

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-08

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

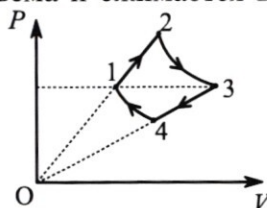
1. Шарик подвешен в поле тяжести на легкой упругой пружине с неизвестной жесткостью. Шарик поднимают вверх до положения, когда пружина не деформирована, и отпускают. При дальнейшем движении шарика вдоль вертикали в некоторые моменты времени силы, действующие на шарик со стороны пружины, отличаются в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

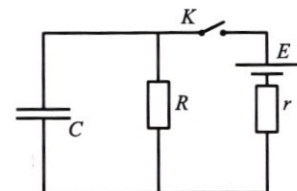
Давления газа в состояниях 1 и 3 равны.

- 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.



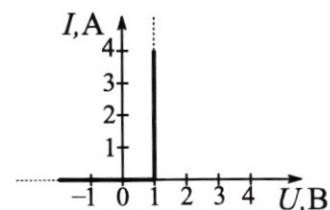
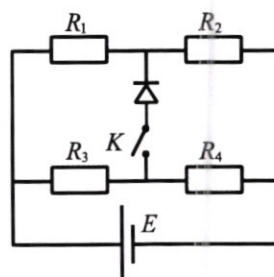
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 4R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

- 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.



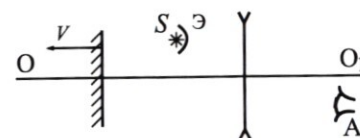
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 10$ В, $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 5$ Ом, $R_4 = 15$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

- 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?

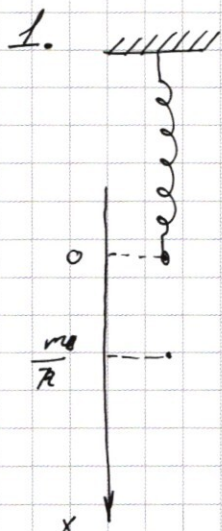


5. Оптическая система состоит из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $-F$ ($F > 0$), плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической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



1) Введем ось x и напишем ∇ - функцию:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = mg - kx, \quad z = mg - kx; \quad \frac{d^2 z}{dt^2} = -k \frac{dx}{dt^2}$$

$$\frac{d^2 z}{dt^2} + z \frac{k}{m} = 0 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$z(t) = mg - kx = A \cos \omega t + B \sin \omega t$$

По начальным условиям найдем A и B

$$x(t) = \frac{mg}{k} (1 - \cos \omega t)$$

$$F(t) = kx = mg(1 - \cos \omega t)$$

$$v(t) = \frac{dx}{dt} = \frac{mg}{k} \omega \sin \omega t$$

$$a(t) = \frac{dv}{dt} = \frac{mg}{k} \omega^2 \cos \omega t = g \cos \omega t$$

Ускорения равно по модулю в моменты времени t_1 и t_2 , причем

$$\omega t_2 = \pi - \omega t_1 \Rightarrow \cos \omega t_2 = -\cos \omega t_1$$

$$4mg(1 - \cos \omega t_1) = mg(1 + \cos \omega t_1) \Rightarrow 4 - 4\cos \omega t_1 = 1 + \cos \omega t_1$$

$$\cos \omega t = \frac{3}{5} \Rightarrow a(t_1) = \frac{3}{5}g$$

$$2) E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m \left(\frac{mg}{k} \omega \right)^2 (1 - \cos^2 \omega t) = \frac{1}{2} \cdot \frac{m^3 g^2}{k^2} \cdot \frac{k}{m} (1 - \cos^2 \omega t)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{mg}{k} \right)^2 (1 - \cos^2 \omega t)$$

$$\frac{E_k(t_1)}{E_k(t_2)} = \frac{1 - \cos^2 \omega t_1}{1 - \cos^2 \omega t_2} = \frac{1 - \cos^2 \omega t_1}{1 - (-\cos \omega t_1)^2} = 1$$

3) Максимальная деформация достигается при $\cos \alpha t = -1$ и равна $x_{\max} = 2 \frac{mg}{k} \Rightarrow E_{k \max} = \frac{1}{2} k x^2 = \frac{1}{2} k \cdot 4 \frac{(mg)^2}{k^2} = 2 \frac{(mg)^2}{k}$

Скорости максимальная при $\sin \alpha t = 1$ и равна: $V_{\max} = \frac{mg}{k} \omega$

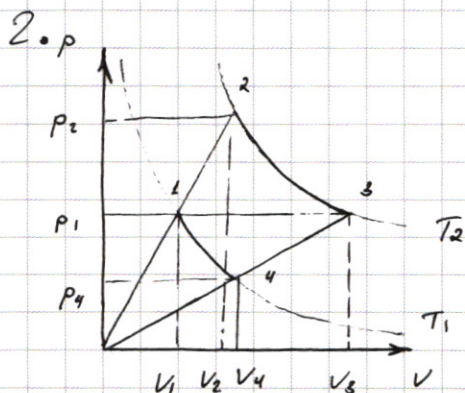
$$E_{\max} = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} m \frac{m^2 g^2}{k^2} \cdot \frac{k}{m} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(mg)^2}{k}$$

