# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

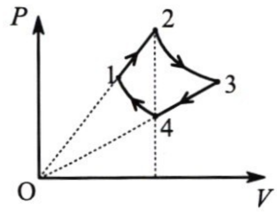
Класс 11 **Вариант 11-07**

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 3 раза, а модули ускорений равны.

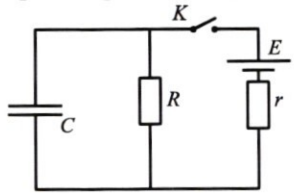
1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

**2.** Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой $T_1$ расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления $P$ от объема $V$. В процессе 1-2 объем газа увеличивается в $k = 1{,}8$ раза. 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. Объемы газа в состояниях 2 и 4 равны.



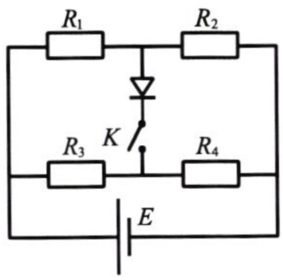

1) Найти температуру газа в процессе 2-3.
2) Найти отношение давлений в состояниях 1 и 3.
3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 1-2.

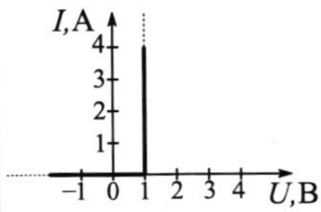
**3.** В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины $E, R, C$ известны, $r = 3R$. Ключ К на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.




1) Найти ток, текущий через источник, сразу после замыкания ключа.
2) Найти ток, текущий через конденсатор, непосредственно перед размыканием ключа.
3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

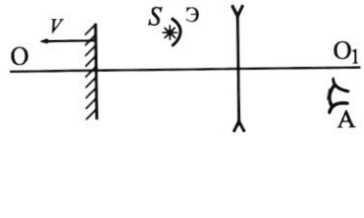
**4.** В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 8$ В, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 6$ Ом, $R_4 = 2$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.




1) Найти ток через резистор $R_3$ при разомкнутом ключе К.
2) При каких значениях $R_1$ ток потечет через диод при замкнутом ключе К?
3) При каком значении $R_1$ мощность тепловых потерь на диоде будет равна $P_D = 2$ 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 $3F/4$ от оси $OO_1$ и на расстоянии $F$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью $V$ вдоль оси $OO_1$. В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/2$ от линзы.




1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А 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.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

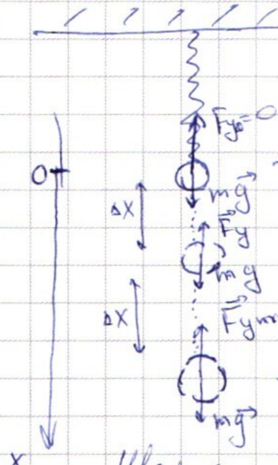
1. Дано: лёгкая упругая пружина, шарик в поле тяжести

1) $|a|$ - ?

2) $\frac{E_{k1}}{E_{k2}}$ - ?

3) $\frac{E_{gm}}{E_{km}}$ - ?

Решение: $\Delta x$ - на сколько тянули шарик. $|a|$ - модуль ускорения в моменты, когда силы, действ. на шарик со стороны пружины отличаются в 3 раза, а модули ускорений равны.




- начальная точка

- положение равновесия

- нижняя точка

Гармонические колебания у шарика около точки равновесия, т.к. $ma = mg - kx \Rightarrow a = g - \frac{k}{m}x$, то есть $(g-a) - \frac{k}{m}x = 0$, что соотв. уравнению гармон. колебаний $\ddot{x} - \omega^2 x = 0$

Второй Закон Ньютона для шарика $m\vec{a} = \vec{F_y} + m\vec{g}$

Шарик тянули на $\Delta x$ от положения равновесия и отпустили $\Rightarrow$ шарик начал движение с крайнего положения. Обозначим верхнее положение координатой 0 и направим ось X вниз.

$ma_{ср} = 0 = F_y - mg = k\Delta x - mg \Rightarrow k\Delta x = mg$ для положения равновесия

В некоторые моменты времени действовали на шарик со стороны пружины силы $|F_{упр}|$ и $|3F_{упр}| \Rightarrow$ по условию

$m|a| = |mg - F_{упр}|$, т.к. $F_{упр} \geq 0$ всегда

$m|a| = |mg - 3F_{упр}|$, $F_{упр} = kl$

За $l$ обозначим удлинение $\Rightarrow$

$mg - F_{упр} > mg - 3F_{упр}$, но

$|mg - F_{упр}| = |mg - 3F_{упр}| \Rightarrow$

$mg - F_{упр} = -(mg - 3F_{упр}) \Rightarrow F_{упр} = \frac{mg}{2}$

$|a| = \left|g - \frac{F_{упр}}{m}\right| = \left|g - \frac{mg}{2m}\right| = \left|\frac{g}{2}\right| = \frac{g}{2}$

Запишем закон сохранения энергии для системы

$2mg\Delta x = \frac{kx^2}{2} + mg(2\Delta x - x) + E_k$, $x$ - координата шарика

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

$\frac{kx^2}{2} + E_k = mgx$ , иными словами $E_k = mgx - \frac{kx^2}{2}$

Пусть 1 случае, когда $a = g/2$, а второй когда $a = -g/2$

$\Rightarrow \cancel{F_{упр}}\ ma_1 = mg - F_{упр1} \Rightarrow \frac{g}{2} = g - \frac{kx_1}{m} \Rightarrow$

$\frac{kx_1}{m} = \frac{g}{2} \Rightarrow kx_1 = \frac{mg}{2}$

$\cancel{ma_2 = mg - 3F_{упр2} \Rightarrow -\frac{g}{2} = g - 3\frac{kx_2}{m} \Rightarrow}$

