

Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-06

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без бланка не принимаются.

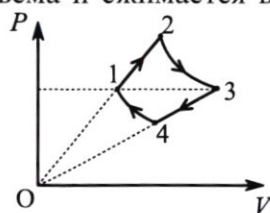
1. Шарик подвешен в поле тяжести на легкой упругой пружине с неизвестной жесткостью. Шарик поднимают вверх до положения, когда пружина не деформирована, и отпускают. При дальнейшем движении шарика вдоль вертикали в некоторые моменты времени силы, действующие на шарик со стороны пружины, отличаются в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

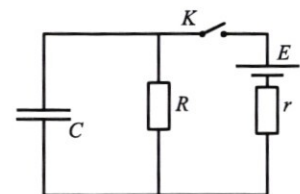
Давления газа в состояниях 1 и 3 равны.

- 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.



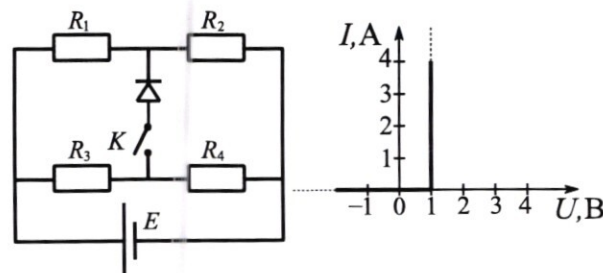
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 2R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

- 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.



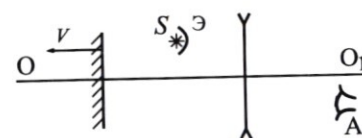
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 12$ В, $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 1$ Ом, $R_4 = 22$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

- 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?



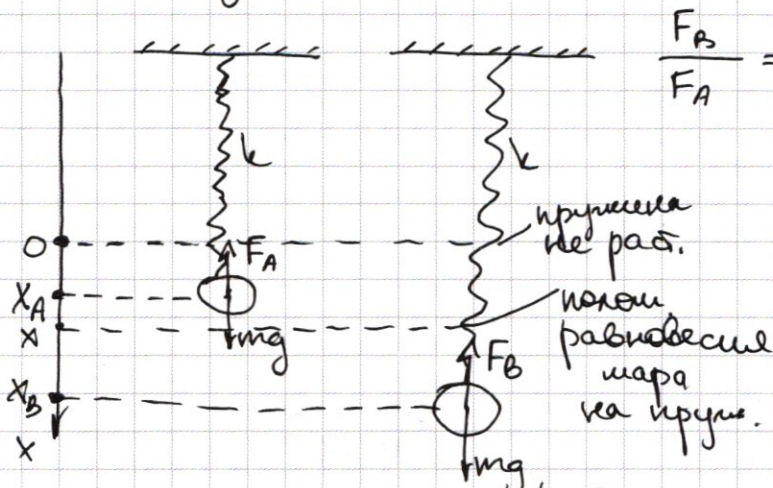
5. Оптическая система состоит из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $-F$ ($F > 0$), плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической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

Задача №1



$$\frac{F_B}{F_A} = 2.5;$$

$$|a_A| = |a_B|$$

1) $|a_A|$ - ?

2) $\frac{E_{kA}}{E_{kB}}$ - ?

3) $\frac{E_{\text{пр max}}}{E_{k \text{ max}}}$ - ?

Решение:

1) 23 Н: $m\vec{a} = \sum \vec{F}$;

х: в т. А: $m|a_A| = |mg - F_A|$

т. х: $m|a_x| = |mg - F_x| = 0$

т. В: $m|a_B| = |mg - F_B|$

2) $F_{\text{пру}} = kx$; $E_{\text{пру}} = \frac{kx^2}{2}$

$F_A = kx_A$; $F_B = kx_B$

$mg = kx$ - равновесие груза в т. х.