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

Отв: 1) $\frac{3}{5} g$

2) 1

3) 4



1) Коэффициент наклона прямой 4-3

равен тангенсу: $\operatorname{tg} \alpha = \frac{p_1}{V_3} = \frac{p_4}{V_4} \Rightarrow$

$$p_1 V_4 = p_4 V_3, \text{ следовательно: } p_2 V_1 = p_1 V_2$$

из уравнения Менделеева - Клапейрона:

$$p_1 V_3 = \nu R T_2, \quad p_4 V_4 = \nu R T_1$$

$$\frac{p_4 V_4}{p_1 V_3} = \frac{T_1}{T_2}, \quad \frac{V_4}{V_3} = \frac{p_4}{p_1} = \frac{1}{k}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_4}{p_1} \right)^2 = \frac{1}{k^2} \Rightarrow T_2 = T_1 \cdot k^2 = 9 T_1$$

2) $p_2 V_1 = p_1 V_2$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2 \quad p_1 V_1 = p_4 V_4 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_1 = \frac{V_4}{V_1} p_4 V_2 \Rightarrow p_2 V_1^2 = p_4 V_4 V_2 \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{V_4^2}{V_2^2} = \frac{1}{k^2} \Rightarrow V_2 = k V_1$$

$$p_1 V_1 = p_4 V_4 \Rightarrow V_1 = k V_4 \Rightarrow V_2 = k^2 V_4 \Rightarrow \frac{V_2}{V_4} = k^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) По 1-му началу термодинамики:

$$Q = \nu C \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + A$$

$$A_{34} = \frac{1}{2} (p_1 + p_4) (V_4 - V_3) = \frac{1}{2} (p_4 V_4 - p_1 V_3)$$

$$C \nu (T_1 - T_2) = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_2) + A$$

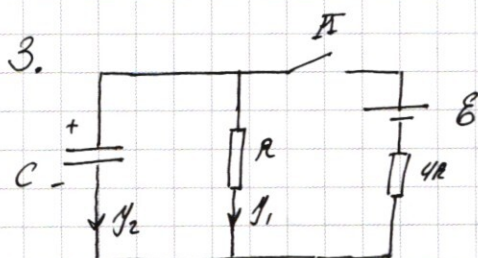
$$\frac{C}{R} (p_4 V_4 - p_1 V_3) = \frac{3}{2} (p_4 V_4 - p_1 V_3) + \frac{1}{2} (p_4 V_4 - p_1 V_3)$$

$$Q = 2R \nu \quad C = 2R$$

Отв: 1) $T_2 = T_1 k^2 \approx 3T_1$

2) $\frac{V_2}{V_4} = k^2 \approx 3$

3) ~~$C = 2R$~~ $C = 2R$



1) Сразу после замыкания К весь ток течет только по конденсатору, поэтому ток по R не течет, а через r течет ток: $I = \frac{\varepsilon}{4R}$

2) $W_c = \frac{1}{2} C U^2 \quad \frac{dW}{dt} = C U \frac{dU}{dt} = U \frac{d(CU)}{dt} = U \frac{dq}{dt} = I U = P$

— скорость роста энергии на конденсаторе — это произведение напряжения на ток через конденсатор, т.е. мощность.

По закону Кирхгофа:

$$\begin{cases} \mathcal{E} = (I_1 + I_2) \cdot 4R + I_1 R = 5I_1 R + 4I_2 R \\ \mathcal{E} - U_c = (I_1 + I_2) \cdot 4R \end{cases}$$

$$I_1 = \frac{1}{5R} (\mathcal{E} - 4I_2 R)$$

$$U_c = \mathcal{E} - 4R \left(\frac{\mathcal{E}}{5R} - \frac{4}{5} I_2 + I_2 \right) = \mathcal{E} - 4R \left(\frac{\mathcal{E}}{5R} + \frac{I_2}{5} \right) = \mathcal{E} - \frac{4}{5} \mathcal{E} - \frac{4}{5} I_2 R$$

$$U_c = \frac{1}{5} \mathcal{E} - \frac{4}{5} I_2 R \Rightarrow I_2 = \frac{1}{4R} (\mathcal{E} - 5U_c)$$

$$P(U_c) = I_2 U_c = \frac{1}{4R} (\mathcal{E} - 5U_c) U_c = \frac{1}{4R} (\mathcal{E} U_c - 5U_c^2)$$

Найдем максимум $P(U_c)$:

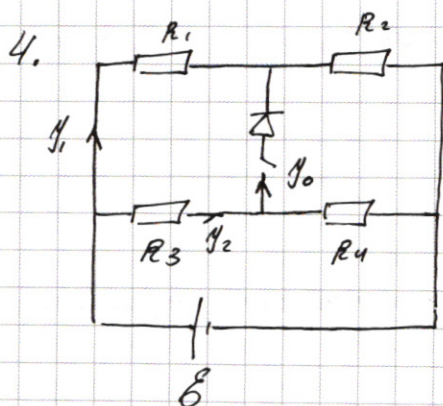
$$P'(U_c) = \frac{1}{4R} (\mathcal{E} - 5 \cdot 2U_c) = 0 \Rightarrow U_c = \frac{\mathcal{E}}{10}$$

$$3) P = \frac{1}{4R} (\mathcal{E} - 5U_c) U_c = \frac{1}{4R} \cdot \frac{\mathcal{E}}{2} \cdot \frac{\mathcal{E}}{10} = \frac{\mathcal{E}^2}{80R}$$

Отв: 1) $I_2 = 0$

$$2) U_c = \frac{\mathcal{E}}{10}$$

$$3) P = \frac{\mathcal{E}^2}{80R}$$



2) По II закону Кирхгофа

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2} = \frac{10\text{В}}{10\text{Ом}} = 1\text{А}$$

2) При протекании тока через диод напряжение на нем становится равным 1В

Запишем законы Кирхгофа для напряжений ЭДС и сопротивлений:

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{cases} \mathcal{E} = \mathcal{I}_1 R_1 + (\mathcal{I}_1 + \mathcal{I}_0) R_2 \\ \mathcal{E} = \mathcal{I}_2 R_3 + (\mathcal{I}_2 - \mathcal{I}_0) R_4 \\ \mathcal{U} = \mathcal{I}_1 R_1 - \mathcal{I}_2 R_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 10 = 5\mathcal{I}_1 + (\mathcal{I}_1 + \mathcal{I}_0) \cdot 5 \\ 10 = \mathcal{I}_2 R_3 + (\mathcal{I}_2 - \mathcal{I}_0) \cdot 15 \\ 2 = 5\mathcal{I}_1 - \mathcal{I}_2 R_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 10 = 10\mathcal{I}_1 + 5\mathcal{I}_0 \Rightarrow \mathcal{I}_1 = \frac{1}{2}(2 - \mathcal{I}_0) \\ 10 = \mathcal{I}_2(R_3 + 15) - 15\mathcal{I}_0 \Rightarrow \mathcal{I}_2 = \frac{10 + 15\mathcal{I}_0}{R_3 + 15} \\ 2 = 5\mathcal{I}_1 - \mathcal{I}_2 R_3 \Rightarrow 2 = \frac{5}{2}(2 - \mathcal{I}_0) - \frac{R_3}{R_3 + 15}(10 + 15\mathcal{I}_0) \end{cases}$$

$$2 = 5 - \frac{5}{2}\mathcal{I}_0 - \frac{10R_3}{15 + R_3} - \frac{15R_3}{R_3 + 15}\mathcal{I}_0 = \left(5 - \frac{10R_3}{15 + R_3}\right) - \mathcal{I}_0\left(\frac{5}{2} + \frac{15R_3}{R_3 + 15}\right)$$

$$\mathcal{I}_0 = \frac{4 - \frac{10R_3}{15 + R_3}}{\frac{5}{2} + \frac{15R_3}{R_3 + 15}} \geq 0 \Rightarrow \left(4 - \frac{10R_3}{15 + R_3}\right) \left(\frac{5}{2} + \frac{15R_3}{R_3 + 15}\right) \geq 0$$

$$(60 + 4R_3 - 10R_3)(5R_3 + 45 + 30R_3) \geq 0 \Rightarrow R_3 \neq 10 \text{ Ом}$$

3. $P = \mathcal{I}_0 \mathcal{U}$ По предыдущему пункту: $\mathcal{I}_0 = \frac{4 - \frac{10R_3}{15 + R_3}}{\frac{5}{2} + \frac{15R_3}{R_3 + 15}} = \frac{120 - 12R_3}{45 + 35R_3}$ (4)

$$P = 0,8 \text{ Вт} \Rightarrow \frac{120 - 12R_3}{45 + 35R_3} = \frac{8}{10} \Rightarrow \frac{30 - 3R_3}{15 + 7R_3} = 1 \Rightarrow 30 - 3R_3 = 15 + 7R_3$$

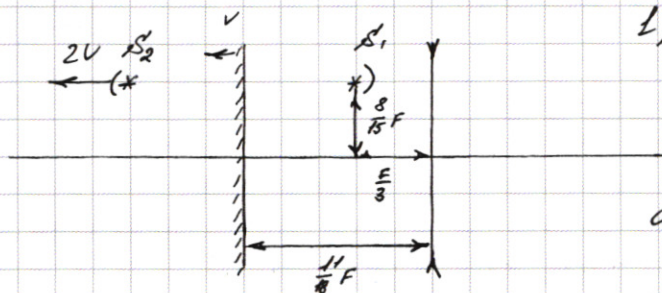
$$15 = 10R_3 \Rightarrow R_3 = 1,5 \text{ Ом}$$

Отв: 1) $\mathcal{I}_0 = 2 \text{ А}$

2) $R_3 \neq 10 \text{ Ом}$

3) $R_3 = 1,5 \text{ Ом}$

5.



