

Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-08

Класс 11

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

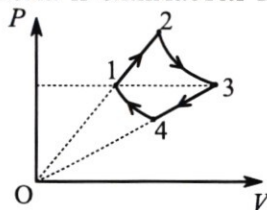
1. Шарик подвешен в поле тяжести на легкой упругой пружине с неизвестной жесткостью. Шарик поднимают вверх до положения, когда пружина не деформирована, и отпускают. При дальнейшем движении шарика вдоль вертикали в некоторые моменты времени силы, действующие на шарик со стороны пружины, отличаются в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

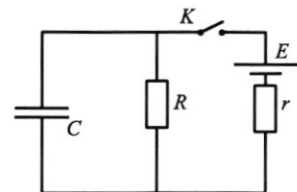
Давления газа в состояниях 1 и 3 равны.

- 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.



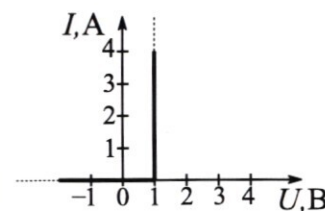
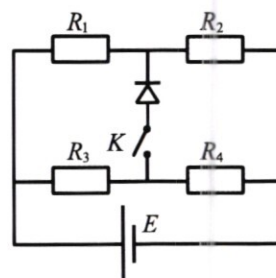
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 4R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

- 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.



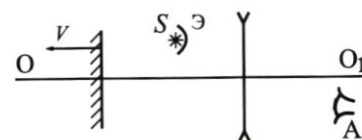
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 10$ В, $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 5$ Ом, $R_4 = 15$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

- 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?

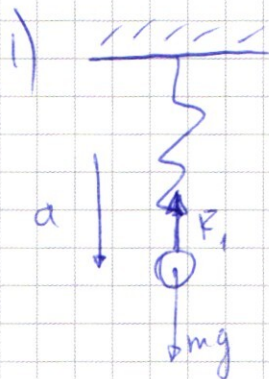


5. Оптическая система состоит из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $-F$ ($F > 0$), плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической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



$$mg - F_1 = ma \quad 1.4$$

$$4F_1 - mg = ma$$

$$4mg - 4F_1 = 4ma$$

$$4F_1 - mg = ma$$

$$3mg = 5ma$$

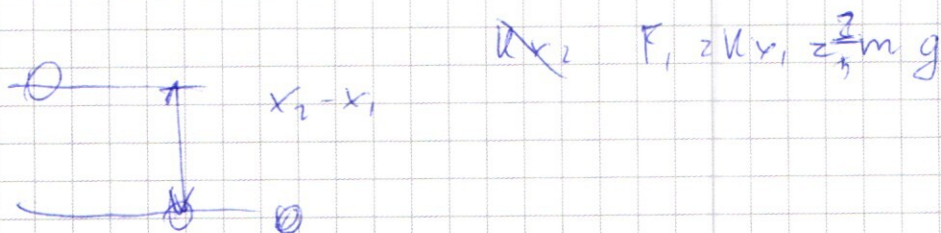
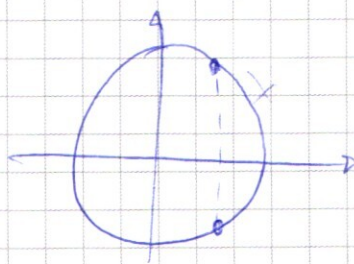
$$a = \frac{3}{5}g$$