$\cancel{\frac{kx_2}{m} = \frac{g}{2} \Rightarrow kx_2 = \frac{mg}{2}}$

Во втором случае $F_{упр2} = 3F_{упр1} = 3kx_1 = kx_2$

$\Rightarrow x_2 = 3x_1$

$$\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{mgx_1 - \frac{kx_1^2}{2}}{mgx_2 - \frac{kx_2^2}{2}} = \frac{2mgx_1 - kx_1^2}{6mgx_1 - 9kx_1^2} = \frac{2mg - kx_1}{6mg - 9kx_1} =$$

$$= \frac{2mg - \frac{mg}{2}}{6mg - 9\frac{mg}{2}} = \frac{3mg}{3mg} = 1$$

это так же можно объяснить тем, что колебания обратимы => одинаковым по модулю ускорениям соответств. одинаковые по модулю скорость => равные кинетические энергии

$E_{gm}$ - максимальная энергия деформации пружины

$E_{km}$ - максимальная энергия кинетическая шарика.

$E_{gm} = \frac{k(2\Delta x)^2}{2} = 2k\Delta x^2$, то есть когда пружина максимально растянута => в нижней точке колебаний

$E_{km}$ когда скорость максимальная, т.к.

$v' = a \Rightarrow$ когда $a = 0$, то скорость максимальна. $a = 0$ в положении равновесия, то есть когда $x = \Delta x$, т.к. $ma = mg - kx = 0 \Rightarrow$

$kx = mg = k\Delta x$

$\Rightarrow E_{km} = mg\Delta x - \frac{k\Delta x^2}{2} = k\Delta x^2 - \frac{k\Delta x^2}{2} = \frac{k\Delta x^2}{2} \Rightarrow$

$$\frac{E_{gm}}{E_{km}} = \frac{2k\Delta x^2}{\frac{k\Delta x^2}{2}} = 4$$

Ответ: $|a| = g/2$ ; $\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = 1$ ; $\frac{E_{gm}}{E_{km}} = 4$

☐ черновик ☑ чистовик

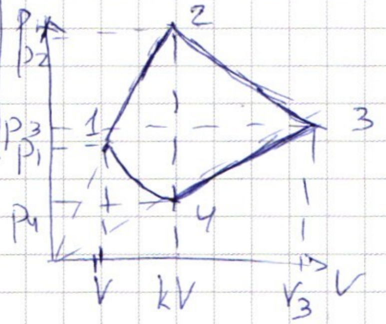
(Поставьте галочку в нужном поле)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. Дано:
$T_1$
$k = 1{,}8$
$V_2 = V_4$

1) $T_2$
2) $\frac{p_1}{p_3}$
3) $C$

Решение:




В процессе 1-2 $p$ прямопропорц. $V$ $\Rightarrow$ $p = \alpha_1 V$, где $\alpha_1$ - некоторый коэффициент $\Rightarrow$
т.к. кол-во вещества не меняется, то $\frac{pV}{T} = const$ всегда

$\Rightarrow$ ~~pV~~ $V_2 = V_4 = kV$ по условию
$T_2 = T_3$, т.к. 2-3 изотерма
$T_1 = T_4$, т.к. 4-1 изотерма
$V_3$ - объем в состоянии 3.

$$\frac{p_1 V}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_2 kV}{T_2} \Rightarrow \frac{\alpha_1 V^2}{T_1} = \frac{\alpha_1 k^2 V^2}{T_2} \Rightarrow T_2 = k^2 T_1 = \underline{3{,}24\, T_1}$$

~~$\frac{p_2 V_2}{T_2}$~~ В процессе 3-4 $p$ прямопропорц. $V$ $\Rightarrow$ $p = \alpha_2 V$, где $\alpha_2$ - некоторый коэффициент.

$$\Rightarrow \frac{p_3 V_3}{T_3} = \frac{p_4 V_4}{T_4} \Rightarrow \frac{p_3 V_3}{T_2} = \frac{p_4 kV}{T_1} \Rightarrow \frac{\alpha_2 V_3^2}{T_2} = \frac{\alpha_2 k^2 V^2}{T_1} \Rightarrow$$

$$V_3 = kV\sqrt{\frac{T_2}{T_1}}; \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_3 V_3}{T_3} \Rightarrow \frac{p_1 V}{T_1} = \frac{p_3 kV}{T_2}\sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \Rightarrow$$

$$\frac{p_1}{p_3} = \frac{T_1}{T_2} \cdot k\sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = k\sqrt{\frac{T_1}{T_2}} = k\sqrt{\frac{T_1}{k^2 T_1}} = \frac{k}{k} = 1$$

Рассмотрим процесс 1-2: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$
Работа газа - площадь под графиком $pV$ $\Rightarrow$

$$Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + \frac{p_1 + p_2}{2}(V_2 - V_1) = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) + \frac{p_1(k+1)V_1(k-1)}{2},$$

т.к. $\frac{p_1}{p_2} = \frac{\alpha_1 V_1}{\alpha V_2} \Rightarrow p_2 = p_1\frac{V_2}{V_1} = p_1 k$; $T_2 - T_1 = k^2 T_1 - T_1 = T_1(k^2 - 1)$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R T_1(k^2 - 1) + \frac{\nu R T_1(k^2-1)}{2} = 2\nu R T_1(k^2 - 1)$$

$$Q_{12} = C\nu\Delta T = C\nu(T_2 - T_1) = C\nu T_1(k^2 - 1) = \frac{2}{2}\nu R T_1(k^2 - 1)$$

