

# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

## Вариант 11-08

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

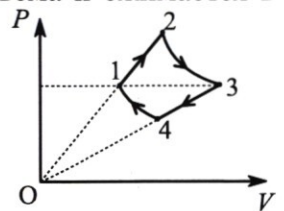
1. Шарик подвешен в поле тяжести на легкой упругой пружине с неизвестной жесткостью. Шарик поднимают вверх до положения, когда пружина не деформирована, и отпускают. При дальнейшем движении шарика вдоль вертикали в некоторые моменты времени силы, действующие на шарик со стороны пружины, отличаются в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

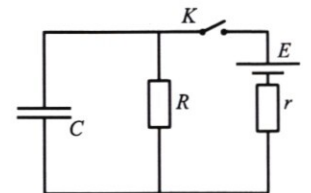
Давления газа в состояниях 1 и 3 равны.

- 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.



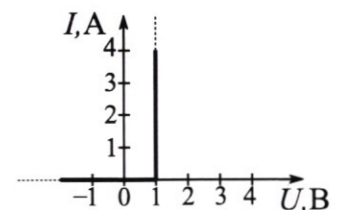
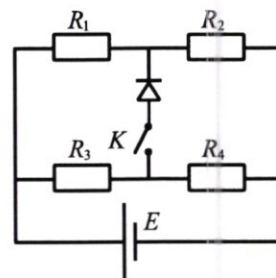
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины  $E, R, C$  известны,  $r = 4R$ . Ключ  $K$  на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

- 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.



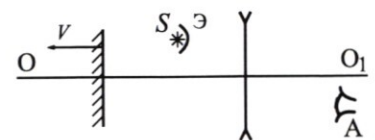
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника  $E = 10$  В,  $R_1 = 5$  Ом,  $R_2 = 5$  Ом,  $R_4 = 15$  Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода  $U_0 = 1$  В.

- 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  $\mathcal{E}$ , 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  $F/3$  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  $\alpha$  к оси  $OO_1$  движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- 3) Найти скорость изображения в этот момент.





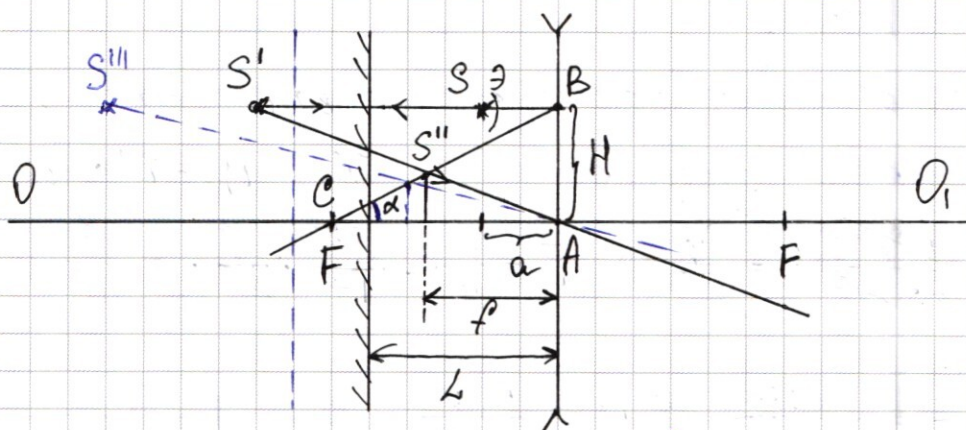
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

Пусть  $H = \frac{8F}{15}$ ,  $a = \frac{F}{3}$ ,  $L = \frac{11F}{18}$

- 1)  $f$  - ?
- 2)  $\alpha$  - ?
- 3)  $u$  - ?

1) Построим ход лучей в данной системе:



• изображение источника  $S$  в зеркале -  $S'$ . И можно сказать, что наш источник  $S$  находится в точке  $S'$ . Поэтому мы строим изображение источника  $S'$  и получаем точку  $S''$  - изображение.