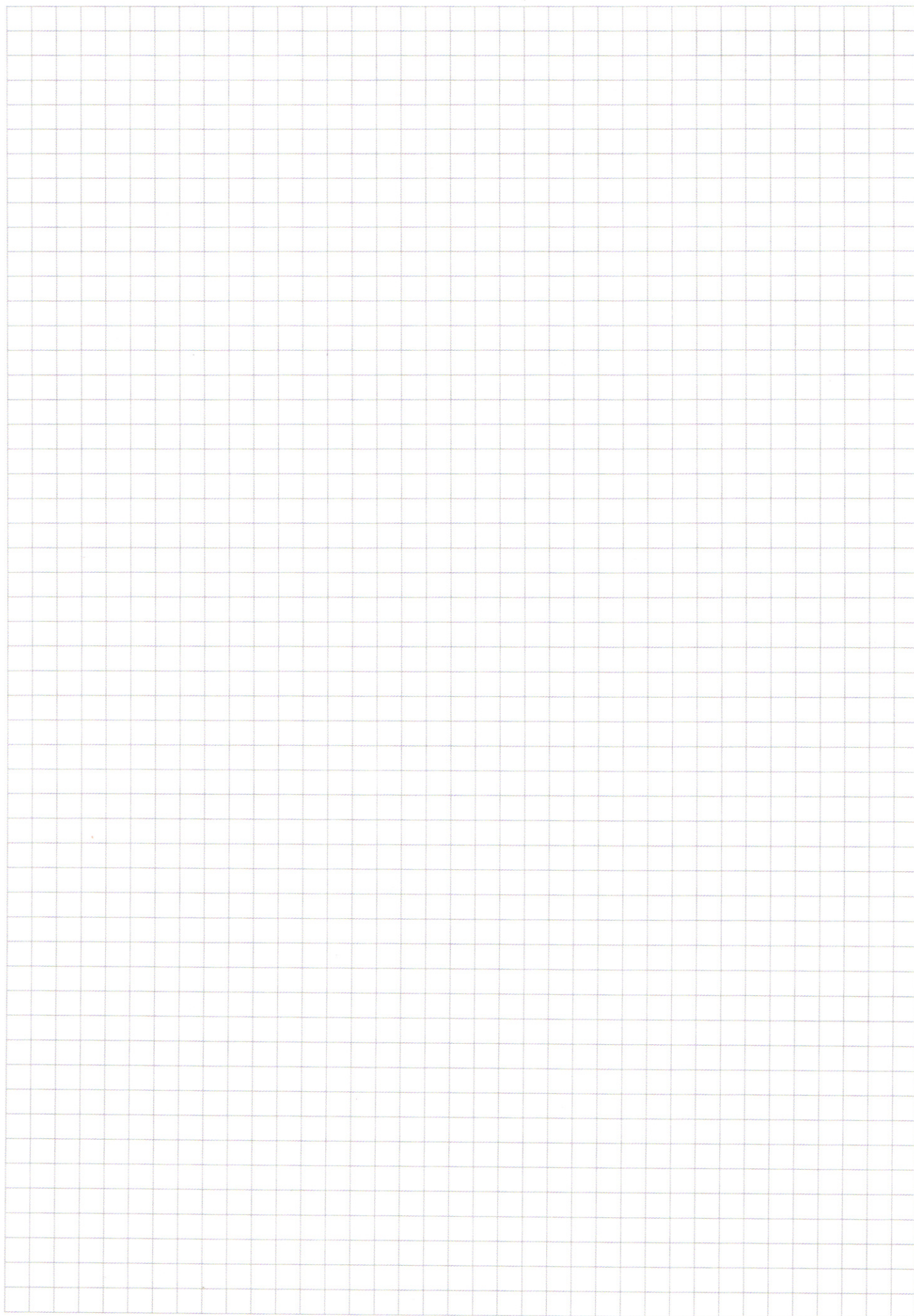
3)

$$A \omega^2 \cos(\omega t_1) = A \omega^2 \cos(\omega t_2)$$

$$\cos x = \cos y$$

$$\begin{cases} x = y \\ x = 2\pi - y \end{cases}$$





☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①

$kx_1 = \frac{mg}{4}$
 $4kx_1 - kx_2 = mg - \frac{mg}{4} = \frac{3mg}{4} = ma$
 $a = \frac{3g}{4}$

$x = A \cos(\omega t)$
 $x' = -A \omega \sin(\omega t)$
 $x'' = -A \omega^2 \cos(\omega t)$

$\frac{kx_1^2}{2} + mg(x_2 - x_1) + \frac{m v_1^2}{2} = E_1$
 $E_1 = \frac{kx_2^2}{2} = \frac{mg}{2} + \frac{m v_1^2}{2}$

$3) E_{\text{max}} = \frac{m v_{\text{max}}^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{4kA^2}{2} = 2kA^2$
 $E_{\text{max}} = \frac{4kA^2}{2} = 2kA^2 = mgA$
 $A = \frac{mg}{2k}$