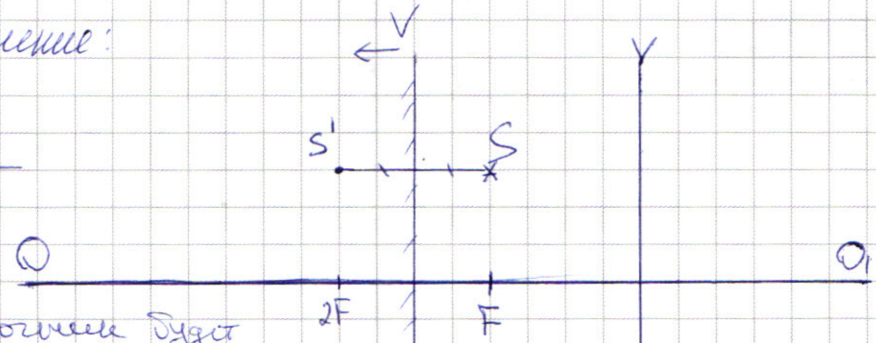
$\Rightarrow C = 2R$ - молярная теплоёмкость газа в процессе 1-2

Ответ: $T_2 = 3{,}24\, T_1$; $\frac{p_1}{p_3} = 1$; $C = 2R$.

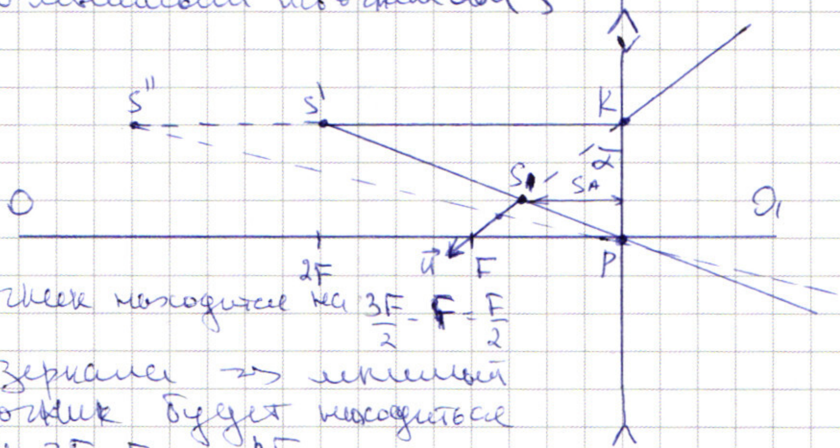
5. Дано: $-F$; $V$

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

Решение:




Источник будет отражаться в зеркале на таком же расстоянии от зеркала, что и сам источник, но в другую сторону. Будем считать его мнимым источником S'



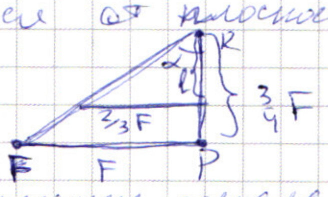

Источник находится на $\frac{3F}{2} - F = \frac{F}{2}$ от зеркала => мнимый источник будет находиться на $\frac{3F}{2} + \frac{F}{2} = 2F$ от линзы

Найдём на каком расстоянии будет находиться его изображение, изображение будет мнимым =>

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{F \cdot 2F}{-2F-F} = -\frac{2}{3}F \Rightarrow$$

Изображение находится от плоскости линзы на $S_A = |f| = \frac{2}{3}F$.

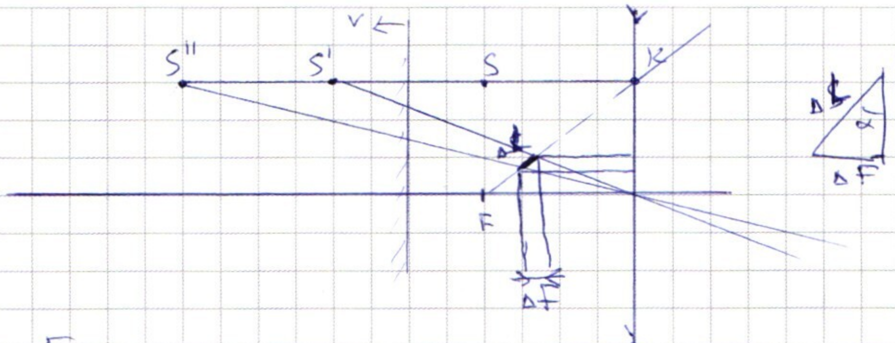
Имеем треугольник




~~Изображе~~ Т.к. при движении зеркала изменяется положение мнимого источника (он удаляется от плоскости линзы, но не двигается ~~относительно~~ по вертикали), то луч параллельный OO₁ не будет двигаться по вертикали => и его продолжение не будет менять положение => изображение источника света будет всегда находиться на прямой FK => источник света двигается под углом $\angle FKP$ к линзе => $tg\angle FKP = tg\alpha = \frac{F}{\frac{3}{4}F} = \frac{4}{3}F$.

Найдём скорость движения изображения источника света.

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА




Если мнимый источник света сместился на какое-то $\Delta d$, то сместилось и его изображение на $\Delta F$ по горизонтали и на $\Delta S$ по оси FK $\Rightarrow$ $\Delta L = \Delta F \sin\alpha$

$tg\alpha = \frac{4}{3} \Rightarrow \cos\alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow \sin\alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \Delta L = \Delta F \cdot \frac{4}{5}$

$L' = u$ – скорость движения изображения

$\Rightarrow$ $L'\Delta t = f'\Delta t \frac{4}{5} \Rightarrow u = \frac{4}{5} f'$

$f$ будем считать по модулю $\Rightarrow -\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$

