

Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-06

Класс 11

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

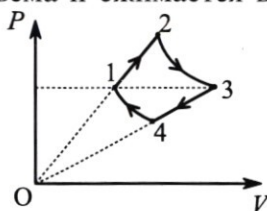
1. Шарик подвешен в поле тяжести на легкой упругой пружине с неизвестной жесткостью. Шарик поднимают вверх до положения, когда пружина не деформирована, и отпускают. При дальнейшем движении шарика вдоль вертикали в некоторые моменты времени силы, действующие на шарик со стороны пружины, отличаются в 2,5 раза, а модули ускорений равны.

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

2. Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой T_1 расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V . Затем газ расширяется в изотермическом процессе 2-3, сжимается в процессе 3-4 прямо пропорциональной зависимости давления от объема и сжимается в изотермическом процессе 4-1. В процессе 3-4 объем газа уменьшается в $k = 1,9$ раза.

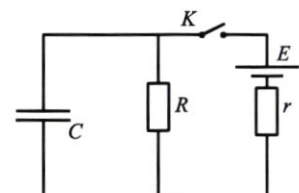
Давления газа в состояниях 1 и 3 равны.

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



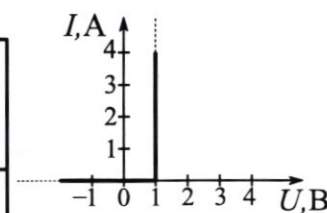
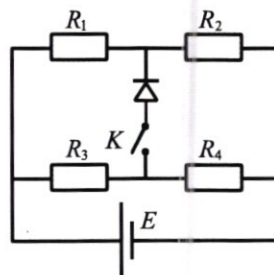
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 2R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

- 1) Найти напряжение на резисторе R сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти заряд конденсатора непосредственно перед размыканием ключа.
- 3) Найти максимальную скорость роста энергии, запасаемой конденсатором.



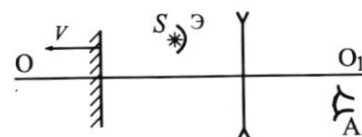
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 12$ В, $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 1$ Ом, $R_4 = 22$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

- 1) Найти ток через резистор R_1 при разомкнутом ключе K .
- 2) При каких значениях R_3 ток потечет через диод при замкнутом ключе K ?
- 3) При каком значении R_3 мощность тепловых потерь на диоде будет равна $P_D = 3$ Вт?

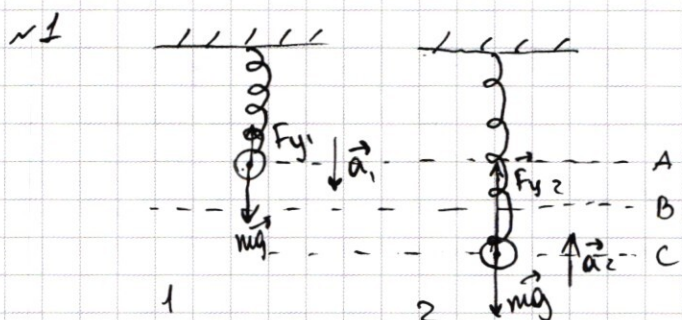


5. Оптическая система состоит из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $-F$ ($F > 0$), плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси линзы OO_1 . Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $4F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $8F/5$ от линзы.

- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А 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) положение В:
 $mg = F_y$ - ускорения нет
 где m - масса шарика
 g - ускорение свободного пад.
 F_y - сила упругости действующая на шарик со стороны пружины

если удалиться от В на равное расстояние по разным сторонам, то ~~разности~~ ~~сил~~ равнодействующие сил будут равны, т.е. ускорения тоже.

$a_1 = a_2$ (*) заменим III Ньютона для 1 и 2:
 $2,5 F_{y1} = F_{y2}$

$$\begin{cases} 1: ma_1 = mg - F_{y1} \\ 2: ma_2 = F_{y2} - mg \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} ma_1 = mg - F_{y1} \\ ma_2 = 2,5 F_{y1} - mg \end{cases}$$

Решаем систему:

$ma_2 = 2,5 mg - 2,5 ma_1 - mg$
 учитывая (*), получим:

$3,5 ma_1 = 1,5 mg$

$$a_1 = \frac{1,5 g}{3,5} = \frac{3}{7} g$$

2) т.к. это колебательное движение, то $v_1 = v_2$
 (где v_1 и v_2 - скорости в моменты времени 1 и 2) потому что ускорения равны: т.е.

