

Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-07

Класс 11

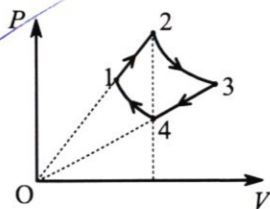
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

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 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.

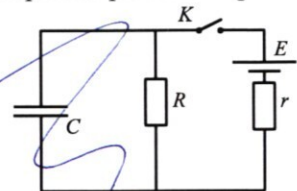
2. Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой T_1 расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V . В процессе 1-2 объем газа увеличивается в $k=1,8$ раза. Затем газ расширяется в изотермическом процессе 2-3, сжимается в процессе 3-4 прямо пропорциональной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



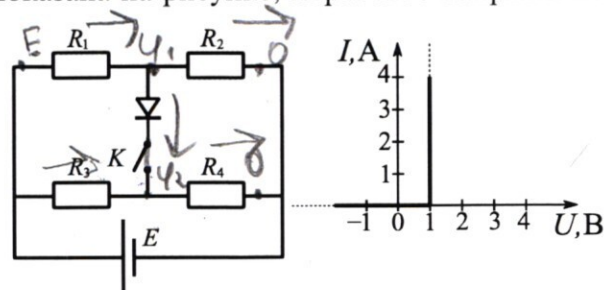
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r=3R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

- 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?



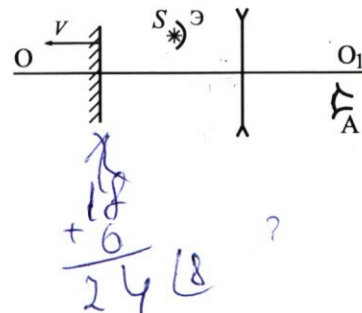
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E=8$ В, $R_2=3$ Ом, $R_3=6$ Ом, $R_4=2$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0=1$ В.

- 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

Дано: (T_1) ; $k = (1,8)$

1) $T_2 = ?$
2) $\frac{P_1}{P_3} = ?$
3) $C_{1-2} = ?$

1) Пусть давление и объем в точке 1: P_1 и V_1 .
Рассмотрим процесс 1-2: $P = 2V$

$$\begin{cases} P = 2V \\ P_2 = 2 \cdot V_2 \end{cases} \quad \text{т.к. } V_2 = kV_1 \Rightarrow \frac{P}{P_2} = \frac{1}{k} \Rightarrow P_2 = Pk$$

2) Воспользуемся ур-ние Клапейрона-Менделеева (газ идеальный)
 $PV = \nu RT_1$
 $P_2 V_2 = \nu RT_2$; т.к. $P_2 = kP$ и $V_2 = kV_1 \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{k^2}$
 $\boxed{T_2 = k^2 T_1} \quad T_2 = (1,8)^2 T_1 = 3,24 T_1$

3) Рассмотрим процесс 3-4, в котором $P = 2V$. Пусть давление и объем в точке 3 = P_3 и V_3 ; а в точке 4 давление = P_4 ;
 $P_4 = 2 \cdot kV_3$
 $P_3 = 2 \cdot V_3 \Rightarrow \boxed{\frac{P_4}{P_3} = \frac{kV_3}{V_3}}$

4) Воспользуемся ур-нием Клапейрона-Менделеева для процесса 4-1 (изотермический процесс)
 $P_4 kV_3 = \nu RT_1$
 $PV = \nu RT_1 \Rightarrow P_4 k = P \Rightarrow \boxed{P_4 = \frac{P}{k}}$

5) для процесса 3-4:
 $P_3 V_3 = \nu RT_2$; $P_4 \cdot kV_3 = \nu RT_1 = PV$
 $\Rightarrow P_3 V_3 = \nu RT_1 \cdot k^2 = PV k^2$

$$6) \text{ Т.к } P_1 = \frac{P}{k} \text{ и } P_4 = P_3 \frac{kV}{V_3} \Rightarrow \frac{P}{k} = P_3 \frac{kV}{V_3}$$

~~$$1) \text{ Т.к } P_3 V_3 = P V k^2 \Rightarrow V_3 = \frac{P V k^2}{P_3}$$~~

~~$\frac{P}{P_3}$~~ 8) Две процессы 2-3:

$$kP \cdot kV = \nu R T_1 k^2$$

$$\text{и } P_3 V_3 = \nu R T_1 k^2 \Rightarrow$$

$$P V k^2 = P_3 V_3 \quad *$$

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

или процесс 3-4:

$$P_3 V_3 = k^2 T_1 \nu R$$

$$\nu R T_1 = \frac{P_3 V_3}{k^2}$$

$$P_3 \frac{kV}{V_3} \cdot kV = \nu R T_1 \Rightarrow P_3 \frac{k^2 V^2}{V_3} = \nu R T_1$$

$$\Rightarrow \frac{P_3}{V_3} k^2 V^2 = \frac{P_3 V_3}{k^2}$$

$$\Rightarrow V_3^2 = k^4 V^2 \Rightarrow V_3 = k^2 V$$

из чего следует, что

$$P V k^2 = P_3 k^2 V \Rightarrow P_3 = P$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{P_1}{P_3} = 1}$$

10) Рассмотрим процесс 1-2

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

и по первому началу термодинамики

$$Q_{12} = \frac{i}{2} \nu R \Delta T + A; \text{ т.к } i=3 \Rightarrow Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_1 (k^2 - 1) + A$$

$$A = + S_{\text{пр}}; S_{\text{пр}} = \frac{P + kP}{2} (kV - V) = \frac{PV(k^2 - 1)}{2} = \frac{\nu R T_1 (k^2 - 1)}{2}$$

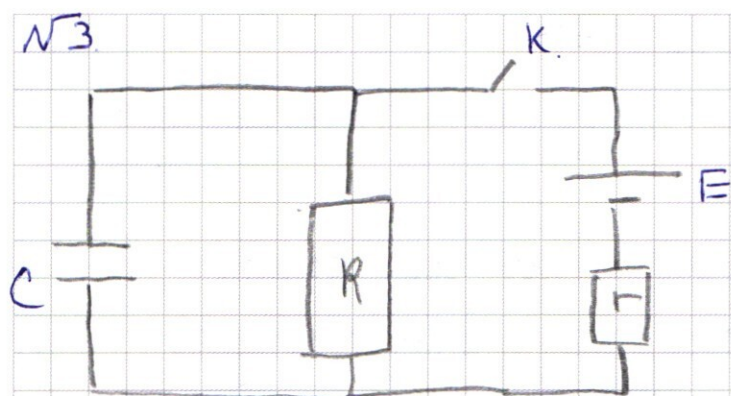
$$\Rightarrow Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_1 (k^2 - 1) + \frac{\nu R T_1 (k^2 - 1)}{2} = 2 \nu R T_1 (k^2 - 1)$$

$$2 \nu R T_1 (k^2 - 1) = C_{12} \nu T_1 (k^2 - 1) \Rightarrow C_{12} = 2R = 2 \cdot 8,31 = 16,62$$

$$\text{Ответ: } T_2 = 3,24 T_1; \frac{P_1}{P_3} = 1; C_{12} = 2R =$$

$$= 16,62$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Дано: (E, R, C) ; $r = 3R$.

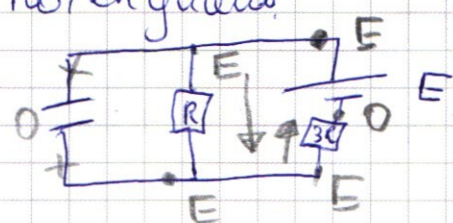
1) $I_{\text{чер}}$ сразу после замыкания $= ?$

2) $I_c = ?$ сразу после размыкания (размыкает ключ, когда

скорость роста энергии конденсатора максимальна)

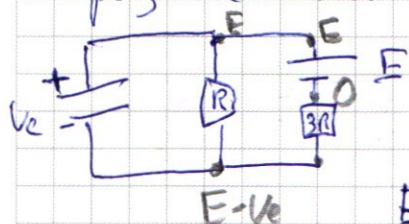
3) $Q = ?$

1). Напряжение на конденсаторе сразу после замыкания ключа не изменится мгновенно, т.к. до замыкания конденсатор был разряжен, то сразу после замыкания напряжение на конденсаторе $U_c = 0$. Рассмотрим схему сразу после замыкания ключа и воспользуемся методом потенциалов.



$$I_{\text{чер}} = I_{3R} = \frac{E - 0}{3R} = \boxed{\frac{E}{3R}}$$

2) Рассмотрим размыкание ключа ~~сразу после размыкания~~ (в произвольный момент) до