$\frac{E_{k1}}{E_{\text{max}}} = \frac{\frac{2kx^2}{2}}{2kA^2} = \frac{x^2}{2A^2} = \frac{4}{5}$

②

$1: p_1 V_1 = \nu R T_1$
 $2: p_2 V_2 = \nu R T_2$
 $3: p_3 V_3 = \nu R T_2$
 $4: p_4 V_4 = \nu R T_1$

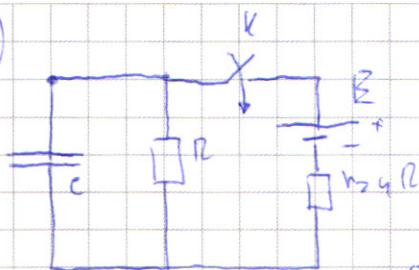
$1) T_2 = k T_1$
 $2) V_2 = \frac{\nu R T_2}{p_2}$
 $V_4 = \frac{\nu R T_1}{p_1} = \frac{\nu R T_2}{k p_1}$

$2) \frac{V_2}{V_4} = 1$
 $A_1 = \frac{p_1 + p_4}{2} \cdot (V_3 - V_4) = \frac{p_1 + \frac{p_1}{k}}{2} \cdot (V_3 - \frac{V_1}{k})$
 $= \frac{k p_1 + p_1}{2k} \cdot (V_3 - \frac{V_1}{k}) = \frac{p_1 V_3}{2k^2} (k^2 - 1) = \frac{\nu R T_1}{2} (k^2 - 1)$

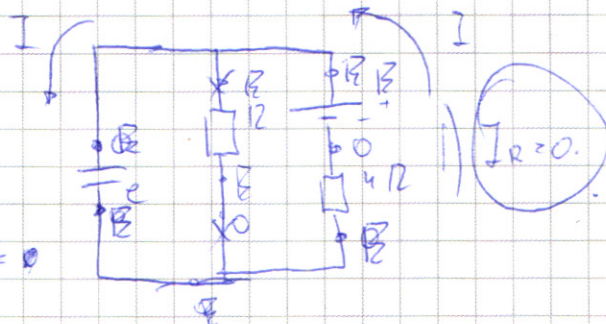
$Q_{34} = \frac{\nu R T_1}{2} (k^2 - 1) + \frac{3}{2} \nu R T_1 (k^2 - 1) = 2 \nu R T_1 (k^2 - 1)$
 $\epsilon_{34} = \frac{2 \nu R T_1 (k^2 - 1)}{\nu R T_1 (k^2 - 1)} = 2$

$\Delta U_{34} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_2) = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - \frac{T_1}{k}) = \frac{3}{2} \nu R T_1 (1 - \frac{1}{k})$
 $T_1 - T_2 = T_1 (1 - \frac{1}{k})$

3)



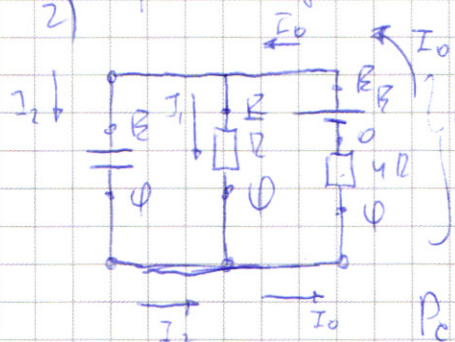
P_{max}



до момента, когда $P_C = max$.

$$\frac{C u^2}{2} \frac{d u}{d t} = 0$$

2) расчит. цепь в момент времени t



$$W = C \frac{q^2}{2C} = W' = \frac{2qIq}{2C \frac{dt}{dt}} = \frac{q}{C} I = P_{max}$$

или моменту времени.

$$P_C + P_R + P_{4R} = P_{ист} = E I_0 = \frac{E \cdot \varphi}{4R}$$

$$P_C = \frac{E \varphi}{4R} - \frac{\varphi^2}{4R} - \frac{(E - \varphi)^2}{12} = max$$