1) Наблюдатель видит изображение системы зеркало-линза.

$$d = 2\left(\frac{11}{8}F - \frac{1}{3}F\right) + \frac{1}{3}F = \frac{8}{9}F$$

По формуле тонкой линзы:

$$-\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = -\frac{1}{F} \Rightarrow f = \frac{dF}{d+F} = \frac{\frac{8}{9}F}{\frac{11}{8}F} = \frac{8}{11}F$$

2)

$$\frac{dF}{dt} = v_x = \frac{VF(d+F) - VdF}{(d+F)^2} = \frac{VF^2}{(d+F)^2} \quad \text{— скорость изображения по оси } x, V - \text{ скорость } S \text{ по } x.$$

$$\frac{H}{h} = \frac{f}{d} = \frac{F}{d+F} \Rightarrow H = h \frac{F}{d+F} \Rightarrow \frac{dH}{dt} = v_y = -\frac{hVF}{(d+F)^2} \quad \text{— ск. по ос. } y$$

$$|\operatorname{tg} \alpha| = \left| \frac{v_y}{v_x} \right| = \frac{\frac{hVF}{(d+F)^2}}{\frac{VF^2}{(d+F)^2}} = \frac{h}{F} = \frac{8}{15}$$

3) Скорость S' в системе течения зеркала равна V , скорость самой системы тоже V , тогда скорость S_2 — изображение в зеркало $V_0 = 2V$.

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\frac{V^2 F^4}{(d+F)^4} + \frac{h^2 V^2 F^2}{(d+F)^4}} = \frac{VF}{(d+F)^2} \sqrt{F^2 + h^2} =$$

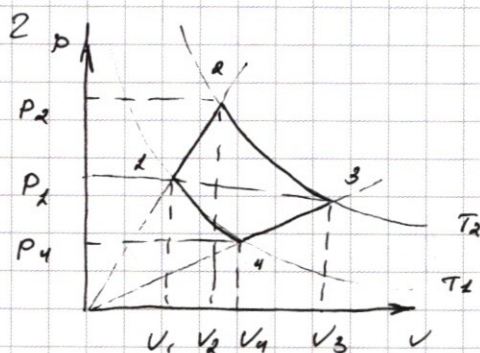
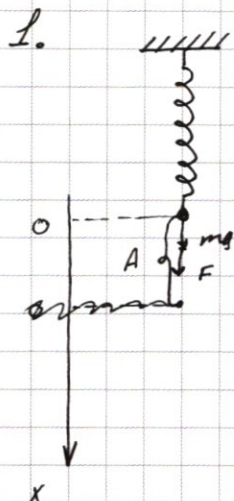
$$= \frac{2VF}{\left(\frac{11}{9}F\right)^2} \sqrt{\frac{64}{81}F^2 + \frac{64}{225}F^2} = \frac{16 \cdot 81}{64^2} \sqrt{\frac{1}{81} + \frac{1}{225}} V = \frac{9}{51} V$$

Отв: 1) $f = \frac{8}{11}F$

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

3) $v = \frac{16 \cdot 81}{64^2} \sqrt{\frac{1}{81} + \frac{1}{225}} V = \frac{9}{51} V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{p_1}{v_3} = \frac{p_4}{v_4}$$

$$p_1 V_1 = p_4 V_3 \quad p_1 = \bar{K} p_4$$

$$p_1 V_1 = 2RT_1$$

$$p_1 V_3 = nRT_2$$

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

$$R V_4 = V_3$$

$$p_4 V_4 = \nu R T_1$$

$$p_1 V_3 = nRT_1$$

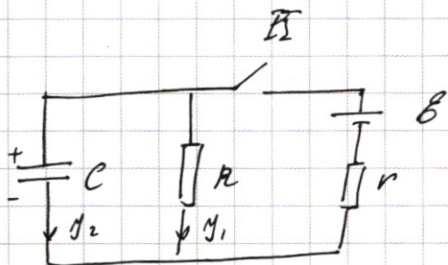
$$\epsilon_{ga} = \frac{p_1}{v_3} = \frac{p_4}{v_4}$$

$$\frac{p_1}{p_3} = \frac{p_4}{p_1} \Rightarrow p_1 V_4 = p_4 V_3 \quad p_2 V_1 = p_1 V_2$$

$$p_2 V_1 = p_1 V_2$$

$$p_1 V_1 = p_4 V_4$$

$$p_1 V_1 = p_4 V_4 \quad p_2 V_2 = p_1 V_3$$



$$dW \Rightarrow W_c = \frac{1}{2} C U^2$$

$$\frac{dW}{dt} = C U \frac{dU}{dt} = U i_c$$

$$\begin{cases} \varepsilon = (i_1 + i_2) r + i_1 R = 5 i_1 r + i_2 r \Rightarrow i_1 r = \frac{1}{5} (\varepsilon - i_2 r) \\ \varepsilon - U_c = (i_1 + i_2) r \end{cases}$$