$E_{1k} = \frac{mv_1^2}{2}$ $E_{2k} = \frac{mv_2^2}{2}$

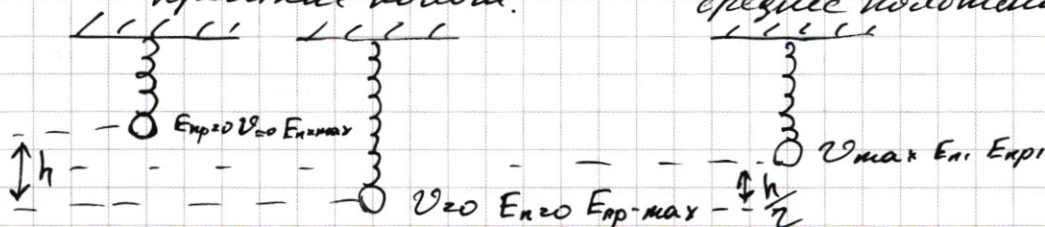
$$\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{\frac{mv_1^2}{2}}{\frac{mv_2^2}{2}} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = 1$$

3) т.к. пружину отпускают из положения
 когда $F_y \geq 0$, то это положение шарика
 будет ~~минимальным~~ ~~самым~~ минимальным и
 на этой высоте он будет обладать энергией:

$$E = E_n + E_k + E_{\text{пр}} \quad \text{где } E_{\text{пр}} - \text{энергия пружины}$$

$$E_k \geq 0 \quad \text{т.к. } v \geq 0 \quad E_n - \text{потенциальная}$$

$$E_{\text{пр}} \geq 0 \quad \text{т.к. } \Delta l \geq 0 \quad \text{где } \Delta l - \text{растяжение пружины.}$$



ЗСЭ $mg h = \frac{\kappa h^2}{2} = \frac{m v_{\text{max}}^2}{2} + \frac{\kappa h^2}{8} + mg \frac{h}{2}$ где κ - жест. жест. пруж.

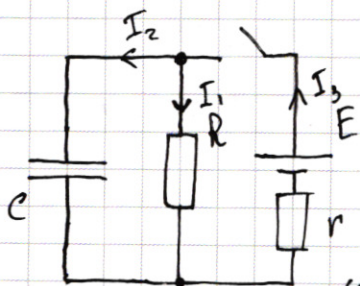
$$\begin{cases} mg h = \frac{\kappa h^2}{2} \\ 2mg h = m v_{\text{max}}^2 + \frac{\kappa h^2}{4} + mg h \end{cases} \Rightarrow \frac{\kappa h^2}{2} = m v_{\text{max}}^2 + \frac{\kappa h^2}{4}$$

$$\frac{E_{\text{пр}}}{E_{\text{кmax}}} = \frac{\frac{\kappa h^2}{2}}{\frac{\kappa h^2}{4}} = 2$$

$$E_{\text{кmax}} = \frac{m v_{\text{max}}^2}{2} = \frac{\kappa h^2}{8}$$

Ответ 1) $\frac{3}{2} g$ где g - ускор. св. пад.
 2) 1
 3) 4

нЗ
 E
 R
 C
 $r = 2R$



1) $I_1(0) = ?$ т.к. конденсатор
 C в момент 0 не заряжен
 то $U_C(0) = 0$ (где U_C - напр. на
 конденсаторе). C и R соединены

параллельно, поэтому $U_C = U_R = 0$, т.е.
~~сразу~~ ~~тогда~~ $U_R(0) = 0$, где U_R - напряжение на R .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) P_{max} - ? где P_{max} - максимальная скорость роста энергии на конденсаторе.

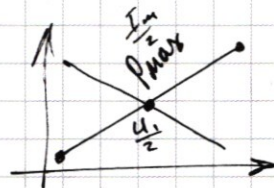
$$P = UI$$

$t=0$ - начальный момент времени

$t=\pi$ - момент времени, когда конденсатор заряжен.

