

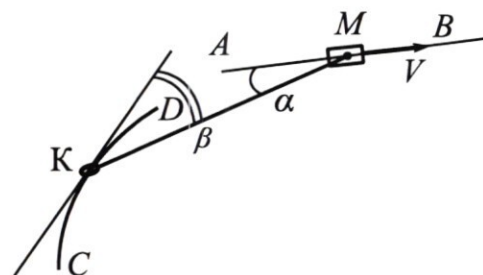
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-03

Класс 11

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К 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.



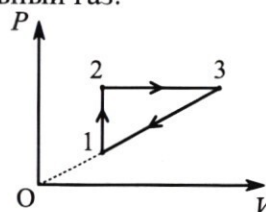
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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

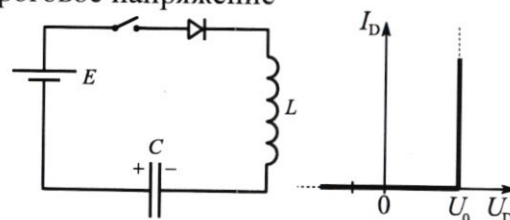
скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

- 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.

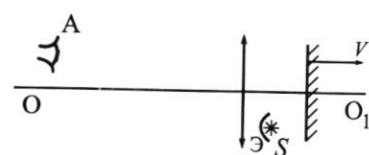


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник 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 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

№1

Дано:

$$v = 34 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

$$l = \frac{5R}{4}$$

$$\cos \alpha = \frac{15}{14}$$

$$\cos \beta = \frac{3}{5}$$

$$u = ?$$

$$2) |\vec{u} - \vec{v}| = ?$$

$$3) T = ?$$

дадим малое приращение
пути Δx , тогда по
закону сохранения энергии
имеем:

$$\Delta l = \frac{\Delta x \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha} = \frac{v \Delta t \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\text{Аналогично в м.к.} \Delta l_z = \frac{u \cdot \Delta t \cdot \cos \beta}{\cos \beta}$$

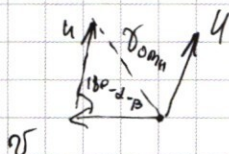
$$v \Delta t \cos \alpha = u \Delta t \cos \beta$$

$$u = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 34 \cdot \frac{15}{14 \cdot 3} = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) по тригону метрическим соотношениям
 $\angle(\vec{u}; \vec{v}) = \alpha + \beta$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{14} - \frac{8}{14} \cdot \frac{4}{5} = \frac{30 + 15 - 24}{5 \cdot 14}$$

$$= \frac{21}{5 \cdot 14}$$



по теореме косинусов:

$$v_{\text{отн}}^2 = u^2 + v^2 + 2uv \cos(\alpha + \beta)$$

$$v_{\text{отн}}^2 = 84^2 + 50^2 + 2 \cdot 34 \cdot 50 \cdot \frac{21}{5 \cdot 14}$$

$$v_{\text{отн}}^2 = 1156 + 2500 + 840$$

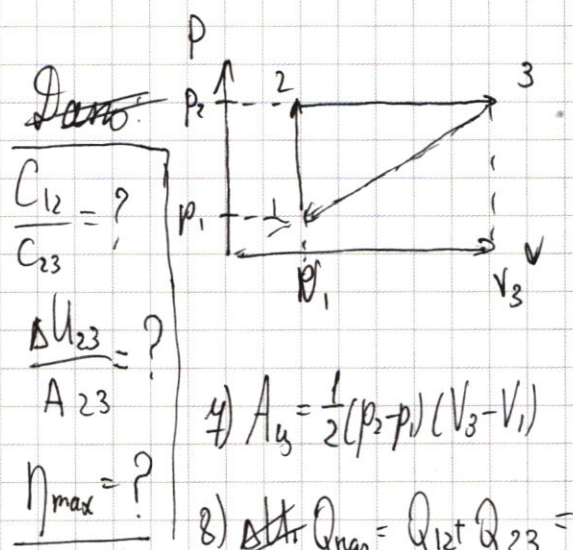
$$v_{\text{отн}}^2 = 4496 \Rightarrow v_{\text{отн}} = 4\sqrt{281} \approx 68 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