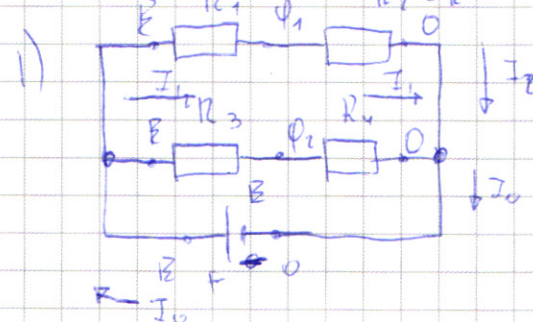
$$f(\varphi) = \frac{E}{4R} \varphi - \frac{\varphi^2}{4R} - \frac{R^2}{12} + \frac{2E\varphi}{12} - \frac{\varphi^2}{12} = -\frac{\varphi^2}{2R} + \frac{3}{4} \frac{E}{R} \varphi - \frac{R^2}{12}$$

$$-\frac{2\varphi}{2R} + \frac{3}{4} \frac{E}{R} = 0, \quad \frac{\varphi}{R} = \frac{3}{4} \frac{E}{R} \quad \varphi = \frac{3}{4} E$$

$$\varphi_{max} = -\frac{R}{2 \cdot 2R} + \frac{3}{4} \frac{E}{R} = \frac{3}{4} E$$

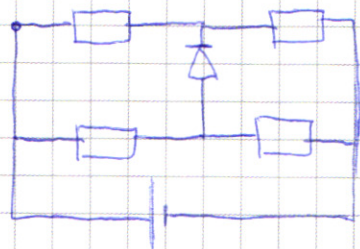
$$I_2 = \frac{E - \varphi_1}{R_1} = \frac{\varphi_1}{R_1}, \quad \frac{E}{R_1} = \frac{\varphi_1}{R_1} + \frac{\varphi_1}{R_2}$$

4)



$$R_3 \cdot R_2 \neq R_1 R_4$$

$$(R_3 \neq \frac{R_1 R_4}{R_2} = 15 \Omega)$$



$$V_1 = \frac{U R_1 \cdot K}{P}$$

$$K_2 = \frac{U R T_2}{n P_2}$$

$$\frac{E \cdot 9E}{4R \cdot 10} - \frac{81E^2}{4 \cdot 100R} - \frac{E^2 \cdot 4}{100R} =$$

$$= -\frac{81}{400} \frac{E^2}{R} + \frac{900}{400R} =$$

$$\frac{5}{400} \frac{E^2}{R} = \frac{245}{800} \frac{E^2}{R}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{aligned} \textcircled{1} E' &= \frac{m\dot{U}_{\max}^2}{2} + \frac{kx^2}{2} + mg(x_{\max} - x) = \frac{m\dot{U}_{\max}^2}{2} + \frac{kA^2}{2} + mgA = \\ &= \frac{m\dot{U}_{\max}^2}{2} + \frac{K g^2 m^2}{2k^2} + mg \cdot \frac{g \cdot m}{k} = \frac{m\dot{U}_{\max}^2}{2} + \frac{g^2 m^2}{2k} + \frac{g^2 m^2}{k} = \\ &= \frac{m\dot{U}_{\max}^2}{2} + \frac{3}{2} \frac{g^2 m^2}{k} \end{aligned}$$

По ЗСЭ:

$$E' = E'' \Rightarrow \frac{m\dot{U}_{\max}^2}{2} + \frac{3}{2} \frac{g^2 m^2}{k} = \frac{2 g^2 m^2}{k} \Rightarrow \frac{m\dot{U}_{\max}^2}{2} = \frac{g^2 m^2}{2k} = E_{\max k}$$

$$\left(\frac{E_{\max \text{ гев}}}{E_{\max k}} = \frac{2 g^2 m^2 - 2k}{k \cdot g^2 m^2} = 4. \right)$$

$$2) \frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{U_1^2}{U_2^2}$$

$$E_1 = \frac{mU_1^2}{2} + mg(x_2 - x_1) + \frac{kx_1^2}{2} = E_{k1} + 3mgx_1 + \frac{kx_1^2}{2}$$

$$E_2 = \frac{mU_2^2}{2} + \frac{kx_2^2}{2} = \frac{mU_2^2}{2} + 8kx_1^2$$

$$E_1 = \frac{2}{5} mg \Rightarrow kx_1 = \frac{2}{5} mg \Rightarrow x_1 = \frac{2}{5} \frac{mg}{k}$$