Скорость роста энергии конденсатора - это мощность выделенная на конденсаторе

$w' = P_c = I_c U_c$ по методу потенциалов:

$$\frac{E - U_c}{3R} = \frac{U_c}{R} + I_c; \text{ Выразим } U_c.$$

$$E - U_c = 3U_c + 3RI_c. \quad E - 3RI_c = 4U_c \Rightarrow U_c = \frac{E}{4} - \frac{3}{4}I_c R.$$

$$P_c = I_c \left(\frac{E}{4} - \frac{3}{4}I_c R \right) = -\frac{3}{4}RI_c^2 + \frac{E}{4}I_c.$$

мощность максимальна при $P' = 0$

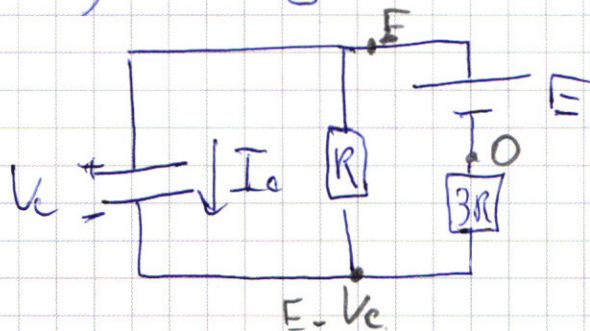
$$P' = -\frac{3}{4} 2 I_c \cdot R \neq \frac{E}{4} = 0$$

$$\Rightarrow 3 I_c \cdot R = E \Rightarrow I_c = \frac{E}{6R}$$

при токе через конденсатор $I_c = \frac{E}{6R}$ - скорость роста энергии максимальна, $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ ток через конденсатор перед размыканием ключа равен $I_c = \frac{E}{6R}$

3) Найдём V_c - перед размыканием ключа.



Воспользуемся методом потенциалов и ~~правилом~~ правилами Кирхгофа

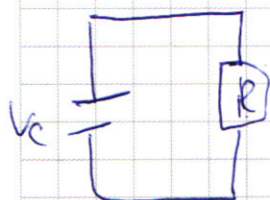
$$\frac{E - (E - V_c)}{R} + I_c = \frac{E - V_c}{3R}$$

$$\frac{V_c}{R} + I_c = \frac{E}{3R} - \frac{V_c}{3R}$$

$$\frac{3V_c}{3R} + \frac{V_c}{3R} = \frac{E}{3R} - \frac{E}{6R}$$

$$\frac{4V_c}{3R} = \frac{E}{6R} \Rightarrow V_c = \frac{E \cdot 3R}{6 \cdot R \cdot 4} = \frac{E}{8}$$

4) Напряжение на конденсаторе не меняется мгновенно $\Rightarrow$ сразу после размыкания ключа напряжение на конденсаторе V_c .



по З.С.Э.

$$A_{\text{ист}} = W_k - W_n + Q$$

$$\Rightarrow W_n = Q = \frac{C V_c^2}{2} = \frac{C E^2}{64 \cdot 2} = \frac{C E^2}{128}$$

Ответ: $I_{\text{ис}} = \frac{E}{3R}$; $I_c = \frac{E}{6R}$; $Q = \frac{C E^2}{128}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 положение равновесия

положение нерастянутой пружины

$mg = kx_0$

Законим II.З. Ньютона для шарики

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_{упр}$$

В проекции на ось x:

$$ma = mg - F_{упр}$$

1) В момент, когда сила $F_{упр} = kx_1$

$$ma_1 = mg - kx_1$$

2) когда $F_{упр} = 3kx_1$

$$ma_2 = mg - 3kx_1$$

3) если $a_1 = a_2$, то

$$3ma_1 = 3mg - 3kx_1$$

$$ma_1 = mg - 3kx_1$$

$$2ma_1 = 2mg \Rightarrow a_1 = g \Rightarrow$$

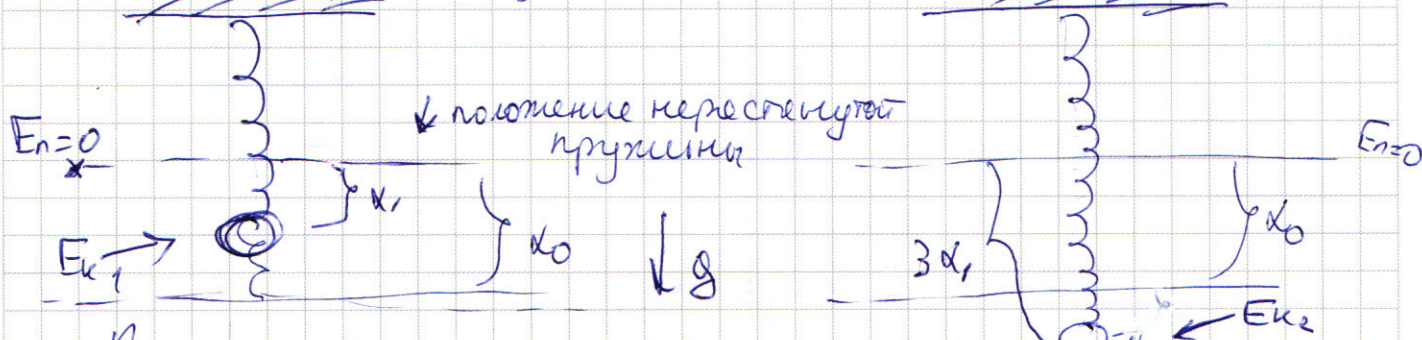
подставив а во II закон Ньютона

$$mg = mg - kx_1 \Rightarrow kx_1 = 0 = \text{zero не может быть}$$

Значит : $a_1 = -a_2$

$$\begin{aligned} ma_1 &= mg - kx_1 \\ -ma_1 &= mg - 3kx_1 \Rightarrow 3ma_1 = 3mg - 3kx_1 \\ &\Rightarrow 4ma_1 = 2mg \Rightarrow \boxed{a_1 = -\frac{g}{2}} \end{aligned}$$

2) Используя закон сохранения энергии



Пусть ноль потенциальной энергии в положении нерастянутой пружины.

$$0 = -mgx_1 + \frac{kx_1^2}{2} + E_{k1}$$

$$0 = -mg3x_1 + \frac{9kx_1^2}{2} + E_{k2}$$

$$\text{т.к. } mg = kx_0$$

$$E_{k1} = kx_0x_1 - \frac{kx_1^2}{2} = kx_1 \left(x_0 - \frac{x_1}{2} \right)$$

$$E_{k2} = 3kx_0x_1 - \frac{9}{2}kx_1^2 = 3kx_1 \left(x_0 - \frac{3}{2}x_1 \right)$$

$$\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{x_0 - \frac{x_1}{2}}{3 \left(x_0 - \frac{3}{2}x_1 \right)}$$

т.к. $a_1 = -\frac{g}{2}$; по II.3 Ньютона.

$$ma_1 = mg - kx_1$$

$$-\frac{mg}{2} = -kx_1 \Rightarrow x_1 = \frac{mg}{2k} ; \text{ а } x_0 = \frac{mg}{k}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{E_{k1}}{E_{k2}} &= \frac{\frac{mg}{k} - \frac{mg}{4k}}{3 \left(\frac{mg}{k} - \frac{3}{2} \frac{mg}{4k} \right)} = \frac{1 - \frac{1}{4}}{3 \left(1 - \frac{3}{8} \right)} = \frac{\frac{3}{4}}{3 \left(\frac{5}{8} \right)} = \frac{38}{4 \cdot 15} \\ &= \frac{2}{5} ; \quad \frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{2}{5} \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Продолжение первого номера.

Будут происходить
изменения широк
вокруг положения
равновесия.

↓ положение нормативной группы

по теореме
равновесия.

Максимальное жёсткое деформации пружины будет у шарика № 1.

Вектор $\vec{r}$ — радиус-вектор точки траектории

Ноль потенциальной энергии в положении нерастянутой пружины.