3) т. к. $|a_A| = |a_B| \Rightarrow |mg - F_A| = |mg - F_B| \rightarrow mg - F_A = F_B - mg$
 $2mg = F_A + F_B = 3.5 F_A \rightarrow F_A = \frac{2mg}{3.5} = \frac{4}{7}mg$; (т. к. $F_B > mg$, a_B направл. вверх)

$F_B = \frac{5}{2} \cdot \frac{4}{7}mg = \frac{10}{7}mg = \frac{10}{7}kx$; $F_A = \frac{4}{7}kx$;

$m|a_x| = |mg - \frac{10}{7}mg| = \frac{3}{7}mg \Rightarrow |a_x| = \frac{3}{7}g \approx 4,28$

4) ~~Задача №1~~ Запишем ЗСЭ

т. е. из т. О в т. А: $mgx_A = \frac{kx_A^2}{2} + E_{kA}$

$\Delta E_{\text{мех}} = (E_{\text{п1}} - E_{\text{п2}}) - (E_{\text{к2}} - E_{\text{к1}})$

-//- из т. О в т. В:

$mgx_B = \frac{kx_B^2}{2} + E_{kB}$

$$\begin{cases} kx_A = \frac{4}{7}kx, & x_A = \frac{4}{7}x \\ kx_B = \frac{10}{7}kx; & x_B = \frac{10}{7}x \end{cases}$$

$E_{kA} = kx \cdot \frac{4}{7}x - \frac{kx_A^2}{2} = \frac{20}{49}kx^2$

$E_{kB} = kx \cdot \frac{10}{7}x - \frac{kx_B^2}{2} = \frac{20}{49}kx^2$

$E_{kA} = E_{kB} \Rightarrow \frac{E_{kA}}{E_{kB}} = 1$

5) (E_{k-max}) при $a=0$, т.е. в г. равновесии:
 запишем $3 \rightarrow 0$ в x : $mgx = \frac{kx^2}{2} + E_{kmax}$
 $E_{kmax} = \frac{kx^2}{2}$

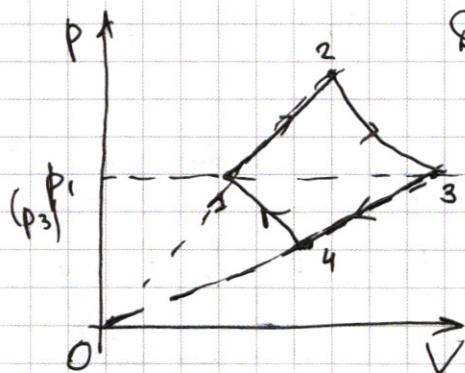
6) $E_{упр}$ будет максимальна при макс. смещ. от г.о., т.е. $x' = 2x$ ($kxx' = \frac{kx'}{2} \rightarrow x' = 2x$)

$$E_{упр max} = \frac{k \cdot 4x^2}{2}$$

$$\frac{E_{упр max}}{E_{kmax}} = \frac{4 \cdot \frac{kx^2}{2}}{\frac{kx^2}{2}} = 4$$

Ответ: 1) $4,28 \frac{м}{с^2}$; 2) 1; 3) 4;

Задача №2



Дано: T_1, T_2 ,
 $T_{23} = const$,
 $T_{41} = const$
 $p_1 = p_3$
 $k = 1,9 = \frac{V_3}{V_4}$

Решение:

1) $V_3 = kV_4$; $V_3 = \frac{\nu R T_3}{p_3}$,
 где $p_3 = p_1 \Rightarrow V_3 = \frac{\nu R T_3}{p_1}$;

2) $V_4 = \frac{\nu R T_4}{p_4}$, где $T_4 = T_1 \Rightarrow$
 $V_4 = \frac{\nu R T_1}{p_4}$;

3) т.к. в процессе 3-4 зависимость p от V прямая:
 $\frac{p_3}{p_4} = \frac{V_3}{V_4}$; $p_3 = \frac{V_3}{V_4} p_4$

