

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

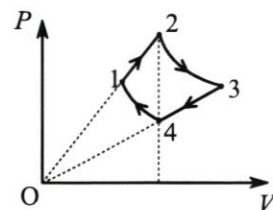
Вариант 11-07

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

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.

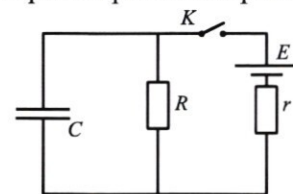
2. Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой T_1 расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V . В процессе 1-2 объем газа увеличивается в $k = 1,8$ раза. Затем газ расширяется в изотермическом процессе 2-3, сжимается в процессе 3-4 прямо пропорциональной 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.

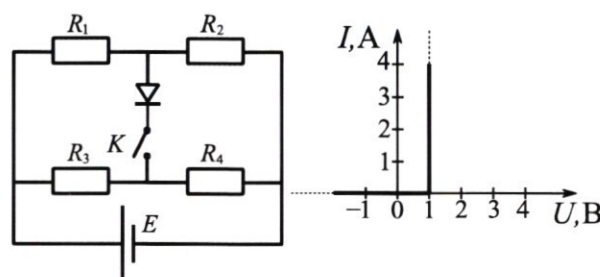
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 3R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

- 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?



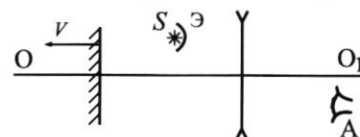
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 8$ В, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 6$ Ом, $R_4 = 2$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

- 1) Найти ток через резистор R_3 при разомкнутом ключе K .
- 2) При каких значениях R_1 ток потечет через диод при замкнутом ключе K ?
- 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 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

$i = 3$ N_2

процесс 1-2
 $p = \alpha U$
 $\alpha = \text{const}$

процесс 2-3
изотермический

процесс 3-4
 $p = \alpha U$

процесс 4-1
 $T = \text{const}$
 $k = 1,8$

1) путь отведен в состоянии 1 равен U . Но увеличится он в k раз. По ур-ну Менделеева - Клапейрона для точек 1 и 2

$$pU = \nu RT_1 \quad (1)$$

и к тому $p = \alpha U$, где α - постоянная, верно, равно давлению $p_2 = kp$ для состояния 2

$$kp \cdot kU = \nu RT_2 \quad (2)$$

$$k^2 pU = \nu RT_2$$

$$k^2 \nu RT_1 = \nu RT_2$$

$$T_2 = k^2 T_1$$

Т.к. процесс изотермический, то темп. во всем процессе равен

$$T_2 = k^2 T_1 = (1,8)^2 T_1 = 3,24 T_1$$

2) применение ур-на Менз-Ханна для точек 3

$$p_3 U_3 = \nu RT_2 \quad (3)$$

Т.к. процесс происходит при постоянном давлении, то $p_3 = p_2 = kp$

Сначала p ~~увеличивается~~ увеличивается давление, во столько раз, сколько p увеличивается и U тоже. Тогда отведен U увеличится в k раз.

Потому $U_3 = kU$ и тогда $p_3 = kp$

ур-на Менз-Ханна для состояния 4

$$p_4 kU = \nu RT_1 \Rightarrow \text{из (1) и (4)} \Rightarrow p_4 kU = pU \Rightarrow p_4 = \frac{p}{k} \Rightarrow p_3 = \frac{p}{k}$$

ур-на Менз-Ханна для точек 3

$$\frac{p}{k} \cdot kU = \nu RT_2 \Rightarrow pU = \nu RT_2 \quad (5)$$

из (2) и (5) $k^2 pU = pU \Rightarrow k^2 = 1$

$\Rightarrow$ отсюда $n = k$, т.е. $p_3 = \frac{n}{k} p = p = p_1$

Выводим, что $\frac{p_1}{p_3} = 1$

3) Найдем работу A_{12} . $A_{12} = \int_1^2 p dV = \int_1^2 \alpha U dV = \frac{1}{2} (kU - U) (p + kp) = \frac{1}{2} pU (k-1)(k+1) = \frac{1}{2} pU (k^2 - 1)$