3) no ИЗМ.

$$T \cdot \cos(90^\circ - \beta) = m \frac{u^2}{R}$$

$$T = m \cdot \frac{u^2}{R \cdot \sin \beta} = 0,3 \cdot \frac{0,68^2}{0,53 \cdot 0,6} = \frac{1}{200} \frac{68 \cdot 68}{53}$$

Ответ: 1) $u = 50 \text{ км/ч}$ 2) $u_{\text{отн}} = 68 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ 3)



$\sqrt{2}$

$$1) \left. \begin{aligned} Q_{12} &= C_{12} \Delta T_{12} \\ Q_{12} &= \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} \end{aligned} \right\} \Rightarrow C_{12} = \frac{3}{2} R$$

$$2) \left. \begin{aligned} Q_{23} &= C_{23} \Delta T_{23} \\ Q_{23} &= \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + p_2 (V_3 - V_1) = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + \nu R \Delta T_3 = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_3 \end{aligned} \right\} \Rightarrow C_{23} = \frac{5}{2} R$$

$$\Rightarrow C_{23} = \frac{5}{2} R$$

$$3) \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$$

$$4) \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} = \frac{3}{2} p_2 (V_3 - V_1)$$

$$5) A_{23} = p_2 (V_3 - V_1)$$

$$6) \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} p_2 (V_3 - V_1)}{p_2 (V_3 - V_1)} = \frac{3}{2}$$

$$4) A_{12} = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_3 - V_1)$$

$$8) Q_{\text{max}} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} V_1 (p_2 - p_1) + \frac{5}{2} p_2 (V_3 - V_1)$$

m.r. $p_1 = k V_1$ и $p_2 = k V_3$, то

$$= \frac{3}{2} k V_1 (V_3 - V_1) + \frac{5}{2} p_2 (V_3 - V_1) = \frac{3}{2} (V_3 - V_1) \left(\frac{3}{2} p_1 + \frac{5}{2} p_2 \right)$$

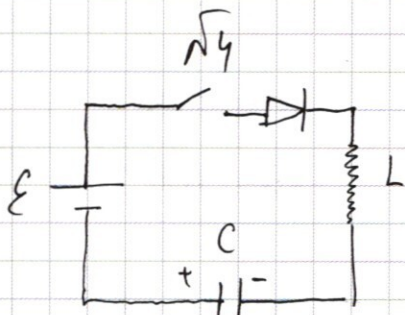
$$9) \eta = \frac{A}{Q_{\text{max}}} = \frac{\frac{1}{2} (V_3 - V_1) (p_2 - p_1)}{(V_3 - V_1) \left(\frac{3}{2} p_1 + \frac{5}{2} p_2 \right)} = \frac{p_2 - p_1}{\frac{3}{2} p_1 + \frac{5}{2} p_2}$$

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$ 2) $\frac{3}{2}$ 3) $\frac{p_2 - p_1}{\frac{3}{2} p_1 + \frac{5}{2} p_2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

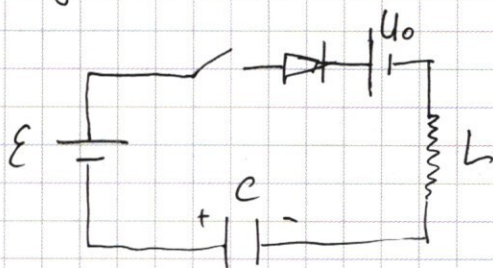
Дано:
 $\mathcal{E} = 6 \text{ В}$
 $C = 40 \text{ мкФ}$
 $U_1 = 2 \text{ В}$
 $L = 0,1 \text{ Гн}$
 $U_0 = 1 \text{ В}$