4) $\frac{\nu R T_3}{\frac{V_3}{V_4} \cdot p_4} = \frac{\nu R T_1}{p_4} \cdot k \Rightarrow T_3 = k^2 T_1$

5) т.к. в процессе 1-2 зависимость p от V прямая:

$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1}{V_2}$
 $p_3 V_3 = p_1 V_3 = \nu R T_3 \Rightarrow p_1 = \frac{\nu R T_3}{V_3} = \frac{\nu R T_3}{k V_4}$
 $p_2 = \frac{\nu R T_3}{V_2} (T_2 = T_3); k V_4 p_1 = p_2 V_2 \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{k V_4}$

$p_1 V_1 = \nu R T_1$
 $p_2 V_2 = \nu R T_2$
 $p_3 V_3 = \nu R T_3$
 $p_4 V_4 = \nu R T_4$

Ур-е Менг-клайпер для 4-х состояний

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

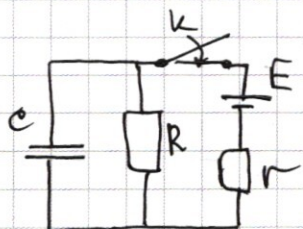
$$p_1 = \frac{2RT_1}{V_1} = p_3 = \frac{2RT_3}{V_3} \Rightarrow \frac{V_1}{V_3} = \frac{T_1}{T_3} \Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = k^2 = \frac{kV_4}{V_1} \Rightarrow V_1 = \frac{V_4}{k}$$

$$p_1 = \frac{2RT_1 \cdot k}{V_4}; p_2 = \frac{2RT_1 \cdot k^2}{V_2} \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{2RT_1 \cdot k \cdot V_2}{V_4 \cdot 2RT_1 \cdot k^2} = \frac{V_2}{kV_4} =$$

$$= \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_4}{k \cdot V_2} \Rightarrow kV_4^2 = kV_2^2 \Rightarrow V_4 = V_2 \Rightarrow \frac{V_4}{V_2} = 1$$

Ответ: 1) $3,61T_1$; 2) 1;

Задача №3



1) U_R - ?

2) q перед $\rightarrow$

3) $P_{\max}$ - ?

Решение:

1) $E = I_R R + I_r r$, где $I_3 \cdot k$

$r = 2R$ и $I_r = I_R \Rightarrow$

$$E = 3I_R R = 3I_R R = \frac{E}{3} = U_R$$

$$U_R = \frac{E}{3}$$

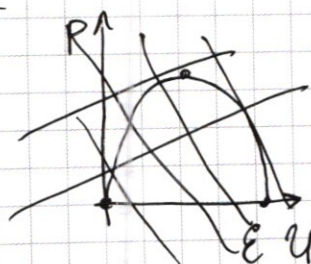
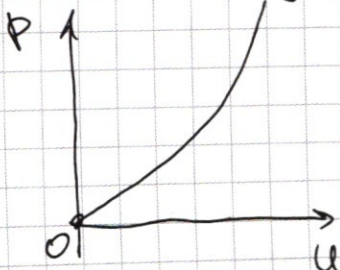
2) На конденсаторе напряжение (как и заряд) будет нарастать постепенно;

$$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{Cq}{2} \Rightarrow P = \dot{W} = U \dot{q}$$

$$W_{\max} = \frac{CE^2}{18}$$

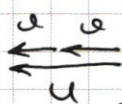
$$\frac{CE^2}{18} = \frac{q^2}{2C} \Rightarrow q^2 = \frac{C^2 E^2}{9} \Rightarrow q = \frac{CE}{3}$$

Ответ: 1) $\frac{E}{3}$; 2) $\frac{CE}{3}$; 3) $\frac{CE^2}{18}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) В со. земли: $u^* = 2v$;

