

# Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

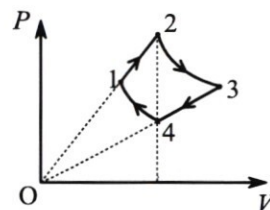
## Вариант 11-07

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без

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.

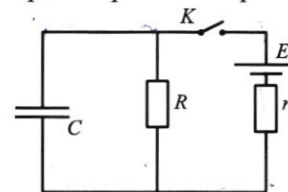
- 1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
- 2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
- 3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

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.



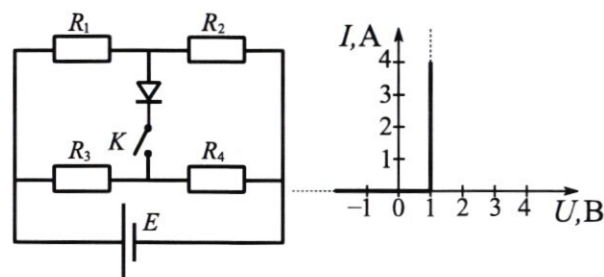
- 1) Найти температуру газа в процессе 2-3.
- 2) Найти отношение давлений в состояниях 1 и 3.
- 3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 1-2.

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.



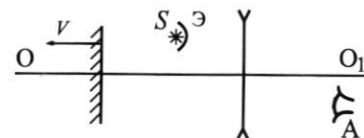
- 1) Найти ток, текущий через источник, сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти ток, текущий через конденсатор, непосредственно перед размыканием ключа.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

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.

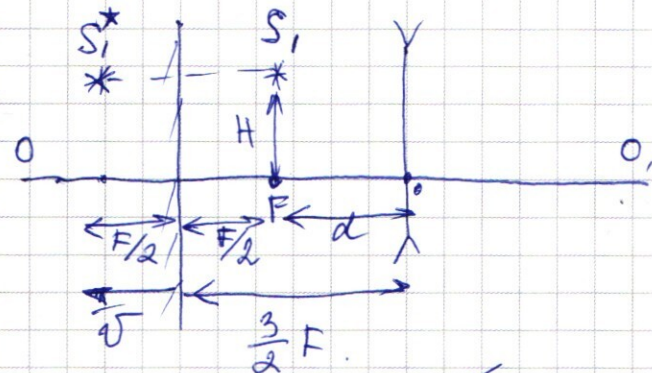


- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель  $A$  сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
- 2) Под каким углом  $\alpha$  к оси  $OO_1$  движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- 3) Найти скорость изображения в этот момент.



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

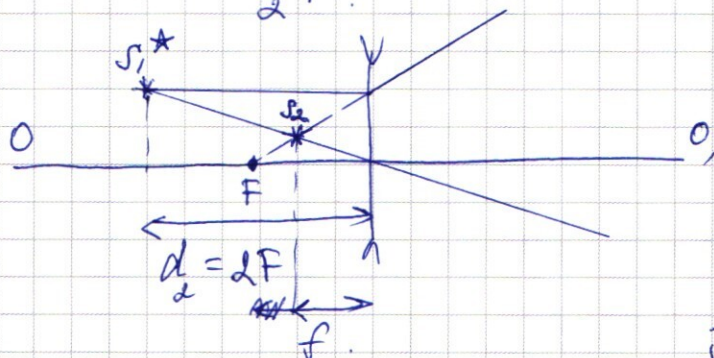
Задача 5



$$H = \frac{3}{4} F$$

$$d = F$$

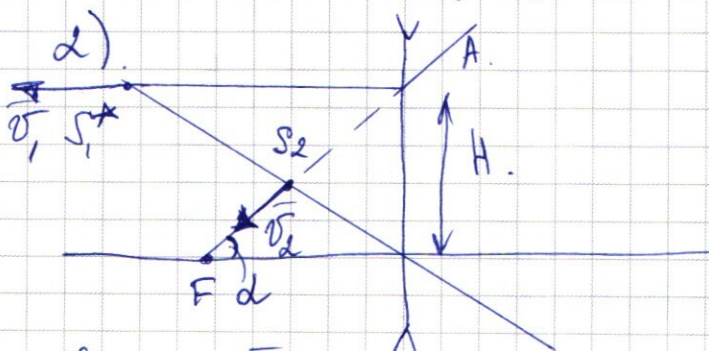
1)  $S_1^*$  - изобр.  $S_1$  в зеркале на одинаковом расстоянии  $\frac{F}{2}$  от  $\Pi$  до зеркала и от  $\Pi$  до зеркала.