$$U_c(0) = 0 \quad U_c(\pi) = U_1$$

$$I_c(0) = I_{max} \quad I_c(\pi) = 0$$



Зависимость линейная, поэтому произведение I_c и U_c будет максимумом в момент $t = \frac{\pi}{2}$

$$I_c\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{I_{max}}{2}$$

$$U_c\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{U_1}{2}$$

$$P_{max} = \frac{I_{max}}{2} \cdot \frac{U_1}{2}$$

Найдем I_{max} :

$$I_{max} = \frac{E}{2R}$$

~~U_c :~~

~~$$U_c\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{U_1}{2}$$~~

Найдем U_1 :

$$U_1 = U_{max} = \frac{E}{3}$$

т.к. R и C соединены параллельно

$$P_{max} = \frac{E}{2R} \cdot \frac{E}{3} \cdot \frac{1}{4} = \frac{E^2}{24R}$$

2) q - ?

$$C = \frac{q}{U_c}$$

$$q = CU_c = C \frac{U_1}{2} = \frac{CE}{6}$$

Ответ 1) 0 В

2) $\frac{CE}{G}$

3) $\frac{E^2}{24R}$

н 4

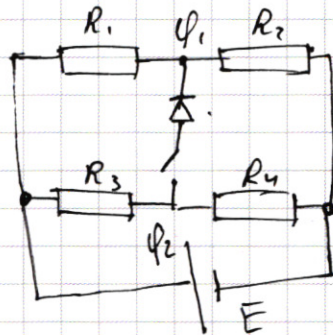
$E = 12 \text{ В}$

$R_1 = 5 \text{ Ом}$

$R_2 = 1 \text{ Ом}$

$R_4 = 22 \text{ Ом}$

$U_0 = 1 \text{ В}$



1) I_{R_1} - ? где I_1 - ток через 1 резист
К-разомкнут.

R_1 и R_2 относительно R_3 и R_4
соединены параллельно

т.е. $U_{12} = E$

$U_{12} = I_{12} (R_1 + R_2)$

$I_{12} = \frac{U_{12}}{R_1 + R_2} \quad I_{12} = 2 \text{ (А)}$

$I_1 = I_2 = I_{12} = 2 \text{ (А)}$ т.к. R_1 и R_2 соединены послед.

2) R_3 - ? ток через ~~конд~~ диод.

при $\phi_1 > \phi_2$ ток через диод проходит
при $\phi_1 - \phi_2 < U_0$ ток тоже проходит } $\Rightarrow$

$\Rightarrow \phi_1 - \phi_2 < U_0$

$\phi_1 = \frac{E}{R_1 + R_2} \cdot R_1 \quad \phi_1 = \frac{12}{5 + 1} \cdot 5 = 10 \text{ (В)}$

$10 - \phi_2 < 1$

$\phi_2 > 9 \text{ В}$

$\phi_2 = \frac{E}{R_3 + R_4} \cdot R_3$

$\Rightarrow \frac{E}{R_3 + R_4} \cdot R_3 > 9 \text{ В}$

$\frac{12}{R_3 + 22} \cdot R_3 > 9 \quad ; \quad 12 R_3 > 9 R_3 + 9 \cdot 22$

$3 R_3 > 9 \cdot 22$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$R_3 > \frac{9.22}{3}$$

$$R_3 > 66 \text{ } \Omega$$

Orket 1) 2 A

2) $R_3 > 660 \mu$

~2

T.

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

2-3 изотерм

$$T_2 = T_3$$

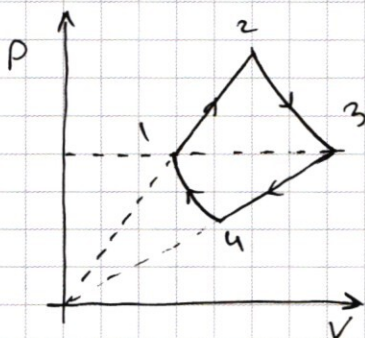
$$\frac{p_3}{v_3} = \frac{p_4}{v_4}$$

4-1 изотерм

$$T_4 \approx T_1$$

$$V_3 \approx 1.9 V_4$$

$$p_1 = p_3$$



Т.к. $V_3 = 1,9 V_4$ то $\rho_3 = 1,9 \rho_4$

$$p_3 V_3 = 1,9^2 V_4 p_4 \approx \cancel{RT} T_3 =$$
$$\approx 1,9^2 RT_4$$

$$T_3 = 1,9^2 T_4 = T_2 = 1,9^2 T_1$$

$$T_{23} = \boxed{T_2 = 1.9 T_1}$$

Orbit 1) $T_{23} = 1,9^2 T_1$

~ 5

IF

~~428~~

$$d_1 z \frac{4F}{5}$$

$$d_2 = \frac{8F}{5}$$

抄

疼

1) Возмущается формулы точной лизы

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

где d - расстояние от линзы до источника
 f - расстояние изображения до линзы.