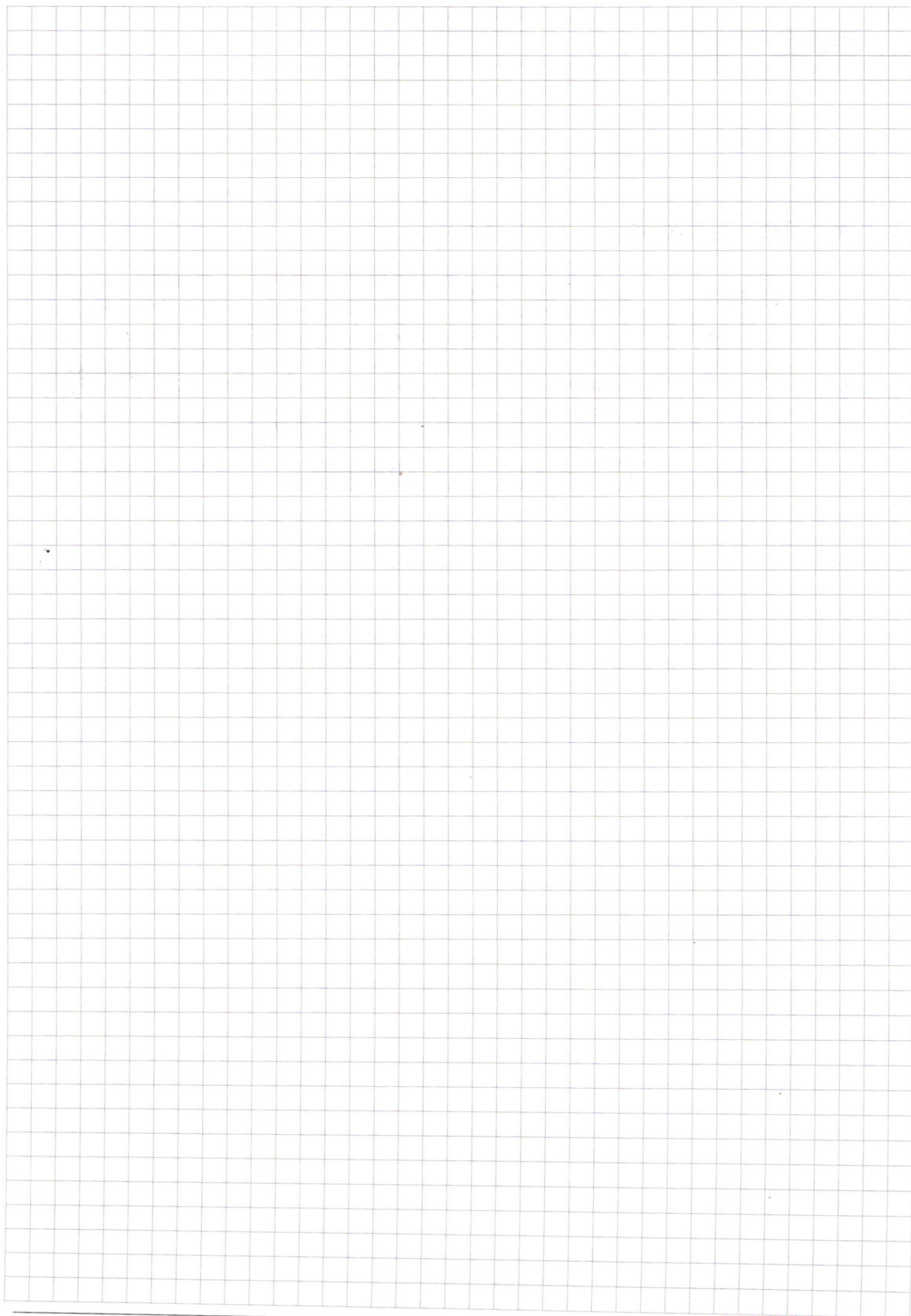


4) В рассеивающ. линзе изобр.
движется в сторону (однонаправлен)
движения предмета (вертикально влево)