2) Расстояние от линзы до  $S'$ :  $d = a + 2(L - a)$

3) По формуле тонкой линзы найдем  $f$ -расстояние от центр до линзы:

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{a + 2L - 2a} + \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} + \frac{\frac{11F}{18} - \frac{F}{3}}{9} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} + \frac{9}{11F - 3F}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{14+9}{14F} \Rightarrow f = \frac{14F}{23} \quad \frac{1}{f} = \frac{8+9}{8F} \Rightarrow f = \frac{8F}{17}$$

4) Тупиком построения ситуации геру време  $\Delta t$  на первом рисунке.

Как видно, изображение будет двигаться ~~вдоль~~ по прямой ВС.

$$\Rightarrow \angle BCA = \alpha$$

$$\Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{F} = \frac{8F}{15F} = \frac{8}{15}$$

5) Для нахождения скорости воспользуемся предельным увеличением:

$S'$  движется также как и зеркало со скоростью  $V$ .

Проекция скорости изображения на  $OO_1$ ;  $u_{np} = u \cdot \cos \alpha$

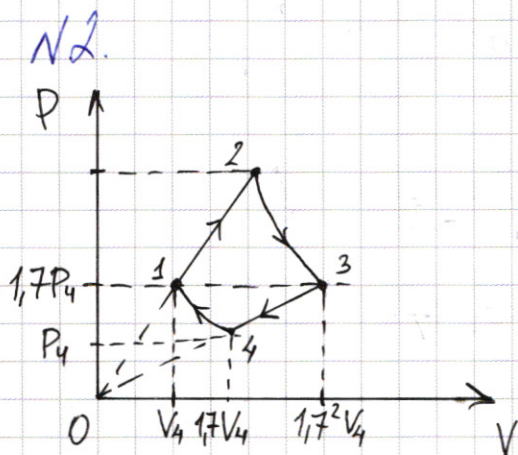
$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{8F}{17} \cdot \frac{9}{8F} = \frac{9}{17}$$

$$6) \quad \Gamma^2 = \frac{u_{np}}{V} = \frac{u \cos \alpha}{V} \Rightarrow u = \frac{\Gamma^2 V}{\cos \alpha} \quad \cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1}}$$

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

$$\Rightarrow u = \frac{81 \cdot V \cdot 17}{17^2 \cdot 15} = \frac{9 \cdot 9V}{17 \cdot 15} = \frac{27V}{85}$$

Ответ:  $f = \frac{8F}{17}$ ,  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{8}{15}$ ,  $u = \frac{27V}{85}$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) т.к.  $T_1 = T_4$  - изотерм. процесс

→ Ур-е Менделеева - Клапейрона

$$1,7 P_4 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_4 V_4 = \nu R T_1 \Rightarrow 1 = \frac{1,7 V_1}{V_4} \Rightarrow V_4 = 1,7 V_1$$

2)

точка 2:  $\beta V_2^2 = \nu R T_3$

$$\Rightarrow \frac{V_2^2}{V_4^2} = \frac{T_3}{T_1}$$

точка 1:  $\beta V_4^2 = \nu R T_1$

Для точек 1 и 4:

3)  $\alpha V_4^2 = \nu R T_1$

$$\Rightarrow \frac{\alpha}{\beta} = 1,7^2$$

$$1,7^2 \beta V_4^2 = \nu R T_1$$

4) 1:  $1,7 P_4 = \alpha V_4$

$$\Rightarrow \frac{V_4}{V_3} 1,7^2 = 1 \Rightarrow V_3 = 1,7^2 V_4$$

3:  $1,7 P_4 = \beta V_3$

5)

$$1,7 P_4 V_4 = \nu R T_1$$

$$1,7 P_4 \cdot 1,7 V_4^2 = \nu R T_3$$

$$\Rightarrow \frac{T_1}{T_3} = \frac{1}{1,7^2} \Rightarrow T_3 = 1,7^2 T_1$$

6)

из пункта 2:

$$\frac{V_2^2}{V_4^2} = 1,7^2 \Rightarrow \frac{V_2}{V_4} = 1,7 \Rightarrow V_2 = 1,7 V_4$$

