

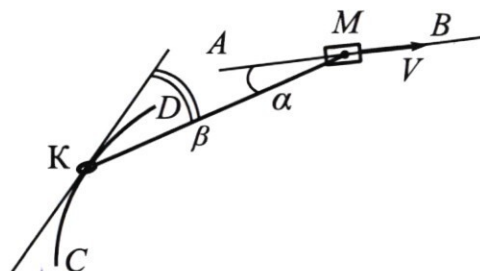
Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 11

Вариант 11-03

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

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.



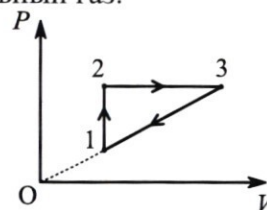
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

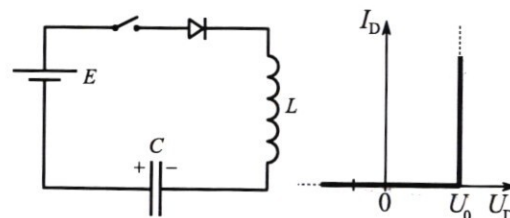
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

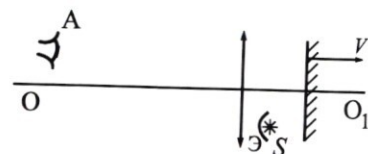


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

N 5 Дано:

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

$$d^* = \frac{F}{4}$$

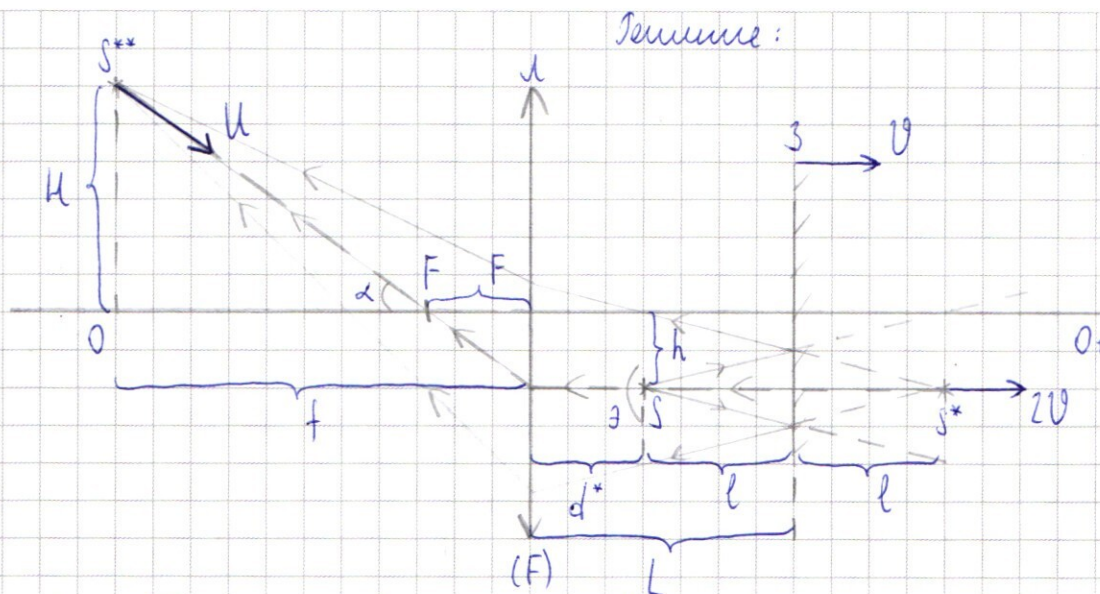
$$L = \frac{3}{4} F$$

Найти:

1) f

2) α

3) U



1) Предмет S - действ. для зеркала. Его изображение S^* будет мнимым, прямым и в 5 раз.
 $l = L - d^* = \frac{3}{4} F - \frac{F}{4} = \frac{F}{2}$

Теперь S^* - действ. предмет для линзы. Находится на расстоянии d от линзы.

$$d = L + l = \frac{3}{4} F + \frac{F}{2} = \frac{5}{4} F > F$$

Формула тонкой линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \rightarrow f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{F \cdot \frac{5}{4} F}{\frac{5}{4} F - F} = 5F$

2) Отн. зеркала P и U движ. с одинак. скоростью.