Ермек - мек. Жерге геор-
меч.

$$0 = 0 + E_{D, \max} - mg \times \max$$

затиме ур-не победит

$$x = x_1 + A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t) \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$x' = \dot{u}(t) = A \omega \cdot \cos(\omega t) - B \omega \sin(\omega t)$$

напряжения, скорость течения в магнитном
поле, момент, положение равновесия, будет считаться.

no 3.c.2. $0 = -mgx_0 + \frac{mv^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2}$

$$T.K \quad m g = k x_0 \Rightarrow \frac{k x_0}{2} = \frac{m v^2}{2} \Rightarrow v = x_0 \sqrt{\frac{k}{m}}$$

* $V(0) = A\omega = x_0 \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow x_0 = \frac{A}{\sqrt{\frac{k}{m}}}$
 3. maxwert $x_{\max} = 2A = 2x_0$

$$\Rightarrow 0 = E_{\text{max}} - k\omega \cdot 2\omega$$

$$\Rightarrow E_{\text{max}} = 2k\omega^2$$

Запишем 3 с. в момент, когда шарик обладает максимальной кинетической энергией $\Rightarrow$
 в момент, когда $\Sigma \vec{F} = 0 \Rightarrow a = 0 \Rightarrow$ в положении равновесия.

$$0 = -mg\omega + \frac{k\omega^2}{2} + F_{\text{к. max}}$$

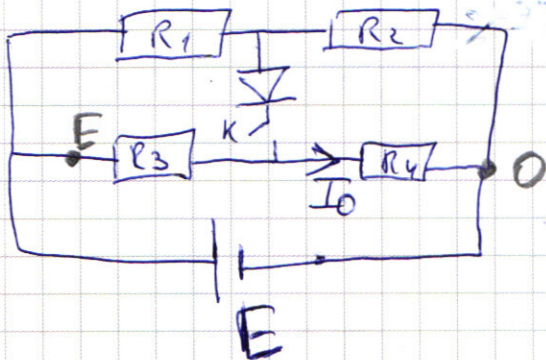
$$\frac{k\omega^2}{2} = F_{\text{к. max}}$$

$$\Rightarrow \frac{F_{\text{max}}}{F_{\text{к. max}}} = \frac{2 \cdot 2k\omega^2}{k\omega^2} = 4$$

Ответ. 1) $a = \frac{g}{2}$

2) $\frac{F_{\text{к1}}}{F_{\text{к2}}} = \frac{2}{5}$; 3) $\frac{F_{\text{max}}}{F_{\text{к. max}}} = 4$

√4



Дано: $E = 8 \text{ В}$; $R_2 = 3 \text{ Ом}$; $R_3 = 6 \text{ Ом}$;

$R_4 = 2 \text{ Ом}$;

$U_0 = 1 \text{ В}$.

1) $I_0 = ?$ (при разомкнутом ключе)

2) $R_1 = ?$ для того, чтобы ток через R_4 был I_0 .

3) $R_1 = ?$ когда $P_D = 2 \text{ Вт}$.

1) Воспользуемся методом контурных токов:

$$E - 0 = I_0 (R_3 + R_4) \Rightarrow I_0 = \frac{E}{R_3 + R_4}$$

$$\Rightarrow I_0 = \frac{8 \text{ В}}{(6 + 2) \text{ Ом}} = \frac{8 \text{ В}}{8 \text{ Ом}} = 1 \text{ А}$$

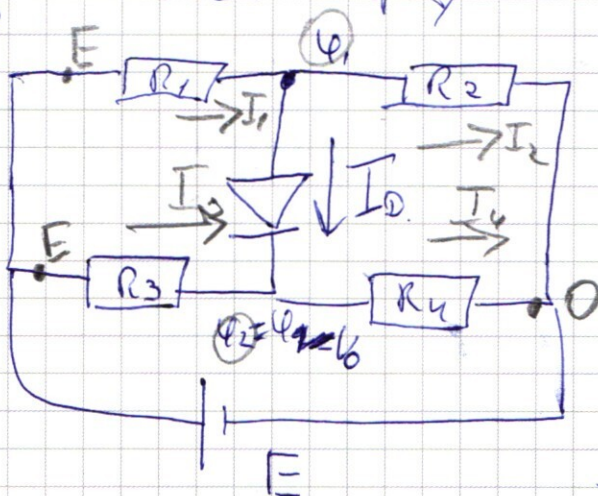
2) когда $P_D = 2 \text{ Вт}$; $R_1 = ?$

$P_D = I_0 \cdot U_0$; U_0 при открытом ключе: $U_0 = U_0$

$$\Rightarrow I_0 = \frac{P_D}{U_0}; \quad I_0 = \frac{2 \text{ Вт}}{1 \text{ В}} = 2 \text{ А}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5 (Продолжение 4 номера)



$$V_0 = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$\Rightarrow \varphi_2 = \varphi_1 - V_0$$

по методу потенциалов.

$$\frac{E - (\varphi_1 - V_0)}{R_3} + I_D = \frac{\varphi_1 - V_0}{R_4}$$

$$\frac{E - \varphi_1 + V_0}{R_3} + I_D = \frac{\varphi_1 - V_0}{R_4}$$

$$\Rightarrow E \cdot R_4 - \varphi_1 R_4 + V_0 R_4 + I_D R_3 R_4 = \varphi_1 R_3 - V_0 R_3$$

$$\varphi_1 (R_3 + R_4) = E R_4 + V_0 R_4 + I_D R_3 R_4 + V_0 R_3 = R_4 (E + I_D R_3) + V_0 (R_4 + R_3)$$

$$\varphi_1 = \frac{R_4 (E + I_D R_3) + V_0 (R_4 + R_3)}{R_3 + R_4} = V_0 + \frac{R_4 (E + I_D R_3)}{R_3 + R_4}$$

по верхнего узла.

$$\frac{E - \varphi_1}{R_1} = I_D + \frac{\varphi_1}{R_2}$$

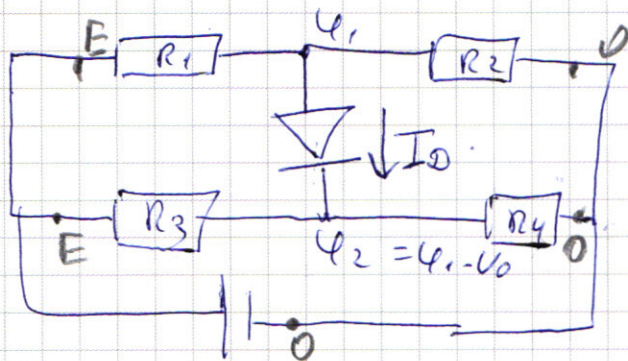
$$\frac{E - \varphi_1}{R_1} = \frac{I_D R_2 + \varphi_1}{R_2} \Rightarrow R_1 = \frac{(E - \varphi_1) R_2}{I_D R_2 + \varphi_1}$$

$$\varphi_1 = 1\text{ В} + \frac{2\text{ Ом} (8\text{ В} + 2\text{ Ом} \cdot 6)}{6\text{ Ом} + 2\text{ Ом}} = 1\text{ В} + \frac{22\text{ В}}{8} =$$

$$= 1\text{ В} + 5\text{ В} = 6\text{ В}$$

$$R_1 = \frac{(8\text{ В} - 6\text{ В}) \cdot 3\text{ Ом}}{2\text{ Ом} \cdot 3\text{ Ом} + 6\text{ В}} = \frac{2\text{ В} \cdot 3\text{ Ом}}{12\text{ В}} = \frac{3}{6}\text{ Ом} = \boxed{\frac{1}{2}\text{ Ом}}$$

3) Ток через диод равен току через конденсатор $\varphi_1 - \varphi_2 = V_0$



$$\varphi_2 = \varphi_1 - V_0$$

$$I_D > 0$$

из 2 пункта.

$$\varphi_1 = V_0 + \frac{R_4 (E + I_D R_3)}{R_3 + R_4}$$

Воспользуемся методом потенциалов

$$\frac{E - \varphi_1}{R_1} = \frac{\varphi_1}{R_2} + I_D$$

$$\varphi_1 = V_0 + \frac{R_4 E}{R_3 + R_4} + \frac{I_D R_4 R_3}{R_3 + R_4}$$

$$(E - \varphi_1) R_2 = \varphi_1 R_1 + I_D R_2 R_1$$

$$R_2 \left(E - V_0 - \frac{R_4 E}{R_3 + R_4} - \frac{I_D R_4 R_3}{R_3 + R_4} \right) = R_1 V_0 + \frac{R_1 R_4 E}{R_3 + R_4} + \frac{I_D R_1 R_4 R_3}{R_3 + R_4} +$$

$$+ I_D \frac{R_1 R_4 R_3}{R_3 + R_4} + I_D R_2 R_1$$

$$R_2 E - R_2 V_0 - \frac{R_4 E R_2}{R_3 + R_4} - \frac{I_D R_4 R_3 R_2}{R_3 + R_4} = R_1 V_0 + \frac{E R_1 R_4}{R_3 + R_4} +$$

$$+ I_D \frac{R_1 R_4 R_3}{R_3 + R_4} + I_D R_2 R_1$$

$$I_D \left(R_2 R_1 + \frac{R_1 R_4 R_3}{R_3 + R_4} + \frac{R_4 R_3 R_2}{R_3 + R_4} \right) = R_2 E - R_1 V_0 - \frac{E R_1 R_4}{R_3 + R_4} - R_2 V_0 - \frac{R_4 R_2}{R_3 + R_4}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2) U_k = \varphi_1 - \varphi_2; \quad 3) I_1 = I_0 + I_2$$