7)

$$C_V = \frac{Q_{34}}{\nu \Delta T_{34}}$$

$Q_{34} = A + \Delta U$  где  $A$  - площадь под графиком:

$$A = \frac{1}{2} 2,7 P_4 (1,7^2 V_4 - 1,7 V_4) = \frac{1}{2} P_4 V_4 \cdot 2,7 (1,7^2 - 1,7)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R T_1 (1 - 1,7^2) = \frac{3}{2} 1,7 P_4 V_4 (1 - 1,7^2)$$

Найдем  $\Delta T_{34}$ :

$$1,7 P_4 V_4 = \nu R T_1$$

$$1,7^3 P_4 V_4 = \nu R T_3$$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{1,7 P_4 V_4 (1 - 1,7^2)}{\nu R}$$

$$\Rightarrow C_V = \frac{\frac{1}{2} P_4 V_4 \cdot 1,7 \cdot 2,7 (1 - 1,7) + \frac{3}{2} 1,7 P_4 V_4 (1 - 1,7^2)}{1,7 P_4 V_4 (1 - 1,7^2)}$$

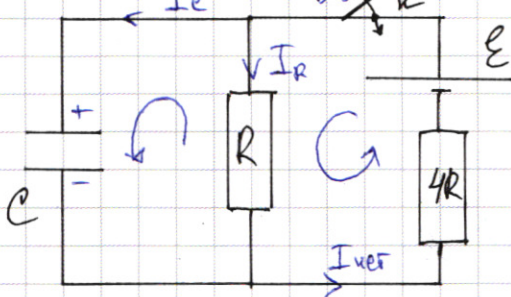
$$C_V = \frac{2,7(1 - 1,7) + 3(1 - 1,7^2)}{(1 - 1,7^2)} R = \frac{-2,7 \cdot 0,7 + 3(1 - 2,89)}{(1 - 2,89)} R =$$

$$C_V = \frac{-1,89 - 3 \cdot 1,89}{-1,89} R = \frac{-2}{-1} R = 2R$$

Ответ:  $T_3 = 1,7^2 T_1$ ;  $\frac{V_2}{V_4} = 1,7$ ,  $C_V = 2R$ .

N3.

Заменим сразу  $r$  на  $4R$ .



- 1)  $I_0$  - ?
- 2)  $U_C (N_{max})$  - ?
- 3)  $N_{max}$  - ?

1) Сразу после замыкания конденсатора не включится было 0 и будет 0  $\Rightarrow$  на резисторе R тоже 0  $\Rightarrow$  ток через него не идет  $\Rightarrow$

$$I_0 = \frac{\varepsilon}{4R}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Мощность на конденсаторе:

$$W' = U_C I_C$$

3) Запишем законы Кирхгофа для момента  $t$  во время переходного процесса:

$$\begin{cases} U_C = I_R R & \Rightarrow I_R = \frac{U_C}{R} \\ \mathcal{E} = I_R R + I_{\text{вет}} 4R \\ I_{\text{вет}} = I_C + I_R \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \mathcal{E} = U_C + I_{\text{вет}} \cdot 4R & \Rightarrow I_{\text{вет}} = \frac{\mathcal{E} - U_C}{4R} \\ I_{\text{вет}} = I_C + \frac{U_C}{R} \end{cases}$$

$$\Rightarrow I_C = I_{\text{вет}} - \frac{U_C}{R} = \frac{\mathcal{E} - U_C}{4R} - \frac{U_C}{R} = \frac{\mathcal{E} - 5U_C}{4R}$$

$$\Rightarrow N = \frac{\mathcal{E} - 5U_C}{4R} \cdot U_C = \frac{1}{4R} (U_C \mathcal{E} - 5U_C^2) \quad \text{— параболы ветви вниз}$$