СО зеркала:

СО земли: $\vec{v}_{обс} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{зер}$

$$v_{обс} = v + v = 2v$$

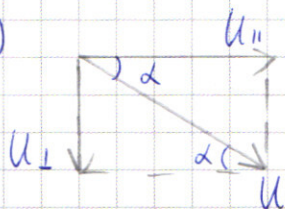
Скорости предмета и его изображения в L пересекаются в одной точке в м-сти линзы (показано на рисунке)

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{5F}{\frac{5}{4} F} = 4$$

$$\Gamma = \frac{H}{h} \rightarrow H = \Gamma h = 3F$$

Луг, соединяющий продолжение скоростей на миге, после прохода через мигу идет через F , т.к. $\frac{3}{5}$ мигу $\sin \alpha = \frac{3}{5}$; $\cos \alpha = \frac{4}{5}$.
 $\Rightarrow \tan \alpha = \frac{H}{f-F} = \frac{3F}{5F-F} = \frac{3}{4}$ $\left(\begin{matrix} \sin \alpha = \frac{3}{5} \\ \cos \alpha = \frac{4}{5} \end{matrix} \right)$
 $\tan \alpha = \frac{3}{4}$.

3) $U_{||} = U \cdot \cos \alpha = \frac{4}{5} U$



$$U_{||} = \Gamma^2 \cdot 2V = 16 \cdot 2V = 32V$$

$$U = \frac{5U_{||}}{4} = \frac{5 \cdot 32V}{4} = 40V$$

Ответ: 1) $f = 5F$; 2) $\tan \alpha = \frac{3}{4}$; 3) $U = 40V$.

N 3

Дано:

d, S

$0,3d$

$q < 0$

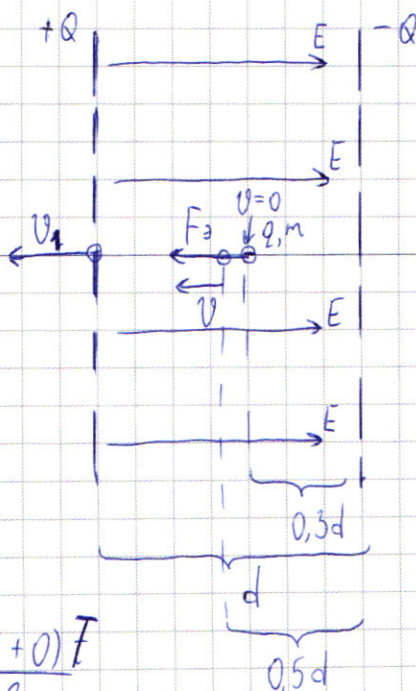
v_1

$$f = \frac{121}{m}$$

1) T 2) Q

3) v_2

$$U=0$$



$$1) 0,2d = \frac{(v+0)T}{2}$$

$$vT = 0,4d$$

$$0,2d \cdot q \cdot 2 = v^2 - 0^2 \rightarrow 0,4dq = v^2$$

$$2) 0,7d \cdot 2q = v_1^2 - 0^2 \rightarrow 1,4dq = v_1^2 \Rightarrow q = \frac{v_1^2}{1,4d} = \frac{5v_1^2}{7d}$$

$$v = \sqrt{\frac{2}{5}dq} = \sqrt{\frac{2 \cdot d \cdot 5v_1^2}{5 \cdot 7 \cdot d}} = \sqrt{\frac{2v_1^2}{7}} \approx \frac{2}{3}v_1$$

$$T = \frac{2d}{5v} \approx \frac{2d \cdot 3}{5 \cdot 2v_1} \approx \frac{3d}{5v_1}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) 23H: $E|q| = mQ$; $E = \frac{Q}{2\epsilon S} + \frac{Q}{2\epsilon S} = \frac{Q}{\epsilon S}$

$$E = \frac{mQ}{|q|} = \frac{1}{d} \cdot \frac{50V_1^2}{7d} = \frac{50V_1^2}{7fd}$$

$$\frac{50V_1^2}{7fd} = \frac{Q}{\epsilon S} \Rightarrow Q = \frac{50V_1^2 \epsilon S}{7fd}$$

4) 3C3 (от нач. хлоп. до ∞): $0 + (-4.9) = \frac{mV_2^2}{2} + 0$

$$4.9 = \frac{Q}{2\epsilon S} \cdot 0.3d + \frac{Q}{2\epsilon S} \cdot 0.7d = \frac{Qd}{2\epsilon S}$$

$$\frac{-Qd}{2\epsilon S} = \frac{mV_2^2}{2} \rightarrow \frac{Qd}{\epsilon S} = V_2^2 \rightarrow V_2 = \sqrt{\frac{4.9}{\epsilon S}} \cdot \frac{50V_1^2 \epsilon S}{7fd}$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{5}{7}} \cdot V_1 \approx \frac{2}{3} V_1$$

Ответ: 1) $T \approx \frac{3d}{50V_1}$; 2) $Q \approx \frac{50V_1^2 \epsilon S}{7fd}$ 3) $V_2 \approx \frac{2}{3} V_1$.