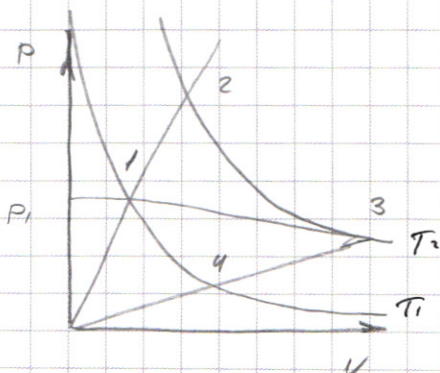
$$\varepsilon - U_c = \frac{1}{5} (\varepsilon - i_2 r) + i_2 r = \frac{1}{5} \varepsilon + \frac{4}{5} i_2 r$$

$$U_c = \frac{4}{5} \varepsilon - \frac{4}{5} i_2 r \Rightarrow i_2 = \frac{\varepsilon}{r}$$

$$\frac{dW}{dt} = \left(\frac{4}{5} \varepsilon - \frac{4}{5} i_2 r \right) i_2 = \frac{4}{5} (\varepsilon i_2 - i_2^2 r) = P$$

$$P'(0) = i_2 = \frac{5}{4r} \left(\frac{4}{5} \varepsilon - U_c \right) = \frac{\varepsilon}{r} - \frac{5 U_c}{4r}$$

$$P = \frac{\varepsilon}{r} U - \frac{5 U^2}{4r} \quad P' = \frac{\varepsilon}{r} - \frac{5 U}{2r} = 0 \Rightarrow U = \frac{2}{5} \varepsilon$$



$$p_1 V_2 = p_2 V_1 \quad p_4 V_3 = p_3 V_4$$

$$T p_4 = p_3$$

$$p_4 V_4 = \nu R T_1$$

$$p_3 V_3 = \nu R T_2$$

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

$$\left(\frac{p_3}{p_4} \right)^2 = \eta' = \frac{T_2}{T_1}$$

$$p_4 V_4 = \nu R T_1 \quad p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$\frac{p_4 V_4}{p_2 V_2} = \frac{1}{\eta'} \Rightarrow p_4 V_4 \eta'^2 = p_2 V_2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\left(\frac{25}{10} \left(2 + \frac{R_4}{R_3} \right) + 15 \right) \left(\left(\frac{5}{10} \left(2 + \frac{R_4}{R_3} \right) - 1 \right) 10 - \left(1 - \frac{R_4}{R_3} \right) \right) \geq 0$$

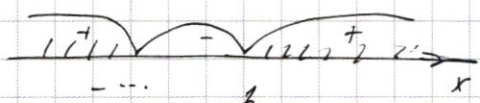
$$(2,5 + 2,5x + 15) \left(\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}x - 1 \right) 10 - 1 + x \right) \geq 0$$

$$(17,5 + 2,5x) (5x - 5 - 1 + x) \geq 0$$

$$(17,5 + 2,5x) (-6x - 6) \geq 0$$

$$x > 1$$

$$R_3 < 15 \Omega$$



$$\begin{cases} \mathcal{E} = \mathcal{I}_2 R_3 + \mathcal{I}_2 R_4 \Rightarrow \mathcal{I}_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_3 + R_4} \\ \mathcal{E} = \mathcal{I}_1 R_1 + \mathcal{I}_1 R_2 \\ \mathcal{U} = \mathcal{I}_1 R_1 - \mathcal{I}_2 R_3 \Rightarrow \mathcal{I}_1 = \frac{\mathcal{U} + \mathcal{I}_2 R_3}{R_1} \end{cases}$$

$$\mathcal{E} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} (\mathcal{U} + \mathcal{I}_2 R_3)$$

$$\mathcal{E} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \left(\mathcal{U} + \mathcal{E} \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right)$$