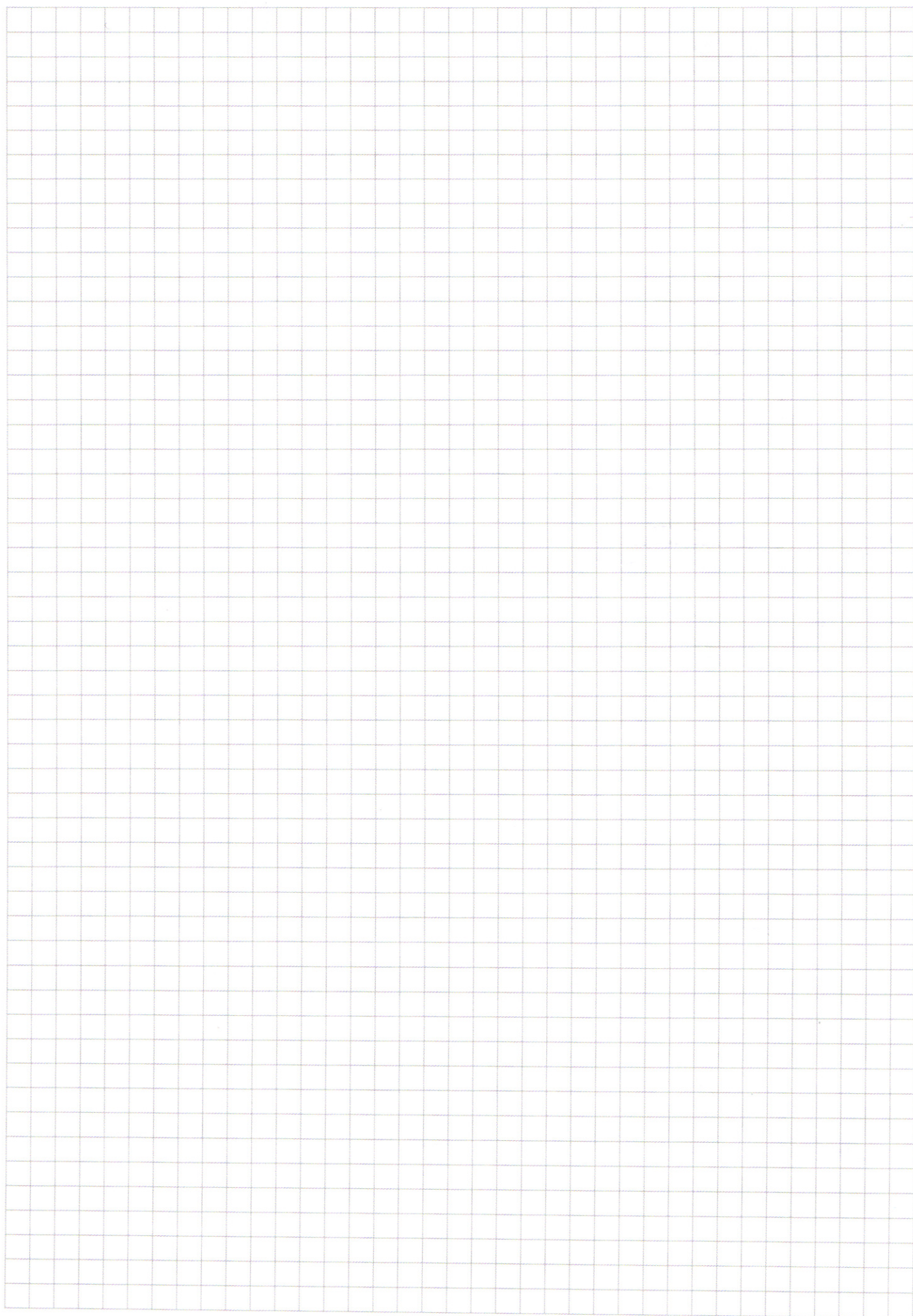
$$E_1 = E_{k1} + \frac{16 m^2 g^2}{5k} + \frac{4k m^2 g^2}{15 \cdot 8 k^2} = E_{k1} + \frac{32 m^2 g^2}{15 k^2}$$

$$E_2 = \frac{mU_2^2}{2} + \frac{8k \cdot 4 m^2 g^2}{15 k^2} = \frac{mU_2^2}{2} + \frac{32 m^2 g^2}{15 k^2}$$

По ЗСЭ:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow E_{k1} + \frac{32 m^2 g^2}{15 k^2} = E_{k2} + \frac{32 m^2 g^2}{15 k^2} \Rightarrow E_{k1} = E_{k2} \Rightarrow \frac{E_{k1}}{E_{k2}} = 1$$

Ответ: 1) $a = \frac{3}{5} g$; 2) $\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = 1$; 3) $\frac{E_{\max \text{ гев}}}{E_{\max k}} = 4$.