и можно её найти как $u^{**} = f^2 u^* = 2v \cdot \frac{25}{17^2} \approx 0,172v$

4) Двигается без наклона к оси: $\alpha = 0$

Ответ: 1) $0,7F$; 2) ~~0,7F~~ 0° ; 3) $0,172v$;



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Задача~~ Задача №1

$$A_{\text{упр}} = E_{n1} - E_{n2} + (E_{k1} - E_{k2})$$

$$E_{n1} + E_{k1} = E_{n2} + E_{k2}$$

A: $mgx_A = E_{kA} + \frac{kx_A^2}{2}$; $mgx_B = E_{kB} + \frac{kx_B^2}{2}$;

$$\frac{E_{kA}}{E_{kB}} = \frac{2mgx_A - kx_A^2}{2mgx_B - kx_B^2} = \frac{x_A(2mg - kx_A)}{x_B(2mg - kx_B)} = 2,5 \cdot \frac{\frac{4}{7}kx}{\frac{10}{7}kx} = 1$$

$E_{\text{упр max}} = kx_{\text{max}}^2/2$; $E_{k\text{max}} = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}$

$$mgx' = \frac{kx'^2}{2} + \frac{mv'^2}{2}$$

$$mv'^2 = 2mgx' - kx'^2$$

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{mv'^2}{2} \right) = 2mg - kx'$$

- $v = \text{max}$ при $a=0 \Rightarrow$ в пол. равн.: $mg = kx$;

$E_k \rightarrow \text{max}$; ~~и т.д.~~

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

$E_n = E_k + E_{\text{упр}}$:

- $E_{\text{упр}} - \text{max}$ при $x' - \text{max}$: $E_n = mgx' = \frac{kx'^2}{2} \Rightarrow$
 $2kx = kx'$; $x' = 2x$;

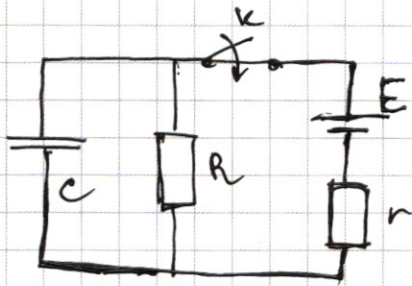
$$\frac{E_{km}}{E_{\text{упр m}}} = \frac{\frac{kx^2}{2}}{\frac{kx'^2}{2}} = \frac{x^2}{x'^2} = \frac{x^2}{4x^2} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{E_{\text{упр m}}}{E_{km}} = 4$$

$$\begin{array}{r} 30 \overline{) 28} \quad 7 \\ -28 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\frac{7}{4} - \frac{8}{49} = \frac{20}{49}$$

$$\frac{50}{49} \quad \frac{20}{49}$$

Задача 3



$$r = 2R$$

$$1) U_C - ?$$

$$2) q \text{ через } R$$

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

$$q = CU$$

Решение:

$$1) U_C = U_R \quad (\text{п. закон.})$$

$$E = RI + rI$$

$$r = 2R \Rightarrow rI = 2RI$$

$$\text{где } RI = U_C \Rightarrow E = 3U_C$$

$$U_C = \frac{E}{3}$$

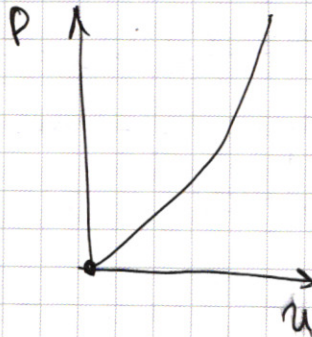
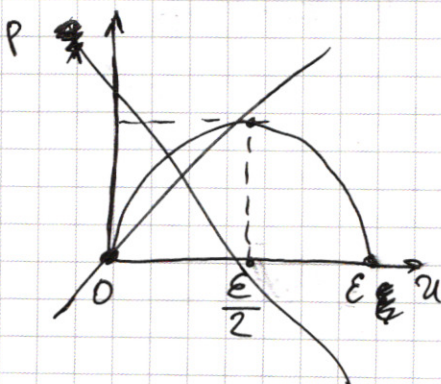
Напряжение на конденсаторе постоянно в момент времени $t=0$