из (1) и (5) $A_{12} = \frac{1}{2} pU (k^2 - 1) = \frac{1}{2} \nu RT_1 (k^2 - 1)$

напряжение Δu_{12}

$$\Delta u_{12} = \frac{3}{2} \rho R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \rho R (k^2 T_1 - T_1) = \frac{3}{2} \rho R T_1 (k^2 - 1)$$

разность температур между средами

$$Q_{12} = \Delta u_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} \rho R T_1 (k^2 - 1) + \frac{1}{2} \rho R T_1 (k^2 - 1) = \rho R T_1 (k^2 - 1)$$

$$C_{12} = \frac{Q_{12}}{\rho (T_2 - T_1)} = \frac{\rho R T_1 (k^2 - 1)}{\rho (k^2 T_1 - T_1)} = \frac{\rho R T_1 (k^2 - 1)}{\rho T_1 (k^2 - 1)} = 2R$$

Ответ: 1) $T_2 = k^2 T_1 = 3,24 T_1$

2) $\frac{P_1}{P_2} = 1$

3) $C_{12} = 2R = 16,62 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

N3

1) Изобразим электрическую схему

2) расчет напряжений на элементах цепи

3) расчет энергии, затраченной на зарядку конденсатора

1) $I_E(0) = ?$ (начальное значение)

2) $I_C(\tau) = ?$

3) $Q^+ = ?$

1) до замыкания конденсатор разряжен $u_C = 0$

Менее чем сразу после замыкания ключа, напряжение на конденсаторе скачком не изменилось $\Rightarrow u_C(0) = u_{C0} = 0$

2) расчет напряжений на элементах цепи

3) расчет энергии, затраченной на зарядку конденсатора

По закону сохранения энергии $I_E + I_R + I_C$

$I_C = I_E - I_R = \frac{E - u_C}{3R} - \frac{u_C}{R} = \frac{E - 4u_C}{3R}$

$u_R = 0 \Rightarrow I_R R = 0 \Rightarrow I_R = 0 \Rightarrow$ ток в ветви $\Rightarrow I_E(0) = 0$

3) найдем энергию, затраченную на зарядку конденсатора

3) $W_C' = u_C \cdot I_C = \frac{(E - 4u_C) \cdot u_C}{3R} = \frac{E u_C - 4u_C^2}{3R} \Rightarrow$ найдем график зависимости энергии от напряжения

Т.к. график симметричен относительно $u_C = \frac{E}{4}$, то $u_C(\tau) = \frac{E}{4}$ при $W_C' = W_{C, \text{max}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4) Рассмотрим цепь сразу после размыкания ключа (момент t , $u_c(t) = \frac{1}{8} \mathcal{E}$)

Найдем i_R и i_c в этот момент

По закону сохранения энергии

$i_c = i_R + i_c$

$i_c = i_R - i_R = \frac{3}{8} \mathcal{E} - \frac{7}{8} \mathcal{E} = -\frac{4}{8} \mathcal{E} = -\frac{1}{2} \mathcal{E}$

$i_R = \frac{\mathcal{E}}{8R}$

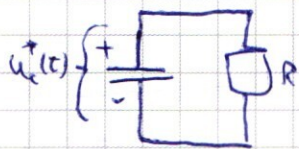
$i_c(t) = \frac{\mathcal{E}}{6R}$

$i_c(t) = \frac{1}{6R} \mathcal{E}$

5) Рассмотрим цепь сразу после размыкания ключа (момент t , $u_c(t) = \frac{1}{8} \mathcal{E}$)

Найдем $W^+(t) = \frac{C u_c^2(t)}{2} = \frac{C \cdot \mathcal{E}^2}{64}$

$u_c(t) = \frac{1}{8} \mathcal{E}$



7) Запишем закон сохранения энергии

$$A_{\text{ист}} = Q^+ + \Delta W \Rightarrow Q^+ = -\Delta W = -$$

$$Q^+ = W^+(t) - 0 = W^+(t) = \frac{C \mathcal{E}^2}{128}$$

Ответ:

1) $i_c(0) = 0$

2) $i_c(t) = \frac{\mathcal{E}}{6R}$

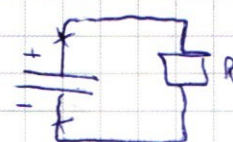
3) $Q^+ = \frac{C \mathcal{E}^2}{128}$

6) Рассмотрим цепь сразу после замыкания ключа (момент t , $u_c(t) = 0$)