- 1) $\dot{I}$
- 2) I_{max}
- 3) U_2



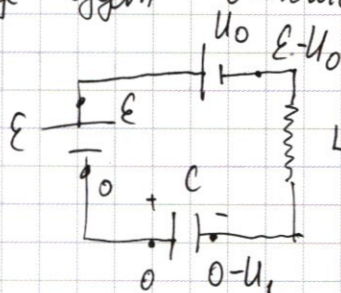
1) $U_L = \dot{I}_L \cdot L \Rightarrow \dot{I} = \frac{U_L}{L}$

представим экв. схему,:



теперь диод будет
идеальным

в нач. момент времени напряжение на
диоду будет больше U_0 , т.е.



метод
узловых потенциалов

воспользу-

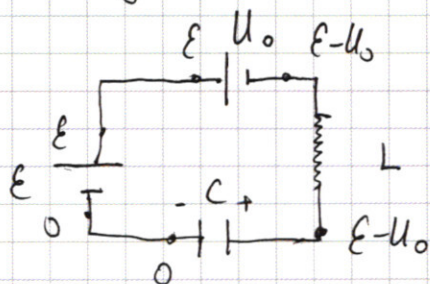
тогда

$$U_L = \mathcal{E} - U_0 + U_1$$

$$\dot{I} = \frac{\mathcal{E} - U_0 + U_1}{L} = \frac{6 - 1 + 2}{0,1} = 40$$

2)

2) когда в цепи $I_{\max}$, то $U_L = 0$



$$U_C = \varepsilon - U_0$$

Найдем ΔQ протекающего через источник

$$\Delta Q = \Delta U_C \cdot C = (\varepsilon - U_0 + U_1) \cdot C$$

3) тогда по закону ЗСЭ: $\Delta Q \varepsilon - \Delta Q U_0 + \frac{U_1 \cdot C U_1^2}{2} = \frac{C(\varepsilon - U_0 + U_1)^2}{2} + \frac{L I_{\max}^2}{2}$

$$2(\varepsilon - U_0 + U_1)(\varepsilon - U_0) \cdot C + C U_1^2 = C(\varepsilon - U_0 + U_1)^2 + L I_{\max}^2$$

$$2 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 40 \cdot 10^{-6} + 40 \cdot 10^{-6} \cdot 4 = 40 \cdot 10^{-6} \cdot 25 + 4 I_{\max}^2$$

~~$$2(\varepsilon + U_0 + U_1)(\varepsilon - U_0) \cdot C + \frac{C U_1^2}{2} = C(\varepsilon + U_0 + U_1)^2 + L I_{\max}^2$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C((2\varepsilon + 2U_0 + 2U_1)(\varepsilon - U_0) + U_1^2 - (\varepsilon + U_0 + U_1)^2)}{L}} = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}((12 + 2 + 4)(6 - 1) + 4 - (6 + 1 + 4)^2)}{0,1}}$$

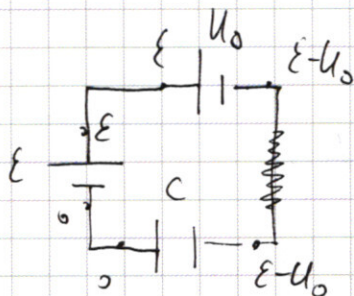
$$= \frac{2}{10^2} \sqrt{\frac{(18 \cdot 5 + 4 - 49)}{49}} = \frac{2 \sqrt{13}}{100} = 0,02 \sqrt{13} \text{ A}$$~~

$$0,1 I_{\max}^2 = 49 \cdot 40 \cdot 10^{-6} \Rightarrow I_{\max} = 4 \cdot 2 \cdot 10^{-2} = 0,14 \text{ A}$$