2)

$$W = \frac{qU_C}{2}; \quad P = \dot{W} = \left(\frac{qU_C}{2} \right) = \frac{1}{2} (q \dot{U}_C + U_C \dot{q}) =$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta q}{\Delta t} U_C + U_C \frac{\Delta q}{\Delta t} \right) = U_C \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$P = \dot{W} = \left(\frac{q^2}{2C} \right) = \frac{q}{2C} \cdot 2 \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{q}{C} \frac{\Delta q}{\Delta t}$$



$$\frac{CU_C^2}{2} = P_{\max}$$

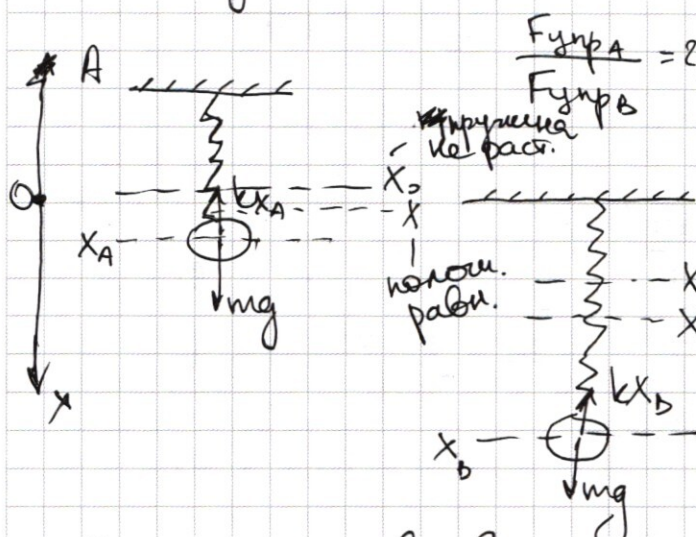
$$q = CU_C = CE/3$$

$$q = \frac{CE}{3}$$

$$P_{\max} = \frac{CE^2}{18}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1

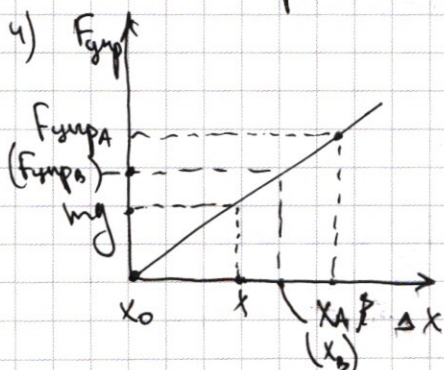


$$\frac{F_{\text{упрA}}}{F_{\text{упрB}}} = 2,5; \quad |a_A| = |a_B|$$

1) $F_{\text{упр}} = -k\Delta x$, где Δx - ~~смещение от~~ ~~полож.~~ ~~равновесия~~; ~~растягив.~~ ~~сжатия~~ пружин.

2) $x_A = x_{0A} + \Delta x_A$;
 $x_B = x_{0B} + \Delta x_B$;
3) $|F_{\text{упрA}}| = kx_A = k(x_{0A} + \Delta x_A)$
 $|F_{\text{упрB}}| = kx_B = k(x_{0B} + \Delta x_B)$

В полож. равновесии: $k(x_{0A} - x_{0B}) = mg$;