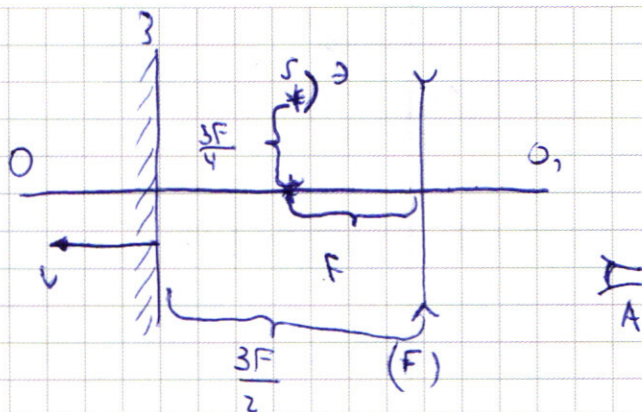
Найдем i_R и i_c в этот момент

$i_R(t) = 0$

$i_c(t) = 0$

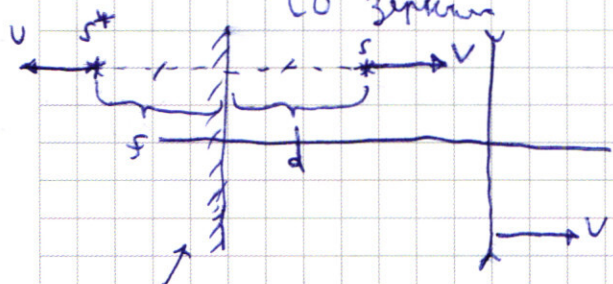


NS



1) чтобы найти изображение источника S

с зарядом $q = -q_0$ ^{Зеркал} ~~Зеркал~~ Плоская экран источник S
будет равен $V_{\text{изобр}} = V$

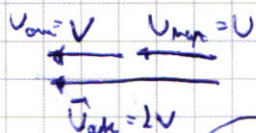


Изображение источника S*
будет находиться со стороны V
с противоположной стороны с зарядом
не по модулю экран $V_{\text{изобр}} = V$
т.е. $f = d = \frac{3F}{2} - F = \frac{1}{2}F$

конструкция

2) чтобы с CO Зеркал найти поле в точке

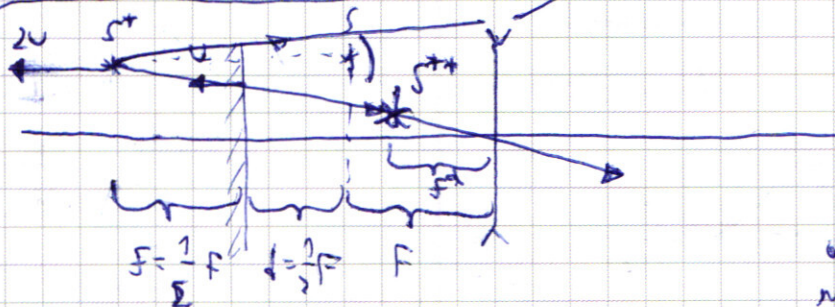
тогда $\vec{V}_{\text{общ}} = \vec{V}_{\text{изобр}} + \vec{V}_{\text{скр}} =$



Потому, чтобы найти изображение источника с
система координат перевернута CO Зеркал

$$V_{\text{общ}} = 2U$$

3) Зеркал (плоский экран) для экранов



матери S* -
длина, равная
длина I, равная
он не на много
различен, потому что

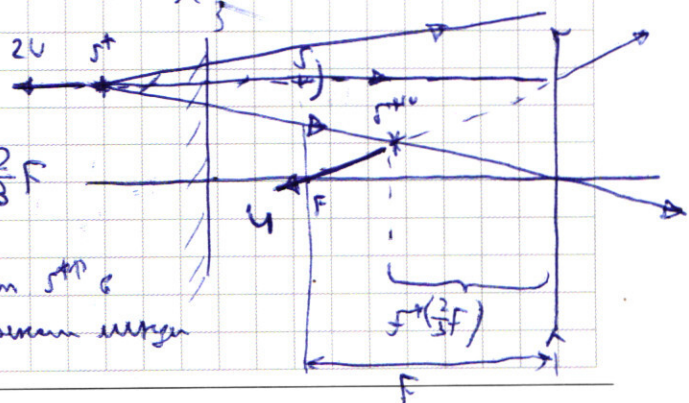
3) по формуле можно найти $\leftarrow$ Это изобр. будет равно