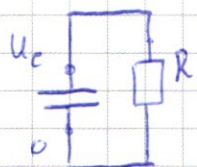
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$U_c(t) = (E - \varphi^*) = E - 0,9E = 0,1E$$

Тасал зенг сразу после размык. ключа.



Напряжение на конденсаторе скачком не меняется $\Rightarrow U_c(t+0) = U_c(t) = 0,1E$

$$\begin{aligned} 3) P_{\min} = P(\varphi^*) &= -\frac{5}{4R} \varphi^{*2} + \frac{9E}{412} \varphi^* - \frac{E^2}{R} = -\frac{5 - 81E^2}{412 \cdot 100} + \\ &+ \frac{9E}{4R} \cdot \frac{9E}{10} - \frac{E^2}{R} = -\frac{81}{80} \frac{E^2}{R} + \frac{81}{40} \frac{E^2}{R} - \frac{E^2}{R} = \frac{81}{80} \frac{E^2}{R} - \frac{E^2}{R} = \\ &= \frac{E^2}{80R}. \end{aligned}$$

Ответ: 1) $I_2 = 0$; 2) $U_c(t+0) = 0,1E$; 3) $P_{\min} = \frac{E^2}{80R}$.

4) Дано:

$$E = 10V$$

$$R_1 = 5 \Omega = R_2 = R$$

$$R_4 = 15 \Omega$$

$$U_0 = 1V$$

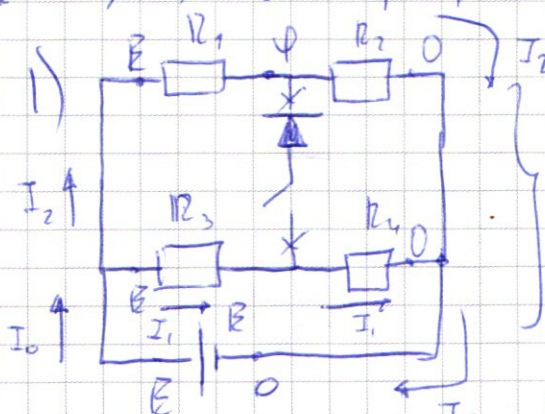
$$1) I_2(0) = ?$$

2) При каких значениях R_3 ток

потечит через

диод при замыкании?

$$3) R_3 = ? (P_0 = 0,8W)$$



используем метод
узлов по теор.

$$I_2 = \frac{E - U}{R_1} = \frac{U}{R_2};$$

$$I_2 = I_2(0) = \frac{E}{2R} = \frac{10V}{2 \cdot 5 \Omega} = 1A.$$

$$\begin{aligned} \frac{E - U}{R} &= \frac{U}{R}; \quad |R \\ E &= 2U; \quad U = \frac{E}{2}. \end{aligned}$$

2) Схема мостовая $\Rightarrow$ если $R_3 R_2 = R_1 R_4$,
то ток не будет течь $\Rightarrow R_3 \neq \frac{R_1 R_4}{R_2} =$
 $= \frac{5 \cdot 15}{5} = 15 \Omega.$

Ответ: 1) $I_2(0) = 1A$; 2) $R_3 = 15 \Omega$.

