

# Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

## Вариант 11-06

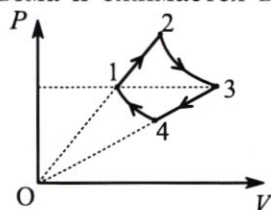
Класс 11

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.

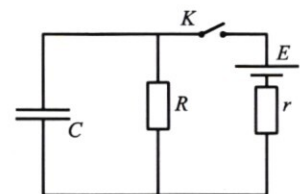
- 1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
- 2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
- 3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

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.

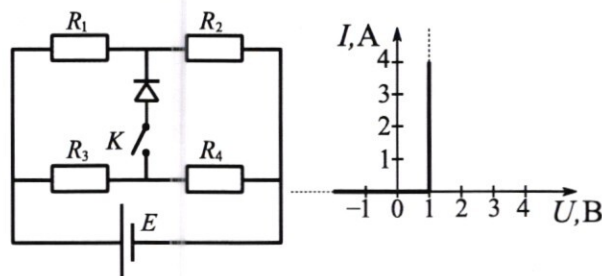


- 1) Найти температуру газа в процессе 2-3.
- 2) Найти отношение объемов газа в состояниях 2 и 4.
- 3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 3-4.

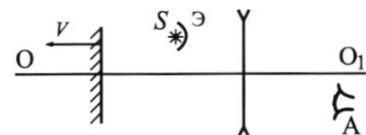
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины  $E, R, C$  известны,  $r = 2R$ . Ключ  $K$  на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.



- 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  $\mathcal{E}$ , 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.

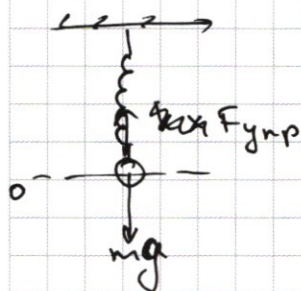


- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель  $A$  сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
- 2) Под каким углом  $\alpha$  к оси  $OO_1$  движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- 3) Найти скорость изображения в этот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





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$mg - F_{\text{упр}} = ma$$

$$\frac{5}{2} F_{\text{упр}} - mg = ma$$

$$F_{\text{упр}} = mg - ma$$

$$\frac{5}{2} mg - \frac{5}{2} ma - mg = ma$$

$$\frac{3}{2} ma = \frac{3}{2} mg \quad 1) a = \frac{3}{2} g$$

$$k_1 - mg \cdot x + \frac{kx^2}{2} = k_2 - mg \cdot \frac{5}{2} x + \frac{k \cdot 25x^2}{4 \cdot 2}$$

$$\frac{k_2}{k_1} = \alpha$$

$$22 \cdot 17 = 220 + 134$$

$$22 \cdot 7 = 154$$

$$kx = mg - ma$$

$$kx = mg - \frac{3}{2} mg = \frac{1}{2} mg$$

$$kx = mg - \frac{3}{2} mg = \frac{1}{2} mg$$

$$k_1 = mgx + \frac{kx^2}{2} = \frac{7}{4} kx^2 - \frac{kx^2}{2} = \frac{5}{4} kx^2$$

$$k_2 = mg \cdot \frac{5}{2} x - \frac{kx^2 \cdot 25}{4 \cdot 2} = \frac{5}{2} \cdot \frac{7}{4} kx^2 - \frac{kx^2 \cdot 25}{4 \cdot 2} =$$

$$= \frac{10}{7} kx^2 - \frac{25}{8} kx^2 = 0 =$$

$$k_2 = \frac{7}{4} \cdot \frac{5}{2} kx^2 - \frac{kx^2 \cdot 25}{8} = \frac{kx^2}{8} (35 - 25) =$$

$$= \frac{10}{8} kx^2$$

$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{\frac{10}{8} kx^2}{\frac{5}{4} kx^2} = 1$$

$$mg = kx_0$$

$$\frac{kA}{2} = mgA$$

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

$$U - mgA = 0 \Rightarrow U = \frac{2mg^2}{k}$$

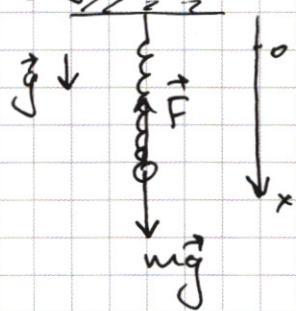
$$k - mgx_0 + \frac{kx_0^2}{2} = 0$$

$$k = \frac{kx_0^2}{2} = \frac{4 \cdot mg^2}{2k}$$

$$\frac{k}{k} = 4$$



задача 1



1) запишем II закон Ньютона для двух масс относительно осей:

$$\begin{cases} ma_{1x} = +mg - F_1 \\ ma_{2x} = -F_2 + mg \\ F_2 = \frac{5}{2} F_1 \end{cases}$$