$f = \frac{1}{\frac{1}{d} + \frac{1}{F}} = \frac{Fd}{F+d}$

Запишем как изменяется $d$ от времени

$d = d_0 + 2Vt$, зеркало отдаляется от источника за время $t$ на $Vt$ $\Rightarrow$ изображ. мнимый источник отдаляется от зеркала влево на $Vt$ $\Rightarrow$ мнимый источник отдаляется от плоскости линзы на $2Vt$ $\Rightarrow$

$d_0 = 2F$ – начальное расстояние от линзы

$f = \frac{Fd_0}{F+d_0+2Vt} + \frac{2FVt}{F+d_0+2Vt} = \frac{2F^2}{3F+2Vt} + \frac{2FVt}{3F+2Vt} \Rightarrow$

$f' = \frac{-2V\cdot 2F^2}{(3F+2Vt)^2} + \frac{2FV(3F+2Vt) - 2FVt\cdot 2V}{(3F+2Vt)^2} = \frac{-4F^2V + 6F^2V + 4FV^2t - 4FV^2t}{(3F+2Vt)^2} = \frac{2F^2V}{(3F+2Vt)^2}$

Нас интересует начальное положение $\Rightarrow t = 0 \Rightarrow$

$f' = \frac{2F^2V}{9F^2} = \frac{2}{9}V \Rightarrow u = \frac{4}{5}f' = \frac{4}{5}\cdot\frac{2}{9}V = \frac{8}{45}V$

Ответ: $S_A = \frac{2}{3}F$; $tg\alpha = 4/3$; $u = 8V/45$

3. Дано:
$r = 3R$
$\mathcal{E}; C; R$

1) $I_н$ - ?
2) $I_c$ - ?
3) $Q$ - ?

Решение:


В начальный момент времени при замыкании весь ток пойдёт „через конденсатор", то есть не пойдёт через резистор $\Rightarrow I_н = \frac{\mathcal{E}}{r} = \frac{\mathcal{E}}{3R}$

~~Далее же напряжение на конденсаторе будет расти, а на резисторе R будет такое же т.к. они подключены параллельно => в какой-то момент времени на конденсаторе будет напряжение U и он перестанет заряжаться и весь ток пойдёт через резистор =>~~

$W_c = \frac{CU^2}{2}$, U - напряжение на конденсаторе, которое зависит от времени подключения

$W'$ - скорость изменения энергии $\Rightarrow$

$W' = CU$ - скорость роста максимальна, когда напряжение на конденсаторе максимальное, то есть когда конденсатор зарядится и ток весь пойдёт через резистор R $\Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{r+R} = \frac{\mathcal{E}}{4R} \Rightarrow$

$U = IR = \frac{\mathcal{E}R}{4R} = \frac{\mathcal{E}}{4} \Rightarrow W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{32} \Rightarrow$

перед размыканием ток через конденсатор перестаёт идти $\Rightarrow I_c = 0$, т.к. он зарядится.

$\Rightarrow$ Заряд конденсатора $q = CU = \frac{C\mathcal{E}}{4}$.

~~Напряжение на R и r должно быть одинаково~~

После размыкания конденсатор будет разряжаться до 0, а ток будет идти только через резистор R $\Rightarrow$ вся энергия конденсатора выделится в тепло $\Rightarrow$

$Q = W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{32}$

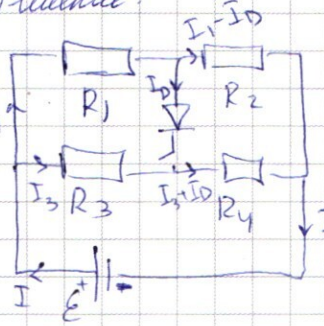
Ответ: $I_н = \frac{\mathcal{E}}{3R}$; $I_c = 0$; $Q = \frac{C\mathcal{E}^2}{32}$

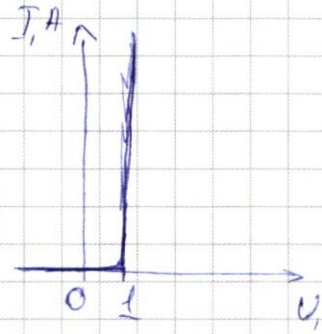
# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. Дано:
$\mathcal{E} = 8$ В
$R_2 = 3$ Ом
$R_3 = 6$ Ом
$R_4 = 2$ Ом
$U_0 = 1$ В

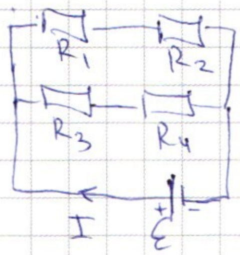
1) $I_3$ - ?
2) $R_1$
3) $R_{1D}$

Решение:




Когда ключ разомкнут, то схема имеет вид




$\Rightarrow U_{34} = \mathcal{E}$, т.к. $R_3 R_4$ и $R_1 R_2$ подключены параллельно $\Rightarrow$

$$I_{34} = \frac{\mathcal{E}}{R_{34}} = \frac{\mathcal{E}}{R_3 + R_4} \Rightarrow$$

$$I_3 = I_{34} = \frac{\mathcal{E}}{R_3 + R_4} = \frac{8}{6+2} = 1 \text{ A}$$

~~Ведь~~ Диод пропускает ток только сверху вниз по рисунку и при $\Delta U \geq U_0 = 1$ В

Найдём напряжения на резисторах $R_1$ и $R_3$, чтобы узнать разность потенциалов. ~~Но~~ Можно сказать, что ключ замкнут, но ток через перемычку не будет. Найдём когда ток не идёт $\Rightarrow$ найдём когда ток идёт.

$$U_3 = I_3 R_3 = \frac{\mathcal{E} R_3}{R_3 + R_4}; \quad U_1 = I_1 R_1 = \frac{\mathcal{E} R_1}{R_1 + R_2} \Rightarrow$$

