

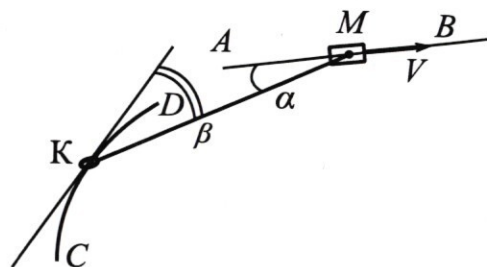
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-03

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложенного задания не проверяются.

1. Муфту M двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



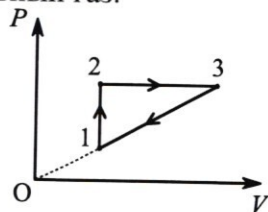
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило повышение температуры газа.

2) Найти в изобарном процессе отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

Важно! S-гено.

1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

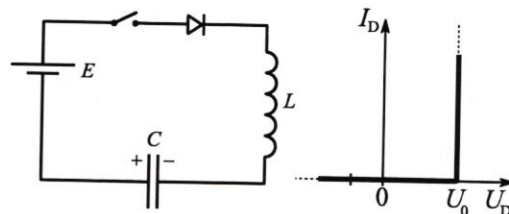
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.

3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

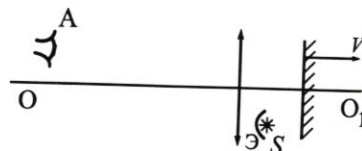


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана $\mathcal{E}$, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ 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

$$v = 34 \text{ см/с}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

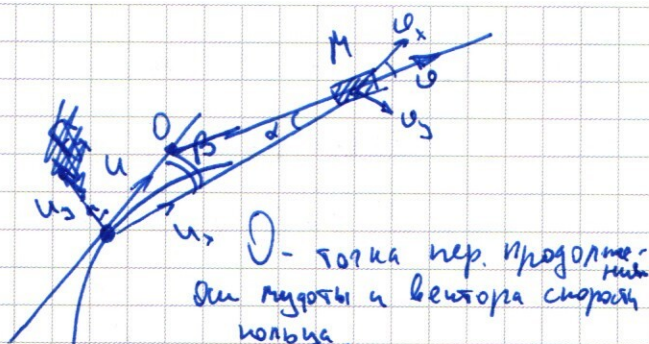
$$l = 5R/4$$

$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$\cos \beta = 3/5$$

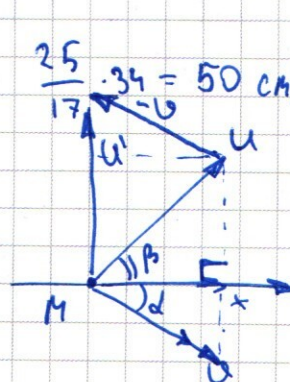
1) Нить ^{лёгкая} ~~тяжелая~~ $\Rightarrow$
силы, приложенные
к её концам можно
считать равными.

т.е. ~~масса~~ ^{масса} уже какое-то
время движется с установленной скоростью,
режим установился и мы можем считать нить
нерастяжимой. $\Rightarrow$ смещение $u_x \Delta t$ и $v_x \Delta t$ мы можем
считать равными. $\Rightarrow u_x = v_x$



$$v \cos \alpha = u \cos \beta \Rightarrow u = v \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 34 \cdot \frac{15/17}{3/5} = \frac{25}{17} \cdot 34 = 50 \text{ см/с.}$$

$$\begin{aligned} 2) u' &= +u \sin \beta - v \sin \alpha = \\ &= u \tan \beta \cdot \cos \alpha - v \sin \alpha = \\ &= v \cos \alpha (\tan \beta - \tan \alpha) = u' = 34 \cdot \frac{15}{17} \left(\frac{4}{3} - \frac{3}{4} \right) = \\ &= 30 \left(\frac{-8}{15} + \frac{4}{3} \right) = \\ &= -16 + 40 = 24 \text{ см/с.} \end{aligned}$$