3) в уст. состоянии

$$I = \text{const} \Rightarrow U_L = 0$$

$$U_C = \text{const} \Rightarrow I = 0$$



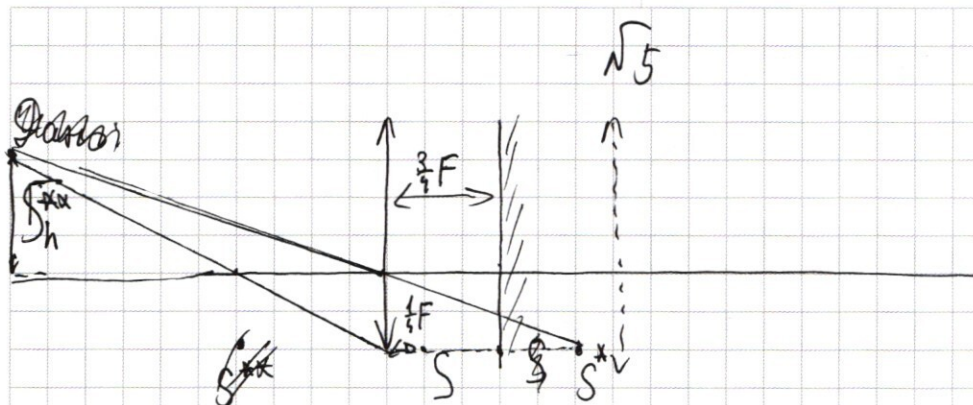
$$U_C = \varepsilon - U_0 = 6 - 1 = 5 \text{ В}$$

Ответ: 1) $I = 40$

2) $I_{\max} = 0,02 \sqrt{13} \text{ A} \quad 0,14 \text{ A}$

3) $U_C = 5 \text{ В}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Найдем, где будет находиться S^{**}

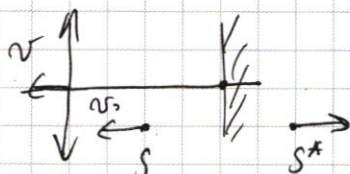
Очевидно, что p от линзы до S^* равняется $\frac{5}{4}F$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f_1}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{4}{5F} + \frac{1}{f_1}$$

$$\frac{1}{5F} = \frac{1}{f_1} \Rightarrow f_1 = 5F. \text{ Значит } \frac{h}{\frac{3}{4}F} = \Gamma = \frac{5F}{\frac{5F}{4}} \Rightarrow h = 3F$$

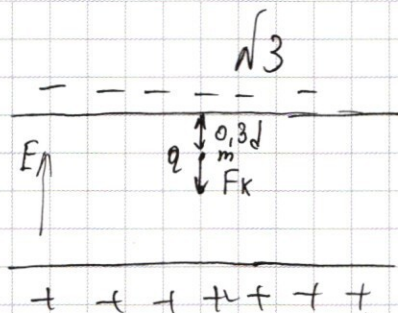
2) перейдем в ~~новую~~ систему отсчета связанную с зеркалом, тогда



перейдем в систему отсчета связанную с линзой обратно и найдем, что

v_{S^*} внешне равно $2v$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) по ЗСЭ

$$\frac{mv_1^2}{2} = E \cdot d \cdot q$$

$$mv_1^2 = 4 \cdot 0,4 \cdot E q$$

$$E = \frac{mv_1^2}{q \cdot 4 \cdot 0,4 d}$$

2)

по IIЗН:

$$E \cdot q = ma$$

$$\frac{mv_1^2}{2 \cdot 4 \cdot 0,4 d} = ma \Rightarrow a = \frac{v_1^2}{8 \cdot 4 \cdot 0,4 d}$$