$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$   
изобр-ие мнимое,  
уменьш.  
линза - рассеивающая.

$$\frac{1}{f} = \frac{F+d}{dF} \Rightarrow f = \frac{dF}{F+d} = \frac{2F^2}{3F} = \frac{2}{3} F$$

1) Ответ:  $f = \frac{2}{3} F$ .



вектор  $\vec{v}_{S_2}$  всегда

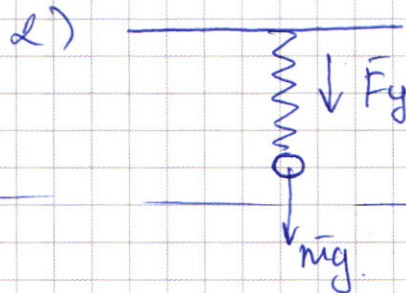
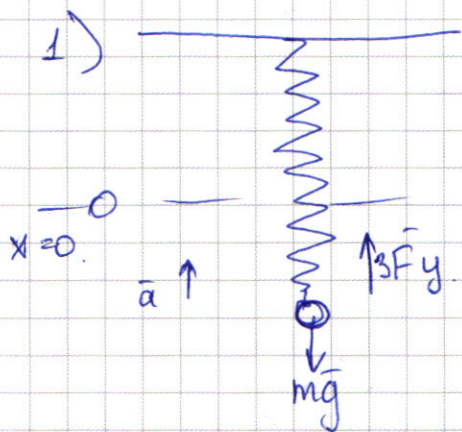
лежит на AF; продольные скорости  $\Pi$  и  $\Pi$  сонаправлены  $\Rightarrow v_2$  направлена так.

переход в СО зеркала

$$\vec{v}_{S_1} = 0 - \vec{v} = -\vec{v}$$

$$\vec{v}_{S_1} = -\vec{v}_{S_1}, \text{ т.к. зеркало.}$$

# Задача 1



$$\frac{dK \cdot \frac{1}{2} v^2}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} m v^2 \right) = \frac{1}{2} m \cdot \frac{dv^2}{dt} = \frac{1}{2} m \cdot 2v \cdot \frac{dv}{dt} = m v a$$

И. Н.:

1)  $ma = 3Fy - mg$

2)  $-ma = -Fy - mg$

1)  $Fy = \frac{ma + mg}{3}$

2)  $Fy = ma - mg$

$$ma + mg = 3ma - 3mg$$

$$a + g = 3a - 3g$$

~~$$2a = 2g$$~~

$$2a = 4g$$

$$a = 2g$$

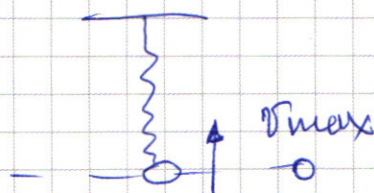
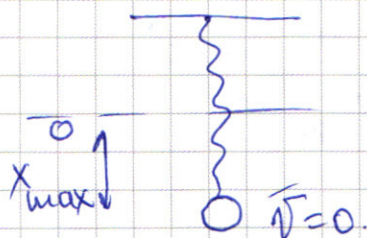
1) Ответ:  $|a| = 2g$

3) 1)  $E_{\max}$

деформации тогда, когда  $x_{\max}$

2)  $E_{\max}$  кин. в равновесии

непокоя,  
 $v_{\max}$  — макс,  
 м.к.  
 $x=0$



ЗСЗ:

$$\Delta E = 0$$

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

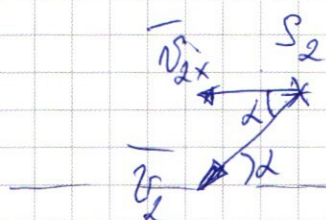
$$\frac{mv^2}{2}$$

$$A = \frac{E_{\max \text{ деп}}}{E_{\max \text{ кин}}}$$

$A = 1$

3) Ответ:  $A = 1$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$$v_1 = \frac{1}{3} v_{2x} \Rightarrow v_1 = \Gamma^2 v_2 \cos \alpha$$

$$v_1 = \frac{1}{3} \cdot v_2 \cdot \cos \alpha$$

$$1 + \operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$v_1 = v = \frac{1}{3} \cdot v_2 \cdot \frac{4}{5} \Rightarrow v_2 = \frac{v \cdot 3 \cdot 5}{4} = \frac{45v}{4}$$