Т.К. источник распространяется относительно

мкз за экраном, то из-за зеркала
~~от этого~~ источником станет отражение
в зеркале.

если d_3 - расстояние от источника
до зеркала, то расстояние от отражения
до мкз - d - ;

$$\begin{cases} d = 2d_3 + d_1 \\ d_3 = d_2 - d_1 \end{cases} \Rightarrow d = 2d_2 - 2d_1 + d_1$$

$$d = 2d_2 - d_1$$

$$d = 2 \cdot \frac{8F}{5} - \frac{4F}{5} = \frac{12F}{5}$$

$$\left(-\frac{1}{F} = \frac{12F}{5} + \frac{1}{f} \right) \quad -\frac{1}{F} = \frac{5}{12F} + \frac{1}{f}$$

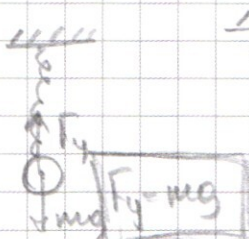
$$\frac{1}{f} = -\frac{1}{F} - \frac{5}{12F} = -\frac{12}{12F} - \frac{5}{12F} = -\frac{17}{12F}$$

$$\boxed{f = -\frac{12F}{17}}$$

$$\text{Ответ 1) } \frac{12F}{17}$$

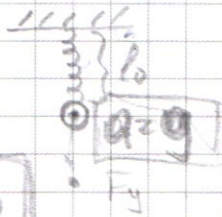
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.
к.с.



$mg \leq k l$

$$l - l_0 = A$$



$$v = \omega A$$

$$a = \omega^2 A$$

$$\begin{cases} ma = mg + 2,5F \\ ma = mg - F \end{cases} \quad F = mg - ma$$

$$ma = mg + 2,5mg - 2,5ma$$

$$3,5ma = 3,5mg$$

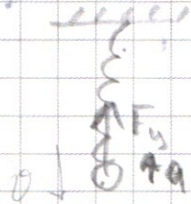
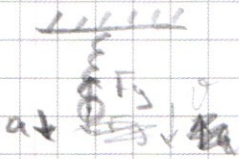
$$a = g$$

$$ma = mg - 2,5F$$

$$ma = mg + F \quad F = ma - mg$$

$$ma = mg - 2,5ma - 2,5mg$$

$$3,5ma = -1,5mg$$



$$3mg \geq F_y - mg$$

$$ma \geq mg$$

$$2mg = F_{ym}$$

$$ma \geq F_y - mg$$

$$ma \geq 2,5F_y - mg$$

$$a) \quad ma \geq mg - F_y \quad F_y = mg - ma$$

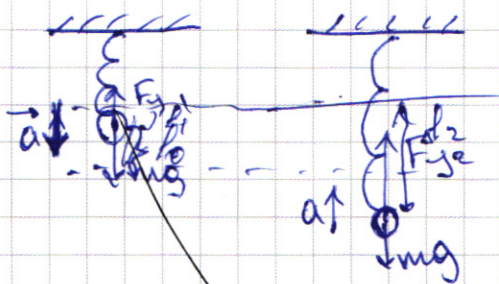
$$ma \geq mg - 2,5F_y - mg$$

$$ma \geq 2,5mg - 2,5ma - mg$$

$$3,5ma \geq 1,5mg$$

$$a = \frac{1,5g}{3,5} = \frac{15}{35}g = \frac{3}{7}g$$

2) а



$$\begin{aligned} 1) \quad & \begin{cases} ma = mg - F_y \\ ma = 2.5 F_y - mg \end{cases} \\ & ma = 2.5 mg - 2.5 ma - mg \\ & 3.5 ma = 1.5 mg \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} 2.5 \Delta l_1 &= \Delta l_2 \\ \Delta l_2 &= 2.5 \Delta l_1 \end{aligned}$$