Ток не ~~идёт~~ идёт когда $U_1 - U_3 < U_0$

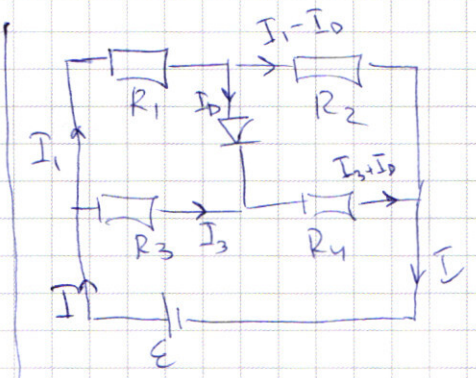
$$\frac{\mathcal{E} R_3}{R_3 + R_4} - \frac{\mathcal{E} R_1}{R_1 + R_2} < U_0 \Rightarrow \mathcal{E}\left(\frac{R_3 R_1 + R_3 R_2 - R_1 R_3 - R_1 R_4}{(R_3 + R_4)(R_1 + R_2)}\right) < U_0$$

$$\frac{\mathcal{E}(R_3 R_2 - R_1 R_4)}{(R_3 + R_4)(R_1 + R_2)} < U_0 \Rightarrow \frac{8(18 - 2R_1)}{8 \cdot (R_1 + 3)} < 1 \Rightarrow$$

$18 - 2R_1 < R_1 + 3$, т.к. $R_1 > 0$, то можно домножить на $R_1 + 3$

$3R_1 > 15 \Rightarrow R_1 > 5$ не потечёт ток $\Rightarrow$

при $R_1 \in [0; 5)$ - ток через диод потечёт




Запишем правила Кирхгофа

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

$$\mathcal{E} = I_1 R_1 + U_D + (I_3 + I_D) R_4$$

$$\mathcal{E} = I_3 R_3 - U_D + (I_1 - I_D) R_2$$

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

$$I_1 R_1 + U_D = I_3 R_3$$

$$(I_3 + I_D) R_4 + U_D = (I_1 - I_D) R_2$$

Ответ: ~~$R_3$~~ $I_3 = 1\,A$; $R_1 \in [0; 5)$.

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$|18 - 2R_1| < 1 \cdot \frac{\cancel{8} \cdot (R_1 + 3)}{\cancel{8}}$

$|18 - 2R_1| < R_1 + 3$ $\Rightarrow R \in (5; 21)$

$R_1 \geq 9$ $\quad -18 + 2R_1 < R_1 + 3$

$R_1 < 21$ Ом

$R_1 < 9$ $\quad 18 - 2R_1 < R_1 + 3$

$R_1 > 5$

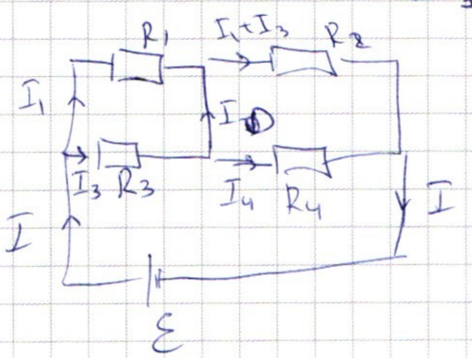
$I_0 = I_1 + I_3$

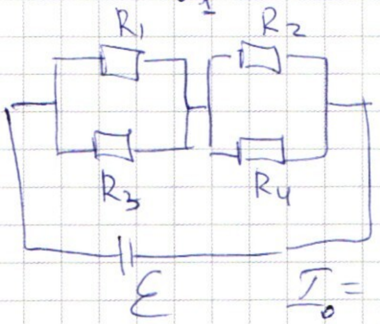
$U = I_1 R_1 = I_3 R_3 \Rightarrow$

$P_Ф = UI = \Delta U I_Ф$ $\qquad U_1 =$

$\cancel{I_1 = \frac{I_3 R_3}{R_1}} =$

$R_0 = \frac{R_1 R_3}{R_3 + R_1} + \frac{3 \cdot 2}{3+2} = \frac{\mathcal{E}}{I}$




$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R_0}$

$I_Ф = |I_4 - I_3| = |I -$

$= \left| \frac{I_0 R_2}{R_2 + R_4} - \frac{I_0 R_1}{R_3 + R_1} \right| =$

$= \left| \frac{I_0 R_2 R_3 + \cancel{I_0 R_2 R_1} - \cancel{I_0 R_2 R_1} - I_0 R_1 R_4}{(R_2 + R_4)(R_3 + R_1)} \right| =$

$= \left| \frac{I_0 (R_2 R_3 - R_1 R_4)}{(R_2 + R_4)(R_3 + R_1)} \right| = \left| \frac{\mathcal{E}(R_2 R_3 - R_1 R_4)}{R_0 (R_2 + R_4)(R_3 + R_1)} \right|$

$I_1 R_1 = I_3 R_3$

$(I_0 - I_3) R_1 = I_3 R_3$

$I_3 = \frac{I_0 R_1}{R_3 + R_1}$

$I_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{I_0 R_1 R_3}{R_1 (R_3 + R_1)} = \frac{I_0 R_1}{R_3 + R_1} =$

$P = \left| \frac{\mathcal{E}^2 (R_2^2 R_3^2 - R_1^2 R_4^2)}{(R_2 + R_4)(R_3 + R_1)(R_3 + R_4)(R_1 + R_2) R_0} \right| =$