$$3) a_y = \frac{u^2}{R} \Rightarrow F_y = \frac{mu^2}{R}$$

$$T \cos \beta = F_y \Rightarrow T = \frac{mu^2}{R \cos \beta} = \frac{m v^2 \cos^2 \alpha}{R \cos^3 \beta} = T$$



$$\cos \alpha = \frac{15}{17} \Rightarrow \sin \alpha = \sqrt{\frac{289 - 225}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$\tan \alpha = \frac{8}{15}$$

$$\cos \beta = 3/5 \Rightarrow \sin \beta = \sqrt{\frac{25 - 9}{25}} = \frac{4}{5} \Rightarrow \tan \beta = \frac{4}{3}$$

$$T = \frac{m u^2}{R \cdot \cos \beta} = \frac{0,3 \cdot 0,5^2}{0,53 \cdot \frac{3}{5}} \approx \frac{0,5^3}{0,50} = 0,5^2 = 0,25 \text{ м.}$$

Ответ: 1) $u = 50 \text{ см/с}$
 2) $u' = 24 \text{ см/с}$
 3) $T = 0,24 \text{ м.}$

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_1 = \nu R T_2 \\ p_2 V_2 = \nu R T_3 \end{cases}$$

1) Работе в-во в тепловой машине -
 идеальный одноатомный газ $\Rightarrow$

$$i = 3.$$

$$C_V = \frac{Q_p}{\Delta T} = \frac{\Delta U_p + A'_p}{\Delta T} = \frac{i}{2} R$$

$$C_p = \frac{\Delta U_p + A_p}{\Delta T} = \frac{\frac{i}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T}{\Delta T} = \frac{i+2}{2} R$$

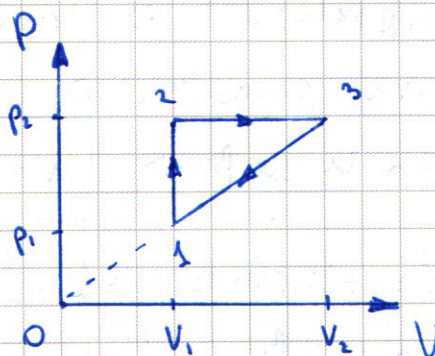
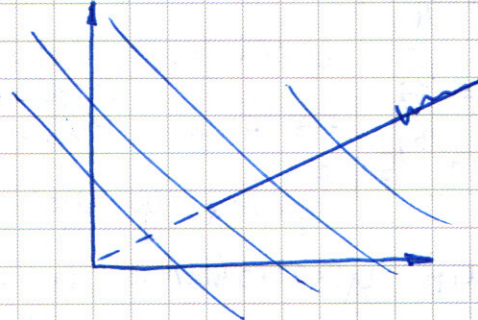
$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A'_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) + \nu R (T_3 - T_1) = \frac{1}{2} \nu R (T_1 - T_3) < 0$$

На (3-1) тепло отводится $\Rightarrow$ надо найти отношение $\alpha = \frac{C_{12}}{C_{23}}$

$$\alpha = \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{C_V}{C_p} = \frac{\frac{i}{2} R}{\frac{i+2}{2} R} = \frac{3}{5} = \alpha$$

$$2) \beta = \frac{\Delta U_{23}}{A'_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{p_2 (V_2 - V_1)} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{\nu R (T_3 - T_2)} = \frac{3}{2} = \beta$$

$$3) \eta = \frac{A'}{Q_n} = \frac{|Q_1| - |Q_3|}{|Q_1|} = 1 - \frac{|Q_3|}{|Q_1|} = 1 - \frac{|Q_{31}|}{|Q_{12} + Q_{23}|}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A'_{12} \quad \text{~~1) 2) 3)~~}$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A'_{23} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{|Q_3|}{|Q_{12} + Q_{23}|} = \frac{\frac{1}{2} \Delta R (T_3 - T_1)}{\Delta U_{13} + A'_{23}} =$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \Delta R (T_3 - T_1)}{\frac{3}{2} \Delta R (T_3 - T_1) + \Delta R (T_3 - T_2)}$$

$$= 1 - \frac{(T_3 - T_1)}{3(T_3 - T_1) + 2(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_3 - T_1}{5T_3 - 3T_1 - 2T_2}$$

$$\rightarrow \eta \Rightarrow 1 - \frac{T_3 - T_1}{5(T_3 - T_1)} = \frac{4}{5} = \eta_{\max}$$

