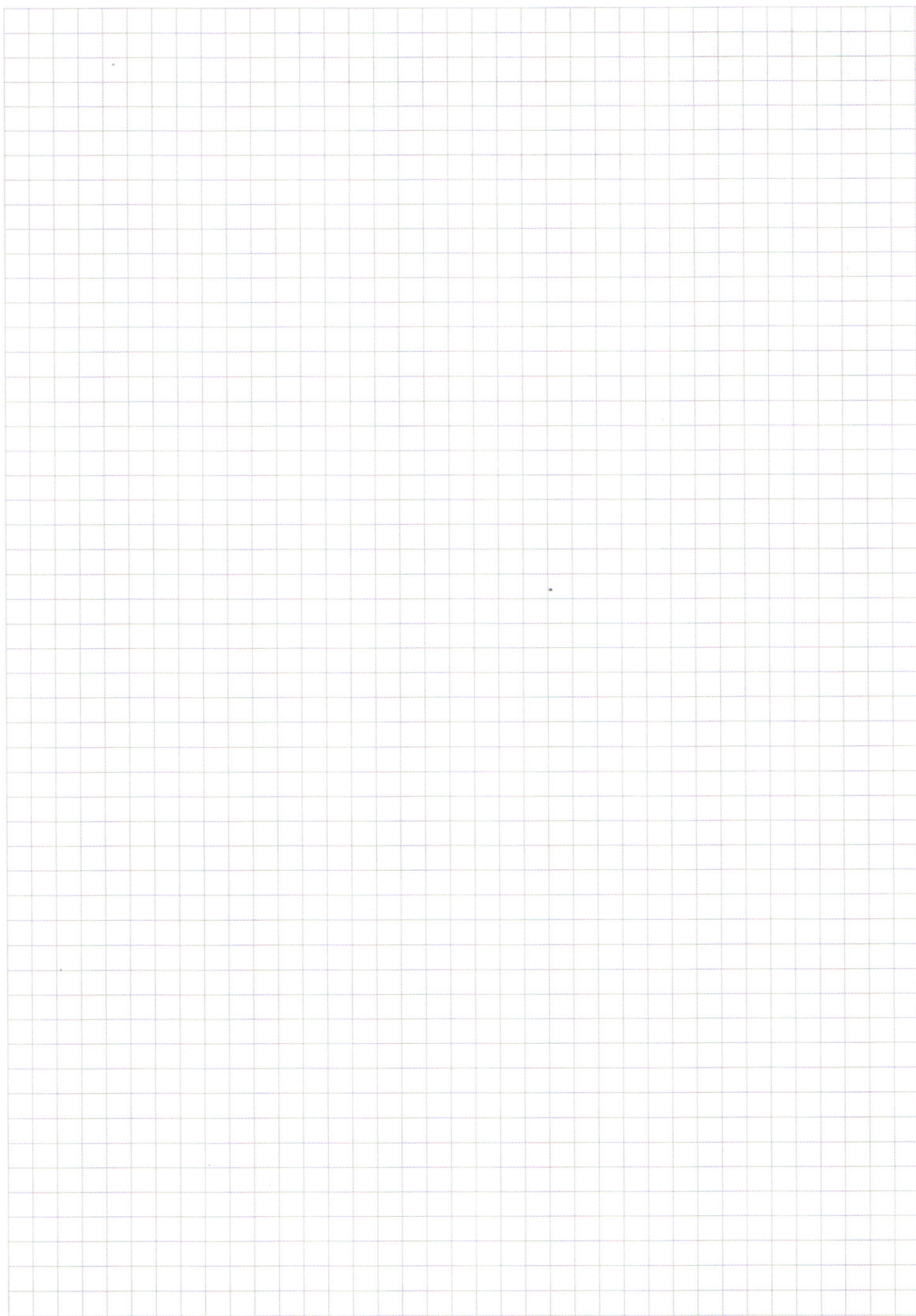
Решение:

1) U_C не имеет зв-са

Снакром, значит

$U_C = 0 \Rightarrow U_R = 0 \text{ В}$

Ответ: 1) $U_R = 0 \text{ В}$.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

[illegible]

~3.

$$1) P_m = UI$$

$$E, P, G, r = 2R$$

$(W)'$ - мощность на токе в цепи.

$$1) U_R = ?$$

$$\Rightarrow U_R = 0$$

$$2) q - \text{перезаряд}$$

$$3) P_m = ?$$

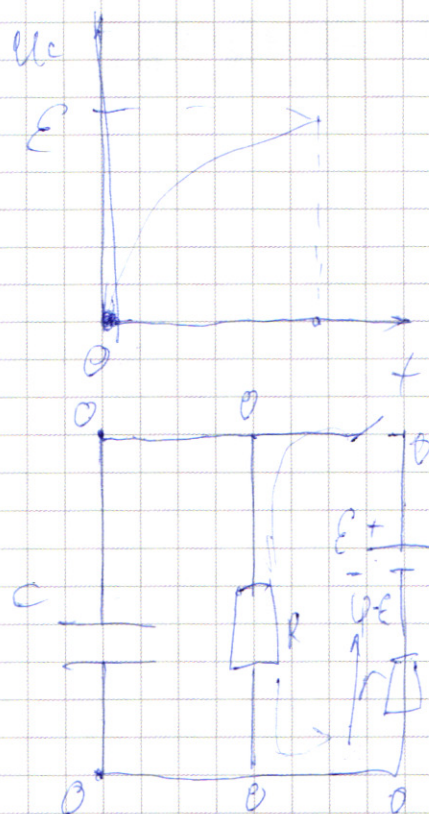
$$P_m = (W)' = \left(\frac{CU^2}{2} \right)' = CU \cdot U'$$

$$I_0 = \frac{0 + E}{r} = \frac{E}{2R}$$

$$\Delta W_{\text{св}} = \Delta W_{\text{ср}} + Q$$

$$\frac{\Delta W_{\text{св}}}{\Delta t} = \frac{\Delta W_{\text{ср}}}{\Delta t} + \frac{Q}{\Delta t}$$

$$P_{\text{св}} = P + P_R$$



~2

$$1) T_1; P \sim V \Rightarrow T \sim PV$$

$$T_1 = \frac{P_1}{kP_2}$$

$$2) V_3 = kV_4 \Rightarrow P_3 = kP_4$$

$$\Rightarrow T_3 = k^2 T_4 = k^2 T_1 (T_1 = T_4)$$

$$T_2 = T_3 \text{ (изотерм.)}$$

$$T_2 = k^2 T_1$$

2-3:

$$Q_{23} = A_{23}$$

$$3) V_3 = kV_4$$

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

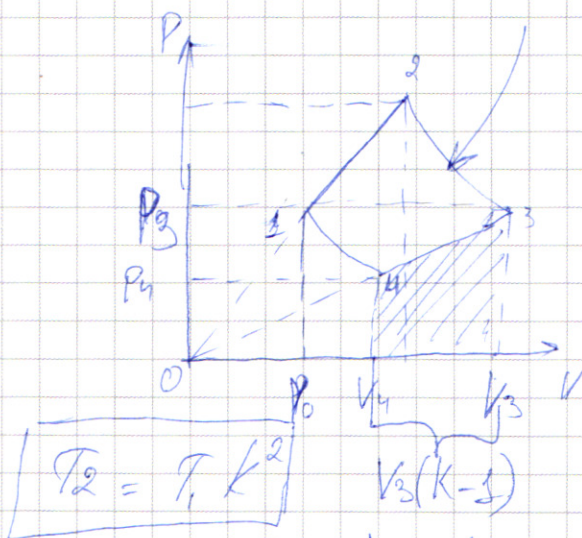
$$34: Q_{34} = \Delta U_{34} + A_{34}$$

$$14: Q_{14} = A_{14}$$

$$\Delta T_{12} = T_1 (k^2 - 1)$$

$$\Delta T_{34} = T_4 (1 - k^2) = -T_1 (k^2 - 1) \quad (12+34): Q_{12} + Q_{34} = A_{12} + A_{34}$$