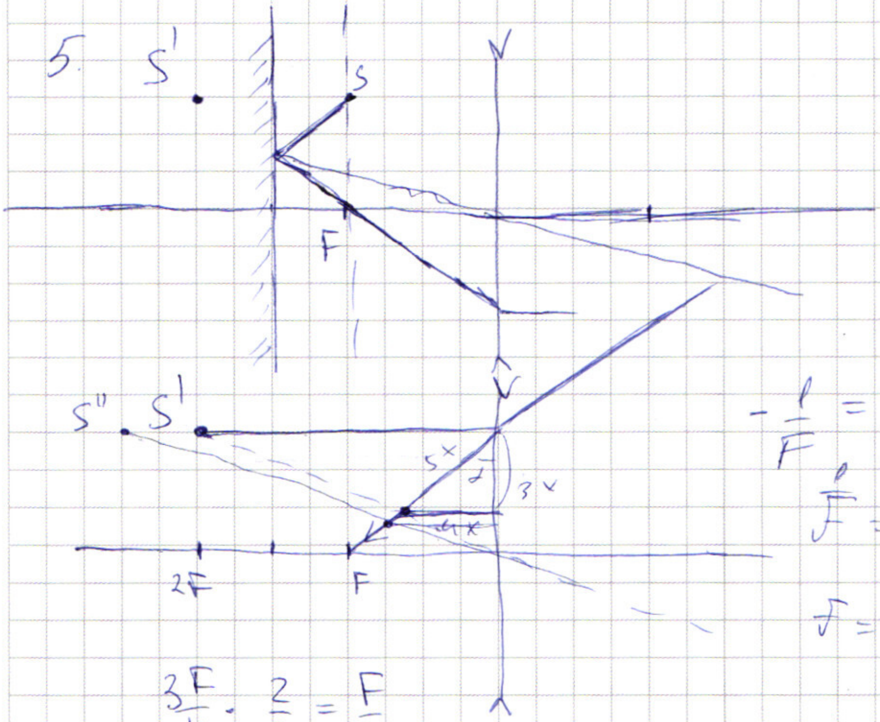
$= \cancel{\mathcal{E}} R_1$

$R_0 = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} = \frac{R_1 R_3 R_2 + R_1 R_3 R_4 + R_2 R_4 R_1 + R_2 R_4 R_3}{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)} =$

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

$=$

5.




$\frac{3F}{2} \cdot \frac{3F}{4} = \frac{3F}{2}$

$\frac{3F}{2}$

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

$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{F} = \frac{F+d}{dF} \Rightarrow$

$f = \frac{dF}{F+d} = \frac{2F \cdot F}{3F} = \frac{2}{3}F$

$\frac{3F}{4} \cdot \frac{2}{3} = \frac{F}{2}$

$0{,}75 \cdot \frac{2}{3} = \frac{2 \cdot 0{,}75}{3} = 0{,}5 \Rightarrow tg\,\alpha = \frac{\frac{2}{3}F}{\frac{1}{2}F} = \frac{4}{3} \Rightarrow$

$\cos\alpha = \sqrt{\frac{1}{tg^2\alpha + 1}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{16}{9}+1}} = \sqrt{\frac{9}{25}} = \frac{3}{5} \Rightarrow \sin\alpha = \frac{4}{5}$

$tg^2\alpha = \frac{1}{\cos^2\alpha} - 1$ $\quad S_1 = \frac{4}{5} f_1$ $\quad \left(\frac{G}{F}\right)' = \frac{G'F - F'G}{F^2}$

$\Rightarrow S_2 = \frac{4}{5} f_2$

$\Delta S = \frac{4}{5}(f_2 - f_1) = \frac{4}{5}\left(\frac{d_2F}{F+d_2} - \frac{d_1F}{F+d_1}\right) = \frac{4}{5}\left(\frac{F^2d_2 + Fd_2d_1 - F^2d_1 - Fd_1d_2}{(F+d_2)(F+d_1)}\right) =$

$= \frac{4}{5}F^2 \frac{(d_2-d_1)}{(F+d_2)(F+d_1)} = \frac{4F^2\Delta d}{5}$

$d_2 - d_1 = \Delta d \quad F^2 + F(d_1+d_2) + d_1d_2 = F^2 + 2Fd$

$d_2 = \Delta d + d_1$ $\qquad d_0 = 2F$

$\Delta S = \frac{3}{5}\Delta f$ $\quad \Delta f = f'\Delta t$ $\quad f = \frac{dF}{F+d} = \frac{(d_0+Vt)F}{F+(d_0+Vt)} =$

$\Delta S = f'\Delta t$

$f' = \frac{-V \cdot 2F^2}{(3F+Vt)^2} + \frac{FV(3F+Vt) - FVtV}{(3F+Vt)^2} =$ $\quad = \frac{Fd_0 + FVt}{F+d_0+Vt} = \frac{2F^2+FVt}{3F+Vt} =$

$= \frac{-2F^2V + 3F^2V + FV^2t - FV^2t}{(3F+Vt)^2} = \frac{F^2V}{(3F+Vt)^2}$ $\quad = \frac{2F^2}{3F+Vt} + \frac{FVt}{3F+Vt}$ $\quad u = \frac{3}{5}f' =$

$u\Delta t = \frac{3}{5}f'\Delta t \Rightarrow = \frac{3}{5}\frac{F^2V}{9F^2} = \frac{V}{15}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

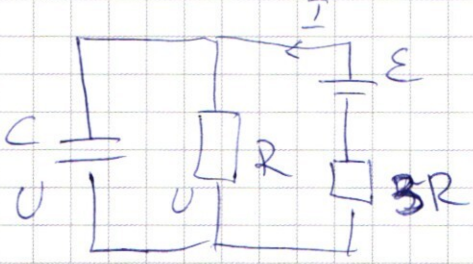
(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.