2, 3) Ответ:  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}$ ,  $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{3}{4}$ .

$$v_2 = \frac{45}{4} v$$

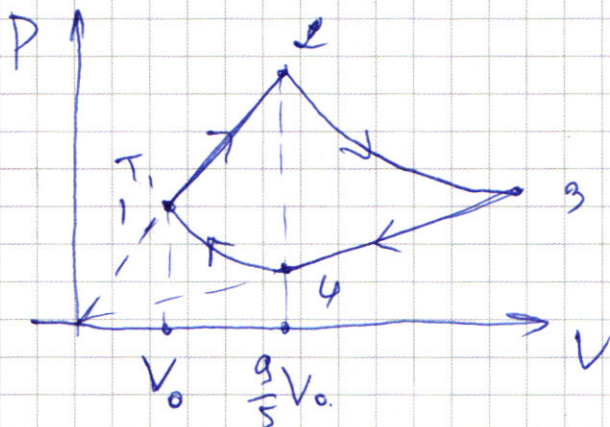
$v_{2x}$  - проекция  $v_2$  на  $OO_1$ ,  
 $\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{F} = \frac{3}{4}$ .

$v_1 = \Gamma^2 v_{2x}$  - продольные скорости.

$$8 - 1 = \frac{7}{3} R, \Rightarrow 7 = \frac{7}{3} R, \Rightarrow R_1 = 3 \text{ Дж.}$$

Ответ:  $R_1 = 3 \text{ Дж.}$

Задача 2:



1-2 ; 3-4:

$$P = \text{const}$$

$$\frac{P}{V} = \text{const.}$$

$$V_{2,4} = 1,8 V_0 = \frac{9}{5} V_0$$

$$1) P_1 V_0 = \nu R T_1, \quad P_2 V_2 = \nu R T_2.$$

$$P_1 = \nu R T_1 / V_0$$

$$P_2 = \nu R T_2 / V_2$$

$$V_2 = \frac{9}{5} V_0 \Rightarrow P_2 = \frac{5}{9} P_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2 = \frac{5}{9} P_1 \cdot \frac{9}{5} V_0 = \frac{81}{25} \nu R T_1$$

$$T_2 = \frac{81}{25} T_1$$

Ответ: 1)  $T_2 = \frac{81}{25} T_1$

$$3) 1-2: Q = \Delta U + A.$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$Q = \nu C \Delta T$$

$$\nu C (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \left( \frac{2}{5} T_1 + \frac{2}{9} T_2 \right)$$

$$C \Delta T = \frac{3}{2} R \Delta T + R \cdot 2 \left( \frac{T_1}{5} + \frac{T_2}{9} \right)$$

$$C = \frac{3}{2} R + \frac{2R \left( \frac{7}{5} + \frac{9}{25} T_1 \right)}{56 T_1}$$

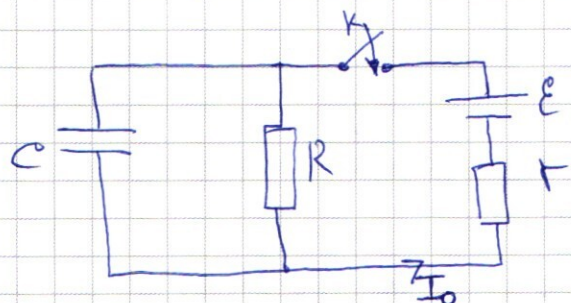
$$= \frac{3}{2} R + \frac{R \cdot 25 \left( \frac{14}{25} T_1 \right)}{28 T_1} = \frac{3}{2} R + \frac{R \cdot 14 T_1}{28 T_1} = \frac{3}{2} R + \frac{1}{2} R = 2R$$

см. сур 7.