① Дано:

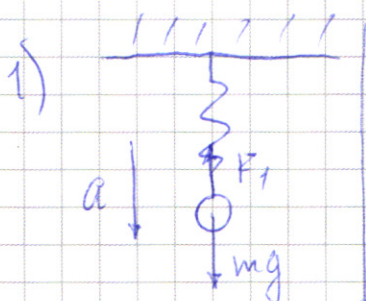
$$F_1 = 4F_2$$

$$a_1 = a_2 = a$$

1) $a_1 = ?$

2) $\frac{E_{\text{п.к.}}}{E_{\text{к.к.}}} = ?$

3) $\frac{E_{\text{max деп.}}}{E_{\text{max к.}}}$



2 ЗН: E_1

$$ma = mg - F_1$$

$$4m$$

$$\begin{cases} ma = mg - F_1 \cdot 4 \\ ma = 4F_2 - mg \end{cases}$$

$$4ma = 4mg - 4F_1$$

$$ma = 4F_2 - mg$$

$$ma = 4F_1 - mg$$

$$5ma = 3mg \Rightarrow a = \frac{3}{5}g$$

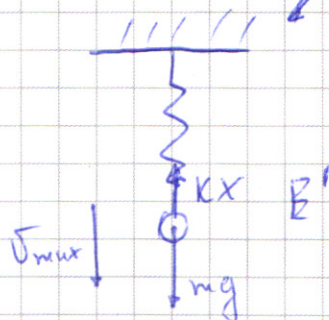
$$F_1 = \frac{2}{5}mg$$

$$F_1 = kx_1 \Rightarrow F_2 = 4kx_1 \Rightarrow x_2 = 4x_1$$

После того, как шарик отпустили, он будет совершать гармонические колебания

3)

Тассл. момент, когда $v_{\text{max}} \Rightarrow E_{\text{к.к. max}}$



2 ЗН:

$$mg = kx \Rightarrow$$

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

$$E' = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} + \frac{kx^2}{2} + mg(x_{\text{max}} - x)$$

В момент, когда шарик отпущен $a_{\text{max}} = g$

$$A\omega^2 = a_{\text{max}} \Rightarrow A = \frac{a_{\text{max}}}{\omega^2} = \frac{g}{\omega^2}, \text{ где } \omega^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow A = \frac{g \cdot m}{k}$$

$$E'' = \frac{kx_{\text{max}}^2}{2} = \frac{4kA^2}{2} = 2k \cdot \frac{g^2 m^2}{k^2} = 2 \frac{g^2 m^2}{k} = E_{\text{max деп.}}$$

← момент времени, когда

$$x_{\text{max}} \Rightarrow E_{\text{max деп.}}$$

$$L = x_{\text{max}} - x$$

$$x_{\text{max}} = 2A$$

$$x = A$$

где A - амплитуда колебаний (гармонич.)

$$E'' = \frac{kx_{\text{max}}^2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

② Дано:

$$\frac{p_3}{p_4} = k$$

$$p_1 = p_3$$

$$T_1$$

1) $T_{23} - ?$
2) $\frac{V_2}{V_4} - ?$
3) $\epsilon_{34} - ?$

процессы 1-2 и 3-4 - при этом процессу зависимость $\Rightarrow p_2 = n p_1 = n p$; $p_4 = \frac{p_3}{k} = \frac{p}{k}$.
 $V_2 = n V_1$; $V_4 = \frac{V_1}{k}$.

1) Ур-е Клапейрона-Менделеева:

$$1: p V_1 = \nu R T_1$$

$$2: n p \cdot n V_1 = \nu R T_2$$

$$3: p V_3 = \nu R T_2$$

$$4: \frac{p}{k} \cdot \frac{V_1}{k} = \nu R T_4$$

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

$$\Rightarrow T_2 = 2.89 T_1$$

2) $n^2 \cdot \nu R T_1 = \nu R T_2$; $n^2 = \frac{T_2}{T_1} = k^2 \Rightarrow n = k$
 $V_2 = \frac{\nu R T_2}{n p} = \frac{\nu R T_2}{k p}$
 $V_4 = \frac{\nu R T_1}{\frac{p}{k}} = \frac{k \nu R T_1}{p}$
 $\frac{V_2}{V_4} = \frac{k \nu R T_2 \cdot p}{p \cdot k \nu R T_1} = 1$

3) $\epsilon_{34} = \frac{Q_{34}}{(T_1 - T_2) \nu}$ $\# Q_{34} = \Delta U_{34} + A_{34}$
 $\Delta U_{34} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_2)$; $A_{34} = \frac{p + \frac{p}{k}}{2} \left(\frac{V_3}{k} - V_3 \right) = S =$
 $= -\frac{p(k+1)}{2k} V_3 \left(\frac{k-1}{k} \right) = -p V_3 \cdot \frac{k^2-1}{2k^2} = -\nu R T_2 \cdot \frac{k^2-1}{2k^2} = -\frac{\nu R T_1 (k^2-1)}{2}$
 $Q_{34} = 2 \nu R T_1 (1 - k^2)$ $\left(\epsilon_{34} = \frac{2 \nu R T_1 (1 - k^2)}{T_1 (1 - k^2) \nu} = 2 \right)$
 Ответ: 1) $2.89 T_1$; 2) $\frac{V_2}{V_4} = 1$; 3) $\epsilon_{34} = 2$.