$$\Delta T_{12} + \Delta T_{34} = 0$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$P_4 V_4 = \nu R T_4$$

$$T_2 = k^2 T_4$$

$$\frac{P_2 V_2}{P_4 V_4} = k^2 = \frac{V_2}{V_4} \cdot \frac{k^2 P_1}{P_3}$$

$$P_2 = k P_1$$

$$P_1 = P_3$$

$$P_3 = k P_4$$

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

$$V_2 = V_4$$

$$Q_{32} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - k^2 T_1) + A_{32} = C_V \Delta T$$

$$P_3 V_3 = \nu R T_3$$

$$\cancel{P_4 V_4 = \nu R T_4 k^2}$$

$$P_4 V_4 = \nu R T_4$$

$$V_3 = k V_4$$

$$P_3 = k P_4$$

$$\begin{aligned} A_{32} &= \frac{P_4 + P_3}{2} \cdot \Delta V = \frac{P_4 + k P_4}{2} \cdot V_4 (k - 1) \\ &= \frac{(k+1)(k-1)}{2} \cdot P_4 V_3 = \frac{1}{2} (k^2 - 1) \cdot P_4 k V_4 = \\ &= \frac{1}{2} (k^2 - 1) \cdot \nu R T_1 \cdot k \end{aligned}$$

$$\frac{3}{2} \nu R T_1 (1 - k^2) + \frac{1}{2} (k^2 - 1) \cdot \nu R T_1 \cdot k = C_V \cdot \nu \cdot T_1 (1 - k^2)$$

$$\frac{3}{2} \nu R T_1 - \frac{1}{2} \nu R T_1 \cdot k = C_V \cdot \nu \cdot T_1$$

$$C_V \nu T_1 = \frac{\nu R T_1}{2} (3 - k) \Rightarrow$$

$$C_V = \frac{R(3 - k)}{2}$$

д) 1

$$F(t_{\text{max}}) = F(t_{\text{y}}) \cdot 2,5$$

$$|a_x| = |a_y|$$

$$k = 15$$

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_{\text{упр}}$$

$$|\vec{g} + \frac{\vec{F}_{\text{упр}}(x)}{m}| = |\vec{g} + \frac{\vec{F}_{\text{упр}}(y)}{m}|$$

$$x(t) = -x_m \cos(\omega t)$$

$$v(t) = -\omega x_m \sin(\omega t)$$

$$a(t) = x_m \omega^2 \cos(\omega t)$$

$$x_m \omega^2 \cos(\omega t_x) = x_m \omega^2 \cos(\omega t_y)$$

$$|\cos(\omega t_x)| = |\cos(\omega t_y)|$$

$$\cos(\omega t_x) = -\cos(\omega t_y)$$

$$\cos(\omega t_x) \neq \cos(\omega t_y) = 0$$

$$2 \cos(\omega \frac{t_x + t_y}{2}) = 0 \quad \cos(\omega \frac{t_x + t_y}{2}) = 0$$

$$I_1 = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{12}{6} = 2 \text{ A}$$

$$I_1 R_3 = \omega B$$

$$I_1 R_3 \frac{E}{R_3 + 20} \cdot R_3$$

$$U = \frac{E R_3}{R}$$

$$P_D = UI$$

$$I_{30} = \frac{E}{R_3 + R_2}$$

$$10 \text{ A}$$

$$10 \text{ B}$$

$$U_2 = 12 \text{ B}$$

$$I_3 = \frac{E - U_2}{R_3}$$

$$I_3 =$$

$$I_3 = I_D + I_2$$

$$\frac{E - U_2}{R_3} = 4 + \frac{U_2}{R_2}$$

$$I_2 = 2 \text{ A} + I_D \frac{E - U_2}{R_1} = 20 \text{ A}$$

$$\begin{array}{r} 23650 \\ 225 \\ \hline 110 \\ 1125 \\ \hline 25 \end{array}$$