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

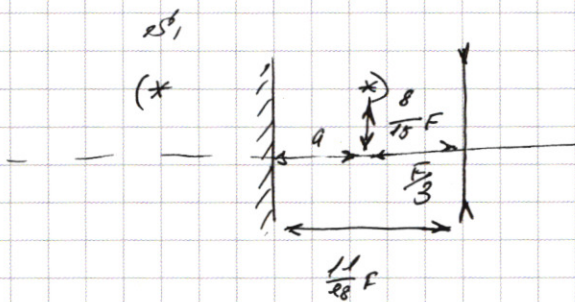
$$\mathcal{E} R_3 = (R_3 + R_4) \left(\frac{\mathcal{E} R_1}{R_1 + R_2} - \mathcal{U} \right) = 4 (R_3 + 15)$$

$$10 R_3 = 45 R_3 + 4 R_3$$

$$6 R_3 = 45$$

$$\frac{60 + 4R_3 - 10R_3}{\frac{5}{2}(15 + R_3) + 15R_3} = \frac{2(60 - 4R_3)}{15 + 5R_3 + 30R_3} = \frac{120 - 8R_3}{15 + 35R_3} = \frac{12(10 - R_3)}{5(15 + 7R_3)} = \frac{8}{10}$$

$$\frac{3(10 - R_3)}{15 + 7R_3} = \frac{2}{2}$$

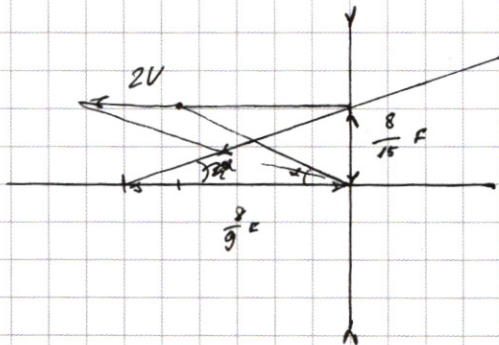


$$a = \left(\frac{11}{10} - \frac{1}{3} \right) F = \frac{5}{18} F$$

$$d = 2a + \frac{F}{3} = \frac{5}{9} F + \frac{F}{3} = \frac{8}{9} F$$

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{8} = -\frac{1}{F}$$

$$f = \frac{dF}{d+F} : \frac{\frac{8}{9}}{\frac{8}{9} + 1} F = \frac{8}{17} F$$



$$\tan \alpha = \frac{\frac{8}{10}}{\frac{8}{9}} = \frac{9}{10}$$

$$r = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

$$H = h \frac{F}{d+F}$$

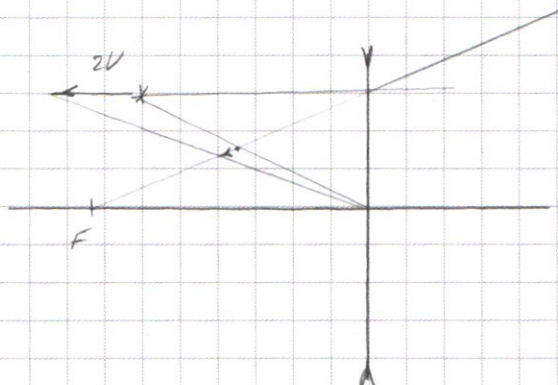
$$u_y = h - \frac{2VF}{(d+F)^2}$$

$$u_x = \frac{2VF(d+F) - 2VdF}{(d+F)^2} =$$

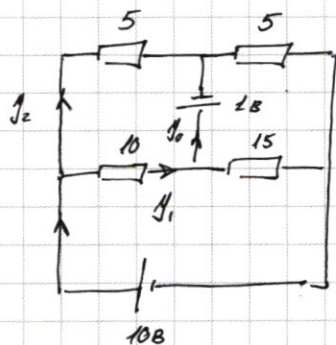
$$= \frac{2VF^2}{(d+F)^2}$$

$$\tan \alpha = \frac{u_y}{u_x} : \frac{\frac{2Vh}{(d+F)^2}}{\frac{2VF^2}{(d+F)^2}} = \frac{h}{F^2} = \frac{16}{10}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{16VF \cdot 81}{14^2 F^2} \sqrt{\frac{1}{81} + \frac{1}{225}} F = \frac{16 \cdot 81}{14^2 \cdot 9} = \frac{16 \cdot 9}{14^2} V$$



$$\begin{cases} 10 = 10I_2 + 5I_0 \\ 10 = 10I_1 + 15(I_1 - I_0) = 25I_1 - 15I_0 \\ 2 = 5I_2 - 10I_1 \end{cases}$$

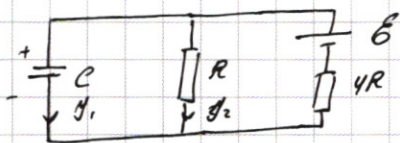
$$I_2 = \frac{1}{5}(1 + 10I_1)$$

$$10 = 2 + 20I_2 + 5I_0$$

$$2 = 5I_1 - 3I_0$$

$$I_1 = \frac{1}{5}(2 + 3I_0)$$

$$10 = 2 + 8 + 12I_0 + 5I_0 \quad I_0 = 0$$



$$E = 4R(I_1 + I_2) + I_2 R = 5I_2 R + 4I_1 R$$

$$E = 4R(I_1 + I_2) + U_C$$

$$I_1 = \frac{1}{4R} (E - 5U_C)$$

$$I_2 = \frac{3}{5R} (E - 4U_C)$$

$$E = 4I_1 R + \frac{4}{5} E - \frac{16}{5} I_1 R + U_C = \frac{4}{5} I_1 R + \frac{4}{5} E + U_C$$