5) 23к: $m\vec{a} = \sum \vec{F}$;

$$\begin{cases} m a_A = mg - kx_A; \\ m a_B = -kx_B + mg; \end{cases}$$

$$mg - kx_A = kx_B - mg \quad \text{«} F_{\text{упрA}} \text{ } F_{\text{упрB}} \text{»}$$

$$2mg = k(x_A + x_B) = kx_A + kx_B =$$

$$= 3,5 F_{\text{упрB}} = 2kx; \quad F_{\text{упрB}} = \frac{4}{7} kx = kx_B$$

$$F_{\text{упрA}} = \frac{5}{2} \cdot \frac{4}{7} kx = \frac{10}{7} kx = kx_A$$

$$\begin{cases} m a_A = mg - \frac{10}{7} mg = -\frac{3}{7} mg \\ m a_B = mg - \frac{4}{7} mg = \frac{3}{7} mg \end{cases} \Rightarrow |a_A| = |a_B| = \frac{3}{7} g$$

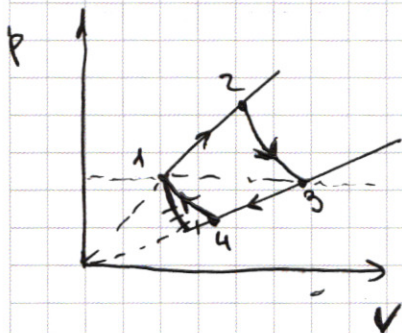
$$\frac{kx_A}{kx_B} = \frac{5}{2} \Rightarrow \frac{x_A}{x_B} = \frac{5}{2} \Rightarrow x_A = \frac{5}{2} x_B$$

ЗСЭ из ОВА (Ен в А примем за 0): $mgx_A = \frac{mv_A^2}{2}$,
 $2gx_A = v_A^2$

В В: $2gx_B = v_B^2$

$\frac{v_A}{v_B} = \frac{mgx_A}{mgx_B} = \frac{5}{2}$

Задача №2.



Дано:

$$T_1; T_{23} = \text{const} \\ T_{41} = \text{const}$$

$$\frac{V_3}{V_4} = k = 1,9$$

$$p_1 = p_3$$

Решение:

1) 4-1: $T_{41} = \text{const}$

~~$$p_1 V_1 = p_4 V_4$$~~

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow p_1 V_1 = p_4 V_4 \\ p_4 V_4 = \nu R T_4$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_3; \quad p_3 V_3 = \nu R T_3$$

$$p_1 V_3 = p_2 V_2;$$

1-2: $p(V_1) = k_1 V_1;$

$$p(V_2) = k_1 V_2;$$

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

3-4: $p(V_3) = k_2 V_3 = p_3$

$$p(V_1) = k_2 V_4 = p_1$$

$$1,9 p_4 V_1 = p_4 V_4;$$

$$\frac{V_1}{V_4} = \frac{1}{1,9}$$

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

$$\frac{V_3}{V_4} = \frac{p_3 \cdot k}{k_2 \cdot p_4} = 1,9 = k$$

$$V_3 = V_4 k$$

$$p_1 = p_3 = 1,9 p_4;$$

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_1 k^2 V_1 = \nu R T_3 \end{cases}$$

$$T_1 = \frac{T_3}{k^2} \Rightarrow \underline{\underline{T_3 = T_1 k^2}}$$

2) $\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_4}{k V_2} \Rightarrow \frac{k p_1}{p_2} = \frac{V_4}{V_2}$

$$p_1 = \frac{\nu R T_1}{V_1} = \frac{\nu R T_1 k}{V_4}; \quad p_2 = \frac{\nu R T_3}{V_2} = \frac{\nu R T_1 k^2}{V_2}$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2 = \nu R T_3 = p_3 V_3 = p_1 V_3 = k p_1 V_4$$

$$\frac{k p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_4} = \frac{V_4}{V_2} \Rightarrow V_2 = V_4$$