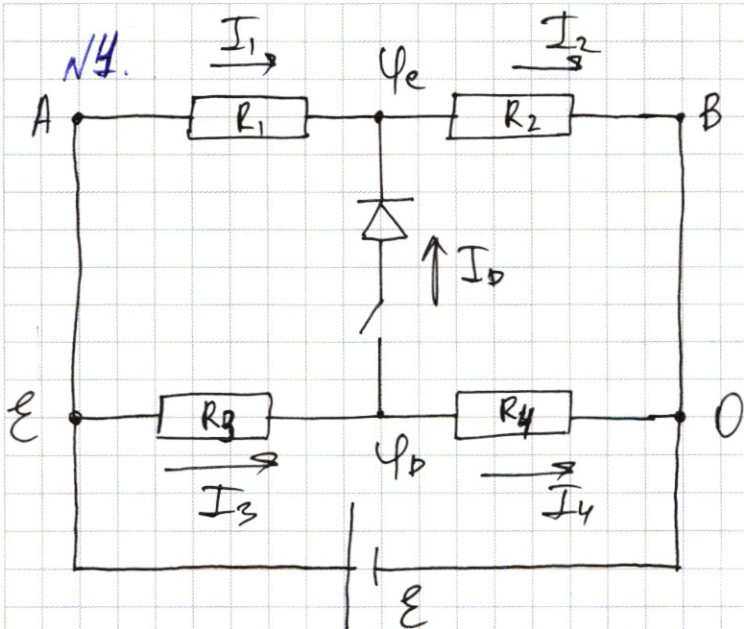
4) Найдем максимальную мощность:

Вершина параболы:

$$U_{C \max} = \frac{-\mathcal{E}}{-10} = \frac{\mathcal{E}}{10}$$

$$N_{\max} = \frac{1}{4R} \left( \frac{\mathcal{E}^2}{10} - \frac{5\mathcal{E}^2}{100} \right) = \frac{\mathcal{E}^2}{40R} \left( 1 - \frac{5}{10} \right) = \frac{\mathcal{E}^2}{80R}$$

Ответ: 1)  $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{4R}$     2)  $U_{\max} = \frac{\mathcal{E}}{10}$     3)  $N_{\max} = \frac{\mathcal{E}^2}{80R}$



- 1)  $I$  - ?
- 2)  $R_3$  - ?

1) При разомкнутом ключе:  $\varphi_A - \varphi_B = \mathcal{E}$ ,  
 также  $\varphi_A - \varphi_B = I(R_1 + R_2)$   
 $\rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2} = \frac{10}{10} = 1 \text{ A}$ .

2) Ток через диод потечет только в тот момент  
 когда на нём напряжение будет  $U_0$ , также ток  
 будет протекать снизу вверх.

3) Воспользуемся методом потенциалов:

$$\begin{aligned} \varphi_D - \varphi_C &= U_0 \\ \begin{cases} \mathcal{E} - \varphi_C = I_1 R_1 \\ \mathcal{E} - \varphi_D = I_3 R_3 \end{cases} &\rightarrow U_0 = I_1 R_1 - I_3 R_3 \end{aligned}$$

$$\begin{cases} \varphi_C = I_2 R_2 \\ \varphi_D = I_4 R_4 \end{cases} \rightarrow U = I_4 R_4 - I_2 R_2$$

$$\mathcal{E} = I_1 R_1 + I_2 R_2$$

По I закону Кирхгофа:  $I_2 = I_1 + I_D$   
 $I_4 = I_3 - I_D$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{cases} U_0 = I_3 R_4 - I_D R_4 - I_1 R_2 - I_D R_2 \\ \mathcal{E} = I_1 R_1 + I_1 R_2 + I_D R_2 \Rightarrow I_1 = \frac{\mathcal{E} - I_D R_2}{R_1 + R_2} \\ U_0 = I_1 R_1 - I_3 R_3 \end{cases}$$

~~$$I_3 = \frac{I_1 R_1 - U_0}{R_3}$$~~

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

$$U_0 = -I_D (R_4 + R_2) - \frac{\mathcal{E} R_2 + I_D R_2^2}{R_1 + R_2} + \frac{(\mathcal{E} - I_D R_2) R_1 R_4}{R_3 (R_1 + R_2)} - \frac{U_0}{R_3}$$

$$- \frac{U_0 (R_1 + R_2) R_4}{R_3 (R_1 + R_2)} \Rightarrow \text{необходимо перенести}$$

$$U_0 = I_D \left( -R_4 - R_2 + \frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_2 R_1 R_4}{R_3 (R_1 + R_2)} \right) - \frac{\mathcal{E} R_2}{R_1 + R_2} + \frac{\mathcal{E} R_1 R_4}{R_3 (R_1 + R_2)}$$