$$I_1 E \quad \frac{1}{5} E = \frac{4}{5} I_1 R + U_C$$

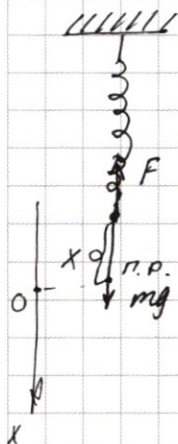
$$I_1 = \frac{5}{4R} \left(\frac{1}{5} E - U_C \right)$$

$$P = \frac{1}{4R} (E - 5U_C) U_C$$

$$P' = \frac{1}{4R} (E - 10U_C) \Rightarrow U_C = \frac{E}{10}$$

$$P = \frac{1}{4R} \left(\frac{1}{2} E \right) \frac{E}{10} = \frac{E^2}{80R}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$$V(t) = -A\omega \sin \omega t$$

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

$$ma = mg - F_{\text{up}}$$

$$F_{\text{up}} = mg - ma = m(g + A\omega^2 \cos \omega t)$$

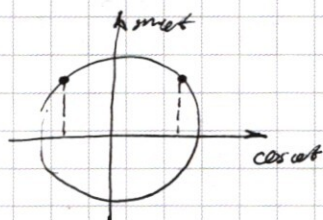
$$|a(t)| = |A\omega^2 \cos \omega t|$$

$$pV^{-2} = \text{const}$$

$$-1 = \frac{C - C_p}{C - C_v}$$

$$C_v - C = C - C_p$$

$$\frac{3}{2}R + \frac{5}{2}R = ?C$$



$$F_{\text{up}} = mg$$

$$4mg(g - A\omega^2 \cos \omega t) = mg(g + A\omega^2 \cos \omega t)$$

$$4/g - 4A\omega^2 \cos \omega t = g + A\omega^2 \cos \omega t$$

$$A\omega^2 \cos \omega t = \frac{3}{5}g = a$$

$$A\omega^2 \cos \omega t = \frac{3}{5}g$$

$$E_n = \frac{1}{2} A^2 \omega^2 \sin^2 \omega t$$

$$\omega t_1 = \arccos\left(\frac{3g}{5A\omega^2}\right)$$

$$E_n = \frac{1}{2} A^2 \omega^2 (1 - \cos^2 \omega t)$$

$$\omega t_1 = \arccos\left(\frac{3g}{5A\omega^2}\right)$$

$$E_n = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = \frac{1}{2} m A^2 \frac{\pi}{m}$$

$$\omega t_2 = \pi - \arccos\left(\frac{3g}{5A\omega^2}\right)$$

$$E_n = \frac{1}{2} k A^2$$

$$\cos \omega t_1 = \frac{3g}{5A\omega^2}$$

$$\cos \omega t_2 = \cos \pi - \frac{3g}{5A\omega^2} = -\frac{3g}{5A\omega^2}$$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = mg - kx$$

$$z = mg - kx$$

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = -k \frac{d^2 x}{dt^2}$$

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} + \frac{m}{k} \frac{d^2 z}{dt^2} + z = 0 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$z = mg - kx = A \cos \omega t + B \sin \omega t \quad A = mg$$

$$kx = mg(1 - \cos \omega t)$$

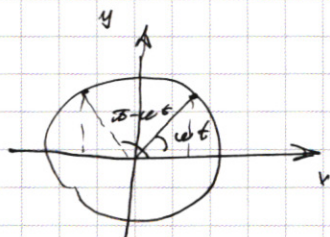
$$F(x) = mg(1 - \cos \omega t)$$

$$x(t) = \frac{mg}{k}(1 - \cos \omega t)$$

$$V = \frac{mg\omega}{k} \sin \omega t$$

$$a(t) = \frac{mg\omega^2}{k} \cos \omega t = g \cos \omega t$$

$$\frac{2V}{\left(\frac{14}{9}\right)^2} \sqrt{1 + \frac{64}{225}}$$



$$F_1 = mg(1 - \cos \omega t)$$

$$= \frac{2 \cdot 9^2 \cdot 14}{14^2 \cdot 15} = \frac{2 \cdot 3^4}{14 \cdot 15} =$$

$$F_2 = mg(1 + \cos \omega t)$$

$$= \frac{2 \cdot 3^3}{14 \cdot 5} = \frac{54}{85}$$

$$\frac{H^2}{\frac{H}{m}} \cdot \frac{1}{m}$$

$$U = \frac{VF}{(d+F)^2} \sqrt{F^2 + h^2} = \frac{VF}{\left(\frac{14}{9}F\right)^2} \sqrt{F^2 + \frac{64}{225}F^2}$$