$$2) \quad \frac{E_{k1}}{E_{k2}} = ? \quad \text{turno}$$

$$3) \quad \frac{E_{km}}{E_{km}} = ?$$

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

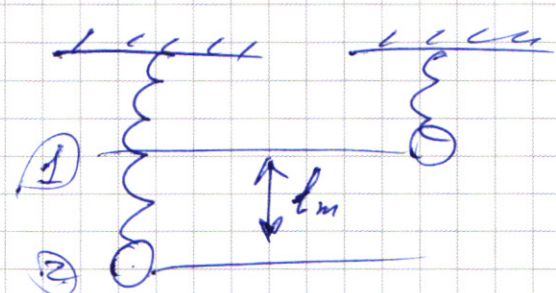
$$E_{km} = \frac{mv^2}{2}$$

$$mgh = \frac{k l_m}{2}$$

$$mgh = \frac{mv_m^2}{2} + \frac{k l_m}{4}$$

$$\frac{mv_m^2}{2} = \frac{k l_m}{4}$$

$$\frac{k l_m^2}{2 k l_m^2} = 2$$



nr2

~~изотермический~~

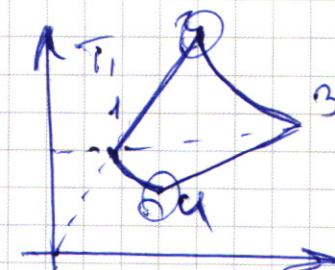
$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \quad T_1 = T_4$$

2-3 - изотерм

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

4-1 - изотерм

$$\begin{aligned} V_3 &= 1.9 V_4 \\ p_1 &= p_3 \end{aligned}$$



$$p_3 V_4 = p_4 V_3$$

$$p_1 V_2 = p_2 V_1$$

$$p_3 V_4 = p_4 1.9 V_4$$

$$p_3 = 1.9 p_4 = p_1$$

1) $T_{23} = ?$

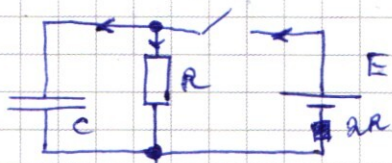
$$p_2 V_2 = p_3 V_3 = \nu R T_{23}$$

$$Q_{12} = 0$$

$$A_{12} = \Delta U_{12}$$

$$p_2 V_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$P_{mc} = UI \quad U \neq 0 \quad I = I_m$$

Зависимость линейная.

$$\frac{E}{2} \cdot \frac{I_m}{2} \quad I_m = \frac{E}{2R}$$

$$P_m = \frac{E}{2} \cdot \frac{E}{4R} = \frac{E^2}{4R} \quad (3)$$

2) $q = ?$

$$\frac{q}{2C} = \frac{E}{4R} \quad q = \frac{E^2 C}{2R} \quad (2)$$

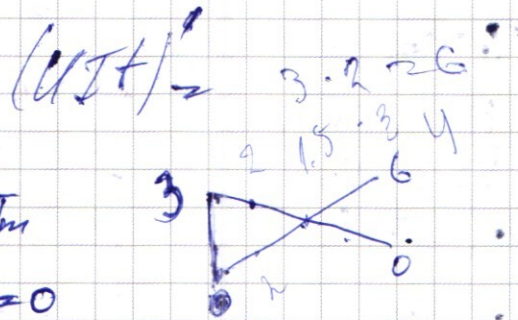
$$U \neq 0 \quad I = I_m \quad I_m = \frac{E}{2R}$$

$$U = U_1 = \frac{E}{3} \quad I = 0$$

$$U_1 = \frac{E}{3R} \cdot R = \frac{E}{3}$$

$$P = \frac{E}{4R} \cdot \frac{E}{6} = \frac{E^2}{24R} \quad (3)$$

$$\frac{q}{2C} = \frac{E^2}{24R} \quad q = \frac{E^2 C}{12R} \quad (2)$$



$$C = \frac{q}{U}$$

$$U = \frac{q}{C}$$

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{Cq^2}{C^2 R} = \frac{q^2}{R}$$

T_1 ~~$P_1 V_1 = P_2 V_2$~~

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

$$T_2 = T_3$$

$$\frac{P_3}{V_3} = \frac{P_4}{V_4}$$

$$T_4 = T_1$$

$$P_1 = P_3$$

$$V_3 = 1.9 V_4$$

$$P_3 = 1.9 P_4$$

$$2) \frac{V_2}{V_4} = ?$$

$$P_3 V_3 = 1.9^2 P_4 V_4 = \nu R T_3 = 1.9^2 \nu R T_4$$

$$T_2 = 1.9^2 T_1$$

$$\left. \begin{aligned} P_2 V_2 &= \nu R 1.9^2 T_1 \\ P_4 V_4 &= \nu R T_1 \end{aligned} \right\} P_2 V_2 = 1.9^2 P_4 V_4$$