$U + 3RI = \mathcal{E}$

$W = \frac{CU^2}{2}$

$W' = 2\frac{CU}{2} = CU \Rightarrow U_{max}$ и $W'_{max}$

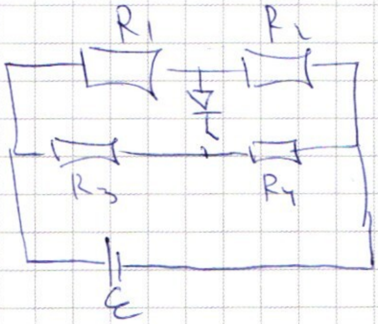
Когда зарядится

$I = \frac{\mathcal{E}}{4R} \Rightarrow U = IR = \frac{\mathcal{E}}{4}$

$\overline{CU_{max} = q}$

$I = q'$

4.




$\mathcal{E} = 8$ В

$R_2 = 3$ Ом

$R_3 = 6$ Ом

$R_4 = 2$ Ом

$U_0 = 1$ В

~~$R_0$~~

$I = \frac{\mathcal{E}}{R_3 + R_4} = \frac{8}{6+2} = 1 A$

Не течёт только при сбалансированном мосте $\Rightarrow \frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4} \Rightarrow R_1 = \frac{R_2 R_3}{R_4} = \frac{3 \cdot 6}{2} = 9$ Ом

при других потечёт

~~$P_D = 2$ Вт~~ либо разность меньше $U_0$

$U_1 = IR_1 = \frac{\mathcal{E} R_1}{R_1 + R_2}$ $\quad U_2 = \frac{\mathcal{E} R_3}{R_3 + R_4} \Rightarrow |U_2 - U_1| < U_0$

$U_2 - U_1 = \mathcal{E}\left(\frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) = \mathcal{E}\left(\frac{\cancel{R_3 R_1} + R_3 R_2 - \cancel{R_3 R_1} - R_4 R_1}{(R_3 + R_4)(R_1 + R_2)}\right) =$

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

$36 \cdot 9 = 270 + 54 = 324$

$$\left| \frac{64 \cdot (324 - 4R_1^2)}{8 \cdot (R_1+3)(18R_1 + 12R_1 + 6R_1 + 36)} \right| = 2$$

$$\left| \frac{8(324 - 4R_1^2)}{(R_1+3)(36R_1+36)} \right| = 2$$

$$\left| \frac{2(324 - 4R_1^2)}{9(R_1+3)(R_1+1)} \right| = 2$$

$$\left| \frac{8(81 - R_1^2)}{9(R_1+3)(R_1+1)} \right| = 2 \qquad \left| \frac{648 - 8R_1^2}{9R_1^2 + 36R_1 + 27} \right| = 2$$

$R_1 \cancel{\leq} 9$ $\qquad 648 - 8R_1^2 = 18R_1^2 + 72R_1 + 54$

$26R_1^2 + 72R_1 - 594 = 0$

$13R_1^2 + 36R_1 - 297 = 0$

$297 =$

$$\begin{array}{r} 36 \\ +36 \\ \hline 216 \\ 108 \\ \hline 1296 \end{array}$$

$R_1 > 9$ $\qquad -648 + 8R_1^2 = 18R_1^2 + 72R_1 + 54$

$10R_1^2 + 72R_1 + 702 = 0$

$5R_1^2 + 36R_1 + 351 = 0$ не будет решений

$D = 36^2 + 4 \cdot 13 \cdot 297$

297
340

130
260
390
50
28

$$R_1 = \frac{-36 \pm \sqrt{36^2 + 4 \cdot 13 \cdot 297}}{26}$$

$8 = I_1R_1 + 3I_1 - 3I_D$

$8 = I_1R_1$

$I_1R_1 + U_D = 6I_3$

$2I_3 + 2I_D + U_D = 3I_1 - 3I_D$

$8 = 6I_3 + 2I_3 + 2I_D = 8I_3 + 2I_D$

$8 = 6I_3 - U_D + 3I_1 - 2I_D$

$16 = 14I_3 - U_D + 3I_1$

$P = I_DU_D \Rightarrow$

$U_D = \frac{I_D}{P}$

$P_D = I_DU_D =$

$\mathcal{E} = I_1R_1 + I_1R_2 - I_DR_2$

$\mathcal{E} = I_1R_1 + U_D + I_3R_4 + I_DR_4$

$\mathcal{E} = I_3R_3 + I_3R_4 + I_DR_4$

$\mathcal{E} = I_3R_3 - U_D + I_1R_2 - I_DR_4$

$I_1R_1 + U_D = I_3R_3$

$U_D + I_3R_4 + I_DR_4 = I_1R_2 - I_DR_2$

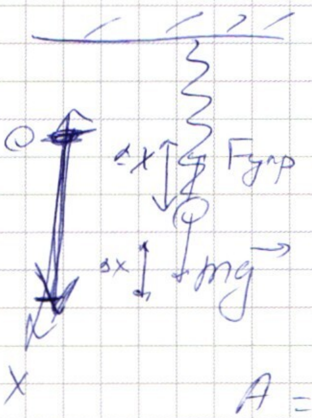
☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА




$F_{упр} \neq 0$
$mg \neq 0$

$mg = k\Delta x$
$k = \frac{mg}{\Delta x}$

$mg\Delta x = \frac{kx^2}{2} - mgx$

$ma = mg - kx$
$a = g - \frac{k}{m}x$
$x'' - \omega^2 x = 0$
$g - a - \frac{k}{m}x = 0$