старается
Мы делаем $\eta \uparrow \Rightarrow$

2) эту гробь ↓

3) знаменатель ↑

$\Rightarrow T_2 \rightarrow T_3$

- Ответ:
- 1) $\alpha = \frac{3}{5}$
 - 2) $\beta = \frac{3}{2}$
 - 3) $\eta_{\max} = 80\%$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$l = 0,3d$
 d
 S
 $g = \frac{|q|}{m}$
 U_1

$E = \frac{|Q|}{2\epsilon_0 S} = \frac{|Q|}{2\epsilon_0 S}$
 $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$

$\Rightarrow E = \frac{|Q|}{2cd} \Rightarrow E_{\text{вн}} \text{ конденсатора, т.е.}$
 поле можно считать однородным, $E_{\text{вн}} = \frac{|Q|}{cd}$ - внутри конденсатора. Т.е. поле можно считать однородным, на заряд действует постоянная сила Eq .

$\Rightarrow a = \frac{F}{m} = E \frac{q}{m} = E \cdot g$ - постоянна внутри обкладок.

~~$\frac{U_1}{2} = \frac{aT^2}{2}$
 $\frac{U_1}{2} = \frac{aT^2}{2}$
 $\frac{U_1}{2} = \frac{aT^2}{2}$
 $\frac{U_1}{2} = \frac{aT^2}{2}$~~

$\Rightarrow T_{\text{вн}} = \frac{1,4d}{U_1} \Rightarrow a = \frac{U_1}{T_{\text{вн}}^2} = \frac{U_1^2}{1,4d}$

$\frac{aT^2}{2} = 0,2d \Rightarrow aT^2 = 0,4d \Rightarrow T = \sqrt{\frac{0,4d}{a}} = \sqrt{\frac{0,4d}{\frac{U_1^2}{1,4d}}} = \sqrt{\frac{0,56d^2}{U_1^2}} \approx 0,75 \frac{d}{U_1}$

$2) E = \frac{a}{g} = \frac{|Q|}{cd}$

$|Q| = \frac{acd}{g} = \frac{U_1^2}{1,4d} \cdot \frac{c \cdot d}{g} = \frac{U_1^2 c}{g} = \frac{U_1^2 \epsilon_0 S}{gd} = |Q|$ - у одной обкладки заряд Q , у другой $-Q$.

$T \approx \frac{3d}{4U_1}$

3) ~~$\frac{kQ}{r}$~~

В самом начале полная энергия частицы равна
~~В~~ сумме потенциальных ~~энергий~~ ~~каждого~~ ~~обладей~~

~~$\frac{kQq}{d} + \frac{kQq}{d} = \frac{kQq}{0.5d} + \frac{kQq}{0.7d} = \frac{kQq}{d} \left(\frac{1}{0.5} + \frac{1}{0.7} \right) =$~~

Затем ЗСЭ для моментов 1) ~~в~~ вылета из конденсатора и 2) на расстоянии ∞ от них.