 ~~$P_1 = P_2$~~

$$P_1 = P_3$$

$$P_1 \cdot 1.9 V_4 = 1.9^2 V_4 P_4$$

$$P_1 = 1.9 P_4$$

$$P_2 V_2 = P_3 V_3$$

$$P_1 V_1 = P_4 V_4$$

$$V_1 = 1.9 V_4$$

 ~~P_1~~

$$P_3 V_3 = 1.9^2 V_4 P_4$$

$$\nu R T_3 = 1.9^2 \nu R T_4$$

$$T_3 = 1.9^2 T_4 = 1.9^2 T_1 = T_2 \quad (1)$$

$$1.9^2 \nu R T_1 = \nu R T_2$$

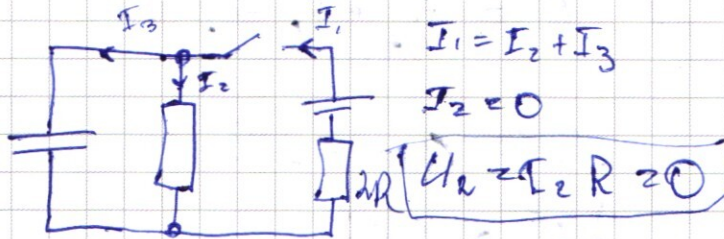
$$1.9^2 P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_2 = 1.9^2 P_1$$

$$V_2 = 1.9 V_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

нЗ
E
R
C
r = 2R



$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_2 = 0$$

$$U_2 = I_2 R = 0$$

$$U(0) = 0$$

2) q - ?

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{U^3}{2U} \quad C = \frac{Uq}{U}$$

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

$$E = I_m r + I_2 R$$

$$W = \frac{CU^2}{2} \propto \frac{\Delta U}{\Delta t}$$

$$\frac{S}{t} = U / H$$

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

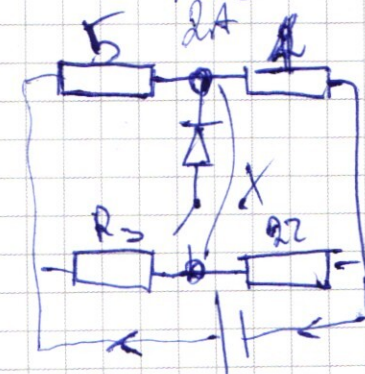
$$W' = \left(\frac{CU^2}{2} \right)'$$

$$q = \frac{U}{C}$$

$$R = \frac{U}{I} \quad R = \frac{U}{I}$$

$$\frac{CU^2}{2} \cdot \rho = W' = \frac{CU^2}{2t}$$

$$q = \frac{U}{C}$$



$$E = \frac{E}{R_1 + R_2} = I \quad \frac{12}{5+1} = 2A \quad 0,5 \rightarrow 1 \text{ Ом}$$

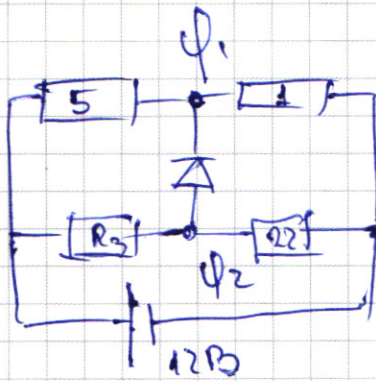
$$E = R_3 I_2 + R_4 I_2$$

$$E = R_1 I_1 + R_2 I_1$$

$$I = 1 \text{ А}$$

$$\frac{U}{2r} = 0,5 \text{ А}$$

$$0,5 \cdot 1 \text{ Ом} = 0,5 \text{ Ом}$$



2) при $\varphi_2 > \varphi_1$ ток через диод не идет

при $\varphi_1 - \varphi_2 < 1\text{В}$

$$\varphi_1 = \frac{E}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = 10\text{В}$$