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d_s} - \frac{1}{f^*}, \text{ где } d_s - \text{расстояние от } S^* \text{ до } I$$

$$d_s = f + d + F = 2F$$

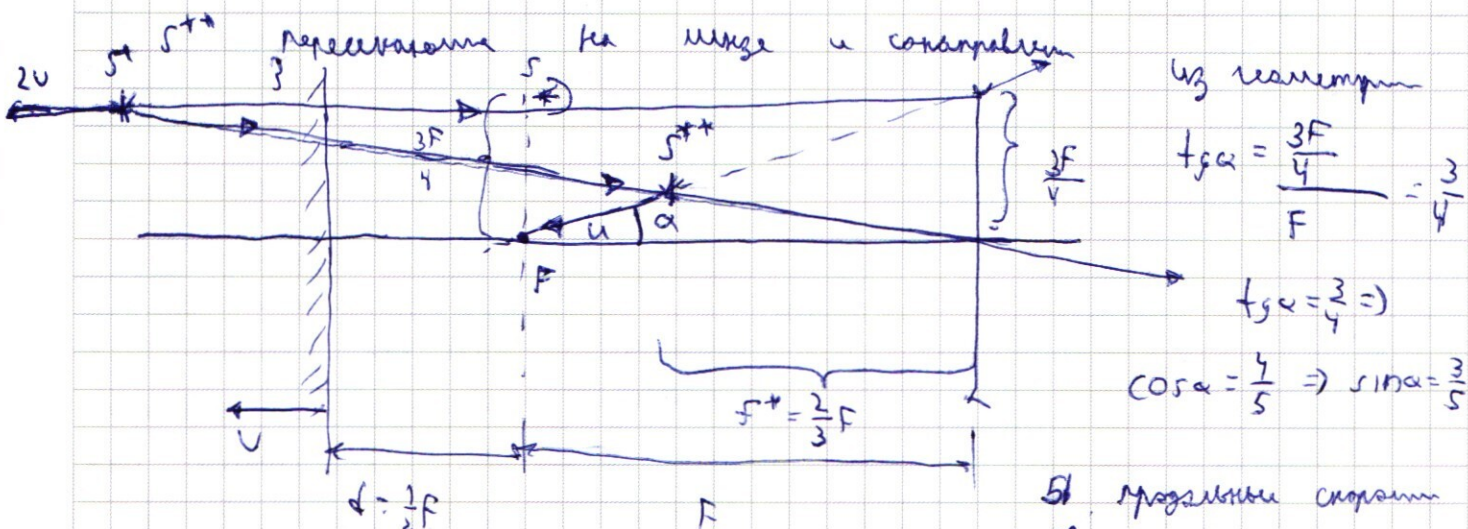
$$\frac{1}{f^*} = \frac{1}{d_s} + \frac{1}{F} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{F} = \frac{3}{2F} \Rightarrow f^* = \frac{2}{3}F$$

Вывод: поле в точке A будет изобр. от S* с
система координат $f^* = \frac{2}{3}F$ от плоского экрана



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4) Скорость 20 г/мин при этом (для мизера) 5* и углеродная



$$\left[\Gamma = \frac{F^*}{\sigma_r} = \frac{\frac{2}{3}F}{2f} = \frac{1}{3} \right]$$