$$= \frac{VF^2}{\left(\frac{14}{9}\right)^2 F^2} \sqrt{\frac{289}{225}}$$

$$\begin{array}{r} \times 13 \\ 13 \\ \hline 39 \\ + 13 \\ \hline 169 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 14 \\ 14 \\ \hline 119 \\ + 14 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 15 \\ 15 \\ \hline 85 \\ + 15 \\ \hline \end{array}$$

$$= \frac{VF^2 \cdot 14 \cdot 9^2}{15 \cdot (14)^2} = \frac{VF^2 \cdot 81}{15 \cdot 14} = \frac{9VF^2}{3 \cdot 14} = \frac{0VF^2}{51}$$

$$\frac{2 \cdot 81}{14^2} \cdot \frac{14}{15} = \frac{2 \cdot 81}{14 \cdot 15} = \frac{2 \cdot 9 \cdot 3}{5 \cdot 14} = \frac{54}{70} = \frac{27}{35}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\kappa p_4 = p_1$$

$$p_1 V_4 = p_4 V_3$$

$$p_4 V_4 = \nu R T_1$$

$$p_1 V_3 = \nu R T_2$$

$$\frac{p_4 V_4}{p_1 V_3} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{V_4}{V_3} = \frac{p_4}{p_1} = \frac{1}{\kappa}$$

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

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 \quad p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow p_1 V_1 \kappa^2 = p_2 V_2 = \frac{V_2^2}{V_1} p_1$$

$$\kappa^2 = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1 V_4}{p_2 V_2}$$

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

$$p_2 V_1 = \frac{V_4}{V_1} p_4 V_2 \Rightarrow p_2 V_1^2 = p_4 V_4 V_2$$

$$\frac{p_4}{p_2} = \frac{V_1^2}{V_2 V_4}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1^2}{V_2^2} = \frac{1}{\kappa} \Rightarrow V_2 = \kappa V_1$$

$$p_1 V_1 = p_4 V_4 \Rightarrow V_1 = \kappa V_4$$

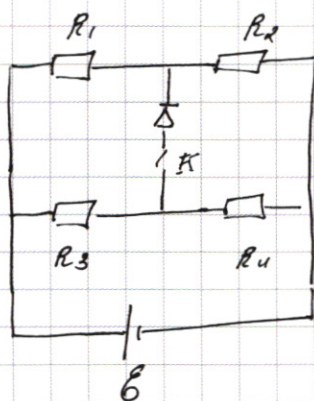
$$\nu C_{\Delta T} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_2) + A$$

$$\nu (T_1 - T_2) = (p_4 V_4 - p_1 V_3) / \kappa$$

$$\frac{3}{2} (p_4 V_4 - p_1 V_3)$$

$$\frac{C}{R} (p_4 V_4 - p_1 V_3) = \frac{3}{2} (p_4 V_4 - p_1 V_3) +$$

$$+ \frac{1}{2} (V_4 p_4 - p_1 V_3)$$



$$1) I_1 = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{10}{10} = 1 \text{ A}$$

2)

~~I_2~~

$$E = I_2 R_3 + (I_2 - I_0) R_4$$

$$E = I_1 R_1 + (I_1 - I_0) R_2$$

~~$I_2 R_1$~~

$$U = I_1 R_1 - I_2 R_3$$

$$I_1 = \frac{U + I_2 R_3}{R_1}$$

$$E = U + I_2 R_3 + I_1 R_2 + I_0 R_2$$

$$E = I_1 (R_1 + R_2) + I_0 R_2 = (U + I_2 R_3) \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_0 R_2$$

$$\text{or } \frac{(E - I_0 R_2) R_1}{R_1 + R_2} - U = I_2 R_3$$

$$E = I_2 (R_3 + R_4) - I_0 R_4 = \frac{R_3 + R_4}{R_3} \left(\frac{(E - I_0 R_2) R_1}{R_1 + R_2} - U \right) - I_0 R_4$$

$$= \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} (E - I_0 R_2) - U \right) - I_0 R_4$$

$$= \frac{(R_3 + R_4) R_1}{(R_1 + R_2) R_3} E - \frac{(R_3 + R_4) R_1}{(R_1 + R_2) R_3} I_0 R_2 - \frac{R_3 + R_4}{R_3} U - I_0 R_4 = E$$

$$I_0 \left(\frac{(R_3 + R_4) R_1 R_2}{(R_1 + R_2) R_3} + R_4 \right) = \left(\frac{(R_3 + R_4) R_1}{(R_1 + R_2) R_3} + 1 \right) E - \frac{R_3 + R_4}{R_3} U$$

$$\left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) + R_4 \right) \left(\frac{R_1}{(R_1 + R_2)} \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) - 1 \right) E - \left(1 - \frac{R_4}{R_3}\right) U \geq 0$$