$T_2 = T_1$  3) Ответ:

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

### Задача 3



2) скорость роста  $E_c$

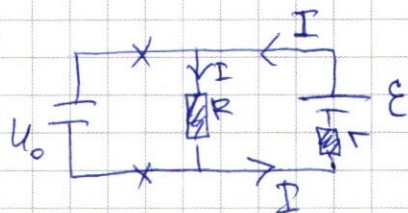
$$\frac{dU}{dt} = \frac{dq}{dt} = 0, \text{ max.}$$

$\Rightarrow I = 0$  через C.

2) Ответ:  $I = 0$ .

3)  $Q = \Delta U + A$ ,  $A \neq 0$ .

$$\Delta U = 0 - \frac{CU_0^2}{2}, \quad Q = -\frac{CU_0^2}{2}.$$



$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

$$\varepsilon = U_0 + \frac{\varepsilon \cdot 3R}{4R} \Rightarrow U_0 = \varepsilon - \frac{3}{4}\varepsilon = \frac{1}{4}\varepsilon.$$

$$\frac{CU_0^2}{2} = \frac{C\varepsilon^2}{32} = -Q_{\text{внг}} = Q_{\text{внг}}.$$

Ответ: 3)  $Q_{\text{внг}} = \frac{C\varepsilon^2}{32}$

1) кр. Кирхгофа:

Внеш. контур G

$$\varepsilon = U_c + I_0 r.$$

$$\varepsilon = 0 + I_0 r.$$

$$I_0 = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{\varepsilon}{3R}.$$

1) Ответ:  $I_0 = \frac{\varepsilon}{3R}$

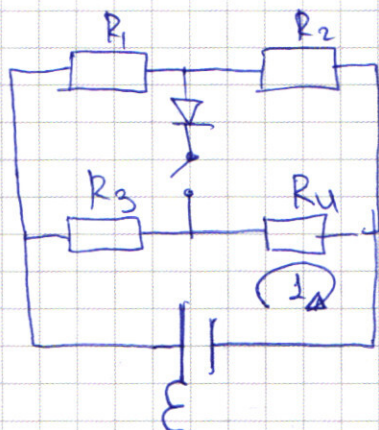
кр. Кирхгофа:

ε и большой контур:

$$\varepsilon = U_0 + I r.$$

← малый:  $\varepsilon = I(R + r)$ .

# Задача 4



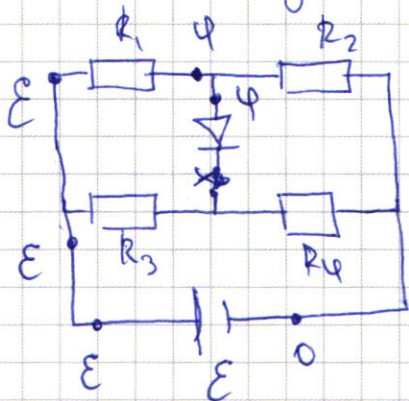
1)

$$\mathcal{E} = IR_3 + IR_4$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_3 + R_4} = \frac{8}{8} = 1 \text{ A}$$

Ответ: 1)  $I = \frac{\mathcal{E}}{R_3 + R_4} = 1 \text{ A}$

2) менее узловых потенциалов: (МУП)



$\varphi = 1$  по усм. ю.

$$\mathcal{E} - \varphi = I_1 R_1$$

пр. Kirchhoffa глв

баланс. контура

$$\mathcal{E} = I_1 R_1 + I_1 R_2$$

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}$$

$$\mathcal{E} - \varphi = \frac{\mathcal{E} \cdot R_1}{R_1 + R_2}$$

$$7 = \frac{8 R_1}{R_1 + 3} \Rightarrow 7(R_1 + 3) = 8 R_1$$

$$7 R_1 + 21 = 8 R_1$$

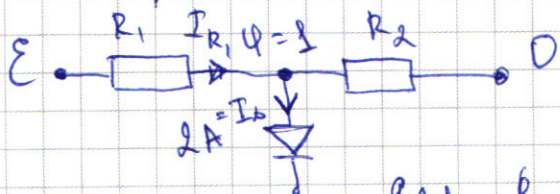
$$R_1 = 21 \text{ Ом}$$

2) Ответ:  $R_1 = 21 \text{ Ом}$

3)  $P_x = A U_x \cdot I_x = 2$

$U_2 = 1$  по усм. ю.  $\Rightarrow I_2 = 2 \text{ A}$

МУП:



глв  $R_2$ :  $\varphi - 0 = I_{R_2} R_2$

$$1 = I_{R_2} \cdot 3 \Rightarrow I_{R_2} = \frac{1}{3} \text{ A}$$

$$\Rightarrow I_{R_1} = I_2 + I_{R_2} = \frac{7}{3} \text{ A}$$

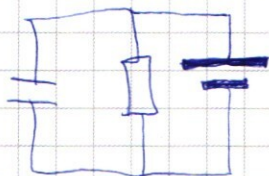
глв  $R_1$ :  $\mathcal{E} - \varphi = I_{R_1} \cdot R_1$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$g = \frac{v_k^2 - v_n^2}{2a}$$

$$2as = v_k^2 - v_n^2.$$

$$v = v_0 + at.$$



$$\begin{array}{r} 10 \\ 81 \\ \hline 25 \\ 56 \end{array}$$

$$\partial C \delta T = \Delta U + A.$$

$$\frac{dU}{dt} = \text{max} = 0.$$

$$\frac{dI}{dt} = \text{max}.$$

$$\frac{dq}{dt} = \text{max}.$$

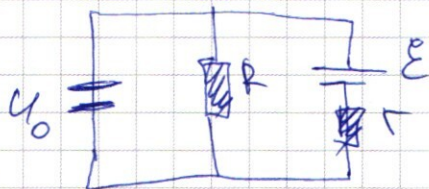
$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}$$

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

$$V_2 = \frac{P_4 V_3}{P_3}$$

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2 P_3}{P_4 V_3}$$

$$\frac{P_1}{P_3} = \frac{P_2 V_1}{P_4 V_3}$$



$$\frac{P_1}{P_3} = ?$$

$$\mathcal{E} = U_0 + IR.$$

$$\mathcal{E} = I\gamma + IR.$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{\gamma + R}.$$

$$2) \frac{P_1}{P_3} = ?$$

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} ; \quad \frac{P_4}{V_2} = \frac{P_3}{V_3}$$

↓

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2 P_3}{P_4 V_3}$$

$$\frac{P_1}{P_3} = \frac{P_2 V_1}{P_4 V_3}$$

$$P_1 V_1 = \frac{81}{25} P_3 V_3$$

$$\frac{P_1}{P_3} = \frac{81 V_3}{25 V_1}$$

$$\Leftrightarrow V_2 = \frac{P_4 V_3}{P_3}$$

$$\begin{cases} P_1 V_1 = \nu R T_1 \\ P_4 V_2 = \nu R T_1 \\ P_2 V_2 = \nu R T_2 \\ P_3 V_3 = \nu R T_2 \end{cases}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{F}$   $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{F}$   
 $\frac{1}{F} = \frac{F+d}{dF}$   
 $F = \frac{dF}{F+d}$

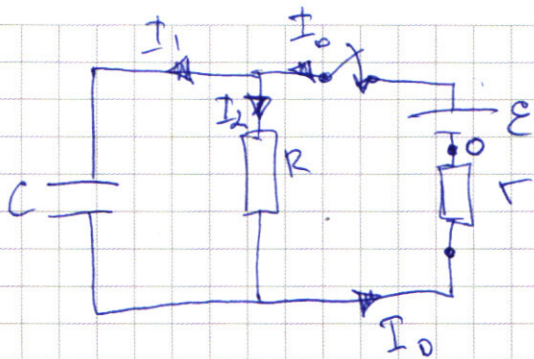
2)  $\tan \alpha = \frac{H}{F}$   $\tan \alpha = \frac{h}{F}$

3)  $v = p \Delta v' = p \Delta v \cos \alpha$

$P = dV$   
 $T_1 = T_4$   
 $T_2 = T_3$   
 $T_2 = ?$   
 $\frac{P}{V} = \text{const.}$   
 $\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2 V_2}{g V_1}$   
 $P_1 = \frac{5}{g} P_2$   
 $P_2 = \frac{g}{5} P_1$