5) возможные способы
классификации

$$\frac{y_{n+1}}{y_n} = r^2 \Rightarrow y_{n+1} = r^2 y_n$$

$$u = \frac{2v}{9 \cos \alpha} = \frac{2v}{9 \cdot \frac{4}{5}} \therefore$$

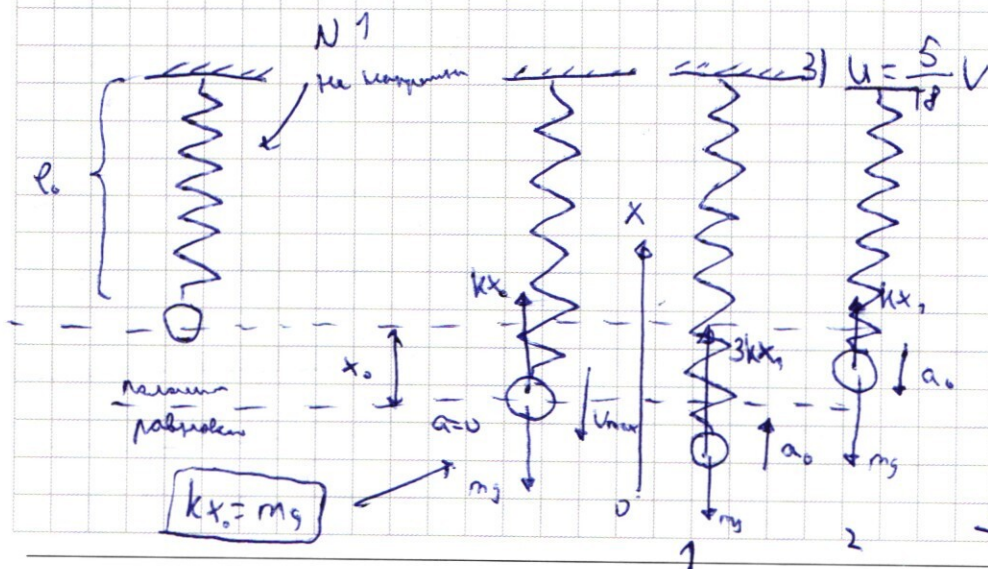
$$u_{11} = \frac{2v}{3}$$

also $u_{11} = u \cos \alpha$

$$u = \frac{5V}{2.9} = \frac{5}{18} V$$

Answer: 1) $f^+ = \frac{2}{3} F$

$$2) \cos \alpha = \frac{4}{5}, \sin \alpha = \frac{3}{5}$$



11) после того, как
анализируем рынок, находим
калькулю (репрезентативную)
~~тогда~~ сего уровня
 $F_{\text{вып}} = k \times$ в калькулю
маржа на рынке
с тем самым же
~~базис~~ направлением
Всего на рынке

(Т.к. шарик не имеет начальной скорости и не имеет пружины)

2) ЗН для положения 1 и 2 на ось x

не считая для 1: $3kx - 3F_{упр} + mg = ma$

$$x: 3kx - mg = ma. \quad (1)$$

для 2: $x: kx - mg = -ma \rightarrow kx = mg - ma. \quad (2)$

3) рассмотрим 2) и (1) $3mg - 3ma - mg = ma$

$$a = \frac{2}{5}g \quad \text{или} \quad 2mg = 4ma.$$

Кинетическая энергия шарика в положении 2

$$a = \frac{1}{2}g \quad (1)$$

$$3kx - mg = \frac{1}{2}mg \Rightarrow kx = \frac{mg}{2}$$

5) Возврат шарика в положение 1. Шарик имеет нулевую скорость в положении 1, где пружина не напряжена. Тогда полная мех. энергия в начальный момент времени равна нулю ($v=0, kx=0$, все тело имеет равную, не совершает, т.е.

$E_0 = 0$. По закону сохранения энергии

6) Запишем ЗС от положения 0 до положения минимума шарика, в котором энергия деформации пружины максимальна

$$0 = \frac{k(x_0 + A)^2}{2} - mg(A + x_0)$$

$$\frac{k(x_0 + A)^2}{2} = mg(A + x_0)$$

$$k(x_0 + A)^2 = 2mg(A + x_0) \quad (3)$$

7) Уравнение движения шарика

$$\frac{E_{пруж}}{E_{кин}} = \frac{k(x_0 + A)^2}{2} = \frac{2mg(A + x_0)}{2mgx_0}$$

☐ черновик ☒ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 6

(Нумеровать только чистовики)

4) ускорение шарика в его крайней правой точке равно нулю. Следовательно, энергия шарика в этой точке равна нулю.

$$\left(\frac{v}{v_{max}}\right)^2 + \left(\frac{a}{a_{max}}\right)^2 = 1 \quad (2)$$

Из него следует, что при гармоническом колебании

скорость и ускорение шарика равны по модулю и отличаются на $\pi/2$.