$$10\text{В} - \varphi_2 < 1\text{В}$$

$$\boxed{\varphi_2 > 9\text{В}}$$

$$\varphi_2 = \frac{E}{R_3 + R_4} \cdot R_4 > 9\text{В}$$

$$\frac{12}{R_3 + 22} \cdot R_4 > 9$$

$$12R_4 > 9R_3 + 198$$

$$3R_4 > 198$$

$$R_4 > \frac{198}{3} = 66$$

$$\boxed{R_4 > 66\Omega}$$

$$\frac{198}{3} = 66$$

$$U_3 = E - U_4$$

$$U_3 = E - U_4$$

$$U_3 > 9$$

$$\left(\frac{12}{66} \cdot 22 \right) > 9 \quad \text{про}$$

3) $R_3 = ?$ $R_4 = 66\Omega$

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

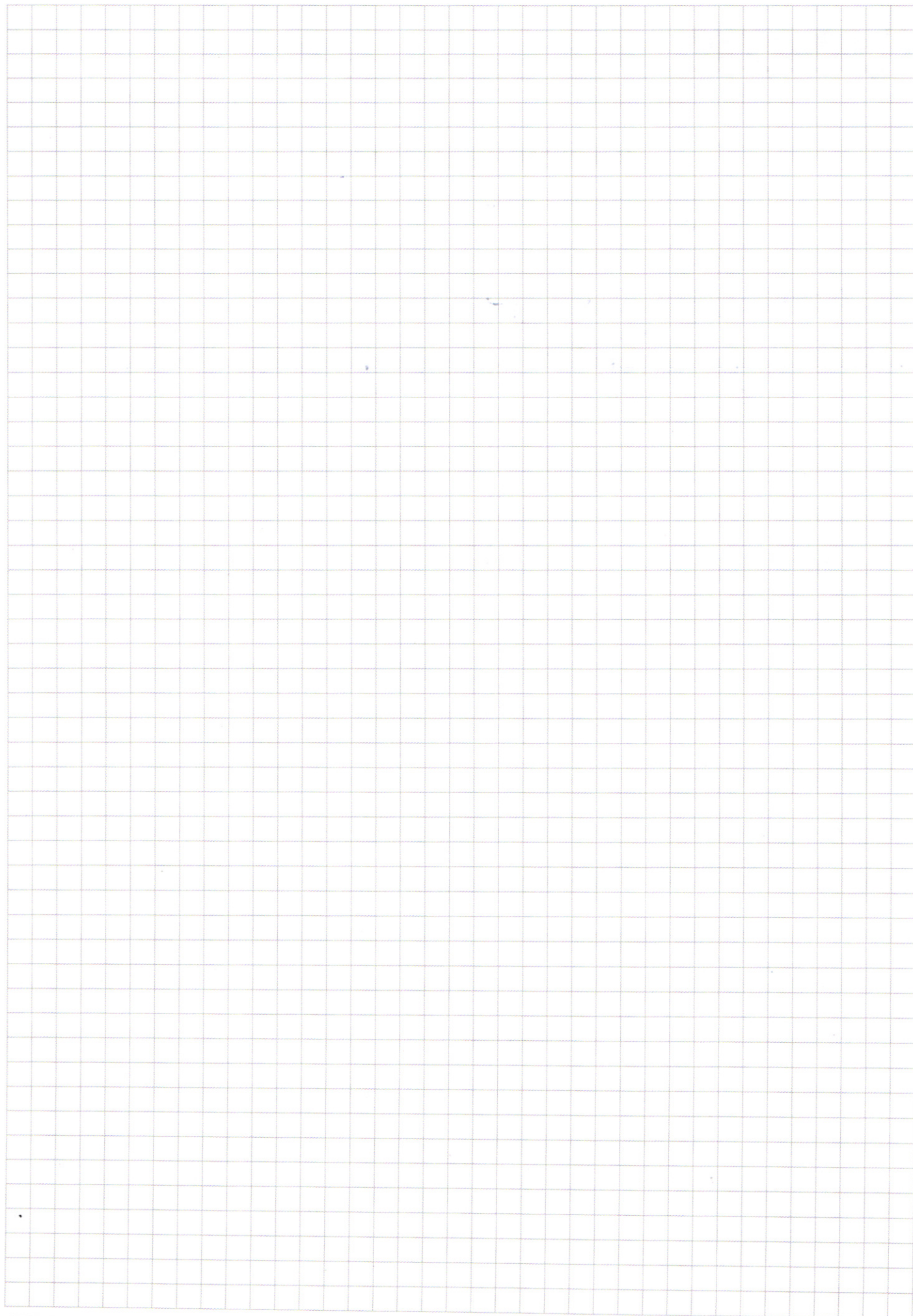
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{F}$$

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

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

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

$$\boxed{F = \frac{12F}{17}}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)