Т.е. мы нашли зависимость  $\mathcal{E} I_D (R_3)$  и  
чтобы ток через диод был действительно  
равенство  $I_D > 0$ .

$$(R_1 + R_2) R_3 U_0 = I_D (R_3 (R_1 + R_2) (-R_4 - R_2) + R_2 R_3 - R_2 R_1 R_4) - \mathcal{E} R_2 R_3 + \mathcal{E} R_1 R_4$$

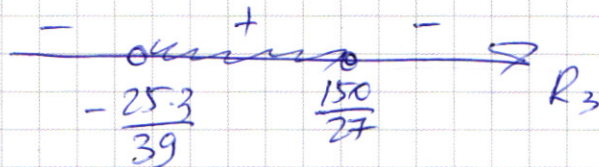
$$10 R_3 = I_D (-R_3 200 + 5 R_3 - 25 \cdot 15) - 50 R_3 + 50 \cdot 15$$

$$I_D = \frac{10 R_3 + 50 R_3 - 50 \cdot 15}{R_3 200 - 5 R_3 - 25 \cdot 15 - 50 R_3}$$

$$I_D > 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{10R_3 + 50R_3 - 50 \cdot 15}{5R_3 - 25 \cdot 15 - 200R_3} > 0$$

$$\frac{2R_3 + 25R_3 - 50 \cdot 3}{5R_3 - 25 \cdot 3 - 40R_3} > 0$$

$$\frac{27R_3 - 150}{-39R_3 - 25 \cdot 3} > 0$$



$$R_3 \in \left( -\frac{25 \cdot 3}{39}; \frac{150}{27} \right)$$

3)

$$P_D = U_D \cdot I_D =$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

$kx_0 = mg$

$\frac{kx_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$

$a_1 = a_2 \quad F_1 = 4F_2$

$ma_1 =$

$x(t) = A \sin(\omega t)$

$a(t) = -A\omega^2 \sin(\omega t)$

$a(t) \quad kx_0 = mg$

$x_1 = A \sin(\omega t_1)$

$x_2 = A \sin(\omega t_2) \Rightarrow \sin$

$ma_1 = kx_1$

$-ma_2 = 4kx_1$

$ma_1 = kx_0$

$ma_1 = 4kx_1$

$P_1 = \beta V_1 \quad P_3 = \alpha V_3 = \alpha \cdot 1,7 V_4$

$P_2 = \beta V_2 \quad P_4 = \alpha V_4$

$\Rightarrow \frac{P_3}{P_4} = 1,7$

2)  $1,7 P_4 = \beta V_1$

$P_2 = \beta V_2$

$1,7 P_4 \cdot 1,7 \cdot V_4 = \beta V_1^2 = \beta V_2^2$

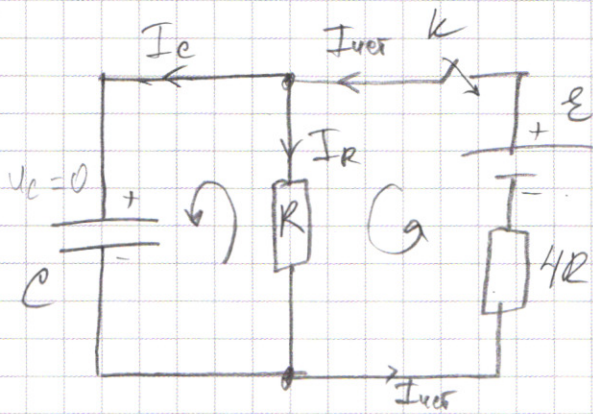
$P_4 V_4 = \beta V_1^2$

$\Rightarrow \frac{T_3}{T_1} = 1,7^2$

$T_3 = 1,7^2 T_1$

$1,7 P_4 = \alpha V_4$

$1,7 P_4 = \beta V_3$



$N_{\max}$  - режим.