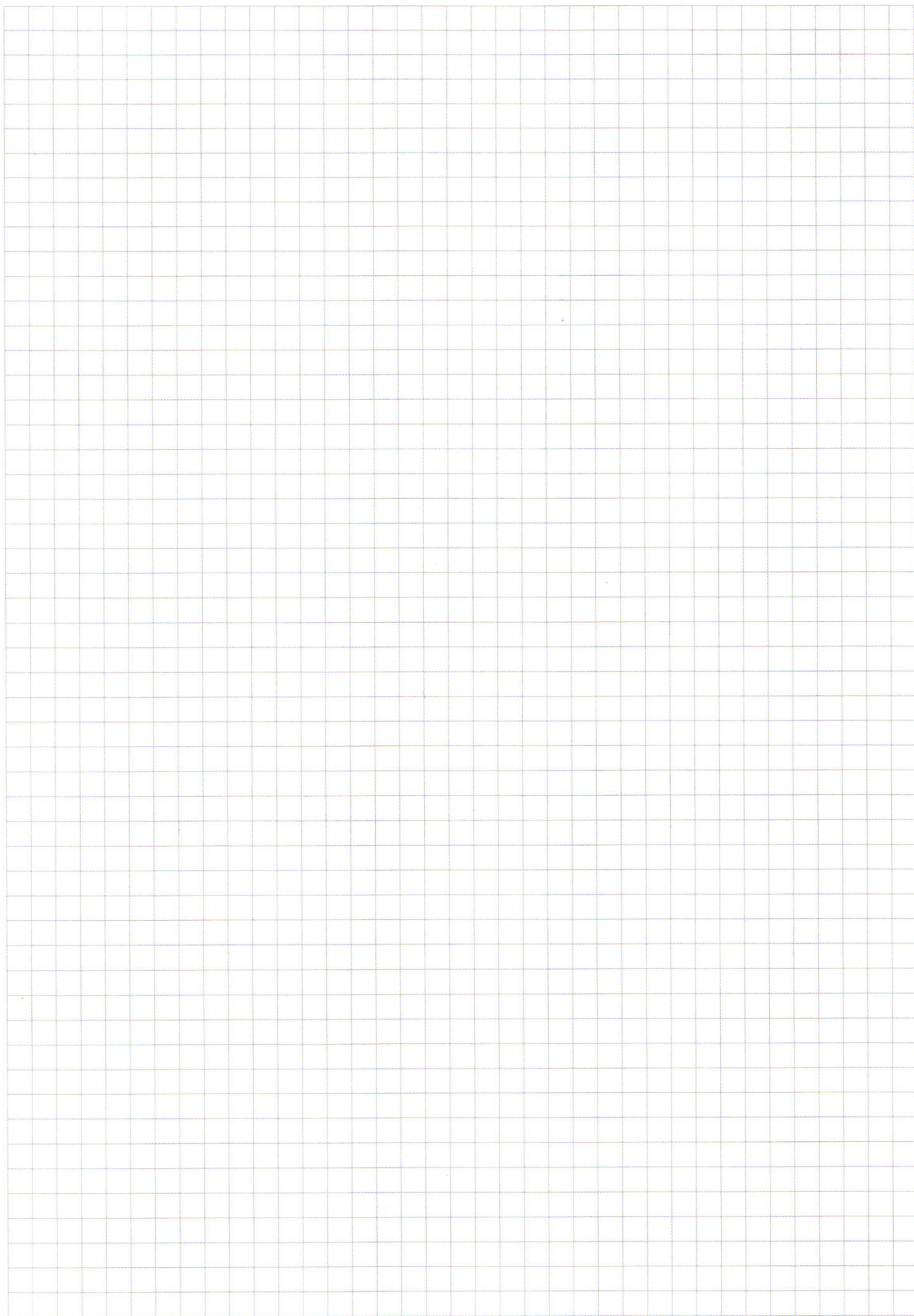
3)

$$0,4d = \frac{aT^2}{2}$$

$$0,4d = \frac{v_1^2 T^2}{8 \cdot 4 \cdot 0,4 d} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{(0,4d)^2 \cdot 4}{v_1^2}} = \frac{0,4d}{v_1} \sqrt{4}$$

4)