$$\underline{\underline{\frac{V_2}{V_4} = 1.}}$$

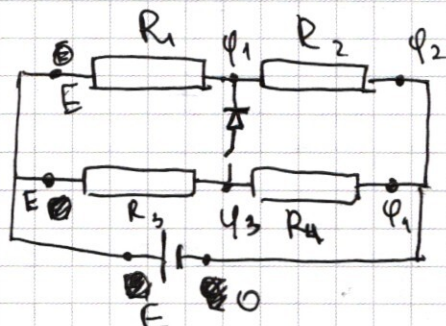
3)

$$\begin{array}{r} 8,19 \\ + 1,9 \\ \hline 17,1 \\ + 1,9 \\ \hline 26,1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8,19 \\ + 1,9 \\ \hline 17,1 \\ + 1,9 \\ \hline 26,1 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4



$$U_0 = 1\text{ В}$$

$$R_2 = 1\text{ Ом}$$

$$R_4 = 22\text{ Ом}$$

$$E = 12\text{ В}$$

$$R_1 = 50\text{ Ом}$$

$$1) \quad I_1 = I_2$$

$$U_{12} = U_{34} = E$$

$$I_3 = I_4 \quad I_1 = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{12\text{ В}}{60\text{ Ом}}$$

$$= 2\text{ А.}$$

$$I_1 R_1 = E - \varphi_1$$

$$I_1 R_2 = \varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_1$$

$$I_2 R_3 = E - \varphi_3$$

$$I_2 R_4 = \varphi_3 - \varphi_4 = \varphi_3$$

2) При $\varphi_3 > \varphi_1$ ток будет
течь вниз.
 $I_2 R_4 > I_1 R_2$, где $I_2 = \frac{E}{R_3 + R_4}$

$$\frac{E R_4}{R_3 + R_4} > \frac{E R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow \frac{22}{22 + R_3} > \frac{1}{6} \Rightarrow R_3 < 5 \cdot 22 = 110\text{ (Ом)}$$

$$\underline{\underline{R_3 < 110\text{ Ом.}}}$$

3) $P_b = U_b I_b = 3\text{ Вт}$; $R_3 = ?$ $U_0 = \varphi_3 - \varphi_1 = I_2 R_4 - I_1 R_2$

$$I_b = I$$

$$0 < \varphi_3 - \varphi_1 < U_0$$

$$\frac{22E}{22 + R_3} - \frac{1 \cdot E}{6} < 1$$

$$\frac{22}{22 + R_3} - \frac{1}{6} < \frac{1}{E} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{22}{22 + R_3} < \frac{1}{4}; \quad 22 + R_3 > 22 \cdot 4$$

$$R_3 > 22 \cdot 3 = 66$$

Задача 5

$$F' = -F$$

$$1) d_1 = \frac{12F}{5};$$

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} - \frac{1}{f_1}$$

$$\frac{1}{f_1} = \frac{5}{12F} + \frac{1}{F} = \frac{17}{12F}$$

$$1) f_1 = \frac{12}{17} F$$

$$u = 2u_{\text{от. зерк.}} \quad \Gamma = \frac{f_1}{d_1} = \frac{5}{17}$$

$$u_3 = \Gamma^2 u, \text{ не совп.}$$

$$3) u_3 = \frac{25}{17^2} \cdot u$$

$$2) \text{ ~~... = 12F; 0~~ }$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{5}{14F} + \frac{1}{F} = \frac{19}{14F};$$

$$f_2 = \frac{14}{19} F$$

$$d_2 = \frac{14F}{5}$$

$$\Gamma_2 = \frac{15}{19} \neq \Gamma_1$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ 17 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\frac{25}{289} = \frac{1}{12}$$

$$\begin{array}{r} 2500 \overline{) 289} \\ - 2300 \\ \hline 188 \end{array}$$

$$0,168$$

$$\frac{1}{11,3}$$

$$\begin{array}{r} 120 \overline{) 17} \\ 119 \overline{) 10,7} \\ \hline 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 85 \\ 102 \\ 119 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2890 \\ - 289 \\ \hline 2601 \\ - 289 \\ \hline 2312 \end{array}$$