У шарика равные по модулю скорости (при заданном a и u ускорении шарика) достигаются в двух положениях.

Значит, кинетическая энергия шарика в этих положениях также равна.

$$\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = 1$$

$$0 = \frac{mv_{max}^2}{2} - mgx_0$$

$$\frac{mv_{max}^2}{2} = mgx_0$$

$$mv_{max}^2 = 2mgx_0$$

Запишем ЗС от 0 к положению, где $v = v_{max}$ (начальное положение)

7) Уравнение движения шарика

$$\frac{E_{пруж}}{E_{кин}} = \frac{k(x_0 + A)^2}{2} = \frac{2mg(A + x_0)}{2mgx_0}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{E_{\text{прmax}}}{E_{\text{кmax}}} = \frac{mg(A+x_0)}{mgx_0} = \frac{2A}{x_0} = \frac{2A}{A} = 2$$

8) где положение равновесия
массы верха $kx_0 = mg$

массы, из ур-на (3)

$$k(x_0 + A)^x = 2mg(A + x_0)$$

$$k(x_0 + A) = 2mg$$

$$kx_0 + kA = 2mg$$

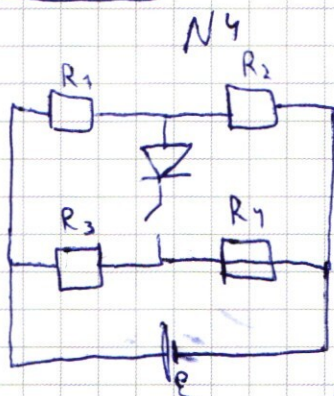
$$x_0 = A$$

$$kA = mg$$

Ответ: 1) $a_0 = \frac{1}{2}g$

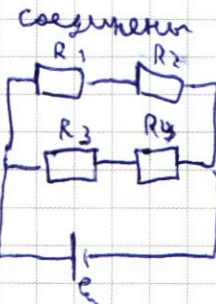
$$2) \frac{E_{k1}}{E_{k2}} = 1$$

$$3) \frac{E_{\text{прmax}}}{E_{\text{кmax}}} = 2$$

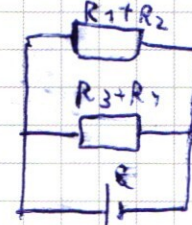


Выводим

1) разн. схему при размыкании
ключа. ~~мы~~ заметим, что два параллельно соединенных резистора



соединен параллельно. Т.е. если одобрим параллельно



с одним резистором (суммарным сопротивлением)

то получим, что данная схема

эквивалентна схеме 2

напряжением на нем

равно E $\Rightarrow$

$$I_{R3} = I_{R4} = \frac{E}{R_3 + R_4}$$

$$I_1 = \frac{E - U}{R_1}$$

$$I_3 = \frac{U - E}{R_3}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2}$$

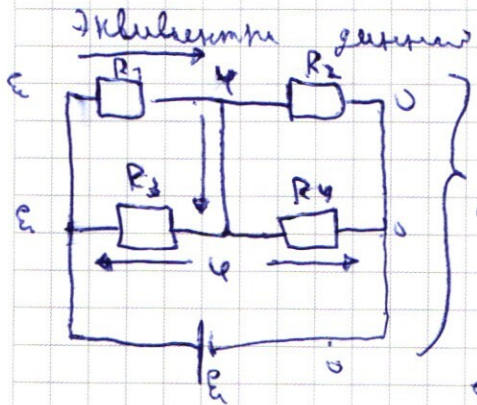
$$I_4 = \frac{U}{R_4}$$

Методом
напряжений

у нас $U > E$

$$E - U = I_1 R_1 \Rightarrow U = E - I_1 R_1$$

$$E - I_3 R_3 > E$$



☐ черновик ☒ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 7

(Нумеровать только чистовики)

Омлен 1) $I_3 = \frac{E}{R_3 + R_4}$

2) E - напряжение, при заземлении, не равное $R_1 \neq \frac{R_2 R_3}{R_4} = 9 \text{ Ом}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 1