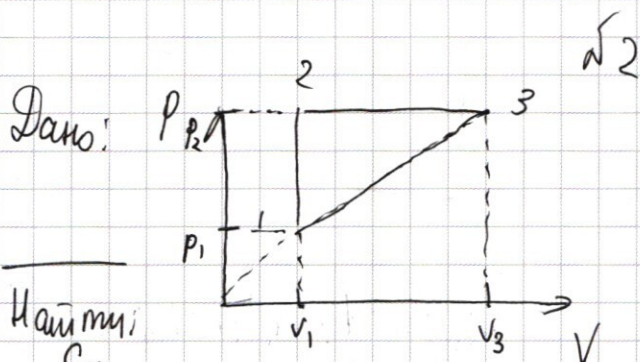
$$Q = C \cdot U = C \cdot E d = C \frac{mv_1^2}{q \cdot 4 \cdot 0,4} = C \frac{4v_1^2}{4 \cdot 0,4}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Найти:

1) $\frac{C_{12}}{C_{23}}$

2) $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}}$

3) $\rho = ?$

Решение:

1) 1)

$$\left. \begin{aligned} \Delta U_{12} &= C_{12} \cdot \Delta T_{12} \\ \Delta U_{12} &= \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} \end{aligned} \right\} \Rightarrow C_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

2) $\Delta T_{12} = \frac{P_2 V_1 - P_1 V_1}{\nu R}$

3) $C_{12} = \frac{3}{2} \frac{V_1 (P_2 - P_1)}{\Delta T_{12}}$

4) $\left. \begin{aligned} \Delta U_{23} &= C_{23} \cdot \Delta T_{23} \\ \Delta U_{23} &= \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} \end{aligned} \right\} \Rightarrow C_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}$

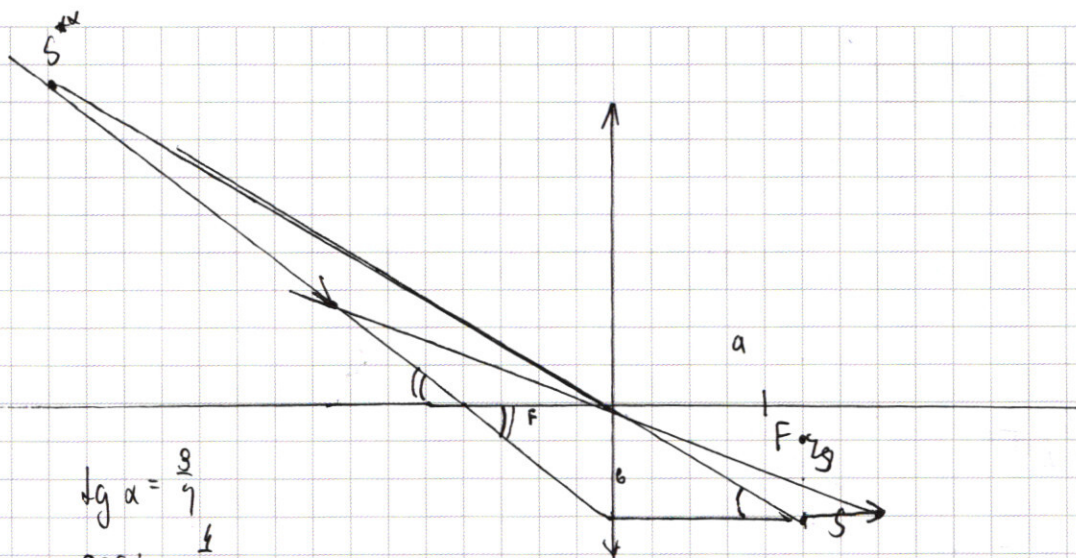
5) $\Delta T_{23} = \frac{P_2 V_3 - P_2 V_1}{\nu R}$