$$E_{\text{полн}} = \frac{m\omega_1^2}{2} + \frac{kQq}{d} = \frac{m\omega_2^2}{2} + \underbrace{\frac{kQq}{d_+} + \frac{kQq}{d_-}}_0$$

d_+ - расстояние
 q_0 " " обкл
 d_- - расстояние
 q_0 " " обкл

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow \omega_2^2 = \omega_1^2 + \frac{2kQ}{d} \cdot f = \omega_1^2 + \frac{2}{4\pi\epsilon_0 d} \cdot \frac{\omega_1^2 \epsilon_0 S}{f \cdot d} \cdot f = \omega_1^2 + \frac{S}{2\pi d^2} \cdot \omega_1^2 =$$

$$= \omega_1^2 \left(1 + \frac{S}{2\pi d^2} \right) \approx \omega_1^2$$

$$\Rightarrow \omega_2 = \omega_1 \cdot \sqrt{1 + \frac{S}{2\pi d^2}}$$

Ответ: 1) $T = \sqrt{0.56} \frac{d}{\omega_1} \approx \frac{3d}{4\omega_1}$

2) $|Q| = \frac{\omega_1^2 \epsilon_0 S}{f \cdot d}$

3) $\omega_2 = \omega_1 \sqrt{1 + \frac{S}{2\pi d^2}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$\mathcal{E} = 6 \text{ В}$$

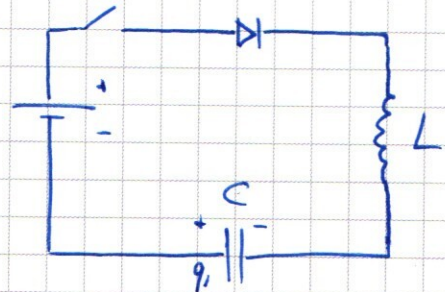
$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

МЧ.

1) Конденсатор заряжен $\mathcal{E}$ противоположно тому, как направлена ЭДС $\Rightarrow$ в конце



знаки на обкладках ^{не} поменяются. 2) Начальное напряжение на катушке $U_L = \mathcal{E} - U_1 - U_0$

$$U_L = L \mathcal{I}'_0 = \mathcal{E} - U_1 \Rightarrow \boxed{\mathcal{I}'_0 = \frac{\mathcal{E} - U_1}{L}} = \frac{6 - 2}{0,1} = 40 \frac{\text{А}}{\text{Гн}}$$

$$2) \mathcal{E} = U_L + U_C + U_0$$

$$= L \mathcal{I}' + \frac{q}{C} + U_0$$

$$\mathcal{E} - U_0 = L \mathcal{I}' + \frac{q}{C}$$

$$A_{\text{иск}} = \Delta W + Q$$

$$\left(\frac{U_2}{C} - \frac{U_1}{C}\right) \mathcal{E} = \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} + \frac{L \mathcal{I}'^2}{2}$$