~~масса пружины~~

перепишем, учитывая модуль  $|a_{1x}|$  и  $|a_{2x}| = a$

$$\begin{cases} ma = -mg + F \\ ma = \frac{5}{2} F - mg \end{cases} \Rightarrow F = mg - ma$$

$$ma = \frac{5}{2} (mg - ma) - mg$$

$$\frac{7}{2} ma = \frac{3}{2} mg \Rightarrow a = \frac{3}{7} g$$

2) Выберем нуль потенциальной энергии point тяжести в положении несжатой пружины, тогда кинетическая энергия равна нулю. (к-кинетическая энергия)

тогда  $F_1 = kx$ , тогда  $F_2 = \frac{5}{2} kx$

запишем ЗСЭ для двух масс

$$\begin{cases} K_1 - mgx + \frac{kx^2}{2} = 0 \\ K_2 + \frac{5}{2} mgx + \frac{k \cdot 25x^2}{2} = 0 \end{cases} \Rightarrow \text{учитывая, что}$$

$$k kx = mg - mg \frac{3}{7} = \frac{4}{7} mg$$

$$K_1 = \frac{7}{4} kx^2 - \frac{kx^2}{2} = \frac{5}{4} kx^2$$

$$K_2 = \frac{5}{2} \cdot \frac{7}{4} kx^2 - \frac{25}{8} kx^2 = \left( \frac{35}{8} - \frac{25}{8} \right) kx^2 = \frac{10}{8} kx^2$$

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{\frac{10}{8} kx^2}{\frac{5}{4} kx^2} = \frac{10 \cdot 4}{5 \cdot 8} = 1$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) \* A - макс. откл от пош. недепр. пружины

$$U = \frac{kA^2}{2}; \quad \frac{kA^2}{2} = mgA \rightarrow A = \frac{2mg}{k}$$

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

$mg = kx_0$ ,  $x_0$  - пош. равновесия

$$k - mgx_0 + \frac{kx_0^2}{2} = 0 \rightarrow k_1 = \frac{mg}{k} - \frac{m^2g^2}{2k} = \frac{mg}{2k}$$

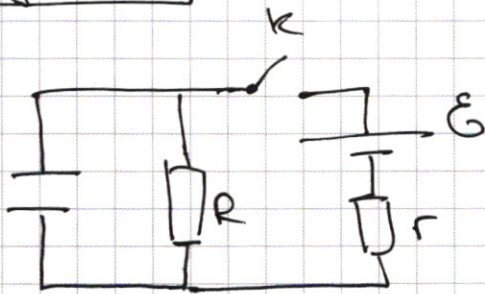
$$\frac{U}{k} = 4$$

ответ: 1)  $a = \frac{3}{7}g$ ; 2)  $\frac{k_2}{k_1} = 1$ ; 3)  $\frac{U}{k} = 4$



задача 3

$$r = 2R$$



1) сразу после замк. К  
напряжение на  
конденсаторе 0, а  
значит и  $U_R = 0$

$$2) P_c = U_c I_c ; U_c = I_R \cdot R, I_c = I - I_R$$

по закону Кирхгофа:

$$\varepsilon = I \cdot 2R + I_R \cdot R \Rightarrow I_R = \frac{\varepsilon - 2IR}{R}$$

$$\varepsilon = I \cdot 2R + U_c \Rightarrow U_c = \varepsilon - I \cdot 2R$$

$$I_c = I - \frac{\varepsilon - 2IR}{R} = \frac{IR - \varepsilon + 2IR}{R} = \frac{3IR - \varepsilon}{R}$$

$$P = (\varepsilon - I \cdot 2R) \left( \frac{3IR - \varepsilon}{R} \right) = \frac{3IR\varepsilon - \varepsilon^2 - 6I^2R^2 + 2IRE}{R} =$$

$$= \frac{-6I^2R^2 + 5IRE - \varepsilon^2}{R} = -6I^2R + 5IE - \frac{\varepsilon^2}{R}$$