1) I сразу

$$N = U_c \cdot I_c$$

1)  $I = \frac{\mathcal{E}}{4R}$

$$\mathcal{E} = I_R R + I_{\text{вс}} \cdot 4R$$

$$U_c = I_R R$$

$$I_{\text{вс}} = I_c + I_R$$

$$I_c = I_{\text{вс}} - I_R$$

2) в момент t:

①  $\mathcal{E} = I_R R - I_{\text{вс}} R$

②  $I_{\text{вс}} = I_c + I_R$

③  $\mathcal{E} = U_c + I_{\text{вс}} \cdot 4R$

$$U_c = \mathcal{E} - I_{\text{вс}} \cdot 4R$$

$$\mathcal{E} = U_c + I_{\text{вс}} \cdot 4R \Rightarrow I_{\text{вс}} = \frac{\mathcal{E} - U_c}{4R}$$

$$I_c = \frac{\mathcal{E} - U_c}{4R} - \frac{U_c}{R} = \frac{\mathcal{E} - U_c - 4U_c}{4R} = \frac{\mathcal{E} - 5U_c}{4R}$$

$$N = U_c \cdot I_c = U_c \left( \frac{\mathcal{E} - 5U_c}{4R} \right) = \frac{1}{4R} (\mathcal{E}U_c - 5U_c^2)$$

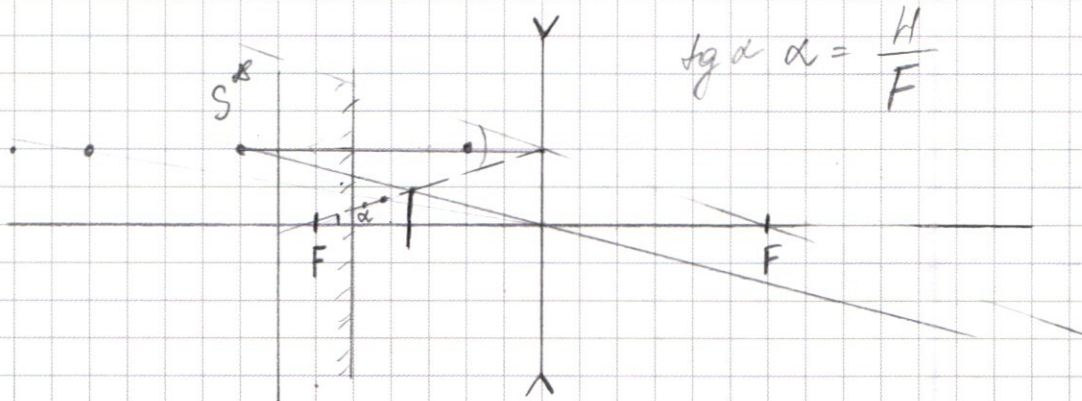
Найдем max:

$$N' = \frac{1}{4R} \cdot (\mathcal{E} - 10U_c) = 0 \Rightarrow U_c = \frac{\mathcal{E}}{10}$$

$$N = \frac{1}{4R} \left( \frac{\mathcal{E}^2}{10} - \frac{\mathcal{E}^2 \cdot 5}{100} \right) = \frac{\mathcal{E}^2}{4R} \left( 1 - \frac{1}{2} \right) = \frac{\mathcal{E}^2}{8R}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$0 = U_0 + I_4 R_3 + \frac{I_4 R_4 R_3}{R_2} - \frac{U_0 R_3}{R_2}$$