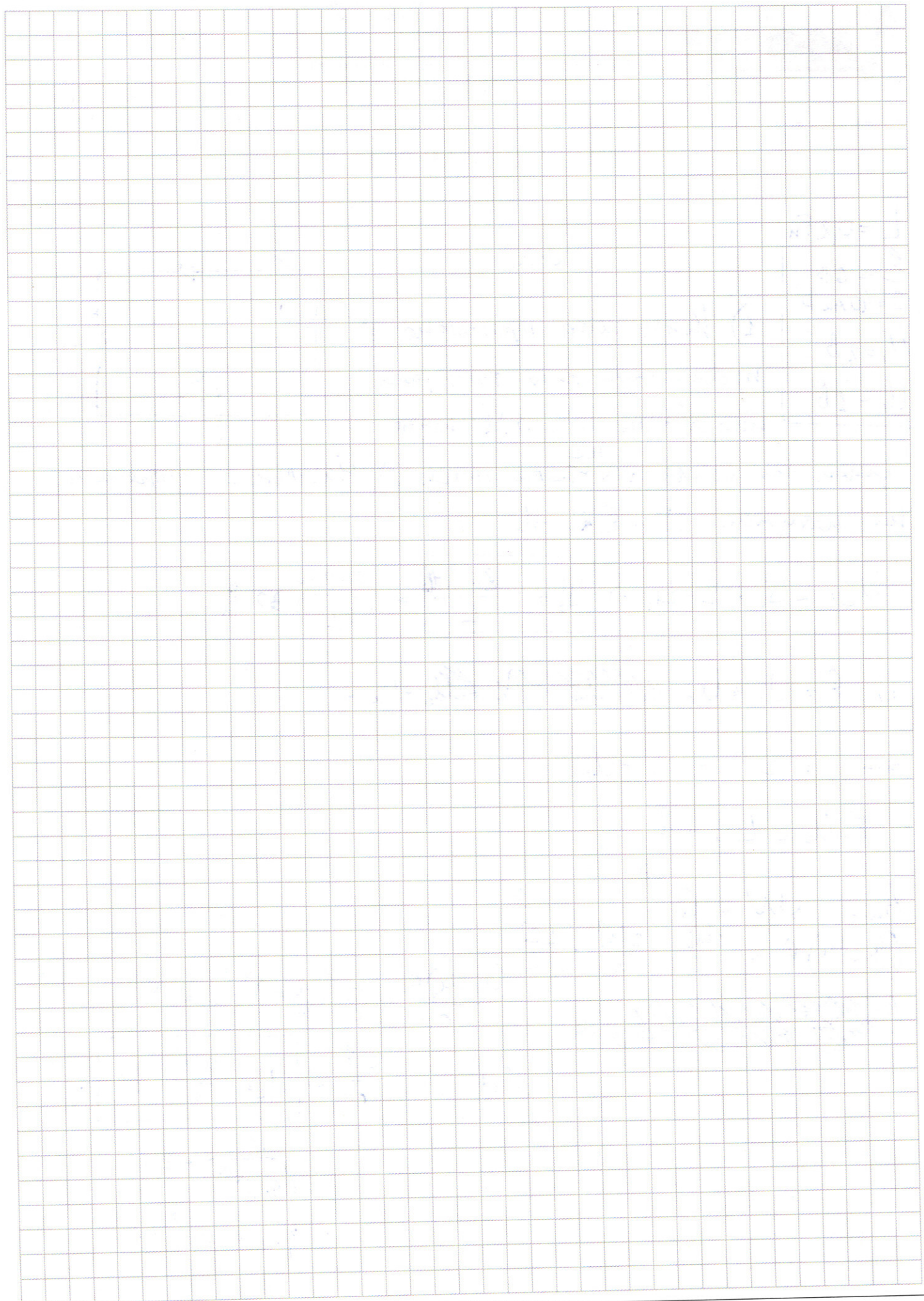
$$\cancel{\left(\frac{U_2}{C} - \frac{U_1}{C}\right) \mathcal{E} = \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} + \frac{L \mathcal{I}'^2}{2}}$$

$$\frac{(U_2 - U_1) \mathcal{E}}{C} = \frac{C}{2} (U_2^2 - U_1^2) + \frac{L \mathcal{I}'^2}{2}$$

$$U_1 + U_2 = \frac{2 \mathcal{E}}{C} \Rightarrow \boxed{U_2 = \frac{2 \mathcal{E}}{C} - U_1}$$

$$= \frac{12}{(4 \cdot 10^{-5})^2} - 2$$

$$= \frac{3}{4} \cdot 10^6 - 2 \approx 750000$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$pV = \nu RT$$

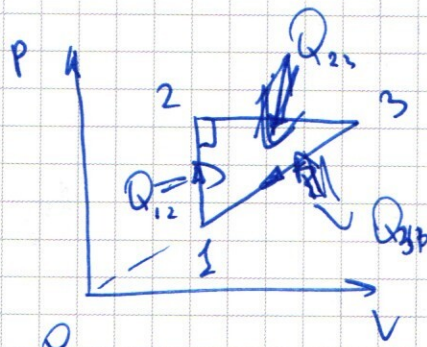
$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$C_p = \frac{3}{2} R$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_1 = \nu R T_2$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_3$$



$$A = Q_{23}$$

$$1) \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{C_p}{C_v} = \frac{3}{5}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) \quad \Delta U_{12} =$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{Q_{23} - Q_{31}}{Q_{12}} = 1 - \frac{Q_{31}}{Q_{12}}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1}$$

$$\frac{T_3}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{T_2 V_2}{T_1 V_1}$$