$P_1 V_1 = \nu R T_1$   
 $P_2 V_2 = \nu R T_2$   
 $\frac{g}{5} P_1 \cdot \frac{g}{5} V_1 = \nu R T_2$   
 $\frac{81}{25} \nu R T_1 = \nu R T_2$   
 $T_2 = \frac{81}{25} T_1$

$1,8 = \frac{P_2}{10}$   
 $\frac{g}{5}$



$$\boxed{\quad} \quad \mathcal{E} = \frac{I_0 r}{\cancel{I_2 R}} + \cancel{I_2 R}$$

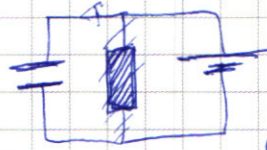
$$\mathcal{E} = I_2 R + I_0 r$$

$$1) \quad I_0 = \frac{\mathcal{E}}{r} \quad \mathcal{E} = U_0 + I_r r$$

$$\mathcal{E} = I_R R + I_r r$$

$$2) \quad I_1 = ?$$

$$\mathcal{E} = I_0 r + U_0$$



$$\mathcal{E} = U_C + I_r r$$

$$\mathcal{E} = 0 + I_0 r$$

$$\mathcal{E} = I_2 R + I_0 r \Rightarrow \mathcal{E} = I_2 R +$$

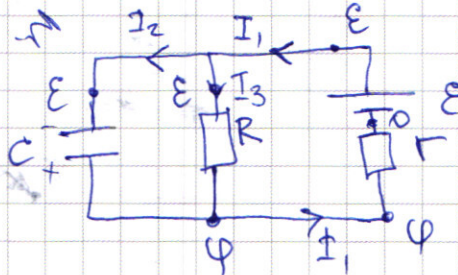
$$\mathcal{E} = I_1 R + I_0 r$$

$$3) \quad \frac{mv_1^2}{2} = -Q$$

$$\mathcal{E} = U + I_r r$$

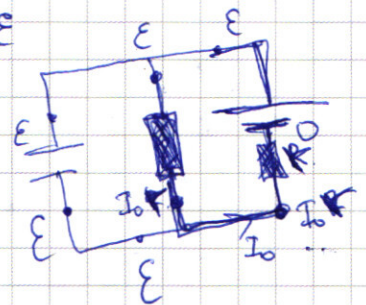
$$\mathcal{E} = I_3 R + I_r r$$

$$U = I_3 R$$



$$\mathcal{E} - \varphi = U$$

$$\varphi = I_r r$$



$$\varphi = I_0 R$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{kx_2^2}{2} \quad \mathcal{E} - I_0 r = IR$$

$$mv_1^2 + 8kx_1^2 = mv_2^2 + kx_2^2$$

$$mv_1^2 + 8kx_2^2 = mv_2^2$$

$$2ax = v_k^2 - v_n^2$$

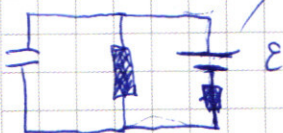
$$v_k^2 = 2ax - v_n^2$$

$$mv_1^2 + 8kx^2 = m(2ax - v_1^2)$$

$$2mv_1^2 + 8kx = m2ax$$

$$\frac{mv_1^2}{mv_2^2} = \frac{v_1}{v_2} = ?$$

$$v_E \quad \mathcal{E} \sim U \sim I$$



$$\varphi_x = \frac{v_2^2 - v_1^2}{4g}$$

$$16 \times g = v_2^2 - v_1^2$$

$$v_2^2 = 16 \times g + v_1^2$$

$$\beta = \gamma \cdot \frac{\mathcal{E}}{r}$$

$$\frac{\mathcal{E}}{r} = I \Leftrightarrow$$

$$\mathcal{E} \cdot I = I$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2) \frac{P_1}{P_3} = ?$$

$$P_1 = \frac{\nu R T_1}{V_1} \quad P_3 = \frac{\nu R T_2}{V_3}$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$P_2 V_2 = P_3 V_3$$

$$P_4 V_2 = P_3 V_3$$

$$P_3 V_3 = \nu R T_2$$

$$V_3 = \frac{P_4 V_2}{P_3}$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$P_4 V_2 = \nu R T_1$$