$$P'_c = -12IR + 5\varepsilon = 0 \Rightarrow I = \frac{5\varepsilon}{12R}$$

$$U_c = \varepsilon - \frac{5\varepsilon}{12R} \cdot 2R = \frac{1}{6} \varepsilon$$

$$U_c = \frac{q}{C} \Rightarrow q = \frac{1}{6} \varepsilon C = \frac{CE}{6}$$

$$3) P_c = -6 \frac{25\varepsilon^2}{144R^2} R + 5 \frac{1}{6} \varepsilon C \varepsilon - \frac{\varepsilon^2}{R} =$$

$$P_{max} = -6 \frac{25\varepsilon^2}{144R^2} R + \frac{5 \cdot 25}{12 \cdot R} \varepsilon^2 - \frac{\varepsilon^2}{R} =$$

$$= -\frac{150}{144} \frac{\varepsilon^2}{R} + \frac{125}{12} \frac{\varepsilon^2}{R} - \frac{\varepsilon^2}{R} =$$

$$= \frac{\varepsilon^2}{R} (-150 + 12 \cdot 125 - 144) = \frac{689}{72} \frac{\varepsilon^2}{R}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P_{\text{max}} = -6 \frac{25 \varepsilon^2}{144 R} + 5 \frac{5 \varepsilon^2}{12 R} - \frac{\varepsilon^2}{R} = \frac{-150 + 25 \cdot 12 - 144}{144} \frac{\varepsilon^2}{R}$$

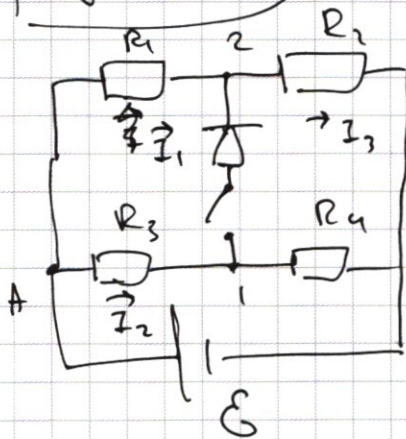
$$= \frac{-25 \cdot 6 + 25 \cdot 12 - 144}{144} \frac{\varepsilon^2}{R} = \frac{25 \cdot 6 - 144}{144} \frac{\varepsilon^2}{R} =$$

$$= \frac{150 - 144}{144} \frac{\varepsilon^2}{R} = \frac{6}{144} \frac{\varepsilon^2}{R} = \frac{1}{24} \frac{\varepsilon^2}{R} = \frac{1}{25} \frac{\varepsilon^2}{R}$$

ответ: 1)  $U_R = 0$ ; 2)  $q = \frac{C \varepsilon}{6}$ ; 3)  $P_{\text{max}} = \frac{\varepsilon^2}{25 R}$

3)  $P_{\text{max}} = \frac{\varepsilon^2}{25 R}$

Задача 11



1) по закону Кирхгофа

$$\varepsilon = I(R_1 + R_2)$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2} = \frac{12}{6} = 2 \text{ A}$$

2) нам нужно найти  $R_3$ ,  
работу  $\varphi_1 - \varphi_2 = 1 \text{ В}$

$$\varphi_A - \varphi_2 = I_1 R_1$$

$$\varphi_A - \varphi_1 = I_2 R_3$$

$$I_1 + I_g = I_3$$

$$\varepsilon = I_1 R_1 + (I_1 + I_g) R_2$$

$$I_2 - I_g = I_3$$

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

$$I_1 = \frac{\varepsilon - I_g R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon + I_g R_4}{R_3 + R_4}$$



дано

$$I_1 R_1 - I_2 R_3 = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$I_1(R_1 + R_2) + I_g R_2 = I_2(R_3 + R_4) - I_g R_4$$

$$I_1 = \frac{\mathcal{E} - I_g R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = \frac{\mathcal{E} + I_g R_4}{R_3 + R_4}$$

подставим в уравнение где резисторы  
не встречались:

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

подставим значения,

$$\frac{12 - 4}{6} 5 - \frac{12 + 4 \cdot 22}{R_3 + 22} \cdot R_3 = 1$$

$$\frac{20}{3} - 1 = \frac{100 R_3}{R_3 + 22}$$

$$\frac{17}{3} (R_3 + 22) = 100 R_3$$

$$17 R_3 + 22 \cdot 17 = 300 R_3$$

$$R_3 = \frac{22 \cdot 17}{283} \text{ Ом}$$

$$R_3 = \frac{22 \cdot 17}{283} = \frac{354}{283} \text{ Ом}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\varphi_A - \varphi_1 = I_3 R_3$$

$$\varphi_A - \varphi_2 = I_1 R_1$$

$$\mathcal{E} = I_1 R_1 + (I_1 + I_g) R_2$$

$$\mathcal{E} = I_3 R_3 + (I_3 - I_g) R_4$$

$$I_1 = \frac{\mathcal{E} - I_g R_1}{R_1 + R_2}$$

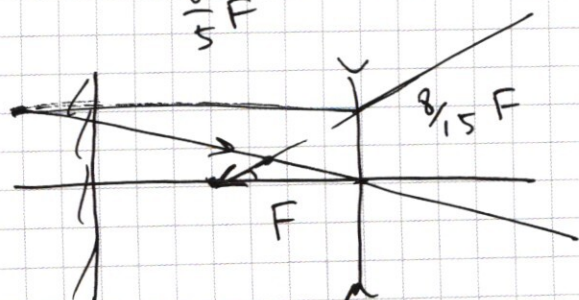
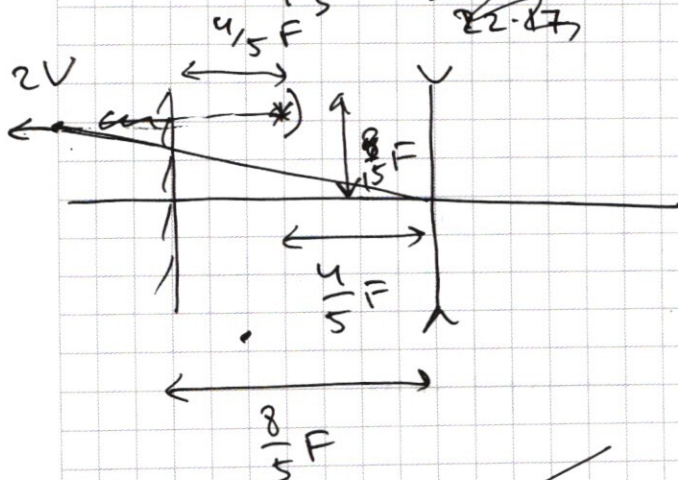
$$I_3 = \frac{\mathcal{E} + I_g R_4}{R_3 + R_4}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = I_1 R_1 - I_3 R_3 = \frac{\mathcal{E} - I_g R_1}{R_1 + R_2} R_1 - \frac{\mathcal{E} + I_g R_4}{R_3 + R_4} R_3$$

$$1 = \frac{12 - 4}{6} \cdot 5 - \frac{12 + 4 \cdot 22}{R_3 + 22} \cdot R_3$$

$$300 R_3 = 17(R_3 + 22)$$

$$R_3 = \frac{22 \cdot 17}{22 - 87}$$



$$15 \cdot 17 = 150 + 105 = 255$$

$$\begin{array}{r} 255 \\ 25 \overline{) 255} \\ \underline{25} \phantom{0} \\ 0 \end{array}$$

$$15 \cdot 17 = 150 + 125$$

$$\frac{12}{5} F$$

$$70 + 35$$

$$-\frac{1}{F} = \frac{5}{12F} + \frac{1}{f}$$

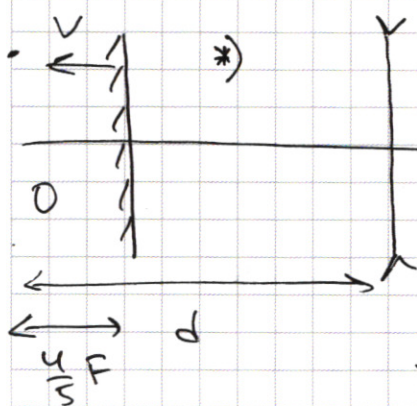
$$\frac{1}{f} = -\frac{5}{12F} + \frac{1}{F} = \frac{17}{12F}$$

$$1) \quad f = -\frac{12}{17} F$$

$$f_{\alpha} = \frac{8}{15}$$



задача 5



1) изображение будет  
от изображения  
в зеркале, т.е.