~~2)~~

$$I_3 + I_0 = I_4$$

$$I_4 + I_2 = I_1 + I_3$$

$$4) \frac{E - \varphi_1}{R_1} = I_0 + \frac{\varphi_1}{R_2}$$

+

$$\frac{E - \varphi_2}{R_3} = -I_0 + \frac{\varphi_2}{R_4}$$

$$\boxed{\frac{E - \varphi_1}{R_1} + \frac{E - \varphi_2}{R_3} = \frac{\varphi_1}{R_2} + \frac{\varphi_2}{R_4}} \Rightarrow$$

$$\frac{\varphi_2}{R_4} + \frac{\varphi_1}{R_2} = \frac{E - \varphi_2}{R_3} + \frac{E - \varphi_1}{R_1}$$

$$\frac{E - \varphi_1}{R_1} = \frac{\varphi_1 R_4 + \varphi_2 R_2}{R_2 R_4} - \frac{E - \varphi_2}{R_3} = \frac{\varphi_1 R_4 R_3 + \varphi_2 R_2 R_3 - E R_2 R_4 + \varphi_2 R_2 R_4}{R_2 R_4 R_3}$$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{E R_2 R_4 R_3 - \varphi_1 R_2 R_4 R_3}{\varphi_1 R_4 R_3 + \varphi_2 R_2 R_3 - E R_2 R_4 + \varphi_2 R_2 R_4} = \frac{E \cdot 2 \cdot 3 \cdot 6 - \varphi_1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 6}{\varphi_1 \cdot 2 \cdot 6 + \varphi_2 \cdot 3 \cdot 6 - E \cdot 3 \cdot 2 + \varphi_2 \cdot 3 \cdot 2}$$

$$= \frac{36E - 36\varphi_1}{12\varphi_1 + 18\varphi_2 - 6E + 6\varphi_2} = \frac{36(E - \varphi_1)}{12\varphi_1 + 24\varphi_2 - 6E} = \frac{36(E - U_k - \varphi_2)}{12U_k + 24\varphi_2 - 6E}$$

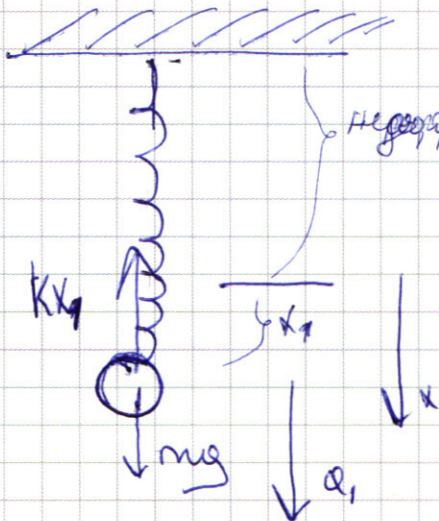
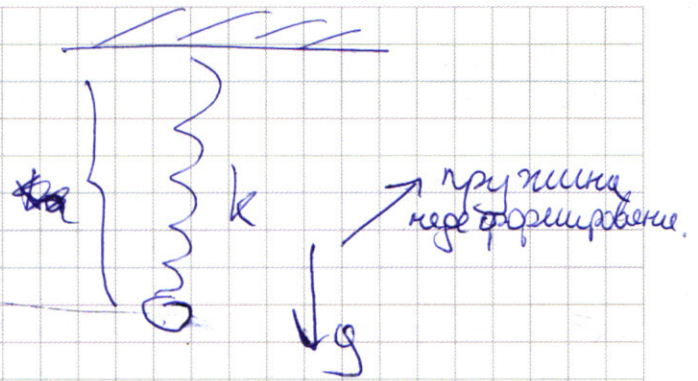
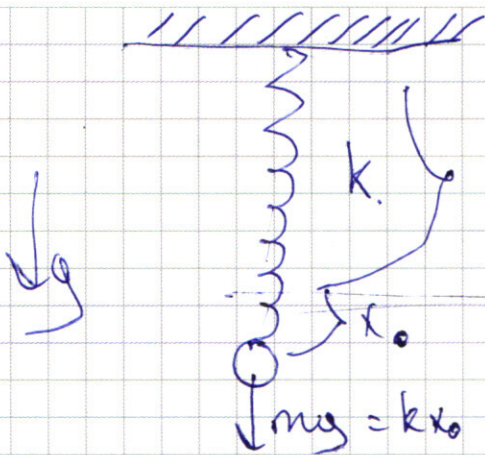
$$\varphi_1 - \varphi_2 = U_k$$

$$\varphi_1 = U_k + \varphi_2$$

$$= \frac{36(E - U_k - \varphi_2)}{12U_k + 36\varphi_2 - 6E}$$

$$\frac{E - \varphi_2}{R_2} = \frac{24}{36}$$

51



$$1) m\vec{a}_1 = mg - kx_1$$

$$2) m\vec{a}_2 = mg - 3kx_1$$

$$3) |a_1| = |a_2|$$

$$4) 3ma_1 = 3mg - 3kx_1$$

$$-3ma_1 = -3mg + 3kx_1$$

$$ma_2 - 3ma_1 = mg - 3mg$$

$$(\vec{a}_2 - 3\vec{a}_1) = -2g$$

$$a_2 - 3a_1 = -2g$$

$$-2a_1 = -2g$$

$$a_1 = g$$

$$ma_2 = 3kx_1 - mg$$

$$3ma_2 = 3mg - 3kx_1$$

$$2ma_2 = 4ma_2 = 2mg$$

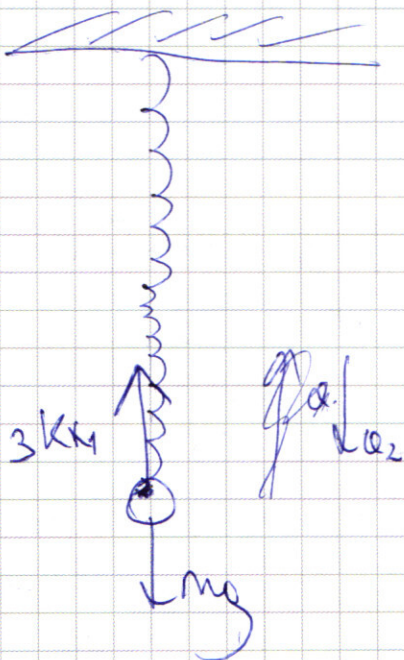
$$a_2 = \frac{g}{2}$$

$$3ma_1 = 3mg - 3kx_1$$

$$ma_1 = mg - kx_1$$

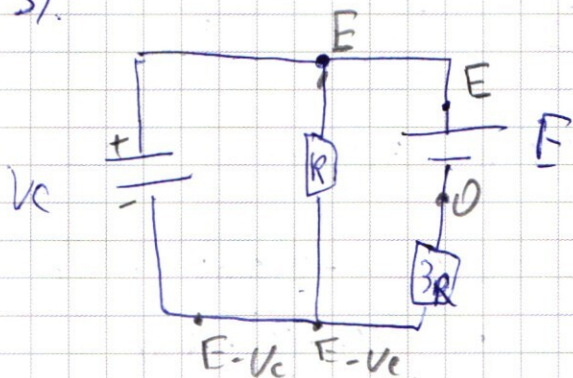
$$2ma_1 = 2mg$$

$$a_1 = g$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3).