$2mg\Delta x = \frac{k\Delta x^2}{2}$

$4mg = k\Delta x$

$A = \Delta x$

$\cancel{ma = k\Delta x}$

$\cancel{ma = kx - mg}$

$2mg\Delta x = k\frac{x^2}{2} + mg(2\Delta x - x)$

$ma = mg - kx$

$\frac{kx^2}{2} = mgx$

$ma = |mg - F|$

$ma = |mg - 3F|$

$2mg\Delta x = \frac{kx^2}{2} + mg(2\Delta x - x) + \frac{mv^2}{2}$

$mg - F = 3F - mg$

$\frac{kx^2}{2} - mgx + E_k = 0$

$k\Delta x = mg$

$F = \frac{2mg}{4} = \frac{mg}{2} = kx$

$E_k = \left|mgx - \frac{kx^2}{2}\right|$

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

$a = g/2$

$a = -g/2$

$\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{\frac{-m^2g^2}{2k} - \frac{km^2g^2}{8k^2}}{\frac{m^2g^2}{2k} - \frac{km^2g^2}{8k^2}} = \frac{-4m^2g^2 - m^2g^2}{4m^2g^2 - m^2g^2} = -\frac{5}{3} = \frac{5}{3}$

$F = -\frac{mg}{2} = kx_1 \Rightarrow x_1 = \frac{-mg}{2k}$

$F = \frac{mg}{2} = kx_2 \Rightarrow x_2 = \frac{mg}{2k}$

$E_{k\,max} = mgx_{min}$

$\frac{k\Delta x^2}{2}$

В точке равновесия

$mg\Delta x = \frac{k\Delta x^2}{2} + E_k$

$mg = k\Delta x \Rightarrow$
$\Delta x = \frac{mg}{k}$

$\frac{kx^2}{2}_{max}$ на конце

$\frac{m^2g^2}{k} = \frac{m^2g^2}{2k} + E_k \Rightarrow$

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

$\frac{4k\Delta x^2}{2} = \frac{4km^2g^2}{2k^2} = \frac{4m^2g^2}{2k}$

$\frac{k\Delta x^2}{2} + E_k + mg\Delta x = 2mg\Delta x$

$\frac{k\Delta x^2}{2} + E_k = mg\Delta x$

$\frac{E_g}{E_k} = \frac{4}{1}$

$E_g = \frac{4k\Delta x^2}{2} \Rightarrow$

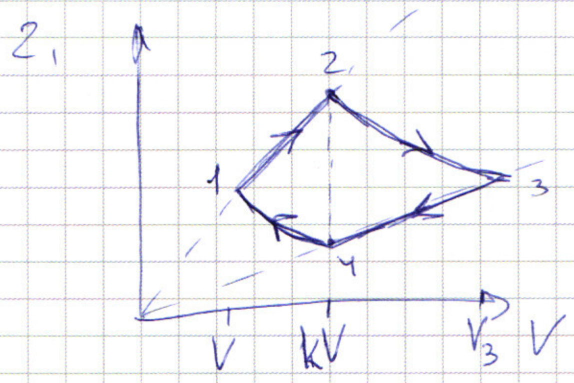
$\frac{E_g}{E_k} = 2/1$

$E_k = mg\Delta x - \frac{k\Delta x^2}{2} = k\Delta x^2 - \frac{k\Delta x^2}{2} = \frac{k\Delta x^2}{2}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

2.




$p = \alpha_1 V$

$p = \alpha_2 V$

$\times \begin{array}{r} 1{,}8 \\ 1{,}8 \\ \hline 144 \\ 18 \\ \hline 3{,}24 \end{array}$ $\quad$ $\times \begin{array}{r} 1{,}8 \\ 1{,}8 \\ \hline 144 \\ 18 \\ \hline 3{,}24 \end{array}$

$\frac{p_1 V}{T_1} = \frac{p_2 V \cdot k}{T_2}$

$\frac{\alpha_1 V^2}{T_1} = \frac{\alpha_1 V^2 k^2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{k^2}{T_4} T_1 =$

$= 1{,}8^2 \cdot T_1 = \underline{3{,}24 T_1}$

$\frac{p_1}{p_3}$ $\quad$ $\frac{\alpha_2 k^2 V^2}{T_1} = \frac{\alpha_2 V_3^2}{T_2} \Rightarrow$

$V_3^2 = \frac{T_2}{T_1} k^2 V^2$

$\frac{p_1 V}{T_1} = \frac{p_3 V_3}{T_2} \Rightarrow$

$\frac{p_1}{p_3} = \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{V_3}{V} = \frac{T_1}{T_2} \cdot \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \; k = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \cdot k = \sqrt{\frac{T_1}{k^2 T_1}} = \frac{k}{k} = 1$

$Q = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{p_1 + p_2}{2} \cdot (V_2 - V_1) =$

$\frac{p_1 V}{T_1} = \frac{p_2 k V}{T_2} \Rightarrow p_2 = \frac{p_1 V \cdot T_2}{T_1 k V} = p_1 k$

$p_1 + p_2 = (k+1) p_1$ $\quad$ $p_1 V_1 = \nu R T$ $\quad$ $I = \frac{U}{R}$

$V_2 - V_1 = (k-1) V_1$

$C \nu \Delta T$

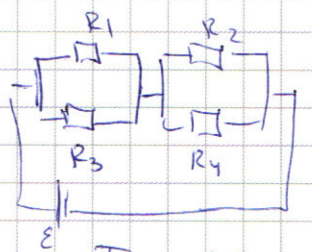
$= \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{(k^2 - 1) \nu R T_1}{2} = \frac{3}{2} \nu R (k^2 - 1) T_1 + \frac{\nu R T_1 (k^2 - 1)}{2} =$

$p_1 V_2 - p_1 V_1$

$= 2 \nu R \cancel{T_1} \cancel{(k^2 - 1)} = C \nu \Delta T =$

$= C \nu \cancel{(k^2 - 1)} \cancel{T_1} \Rightarrow$

$C = 2R$




$U_3 = \frac{\mathcal{E} \cdot R_{13}}{R_{13} + R_2 R_4}$

$U_{21}$

$I_3 = \frac{U_3}{R_3}$

☑ черновик $\quad$ ☐ чистовик $\quad$ Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) $\quad$ (Нумеровать только чистовики)