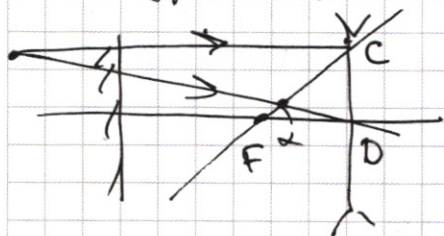
$$d = \frac{12}{5} F$$

то формуле линзы:

$$-\frac{1}{F} = \frac{5}{12F} + \frac{1}{f} ; \quad \frac{1}{f} = -\frac{1}{F} - \frac{5}{12F} = -\frac{17}{12F}$$

$$f = -\frac{12}{17} F, \text{ изображение мнимое}$$

2) можно показать, что изображение  
будет выхвачено по принципу FC вых



при движении зеркала от  
линзы.

$$\text{тогда } \tan \alpha = \frac{8}{15} ; \text{ т.к. } CD = \frac{8}{15} F$$



$$V_{\text{изобр.}} = 2V \Gamma^2 = 2V \left( \frac{12}{17} \cdot \frac{5}{12} \right)^2 = 2V \frac{25}{17^2} = V \frac{50}{289}$$

$V_{\text{изобр.}}$  - параллельный (перпендикулярный)  
пределах сферической

$$\text{тогда } V_{\text{изобр.}} = \frac{V_{\text{изр.}}}{\cos \alpha}$$

$$\cos \alpha = 1 + \frac{1}{f^2} = \frac{1}{\cos \alpha} \rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{f^2}}}$$

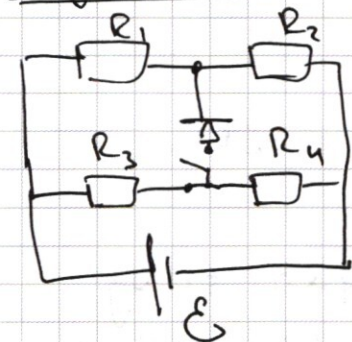


## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{64}{225}}} = \frac{15}{\sqrt{289}} = \frac{15}{17}$$

$$V_{\text{изобр}} = \frac{V}{\frac{50}{289}} \cdot 17 = \frac{50}{15 \cdot 17} V = \frac{50}{255} V = \frac{10}{51} V \approx 0,2 V$$

ответ: 1)  $f = -\frac{12}{17} F$ ; 2)  $\cos \alpha = \frac{8}{15}$ ; 3)  $V_{\text{изобр}} = \frac{10}{51} V$



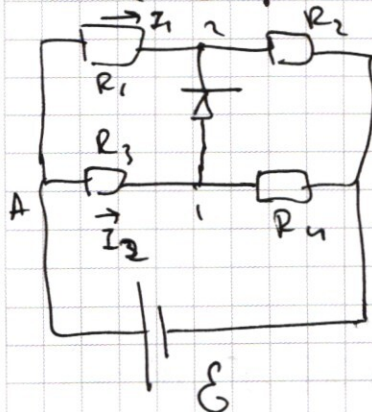
1) по правилу Кирхгофа:

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

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} = 2 A$$

2) найдем поровное сопротивление,

поки разность на потенциале у нас 1 В, но пока еще нет:



$$\varphi_1 - \varphi_2 = 1 B$$

$$E = I_1(R_1 + R_2)$$

$$E = I_2(R_3 + R_4)$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = I_1 R_1$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = I_2 R_3$$

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

$$I_2 = \frac{E}{R_3 + R_4}$$

$$\Rightarrow \varphi_1 - \varphi_2 = I_2 R_3 - I_1 R_1$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = I_1 R_1 - I_2 R_3$$

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



$$\frac{\mathcal{E} R_1}{R_1 + R_2} - \frac{\mathcal{E} R_3}{R_3 + R_4} = \varphi_1 - \varphi_2 = U, \text{ где } \varphi_1 - \varphi_2 = U$$

$$\mathcal{E} R_1 (R_3 + R_4) - \mathcal{E} R_3 (R_1 + R_2) = U (R_1 + R_2) (R_3 + R_4)$$

$$\cancel{\mathcal{E} R_1 R_3} + \mathcal{E} R_1 R_4 - \cancel{\mathcal{E} R_3 R_1} - \mathcal{E} R_3 R_2 = \cancel{U R_1 R_3} + U R_3 (R_1 + R_2) + U R_4$$

$$U (R_1 + R_2) (R_3 + R_4)$$

$$\mathcal{E} R_1 R_4 - \mathcal{E} R_3 R_2 = U R_1 R_3 + U R_3 R_1 + U R_2 R_3 + U R_2 R_4$$

$$R_3 = \frac{\mathcal{E} R_1 R_4 - U R_1 R_3 - U R_2 R_3 - U R_2 R_4}{U R_1 R_3 + U R_3 R_1 + U R_2 R_3 + U R_2 R_4}$$