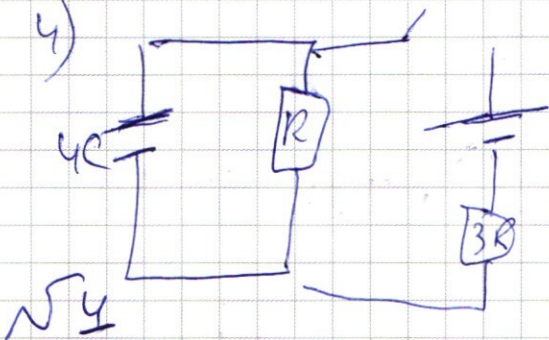
$$\frac{E - V_c}{3R} = \frac{V_c}{R} + \frac{E}{6R}$$

$$2E - 2V_c = 6V_c + E \quad \begin{matrix} 64 \\ -2 \\ \hline 128 \end{matrix}$$

$$E = 8V_c$$

$$V_c = \frac{E}{8}$$

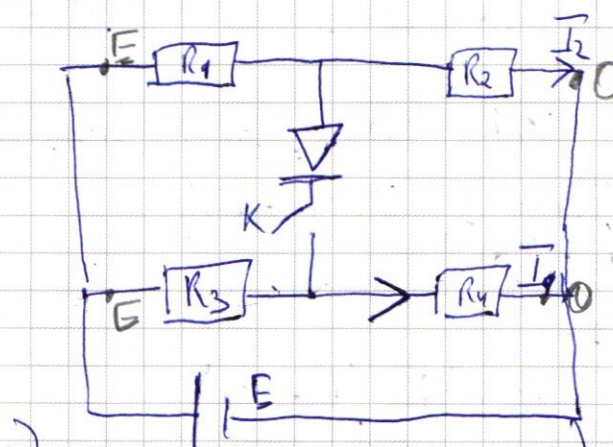
4).



$$A = W_k - W_n + Q$$

$$\begin{matrix} 0 & 0 & -\frac{CE^2}{2} \end{matrix}$$

$$\frac{CE^2}{2} = Q = \frac{CE^2}{64 \cdot 2} = Q = \frac{CE^2}{128}$$



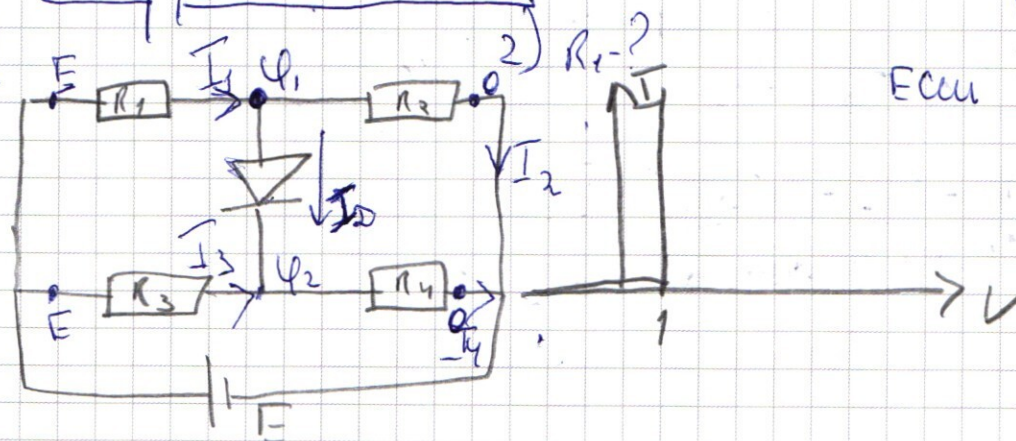
$$R_2, R_3, R_4$$

$$1) R_{30} = ?$$

$$I_{R_{30}} = I_1 \text{ (последовательно)}$$

$$\frac{E - 0}{R_3 + R_4} = I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{E}{R_3 + R_4}$$

2).



Если $U < 1 \text{ В}$ - ток не потечет
если $U > 1 \text{ В}$ - ток потечет
при $U = 1 \text{ В}$ - ток

5.4

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{E - \varphi_1}{R_1} &= \frac{\varphi_1}{R_2} + I_0 \\ \frac{E - \varphi_2}{R_3} + I_0 &= \frac{\varphi_2}{R_4} \end{aligned} \Rightarrow \begin{aligned} \frac{E - \varphi_1}{R_1} &= \frac{\varphi_1}{R_2} + \frac{\varphi_2}{R_4} - \frac{E - \varphi_2}{R_3} \\ \frac{E - \varphi_1}{R_1} &= \frac{\varphi_1}{3} + \frac{\varphi_2}{2} + \frac{E - \varphi_2}{6} \end{aligned} \right.$$

~~E - \varphi_1~~

~~E - \varphi~~

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U_{0K}$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 + U_{0K}$$

$$6E - 6\varphi_1 = 2\varphi_1 R_1 + 3\varphi_2 R_1 + ER_1 - \varphi_2 R_1$$

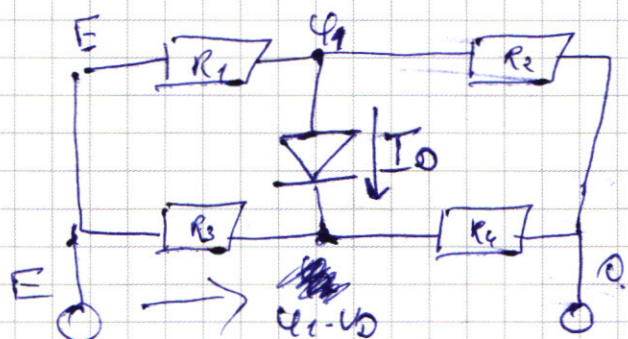
$$6E - 6\varphi_1 = 2\varphi_1 R_1 - 2\varphi_2 R_1 + ER_1$$

$$6E - ER_1 = 2R_1(\varphi_1 - \varphi_2) + 6\varphi_1$$

$$3) P_0 = 2Br = I_0 \cdot U_0$$

$$I_0 = \frac{P_0}{U_0}$$

$$\begin{aligned} \varphi_1 - \varphi_2 &= U_{0K} \\ \varphi_2 &= \varphi_1 - U_0 \end{aligned}$$



$$\frac{E - \varphi_1 + U_0}{R_3} + I_0 = \frac{\varphi_1 - U_0}{R_4}$$

$$E - \varphi_1 + U_0 + I_0 R_3 = \frac{\varphi_1 R_3 + U_0 R_4}{R_4}$$

$$E \cdot R_4 - \varphi_1 R_4 + U_0 R_4 + I_0 R_4 R_3 = \varphi_1 R_3 + U_0 R_4$$

$$ER_4 + I_0 R_4 R_3 = \varphi_1 (R_3 + R_4)$$

$$\varphi_1 = \frac{R_4 (E + I_0 R_3)}{R_3 + R_4}$$

$$\frac{E - \varphi_1}{R_1} = \frac{\varphi_1}{R_2} + I_0$$

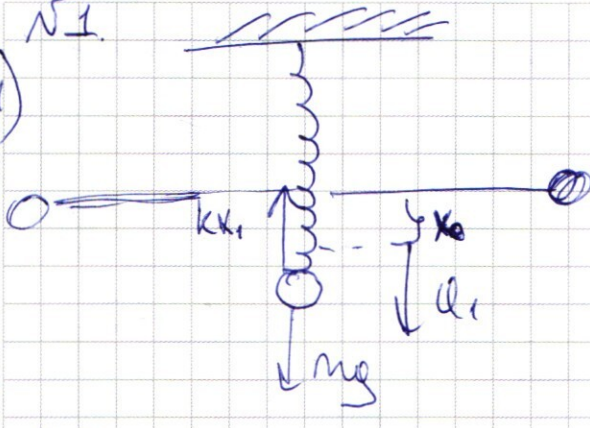
$$R_1 = \frac{R_2 (E - \varphi_1)}{\varphi_1 + I_0 R_2}$$

$$ER_2 - \varphi_1 R_2 = R_1 (\varphi_1 + I_0 R_2) \Rightarrow$$

$$= R_2 \left(\frac{ER_3 + ER_4 - R_4 E - R_4 I_0 R_3}{(R_3 + R_4) (R_4 E + R_4 I_0 R_3 + I_0 R_3 + I_0 R_4)} \right)$$

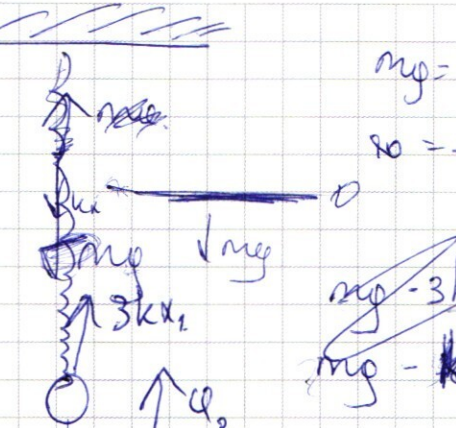
$$\frac{15}{54} \quad \frac{543}{318} \quad \frac{3}{24}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