$\frac{h}{b} p = kU$
 $m^2 p U = DRT_1$

N 2 *мех. к.*

1) $k^2 T_1$

2) $k^2 T_2$

$\frac{k(x_0 + 2A)^2}{2} = m g (2A + x_0)$

$\frac{m v_{max}^2}{2} = m g (A + x_0)$

$\frac{m g (2A + x_0)}{m (A + x_0)} = \frac{g (2A + x_0)}{A + x_0}$

$\frac{k(x_0 + 2A)^2}{2} = m g (2A + x_0)$

$\frac{k(x_0 + 2A)}{2} = m g$

$\frac{3}{2} R + k(x_0 + 2A) = m g$

$\frac{k A^2}{m v_{max}^2}$

$\frac{k(x_0 + A)^2}{m v_{max}^2}$

$\frac{k(x_0 + A)^2}{m v_{max}^2} = \frac{2 m g (x_0 + A)}{2 m g x_0}$

$\frac{k(2A + x_0)^2}{m v_{max}^2}$

$2kx = 2mg$

$3kx - mg = m a_{max}$

$-kx + mg = m a_{min}$

$+ 3kx, -mg = m a_{max}$

$-3kx + 3mg = 3m a_{min}$

$2mg = 4m a_{min}$

$\frac{k}{m} = \frac{g}{x_0}$

$\frac{n}{k} p = kU$

$\frac{n}{k} p \cdot n k U = DRT_2$

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

$Q_{12} =$

$\frac{k(x_0 + A)^2}{2}$

$\frac{m v_{max}^2}{2}$

18

18

144

18

324

$16, C)$

831

831

$16, C)$

120

36

144

$$\frac{4E}{24R} = \frac{E}{6R}$$

$$\frac{E}{3R}$$

$$\frac{7E}{24R}$$

$$Q = \frac{k(A+x_0)^2}{2} - m_j(A+x_0)$$

$$k(A+x_0) = 2mg$$

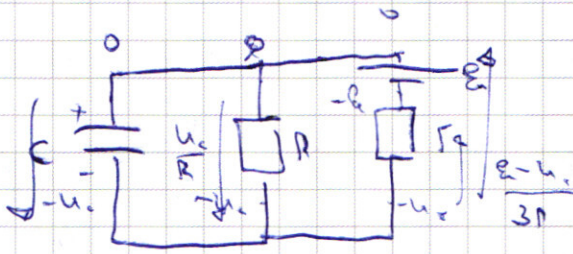
$$kA + kx_0 = 2mg$$

$$g u_c = E u \quad kA = mg$$

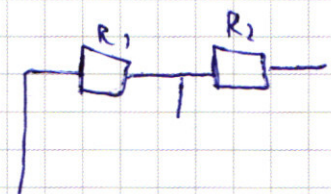
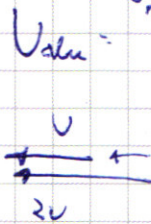
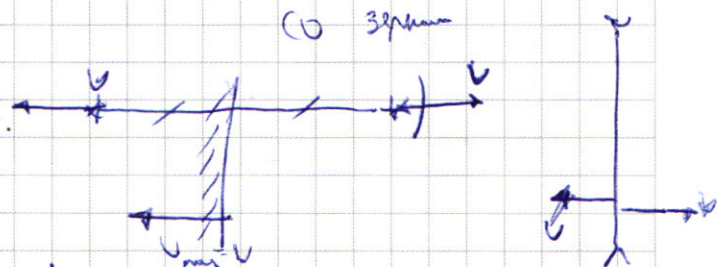
$$u_c = \frac{E}{4}$$