ногнравим

$$\mathcal{E} R_1 R_4 - U R_1 R_3 - U R_2 R_3 - U R_2 R_4 = \mathcal{E} R_1 R_4 - U (R_1 R_4 + R_2 R_4)$$

$$R_3 = \frac{\mathcal{E} R_1 R_4 - U (R_1 R_4 + R_2 R_4)}{(U + \mathcal{E}) R_2 + U R_1}$$

$$= \frac{12 \cdot 5 \cdot 22 - 22 \cdot 6}{13 + 5} = \frac{54}{18} \cdot 22 = 3 \cdot 22 = 66 \text{ Ом}$$

при  $R_3 \leq 66 \text{ Ом}$  ток будет течь через диод

$$3) \text{ т.е. } P_D = U_D \cdot I_D \Rightarrow \text{ем } P_D = 3 \text{ Вт, а } U_D = 1 \text{ В} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_D = 3 \text{ А}$$

$$\begin{cases} \mathcal{E} = I_1 R_1 + (I_D + I_1) R_2 \\ \mathcal{E} = I_2 R_3 + (I_2 - I_D) R_4 \\ U_D = I_1 R_1 - I_2 R_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{aligned} I_1 &= \frac{\mathcal{E} - I_D R_2}{R_1 + R_2} \\ I_2 &= \frac{\mathcal{E} + I_D R_4}{R_3 + R_4} \end{aligned}$$

$$U_D = \frac{(\mathcal{E} - I_D R_2)}{R_1 + R_2} R_1 - \frac{(\mathcal{E} + I_D R_4)}{R_3 + R_4} R_3$$

$$U_D (R_1 + R_2) (R_3 + R_4) = (\mathcal{E} - I_D R_2) (R_3 + R_4) R_1 - (\mathcal{E} + I_D R_4) R_3 (R_1 + R_2)$$

$$U_D (R_1 + R_2) R_3 + U_D (R_1 + R_2) R_4 = R_3 R_1 (\mathcal{E} - I_D R_2) + R_4 R_1 (\mathcal{E} - I_D R_2) -$$

$$- (\mathcal{E} + I_D R_4) R_3 R_1 - (\mathcal{E} + I_D R_4) R_4 R_3$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2

1)  $P_1 V_1 = P_4 V_4$   $P_1 V_1 = P_4 V_4$   
 $\frac{P_3}{P_4} = \frac{P_1}{P_4} = \frac{V_3}{V_4}$   $P_4 = P_1$   
 $P_4 = P_1 \frac{V_3}{V_4} = P_1 \frac{1}{k} \Rightarrow \frac{P_1}{P_4} = k$   
 $P_1 V_3 = \nu R T_2$   
 $P_4 V_4 = \nu R T_1 \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{P_1 V_3}{P_4 V_4} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^2$   
 ~~$\frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{k^2} = \frac{1}{100^2} = \frac{1}{10000} \Rightarrow T_2 = \frac{100}{361} T_1$~~   $T_2 = k^2 T_1 = \frac{361}{100} T_1 = 3,61 T_1$

2)  $P_2 = \frac{V_2}{V_1} P_1$  ;  $P_2 = \frac{V_3}{V_2} P_1 \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_2} \Rightarrow V_2 = \sqrt{V_1 V_3}$   
 $P_4 = \frac{V_4}{V_3} P_1$  ;  $P_4 = \frac{V_1}{V_4} P_1 \Rightarrow V_4 = \sqrt{V_1 V_3}$   
 $\Rightarrow \frac{V_2}{V_4} = \frac{\sqrt{V_1 V_3}}{\sqrt{V_1 V_3}} = 1$

3)  ~~$Q_{34} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{(P_3 + P_4)}{2} (V_4 - V_3)$~~   
 $= \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{P_3 V_4 - P_3 V_3 + P_4 V_4 - P_4 V_3}{2}$   
 $= \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{P_4 V_4 - P_3 V_3}{2} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{\nu R T_1 - \nu R T_2}{2}$   
 $= \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{1}{2} \nu R \Delta T = 2 \nu R \Delta T$  ;  $\Delta T = T_1 - T_2 < 0$   
 $C_{\mu} = \frac{Q_{34}}{\nu R \Delta T} = 2R$

Ответ: А)  ~~$T_2 = \frac{100}{361} T_1$~~  ;  $\frac{V_2}{V_4} = 1$  ;  $C_{\mu} = 2R$   
 $T_2 = 3,61 T_1$