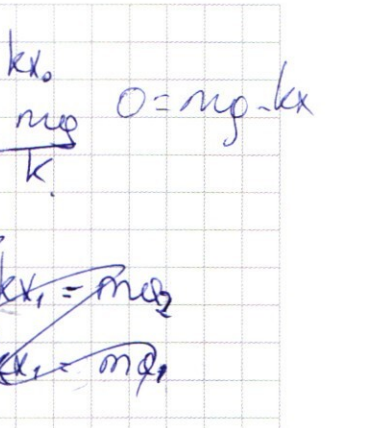
1) 

$mg = kx_0$
 $x_0 = \frac{mg}{k}$
 $0 = mg - kx$
 $mg - 3kx_1 = ma_1$
 $mg - kx_1 = ma_1$

$0 = \frac{m \cancel{v_1^2}}{2 E_{k1}} + \frac{3kx_1^2}{2} - mgx_1$
 $0 = \frac{m}{E_{k2}} + \frac{gkx_1^2}{2} - 3mgx_1$
 $E_{k1} = \frac{kx_1^2}{2} + mgx_1$
 $E_{k2} = 3mgx_1 - \frac{3kx_1^2}{2}$
 $E_{k1} = kx_0x_1 - \frac{kx_1^2}{2} = kx_1(x_0 + \frac{x_1}{2})$
 $E_{k2} = 3kx_0x_1 - \frac{3}{2}kx_1^2 = 3kx_1(x_0 - \frac{3}{2}x_1)$
 $\frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{3(x_0 - \frac{3}{2}x_1)}{x_0 + \frac{x_1}{2}}$
 $= 3 \left(\frac{\frac{mg}{k}}{x} - \frac{3}{2} \frac{mg}{2k} \right)$
 $= 3 \left(\frac{4-3}{4+1} \right) = \frac{3}{5}$

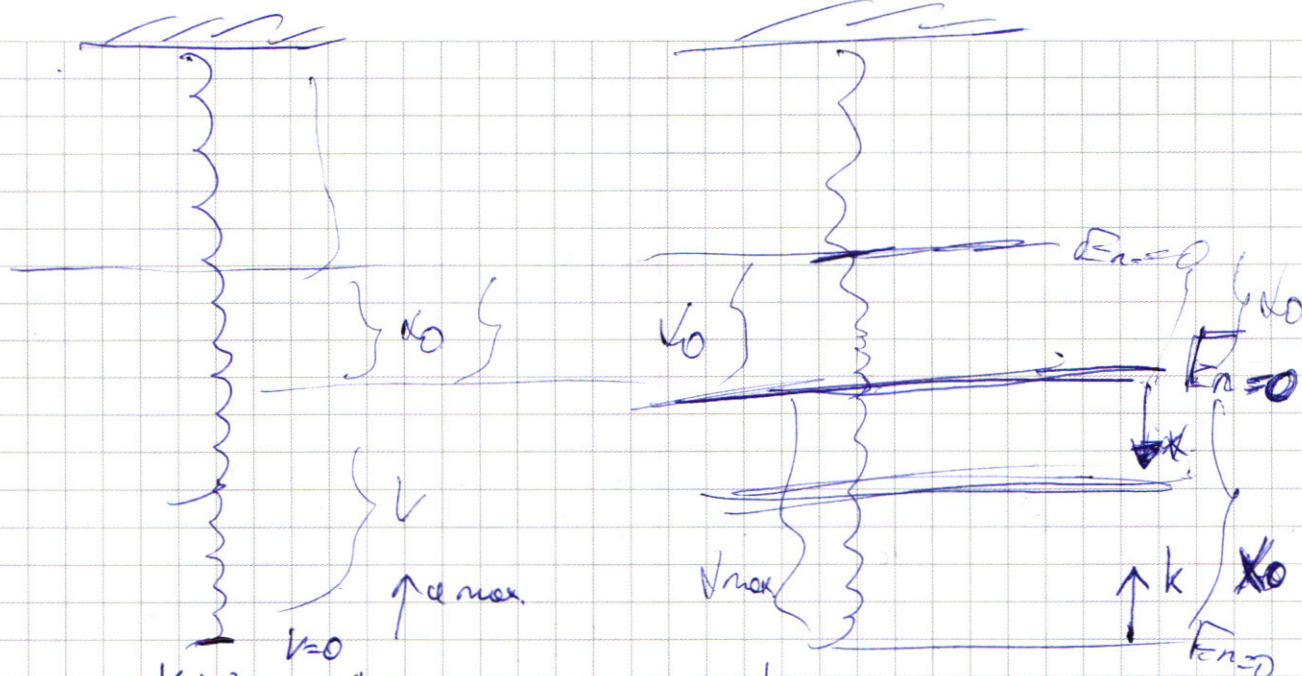


$mg = kx_0$
 $mg - 3kx_1 = ma_2$
 $mg - kx_1 = ma_2$



$3ma_3 = 3mg - 3kx_1$
 $ma_3 = mg - kx_1$
 $2ma_3 = 2mg$
 $a_3 = g$
 $3ma_3 = 3mg - 3kx_1$
 $3ma_3 = 3kx_1 - mg$
 $4ma_3 = 2mg$
 $kx_1 = \frac{mg}{2k}$
 $\frac{g}{2} = mg - kx_1$
 $mg = 2mg - 2kx_1$
 $2kx_1 = mg$

3).



$$mgx_0 = \frac{kx_0^2}{2} + E_{kmax}; \quad mg = kx_0$$

$$mgx_{max} = \frac{kx_{max}^2}{2} + E_{kmax}$$

$$mg = \frac{kx_{max}}{2}; \quad \text{max}$$

$$mg = mg - kx_{max}$$

$$\frac{kx_0^2}{2} = E_{kmax}; \quad kx_0x_{max} = E_{gmax}$$

$$\frac{kx_0}{E_k} = \frac{2kx_0x_{max}}{kx_0x_0} = \frac{2x_{max}}{x_0} = 4 \Rightarrow x_{max} = 2x_0$$

$$\frac{kx_0^2}{2} + E_{kmax} = E_{gmax} + mg(x_{max} - x_0)$$

$$\frac{mgx_0}{2} + E_k = E_g \Rightarrow mgx_0 + mgx_{max}$$

$$m\ddot{x} = -k(x + x_0) + mg$$

$$m\ddot{x} = -kx$$

$$m\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$$

$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$

$$x(t) = x_1 + A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t)$$

$$v(t) = \dot{x} = A \cos \omega t - B \sin \omega t$$

$$v(0) = \omega A = x_0 \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\sqrt{\frac{k}{m}} A = x_0 \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow A = x_0$$

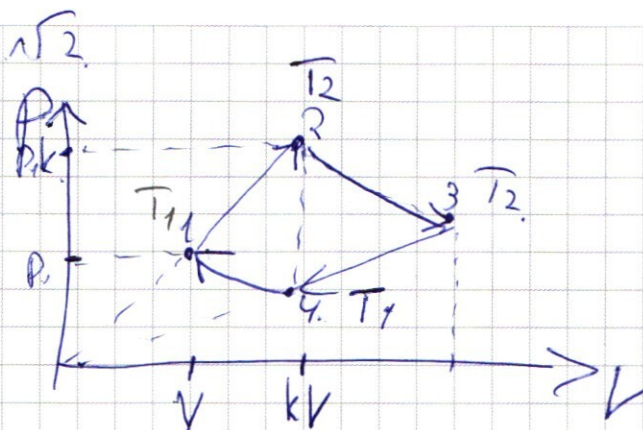
$$mgx_0 = \frac{kx_0^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

$$2mgx_0 = kx_0^2 + mv^2$$

$$kx_0^2 = mv^2$$

$$v = x_0 \sqrt{\frac{k}{m}}$$

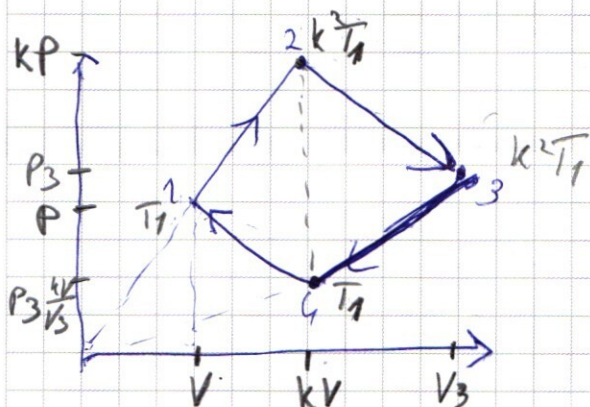
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1-2) $P_1 = 2V$
 $P_2 = 2kV$
 $\frac{P_1}{P_2} = \frac{V}{kV}$
 $\Rightarrow P_2 = P_1 \cdot k$