$$\alpha V_2^2 = \sigma R T_3$$

$$\alpha V_4^2 = \sigma R T_1$$

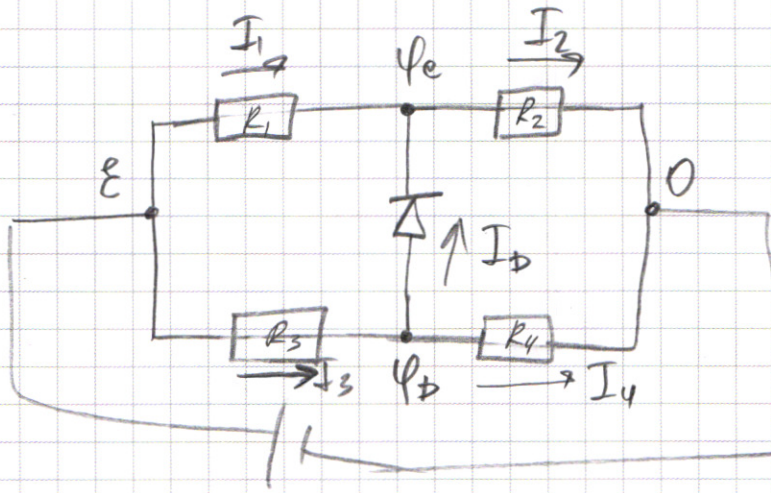
$$\beta V_3^2 = \sigma R T_3$$

$$1,7^2 \beta V_4^2 = \sigma R T_1$$

$$\frac{\alpha}{1,7^2 \beta} = 1 \quad \frac{\alpha}{\beta} = 1,7^2$$

$$1,7 R_4 = \alpha V_4 \Rightarrow 1 = 1,7 \frac{V_4}{V_3}$$

$$1,7 R_4 = \beta V_3$$



$$\varphi_D - \varphi_C = U_0 \Rightarrow$$

$$P_D = U_D \cdot I_D$$

$$\varepsilon - \varphi_C = I_1 R_1$$

$$I_D (R_3) - ?$$

$$\varepsilon - \varphi_D = I_3 R_3$$

$$I_4 + I_D = I_3 \quad -\varphi_C + \varphi_D = I_1 R_1 + I_3 R_3$$

$$I_1 + I_D = I_2 \quad \circ U_0 = I_1 R_1 + I_3 R_3$$

$$I_2 = I_1 + I_D$$

$$\begin{cases} \varphi_C = I_2 R_2 \\ \varphi_D = I_4 R_4 \end{cases} \Rightarrow U_0 = I_2 R_4 - I_2 R_2$$

$$I_4 = I_3 + I_D$$

$$U_0 = I_1 R_4 + I_D R_4 - I_3 R_2 + I_D R_2$$

$$U_0 = I_1 R_1 + I_3 R_3 \Rightarrow I_3 = \frac{U_0 - I_1 R_1}{R_3}$$

$$\varepsilon = I_1 R_1 + I_2 R_2 = I_1 R_1 + I_1 R_2 + I_D R_2 \Rightarrow I_1 = \frac{\varepsilon - I_D R_2}{R_1 + R_2}$$

$$U_0 = \frac{\varepsilon - I_D R_2}{R_1 + R_2} R_1 + I_3 R_3 \Rightarrow$$

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

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P_4 V_4 = \nu R T_1$$

$$1,7 P_4 = \nu_1 \beta$$

$$P_4 V_4 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$P_2 = \nu_2 \beta$$

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

$$\beta V_1 = 1,7 P_4$$

$$\beta = \frac{1,7 P_4}{\nu_1}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{1,7^2} \Rightarrow V_2 = 1,7^2 V_1$$

$$V_1 = \frac{V_2}{1,7^2}$$

$$1,7 P_4 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_4 V_4 = \nu R T_1$$

$$1,7 \cdot \frac{V_2}{1,7^2} = V_4$$

$$V_2 = 1,7 V_4$$

$$C_v = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

$$C_v = A = -\frac{1}{2} 2,7 P_4 \cdot 0,7 V_4 =$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (T_1 - T_3) \nu R = \frac{3}{2} (P_4 V_4 - 1,7^2 P_4 V_4) = \frac{3}{2} P_4 V_4 (1 - 1,7^2)$$

$$C_v = \frac{-\frac{1}{2} P_4 V_4 \cdot 2,7 \cdot 0,7 - \frac{3}{2} P_4 V_4 (1 - 1,7^2)}{\Delta T} =$$