$$T_3 = T_2 \cdot \frac{V_2}{V_1}$$

$$Q_{31} = p_3 V_3 - p_1 V_1 =$$

$$= \nu R (T_3 - T_1)$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1)$$

$$Q_{\text{heat}} = Q_{12} + Q_{23} =$$

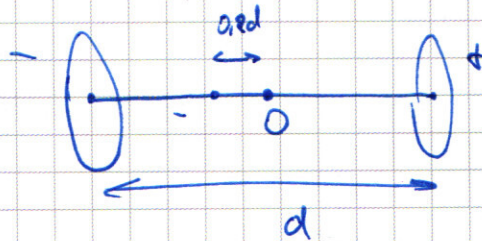
$$= \Delta U_{12} + \Delta U_{23} + A_{23} =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$\frac{0,3 \cdot 0,5^2 \cdot 5^3}{0,5^3 \cdot 3^{3/2}} = \frac{0,05 \cdot 5^3}{3^2} =$$

$$\frac{0,3 \cdot 0,5^2}{0,5^3 \cdot 3^{3/2}} \approx \frac{0,5^3}{0,5} = 0,5^2$$

$$g = \frac{|g|}{m}$$



Q. 6 B

$$U_n = L\gamma' = \xi + U_1$$

$$C = 40 \mu\text{F}$$

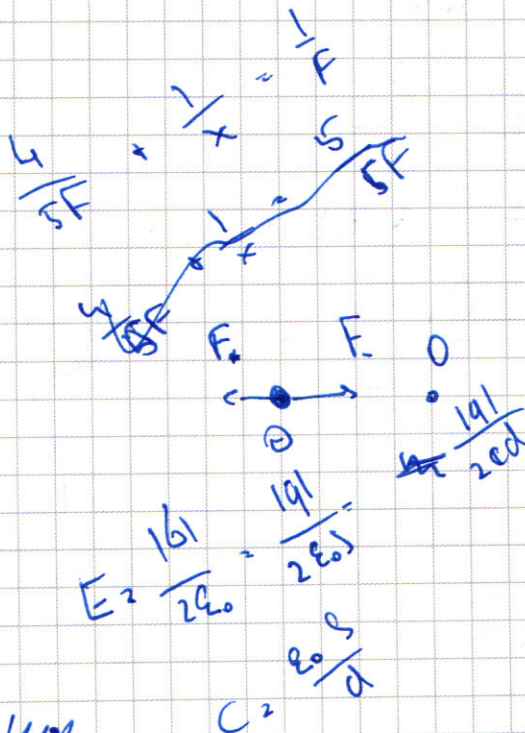
$$h_1 = 2\beta$$

$$L = 0,17n$$

$$U_0 \approx 1 \text{ B}$$

$$2) \quad \gamma'_n = \frac{\xi + \psi_1}{L} = \frac{6 + 2}{91} = 80$$

$$q_1 = \frac{U_1}{c}$$



$$\sum_{\alpha} L_{\alpha} + \frac{g}{c}$$

$$q = (E - L\omega') C$$

$$q' = \left(\begin{smallmatrix} L \\ c \end{smallmatrix} \right)' - \left(\begin{smallmatrix} L \\ \gamma c \end{smallmatrix} \right)' = -Lc' \cdot \gamma^n$$

$$E = \frac{q}{c}$$

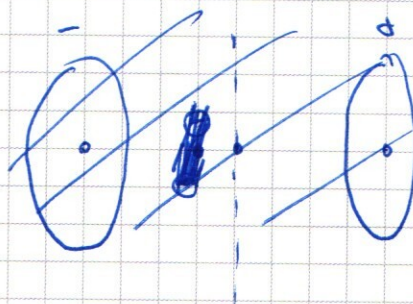
$$g = g_c$$

$g^1 = 0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.2

$$\begin{array}{r} 0.75 \\ \times 75 \\ \hline 525 \\ 5625 \\ \hline \end{array}$$



Д.и.