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

$$= \frac{22 \cdot 5 (12 - 3) - 6 \cdot 22}{6 + 6(12 + 3 \cdot 22) - 5(12 - 3)} = \frac{22 \cdot 45 - 6 \cdot 22}{67 - 6 + 12 - 5} =$$

$$= \frac{22 \cdot 39}{67 - 6 - 3} = \frac{858}{399} \approx 2 \text{ Ом}$$

2) Подставим в ранее найденную формулу  
 где  $R_3$  и значение  $I_D = 0$ , т.е.  
 при этом  $R_3$  будет пороговым сопро-  
 тлением и, при пороге  $I_D > 0$

$$R_3 = \frac{22 \cdot 5 \cdot 12 - 6 \cdot 22}{6 + 6(12 + 66) -}$$

$$R_3 = \frac{25 \cdot 5 (12 - 3) - 6 \cdot 22}{6 + 6(12 + 3 \cdot 22) - 5(12 - 3)} \approx 2 \text{ Ом}$$

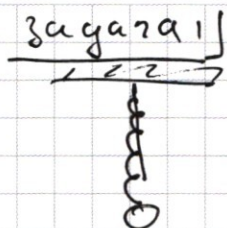
2) Подставим в ранее найденную формулу  
 где  $R_3$  значение  $I_D = 0$ , т.е. при этом  
 $R_3$  и это значение  $I_D > 0$

$$R_3 = \frac{22 \cdot 5 \cdot 12 - 6 \cdot 22}{6 + 12 - 6 - 5 \cdot 12} = \frac{54 \cdot 22}{18}$$

Ответ: 1)  $I = 2 \text{ А}$ ; 2)  $R_3 = 66 \text{ Ом}$ ; 3)  $R_3 = 2 \text{ Ом}$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) запишем II закон Ньютона для  
2х моментов, когда весы  
опускаются и поднимаются

$$\begin{cases} ma = \frac{5}{2}F - mg \\ ma = mg + F \end{cases} \Rightarrow F = m(a - g)$$

$$ma = \frac{5}{2}ma - \frac{5}{2}mg - mg$$

$$\frac{3}{2}ma = \frac{7}{2}mg$$

$$a = \frac{7}{3}g$$

2) Работа потенц. энергии в постоит. перемещ.  
пруж. равна нулю, механич. энергия  
равна нулю. Т.е.  $F_{\text{с}} = kx \Rightarrow x_2 = \frac{5}{2}x_1$

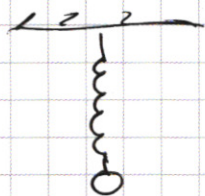
$$K_1 - \frac{5}{2}mgx + \frac{k25x^2}{4} = 0 \Rightarrow K_1 =$$

учитывая, что  $F = kx = m\left(\frac{7}{3}g - g\right) = \frac{4}{3}mg$

$$K_1 = \frac{5}{2}mgx - \frac{k25x^2}{8} = \frac{5}{2} \cdot \frac{3}{4}kx^2 - \frac{k25x^2}{8} =$$

$$\begin{array}{r} x^1,9 \\ x^1,9 \\ \hline 179 \\ 19 \\ \hline 361 \end{array}$$





$$1) \quad ma = F - mg$$

$$ma =$$

$$p = kV$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1} \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_2}{p_1}$$

$$\frac{p_2}{V_1} = \frac{p_2}{p_3} = \frac{p_2}{p_1}$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 = p_1 \quad \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$p_2 V_2 = p_3 V_3$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1} \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_2^2}{p_1^2} = \frac{V_2^2}{V_1^2} = 1,9^2$$

$$p_2 V_2 = p_3 V_3 = p_1 V_3 \Rightarrow V_3 = \frac{p_2}{p_1} V_2$$

$$\frac{V_3}{V_1} = 1,9 \quad \frac{p_3}{p_1} = 1,9 = \frac{p_1}{p_4} = 1,9$$

$$p_4 V_4 = p_1 V_1 \quad \frac{V_4}{V_1} = 1,9$$

$$\frac{V_4}{V_1} = 1,9$$

$$\frac{V_3}{V_1} = 1,9^2$$

$$\frac{138}{2} = 69$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{p_2}{p_1}$$