③ Дано:

$$\mathcal{E} = E;$$

R

C

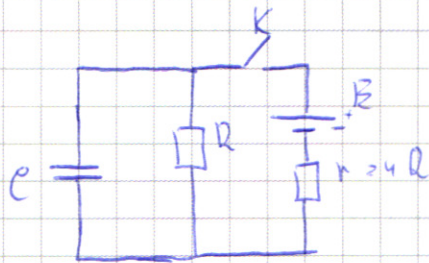
$$r = 4R$$

1) I_R после

3) χ - ?

2) U_C - ?

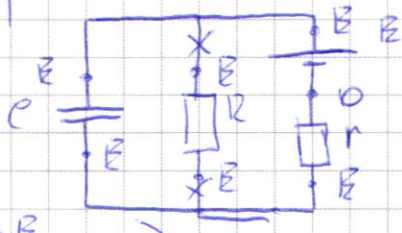
3) $P_{C \max}$ - ?



В начальный момент ток не течёт, конденсатор не заряжен.

1) Рассм. цепь в момент сразу после замыкания ключа.

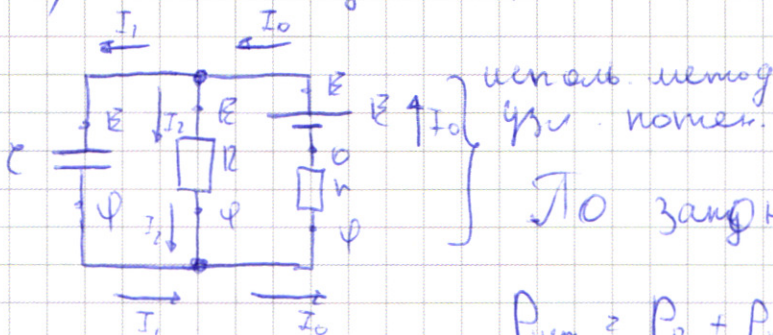
Напряжение на конденсаторе скачком не меняется $\Rightarrow U_C(0) = 0$.



используем метод узл. потен.

$$(I_R(0) = \frac{E - E}{R} = 0.)$$

2) Рассм. цепь в момент времени t , когда $P_{C \max}$.



используем метод узл. потен.

По закону сохр. Эн.:

$$P_{\text{ист}} = P_R + P_r + P_C \Rightarrow P_C = P_{\text{ист}} - P_R - P_r$$

$$I_0 = \frac{\varphi}{r} = \frac{\varphi}{4R} \quad P_R = \frac{(E - \varphi)^2}{R}; \quad P_r = \frac{\varphi^2}{4R}; \quad P_{\text{ист}} = E \cdot I_0 = \frac{E\varphi}{4R}$$

$$P_C = \frac{E\varphi}{4R} - \frac{\varphi^2}{4R} - \frac{(E - \varphi)^2}{R} = f(\varphi)$$

$$P_C = \max, \text{ если } f(\varphi) = \max.$$

$$P_C = f(\varphi) = -\frac{1}{4R}\varphi^2 + \frac{E\varphi}{4R} - \frac{E^2}{R} + \frac{2E\varphi}{R} - \frac{\varphi^2}{R} = -\frac{5}{4R}\varphi^2 + \frac{3E\varphi}{4R} - \frac{E^2}{R}$$

$$f'(\varphi) = -\frac{5}{2R}\varphi + \frac{3E}{4R} = 0; \quad \frac{5}{2}\varphi^* = \frac{3}{4}E; \quad \varphi^* = \frac{3}{10}E = 0,3E$$

$(E - \varphi^*)$ - напряжение на конденсаторе в момент времени $t \neq$