3-4; $P_3 V_3 = 2V_3$
 $P_4 = 2kV$

2-3) $P_1 k kV = 2R T$
 $P_3 V_3 = 2R T$
 $P_1 k^2 V = P_3 V_3$



$P_4 kV$
 $P_3 = 2V_3$
 $\frac{P_4}{P_3} = \frac{kV}{V_3}$
 $P_4 = P_3 \frac{kV}{V_3}$

1) где 1-2)

$PV = 2RT_1$

2) где 2-3)

$PV k^2 = P_3 V_3$

$PV k^2 = P_3 V k^2$

$P_3 = P$

3) где 3-4)

$P_3 V_3 = k^2 T_1 2R$

$P_3 \frac{k^2 V^2}{V_3} = 2R T_1$

$\frac{P_3 V_3}{k^2} = \frac{2R T_1 V^2}{V_3}$

$V_3^2 = k^4 V^2$

$V_3 = V k^2$

4) $Q_{12} = C_V T_1 (k^2 - 1)$

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

$A: \Delta E + S_{\text{тр.}}$
 $\frac{P + kP}{2} \cdot V(k - 1) =$
 $= \frac{PV(k^2 - 1)}{2}$

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

$Q_{12} = 2R T_1 (k^2 - 1) = C_V T_1 (k^2 - 1)$

№3.

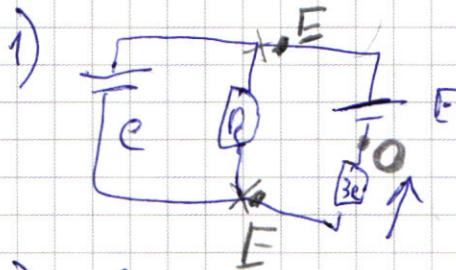
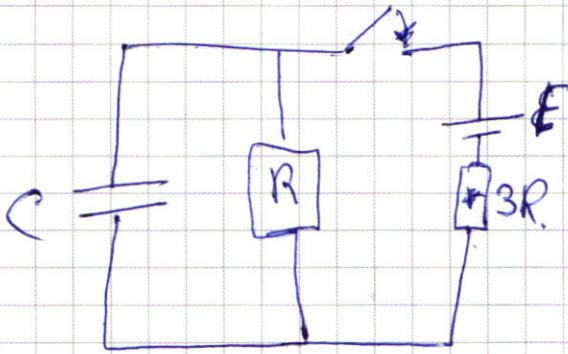
Ключ размыкают, когда

$W'_{\text{максимальное}} = P_c$

$$P_c = I_c \cdot V_c$$

~~$$E = \dots$$~~

- 1) $I_{\text{иср. сразу после замыкания}}$
- 2) I_c - перед размыканием.
- 3) Q - ?

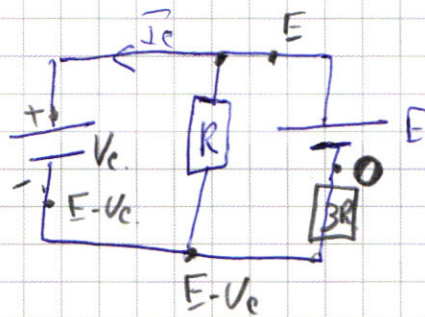


1) напряжение на конденсаторе не меняется мгновенно $\Rightarrow$ сразу после замыкания ключа напряжение на конденсаторе 0. Используем метод потенциалов

$$I_{\text{иср}} = \frac{E - 0}{3R} = \frac{E}{3R}$$

2) Рассмотрим момент когда конденсаторе максимальна

$$P_c = I_c \cdot V_c$$



$$\frac{E - V_c}{3R} = \frac{E - (E - V_c)}{R} + I_c$$

$$\frac{E - V_c}{3R} = \frac{V_c}{R} + I_c$$

$$E - V_c = 3V_c + I_c \cdot 3R$$

$$E - I_c \cdot 3R = 4V_c$$

$$V_c = \frac{E - I_c \cdot 3R}{4}$$

$$P = V_c \cdot I_c = I_c \cdot \frac{E - I_c \cdot 3R}{4}$$

$$\frac{I_c E}{4} - \frac{3I_c^2 R}{4}$$

$$P' = \frac{E}{4} - \frac{3 \cdot 2I_c R}{4} = 0$$

$$E = 6I_c R \Rightarrow$$

$$I_c = \frac{E}{6R}$$

$$P = \frac{E}{6R} \cdot \frac{E - \frac{E}{6R} \cdot 3R}{4}$$

$$= \frac{E^2 - \frac{E^2}{2}}{24R} = \frac{2E^2 - E^2}{48R} = \frac{E^2}{48R}$$

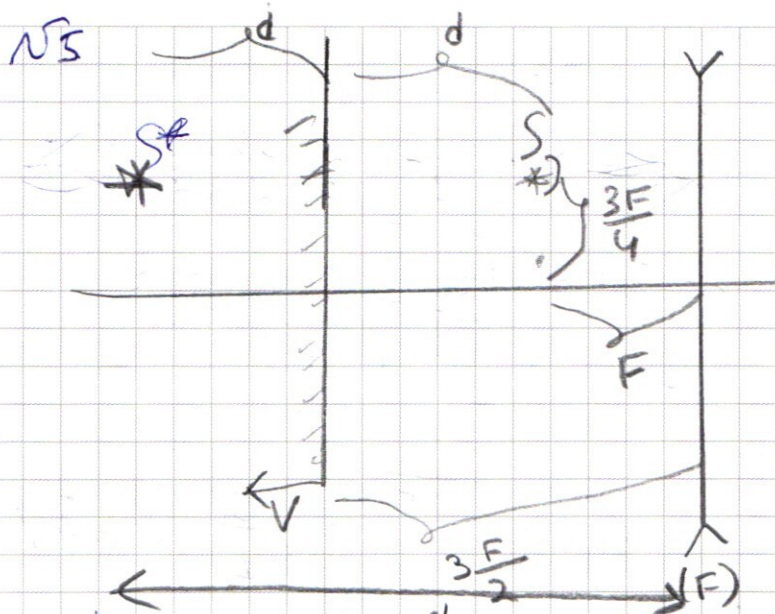
$$\frac{I_c E}{4} - \frac{I_c^2 \cdot 3R}{4} =$$

$$-I_c \cdot \frac{3R}{4} + \frac{I_c E}{4}$$

max P на конденсаторе

$$\frac{E}{6R} \cdot \frac{E}{4} - \frac{(\frac{E}{6R})^2 \cdot 3R}{4} = \frac{E^2}{48R}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



- 1) $f_0 = ?$
- 2) $\Gamma = ?$
- 3) $v_{\text{из}} = ?$

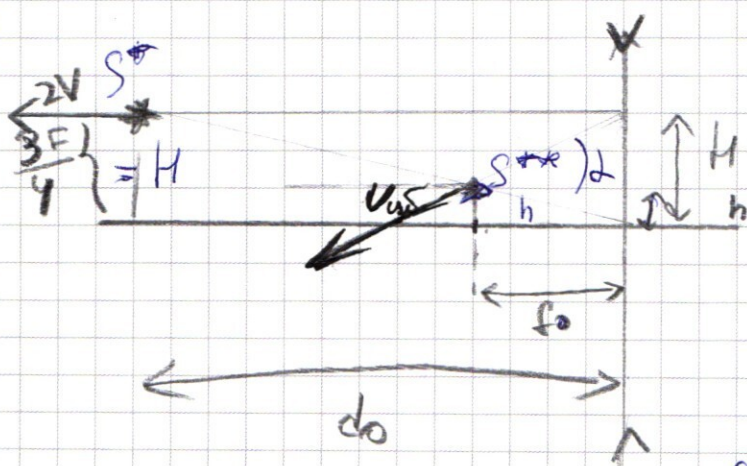
1) Пусть расстояние между S и зеркалом в этот момент $d = \frac{3F}{2} - F = \frac{F}{2}$.

$$\Rightarrow d_0 = \frac{3F}{2} + d = \frac{3F}{2} + \frac{F}{2} = 2F$$

по формуле тонкой линзы:

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d_0} - \frac{1}{f_0} \Rightarrow f_0 = \frac{F \cdot d_0}{F + d_0} = \frac{F \cdot 2F}{2F + F} = \boxed{\frac{2}{3} F}$$

2)



$$\Gamma = \frac{f_0}{d_0} = \frac{\frac{2}{3} F}{2F} = \frac{1}{3}$$

В системе отсчета
зеркала

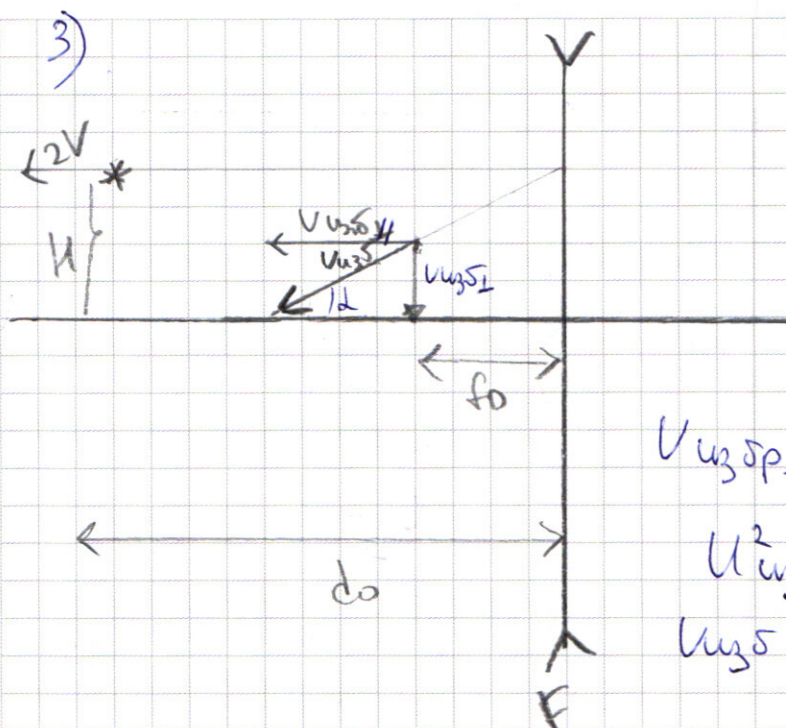
S будет двигаться вправо $\Rightarrow$
 S^{**} - будет тоже со скоростью

$\Rightarrow$ в системе отсчета земли
 S^{**} - движется влево со скоростью $2V$

скорость S^* и его изображение S^{**}
идут в одном направлении

$$H = \frac{3F}{4} \Rightarrow h = \frac{3F}{4} \cdot \Gamma = \frac{3F}{4} \cdot \frac{1}{3} = \frac{F}{4}$$

$$v_{\text{из}} = \frac{H - h}{f_0} = \frac{\frac{3F}{4} - \frac{F}{4}}{\frac{2}{3} F} = \frac{\frac{2F}{4}}{\frac{2}{3} F} = \boxed{\frac{3}{4}}$$



$$V_{uz5H} = \sqrt{2} \cdot 2V = \frac{1}{9} \cdot 2V$$

$$\tan \alpha = \frac{V_{uz5I}}{V_{uz5H}}$$

$$\Rightarrow V_{uz5I} = \tan \alpha \cdot V_{uz5H}$$

$$V_{uz5I} = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{9} \cdot 2V = \frac{V}{2 \cdot 3} = \frac{V}{6}$$

$$V_{uz5}^2 = V_{uz5I}^2 + V_{uz5H}^2$$

$$V_{uz5} = \sqrt{\frac{4V^2}{9^2} + \frac{V^2}{36}} =$$

$$V_{uz5} = V \sqrt{\frac{4 \cdot 36 + 81}{9^2 \cdot 6^2}} = \frac{V^2}{9 \cdot 6} \sqrt{225} = \frac{15}{54} V^2 = \frac{5}{18} V$$

Ответ: 1) $f_0 = \frac{2}{3} F$

2) $\tan \alpha = \frac{3}{4}$

3) $V_{uz5} = \frac{5}{18} V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

Свет от источника S может
попасть на линзу только
после отражения от зеркала
1) f_0 - ?

$$1) \frac{3F}{2} - F = \frac{F}{2}$$

$$d_0 = \frac{3F}{2} + \frac{F}{2} = 2F$$

$$2) \frac{1}{F} = \frac{1}{d_0} - \frac{1}{f_0}$$

$$\frac{1}{f_0} = \frac{1}{d_0} + \frac{1}{F} = \frac{F + d_0}{F d_0}$$

$$f_0 = \frac{F d_0}{F + d_0} = \frac{F \cdot 2F}{F + 2F} = \left(\frac{2}{3} F \right)$$

$$\Gamma = \frac{f_0}{d_0} = \frac{2F}{3 \cdot 2F} = \frac{1}{3}$$

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

$$\Gamma_2 = \frac{F/2}{2 \cdot 2F} = \left(\frac{3}{4} \right)$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ 36 \\ 14 \\ \hline 44 \\ 44 \\ \hline 88 \end{array}$$

$$\Gamma = \frac{1}{3}; \quad V_r = \frac{1}{9} 2V$$

$$\Gamma_2 = \frac{3}{4} = \frac{V_8}{V_r} \Rightarrow V_r = \frac{4V_8}{3}$$

$$V_8 = \frac{3}{4} V_r = \frac{3}{4} \cdot \frac{4V}{3} = \frac{V}{6}$$

$$V = \sqrt{\frac{4V^2}{81} + \frac{V^2}{36}} =$$

$$= V \sqrt{\frac{4 \cdot 6^2 + 9^2}{9^2 \cdot 6^2}} = \frac{V \cdot 15}{54}$$

$$\frac{15}{54} = \frac{5}{18}$$

$$\frac{64}{128}$$

$$\frac{15}{54}$$

$$\frac{5}{18}$$

$$\frac{15}{54}$$

$$\frac{5}{18}$$

$$\frac{15}{54}$$

$$\frac{5}{18}$$

$$\frac{15}{54}$$

$$\frac{5}{18}$$

$$\frac{15}{54}$$

$$\frac{5}{18}$$

$$\frac{15}{54}$$

$$\frac{5}{18}$$

$$I_D \left(\frac{R_2 R_1 R_3 + R_2 R_1 R_4 + R_1 R_3 R_4 + R_4 R_3 R_2}{R_3 + R_4} \right) =$$

$$= \frac{E R_2 R_3 + R_2 E R_4 - V_0 R_1 R_3 - R_1 V_0 R_4 - E R_1 R_4 - R_2 V_0 R_3 - R_2 V_0 R_4 - E R_4 R_3}{R_3 + R_4}$$

$$\Rightarrow I_D (R_2 R_1 R_3 + R_2 R_1 R_4 + R_1 R_3 R_4 + R_4 R_3 R_2) =$$

$$= E (R_2 R_3 + R_2 R_4 - R_1 R_4 - R_4 R_2) + V_0 (R_1 R_3 + R_1 R_4 + R_2 R_3 + R_2 R_4)$$

$$I_D > 0$$

$$I_D = E \cdot \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{R_2 R_1 R_3 + R_2 R_1 R_4 + R_1 R_3 R_4 + R_4 R_3 R_2} + \frac{V_0 \cdot (R_1 R_3 + R_1 R_4 + R_2 R_3 + R_2 R_4)}{R_2 R_1 R_3 + R_2 R_1 R_4 + R_1 R_3 R_4 + R_4 R_3 R_2}$$

$$\text{т.к. } I_D > 0 \Rightarrow R_2 R_3$$

$$E (R_2 R_3 - R_1 R_4) + V_0 (R_1 R_3 + R_1 R_4 + R_2 R_3 + R_2 R_4) > 0$$

подставим числа.

$$8 \cdot (3 \cdot 6 - R_1 \cdot 2) + 1 \cdot (6 R_1 + 2 R_1 + 3 \cdot 6 + 3 \cdot 2) > 0$$

$$8 (18 - 2 R_1) + (8 R_1 + 24) > 0$$

$$(18 - 2 R_1) + (R_1 + 3) > 0$$

$$18 - 2 R_1 + R_1 + 3 > 0$$

$$21 - R_1 > 0 \Rightarrow R_1 < 21 \text{ Ом}$$

Ответ: 1) $I_D = 1 \text{ А}$; 2) $R_1 < 21 \text{ Ом}$;

$$2) R_1 = \frac{1}{2} \text{ Ом}$$