$$\frac{\nu R T_2}{P_2} = \frac{\nu R T_1}{P_4} \Rightarrow \frac{T_2}{P_2} = \frac{T_1}{P_4} \Rightarrow P_4 T_2 = T_1 P_2$$

$$\frac{P_4}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_3} = ?$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_3 V_3 = \nu R T_2$$

$$= P_4 V_2$$

$$\frac{P_1 V_1}{P_3 V_3} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1}{P_3} = \frac{T_1 V_3}{T_2 V_1}$$

$$\frac{V_3}{V_1} = ?$$

$$T_1 = \frac{25}{81} T_2$$

$$V_2 = V_4$$

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

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

$$\frac{P_2}{P_1} V_1 = \frac{P_4}{P_3} V_3$$

$$\frac{P_4}{V_2} = \frac{P_3}{V_3}$$

$$V_2 = \frac{P_4}{P_3} V_3$$

$$\frac{P_3}{P_1} = \frac{P_4 V_3}{P_2 V_1}$$

$$\frac{P_1}{P_3}$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$\frac{9}{5} P_2 V_1 = \nu R T_2$$

$$P_3 V_3 = \nu R T_2$$

$$\frac{9}{5} P_4 V_1 = \nu R T_1$$

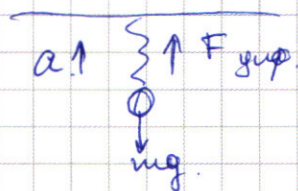
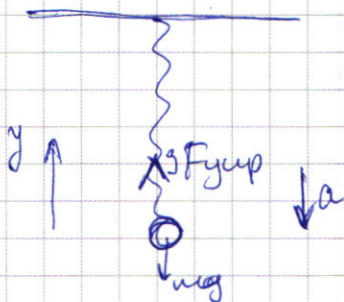
$$P_1 V_1 = \frac{9}{5} P_4 V_1$$

$$\frac{9}{5} P_2 V_1 = P_3 V_3$$

$$\frac{P_1}{P_3} = \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{V_3}{V_1}$$

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{5 P_2}{9 V_1}$$

$$\frac{5 P_4}{9 V_1} = \frac{P_3}{V_3}$$



$$\Delta = U/R$$

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

$$-ma = 3F_{yup} - mg$$

$$F_{yup} = \frac{-ma + mg}{3}$$

$$-ma + mg = 3ma + 3mg$$

$$-a + g = 3a + 3g$$

$$4a = -2g$$

$$a = -\frac{g}{2}$$

$$E_k = E_{el}$$

$$\frac{mv_2^2}{2} + \frac{kx_2^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + kx_1^2$$

$$mv_2^2 + kx^2 = mv_1^2 + 9kx^2$$

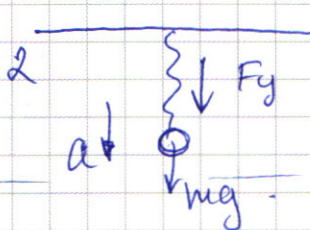
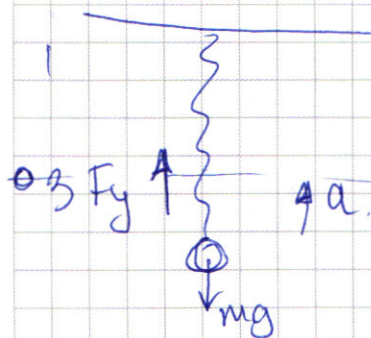
$$mv_2^2 = mv_1^2 + 8kx^2$$

or

AA

$$\frac{\frac{mv^2}{2}}{\frac{kx_0^2}{2}} = \frac{mv^2}{kx_0^2} = 1$$

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



$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{kx_2^2}{2}$$

$$mv_1^2 + kx_1^2 = mv_2^2 + kx_2^2$$

$$mv_1^2 = mv_2^2 + 8kx^2$$

$$\frac{mv_2^2 + 8kx^2}{mv_1^2} = 1$$

$$\frac{mv_2^2}{mv_1^2} = 1 - 8 \frac{kx^2}{mv_1^2}$$

$$v_0 = v + at$$

$$4x = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$2gh = \frac{(v_0^2 - v^2)t}{t_k}$$

$$F_y = kx$$

$$3F_y = 3kx$$

$$x_2 = 3x$$