6) $C_{23} = \frac{P_2 (V_3 - V_1) \cdot 3}{\Delta T_{23} \cdot 2}$

7) $P_1 = k V_1$
 $P_2 = k V_2$

Значит, $C_{12} = \frac{3}{2} \frac{V_1 \cdot k (V_3 - V_1)}{\Delta T_{12}}$

8) $\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \frac{V_1 \cdot k (V_3 - V_1)}{\Delta T_{12}}}{\frac{3}{2} \frac{P_2 (V_3 - V_1)}{\Delta T_{23}} \cdot \frac{3}{2}} = \frac{V_1 \cdot k}{P_2} = \frac{P_1}{P_2}$



$$\text{tg } \alpha = \frac{4}{3}$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\Gamma^2 = \frac{v_x}{2v}$$

$$\left(\frac{5 \cdot 4}{5}\right)^2 = \frac{v_x}{2v}$$

$$16 = \frac{v_x}{2v}$$

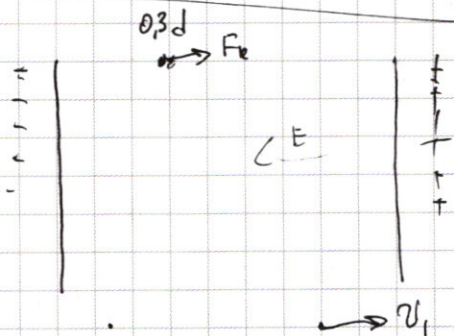
$$v_x = 32v \Rightarrow v = \frac{5}{4} \cdot 32v = 40v$$

$$2(E - U_0 + U_1)(E - U_0) \cdot C + CU_1^2$$

$$2(6 - 1 + 2)(6 - 1) \cdot C + C \cdot 4 = C \cdot (6 - 1)^2 + L I_{\text{max}}^2$$

$$44 - 25$$

3)



$$Q = CU = U \cdot Ed = CE d = \frac{4\pi\epsilon_0 d}{S} E d$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = E \cdot 0,4d \cdot e$$

$$E = \frac{5}{4} m v_1^2 d q$$

$$E \cdot q = ma \Rightarrow a = \frac{E}{q m} = \frac{5}{4} v_1^2 d$$

$$h = \frac{at^2}{2}$$

$$0,4d = a T^2 \Rightarrow 0,4d = \frac{E}{q m} T^2$$

$$0,4d = \frac{v_1^2 \cdot t^2}{1,4d}$$

$$t = \frac{d}{v_1} \cdot 0,2\sqrt{4}$$

$$Q = C \cdot U =$$

$$a = \frac{v_1}{t} \Rightarrow \frac{v_1^2}{t^2}$$

$$0,4d = \frac{v_1^2}{2a}$$

$$a = \frac{v_1^2}{1,4d}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

R
 $\rho = \frac{5R}{3}$
 $m = 0,31 \text{ кг}$
 $v = 34 \frac{\text{см}}{\text{с}}$
 $\cos \alpha = \frac{15}{14}$
 $\cos \beta = \frac{3}{5}$

$\sin \alpha = \frac{8}{14}$
 $\sin \beta = \frac{4}{5}$

$\frac{14}{14}$
 $\frac{14}{119}$
 $\frac{14}{289}$

225
 64

$\Delta x_1 = \Delta x_2$
 $\Delta x = \Delta x_1 = \Delta x_2$
 $\cos(\alpha + 2\beta) =$

$\cos \alpha \cos 2\beta - \sin \alpha \sin 2\beta =$
 $\cos \alpha (2 \cos^2 \beta - 1) - 2 \sin \alpha \sin \beta \cos \beta =$
 $= \frac{15}{14} \cdot \frac{2 \cdot \frac{9}{25} - 1}{25} - 2 \cdot \frac{8}{14} \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} =$
 $= -\frac{(15 \cdot 4 + 64 \cdot 3)}{14 \cdot 25} =$