$$P_4 V_4 = \nu R T_1$$

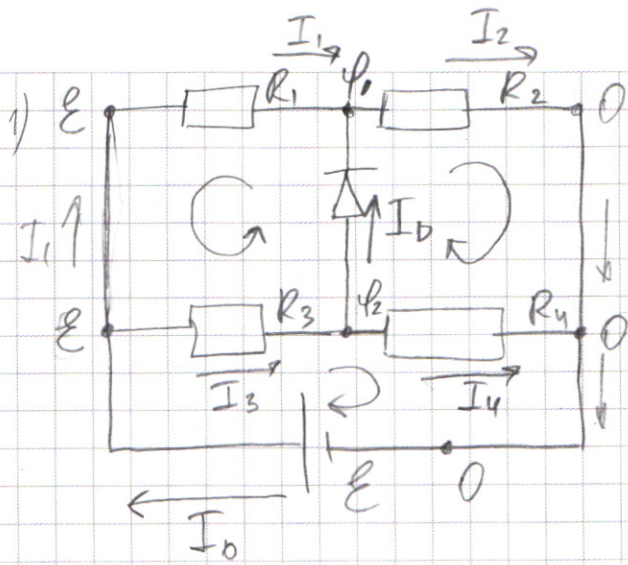
$$1,7^2 P_4 V_4 = \nu R T_3$$

$$\Rightarrow \nu R \Delta T = P_4 V_4 (1 - 1,7^2)$$

$$\begin{array}{r} 2,7 \\ \times 0,7 \\ \hline 1,89 \end{array}$$

$$C_v = \frac{-\frac{1}{2} P_4 V_4 \cdot 2,7 \cdot 0,7 - \frac{3}{2} P_4 V_4 (1 - 1,7^2)}{\frac{P_4 V_4}{R} (1 - 1,7^2)} =$$

$$\frac{-2,7 \cdot 0,7 - 3(1 - 1,7^2)}{2(1 - 1,7^2)} R$$



$$1) \quad \begin{aligned} \mathcal{E} &= U_1 + U_2 \\ \mathcal{E} &= I_1 R_1 + I_2 R_2 \\ I &= \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$

$$\frac{682}{522} \quad \frac{522}{682}$$

$$F + \frac{522}{119}$$

$$\begin{aligned} 0 &= U_0 - I_1 R_1 + I_3 R_3 \\ 0 &= U_0 + I_2 R_2 - I_4 R_4 \\ \mathcal{E} &= I_3 R_3 + I_4 R_4 \end{aligned}$$

$$\frac{682}{522} = \frac{I + R_2 I}{I} = I + R_2 I$$

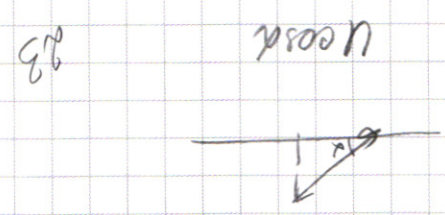
$$\frac{682}{522} = I + R_2 I$$

$$\mathcal{E} = I_1 R_1 + I_2 R_2$$

$$\begin{aligned} I_3 &= I_0 + I_4 \Rightarrow I_3 = I_2 - I_1 + I_4 \\ I_0 + I_1 &= I_2 \Rightarrow I_0 = I_2 - I_1 \end{aligned}$$

$$\frac{58}{5} \times \frac{6}{18} = 18 - 11$$

$$\begin{cases} 0 = U_0 = I_1 R_1 + I_2 R_3 - I_1 R_3 + I_4 R_3 \\ 0 = U_0 + I_2 R_2 - I_4 R_4 \\ \mathcal{E} = I_4 R_4 + I_2 R_3 - I_1 R_3 + I_4 R_3 \\ \mathcal{E} = I_1 R_1 + I_2 R_2 \Rightarrow I_1 = \frac{\mathcal{E} - I_2 R_2}{R_1} \end{cases}$$



$$\begin{cases} 0 = U_0 + I_2 R_3 + I_4 R_3 - (R_1 + R_3) \frac{\mathcal{E} - I_2 R_2}{R_1} \\ 0 = U_0 + I_2 R_2 - I_4 R_4 \rightarrow I_2 = \frac{I_4 R_4 - U_0}{R_2} \\ \mathcal{E} = I_4 R_4 + I_4 R_3 + I_2 R_3 - R_3 \frac{\mathcal{E} - I_2 R_2}{R_1} \\ 0 = U_0 + I_4 R_3 + \frac{I_4 R_4 - U_0}{R_2} R_3 - (R_1 + R_3) \frac{\mathcal{E} - I_4 R_4 + U_0}{R_1} \\ \mathcal{E} = I_4 (R_3 + R_4) + \frac{I_4 R_4 - U_0}{R_2} R_3 - R_3 \frac{\mathcal{E} - I_4 R_4 + U_0}{R_1} \end{cases}$$