$$Q = \frac{CE}{824}$$

$$E - u_c - 3u_c = \frac{E - g u_c}{1}$$



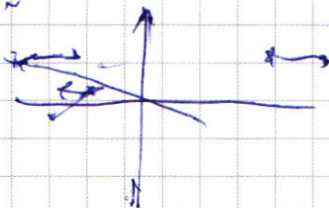
NS



$$\frac{2U}{2 \cdot \frac{42}{5}} = \frac{5U}{18}$$

$$-\frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2}$$

d1 f ↓



$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f}$$

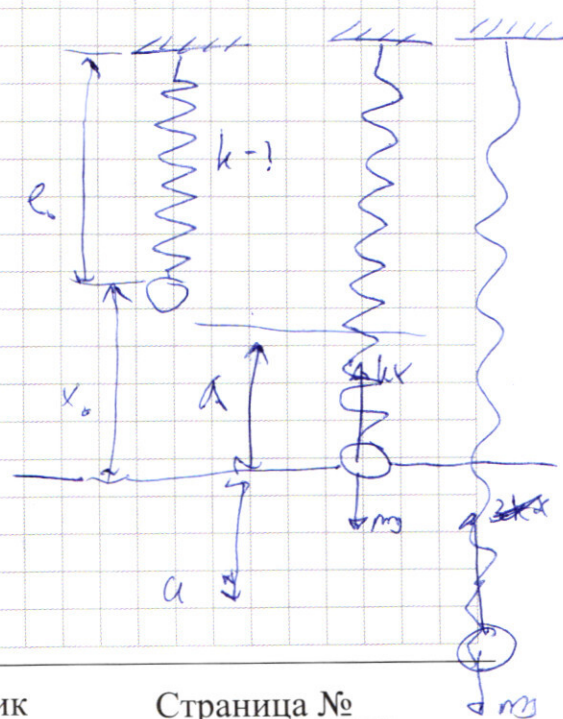
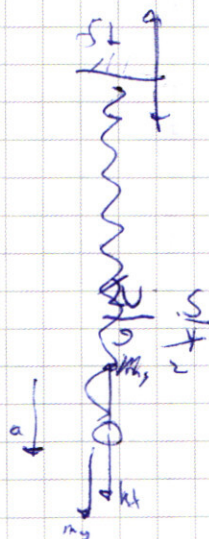
$$3kx - mg = m a_x$$

$$kx - mg = m a_x$$

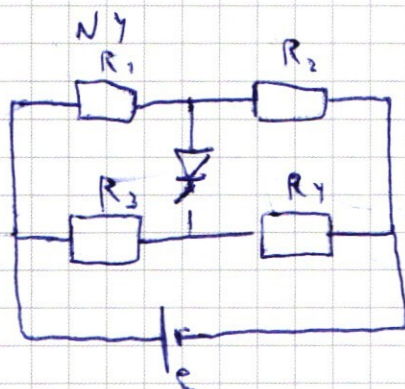
$$kx = m a + mg$$

$$3m a + 2mg - mg = m a$$

$$2m a + 2mg < b$$

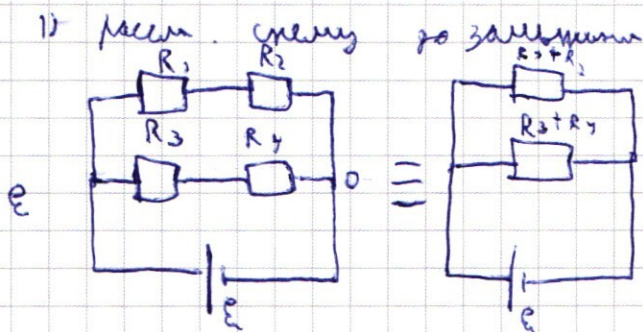
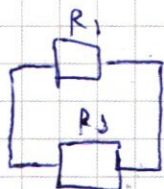


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) I_{R3} ?

2) найти ток через R_3



2) Поделками или коротким для параллельно соединенным резисторам $R_1 + R_2$ и

с напряжением, равным

$$E \Rightarrow I_{R3} = I_{R4} = \frac{E}{R_3 + R_4}$$

$$- [R_3 + R_4]$$

$$R_1 = \frac{R_2 R_3}{R_4}$$

$$\varepsilon - IR_1$$

$$\varepsilon - IR_1 = U$$

$$I_{R_2} = \frac{U}{R_2} \quad U =$$

$$I_1 = \frac{\varepsilon - U}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2}$$

$$\varepsilon - U = I_1 R_1$$

$$\varepsilon - U = I_1 R_1$$

$$U = \varepsilon - I_1 R_1$$

$$\varepsilon - I_1 R_1 = U$$