$$12 \cdot 5 \cdot 25 - 6 \cdot 25 = 25(60 - 6) = 25 \cdot 54$$

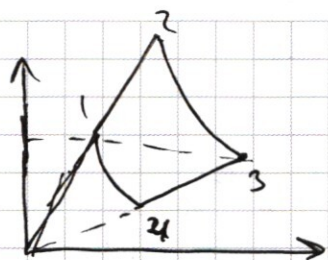
$$\frac{25 \cdot 54 - 12}{144} = \frac{1338}{144} = \frac{669}{72}$$

$$\begin{array}{r} ? \\ \times 25 \\ \hline 54 \\ 100 \\ \hline 125 \\ 1350 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 17 \\ \hline 17 \\ 79 \\ \hline 17 \\ 289 \end{array}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2 \Rightarrow \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$p_2 V_2 = p_3 V_3$$

$$\begin{cases} p_3 V_3 = \nu R T_2 \\ p_4 V_4 = \nu R T_1 \end{cases}$$

$$p_4 V_4 = p_1 V_1$$

$$\frac{p_3 V_3}{p_4 V_4} = \frac{T_2}{T_1} = k^2$$

$$\frac{p_3}{p_4} = \frac{V_4}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$$

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

$$\frac{p_3 V_3}{p_1 V_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$T_2 = k^2 T_1 = 1,9^2 T_1 = \frac{19^2}{10} T_1 = 3,61 T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$p_4 V_4 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = p_1 V_3$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_3}{V_2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_2}$$

$$V_2^2 = V_1 V_3$$

$$p_2 = p_1 \frac{V_2}{V_1}$$

$$p_1 V_1 = p_4 V_4$$

$$p_1 = \frac{V_3}{V_4} p_4$$

$$p_1 = \frac{V_2}{V_1} p_2$$

$$p_2 =$$

$$\frac{p_2}{p_4} = \frac{V_1}{V_2} \frac{V_4}{V_3}$$

$$\frac{V_1}{V_2} \frac{V_4}{V_3} \frac{V_2}{V_4} = \frac{T_2}{T_1} = k^2$$

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

$$p_1 V_3 = p_4 V_3$$

$$p_1 V_3 = \nu R T_2$$

$$Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{p_2 + p_4}{2} (V_3 - V_4) =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R \Delta T - \frac{(p_1 V_3 - p_4 V_4 + p_4 V_3 - p_1 V_1)}{2}$$

$$= \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$\frac{860}{400} = \frac{86}{40} = \frac{43}{20}$$

$$\begin{array}{r} \times 67 \\ 402 \\ \hline 2614 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 22 \\ 39 \\ \hline 798 \\ 66 \\ \hline 858 \end{array}$$



$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_1 T_2 = k^2 T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$P_1 V_3 = \nu R T_2$$

$$P_u V_u = \nu R T_1$$

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

$$P_2 \frac{V_2}{V_1} = P_u \frac{V_3}{V_u}$$

$$P_2 = P_u \frac{V_3}{V_u}$$

$$\frac{P_u}{P_1} = \frac{V_u}{V_3} \frac{V_1}{V_2} = k \frac{P_1}{P_2}$$

$$P_u V_u = P_1 V_1$$

$$P_1 = P_u \frac{V_3}{V_u}$$

$$\frac{P_2}{P_u}$$

$$P_2 V_3 = \nu R T_2 \quad P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$\frac{P_u}{P_2}$$

$$\frac{P_u}{P_2} \frac{V_u}{V_2} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{V_u}{V_2} = k^2 \frac{P_2}{P_u}$$

$$P_1 V_2 = P_u V_3$$

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

$$P_2 V_2 = P_u \frac{V_3}{V_u} V_3$$

$$V_2^2 = V_3 V_1$$

$$\frac{P_2}{P_u} = \frac{V_3^2}{V_u V_2}$$

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

$$V_u = k^2 V_3$$

$$V_2 = \sqrt{V_3 V_1}$$

$$V_u = V_1$$

$$P_u \frac{V_1}{V_u} = P_1 \frac{V_3}{V_u}$$

$$P_u = P_1$$

$$P_3 = k P_u$$

$$P_3 = k P_u$$

$$k P_u V_3 = P_2 V_2$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_3}{T_2}$$

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

$$V_u = V_1$$

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

$$k P_u k V_1 = \frac{V_2}{V_1} P_1 V_2$$

$$\frac{P_2}{P_u} = \frac{k V_3}{V_2} = k \frac{P_2}{P_1}$$

$$P_1 = k P_u$$





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ)»

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)





☐ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)