$C_{23} \cdot v \cdot \Delta t$
 $95 + 180 + 12 = 287$
 $C_{12} = \frac{3}{2} (p_2 - p_1) V$
 $\Delta x = \frac{v \cdot \Delta t \cdot \cos \alpha}{1}$
 $\Delta x = u \cdot \Delta t \cdot \cos \beta$
 $v \cos \alpha = u \cos \beta$
 $u = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 34 \cdot \frac{15 \cdot 5}{14 \cdot 3} = 50$

$C_{23} \cdot v = \frac{3}{2} p_2 \Delta t + p_2 (V_3 - V_1)$
 $\frac{3}{2} p_2 (V_3 - V_1) + p_2 (V_3 - V_1)$
 $C_{23} = \frac{5}{2} p_2 (V_3 - V_1)$
 $\frac{3}{5} \cdot \frac{p_1}{p_2}$
 $4496 = 8 \cdot 562$
 $= 8 \cdot 4496 \cdot 2 \cdot 281$

2)

$\begin{array}{r} 1156 \\ 840 \\ \hline 1996 \end{array}$
 $\begin{array}{r} 1996 \\ 2500 \\ \hline 4496 \end{array}$
 $\begin{array}{r} 1 \\ 34 \\ \times 34 \\ \hline 136 \\ 102 \\ \hline 1156 \end{array}$

№21

$$\Delta U = \Delta T C \cdot V$$

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

$$\Delta T = \frac{p_2 (V_3 - V_1)}{V R}$$

$$Q_{23} = \Delta T \left(\frac{3}{2} V R \Delta T + p_2 (V_3 - V_1) \right) = \frac{3}{2} p_2 (V_3 - V_1) + p_2 (V_3 - V_1) =$$

$$= \frac{5}{2} p_2 (V_3 - V_1) = \frac{5}{2} V R \Delta T$$

$$2) \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} p_2 (V_3 - V_1)}{p_2 (V_3 - V_1)} = \frac{3}{2}$$

$$3) A = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_3 - V_1) = \frac{1}{2} k (V_3 - V_1)^2$$

$$Q_{наг} = \frac{3}{2} V_1 (p_2 - p_1) + \frac{5}{2} p_2 (V_3 - V_1) = R (V_3 - V_1) \left(\frac{3}{2} V_1 + \frac{5}{2} p_2 \right) =$$

$$= \frac{\frac{1}{2} V_3 - V_1}{\frac{3}{2} V_1 + \frac{5}{2} p_2} = \frac{V_3 - 2V_1}{3V_1 + 5p_2} = \frac{V_3 - 2V_1}{3V_1 + 5kV_3} (V_3 - V_1) \left(\frac{3}{2} \frac{p_1}{V_3} + \frac{5}{2} \frac{p_2}{kV_3} \right) =$$

$$\eta = - \frac{(V_3 - 2V_1) \cdot 5V_3}{(V_3 - V_1) \left(\frac{3}{2} V_3 + \frac{5}{2} kV_3 \right)} =$$

$$\frac{V_3 - 2V_1}{3V_1} = \frac{1}{3} \frac{V_3}{V_1} - \frac{2}{3}$$

$$\frac{\frac{1}{2} (p_2 - p_1)}{\frac{3}{2} p_1 + \frac{5}{2} p_2} = \frac{p_2 - p_1}{3p_1 + 5p_2}$$

скажем $p_2 = a p_1$, тогда

$$p_2 = p_1 + \Delta$$

$$\frac{p_1 (a - 1)}{(3 + 5a)p_1} =$$

$$\frac{\Delta}{8p_1 + 5\Delta}$$

$$\frac{a - 1}{3 + 5a} = \eta$$

$$\eta = \frac{8p_1 + 5\Delta - 5\Delta}{8p_1 + 5\Delta} =$$

$$\eta'_{calc} = \frac{3 + 5a - 5a + 5}{(3 + 5a)^2} = \frac{8}{3 + 5a}$$

$$(E + u_0 + u_1)(E - u_0) + u_1^2 - (E + u_0)^2 = (6 + 1 + 2)(6 - 1) + 4 - 49$$