N 4 Дано:

$$\mathcal{E} = 6 \text{ В}$$

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

$$L = 0.1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

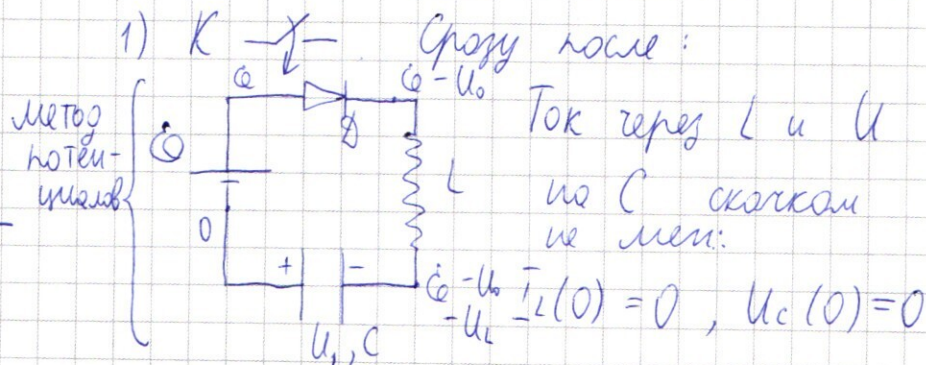
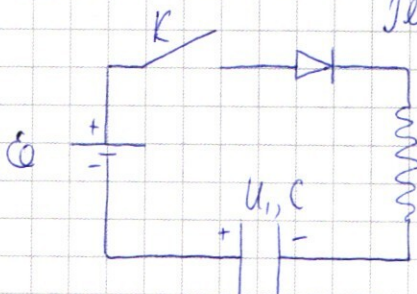
Найти:

1) $\bar{I}$ сразу после $\rightarrow$

2) $\bar{I}_{\max}$ после $\rightarrow$

3) $U_2(C)$ после $\rightarrow$

Решение:

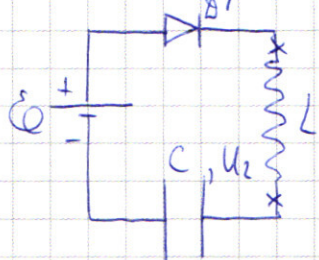


$$\mathcal{E} - U_0 - U_L = -U_1$$

$$U_L = \mathcal{E} + U_1 - U_0, \quad U_L = L \dot{I}'$$

$$\dot{I}' = \frac{\mathcal{E} + U_1 - U_0}{L} = \frac{6 + 2 - 1}{0,1} = 70 \text{ y.c.e.g.}$$

3) y.c.m. pеpeчи:



$$\dot{I} = \dot{I}_{\text{max}} \quad \dot{I} = 0 \Rightarrow U_L = 0, \quad U_0 = 0$$

$$U_2 = \mathcal{E} = 6 \text{ B.}$$

Отвeт: 1) $\dot{I}' = 70 \text{ y.c.e.g.}$; 2) — ; 3) $U_2 = \mathcal{E} = 6 \text{ B.}$

N 2 дано:

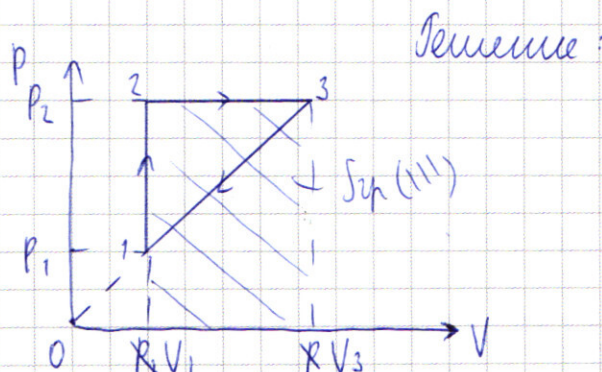
$$i = 3$$

Найти:

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

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

$$3) \eta_{\text{max}}$$



$$1-2) Q_{12} = U_2 - U_1 + A_{12}, \quad A_{12} = 0$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1 \quad T \uparrow \uparrow$$

$$U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = C_{12} \nu (T_2 - T_1) \rightarrow C_{12} = \frac{3}{2} R$$

$$2-3) Q_{23} = U_3 - U_2 + A_{23}, \quad U_3 - U_2 = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$A_{23} = +S_{\text{Th}} = P_2 (V_3 - V_1) = P_2 V_3 - P_2 V_1$$

$$P_2 V_{21} = \nu R T_2, \quad P_2 V_3 = \nu R T_3$$

$$A_{23} = \nu R (T_3 - T_2) \rightarrow Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) = C_{23} \nu (T_3 - T_2)$$

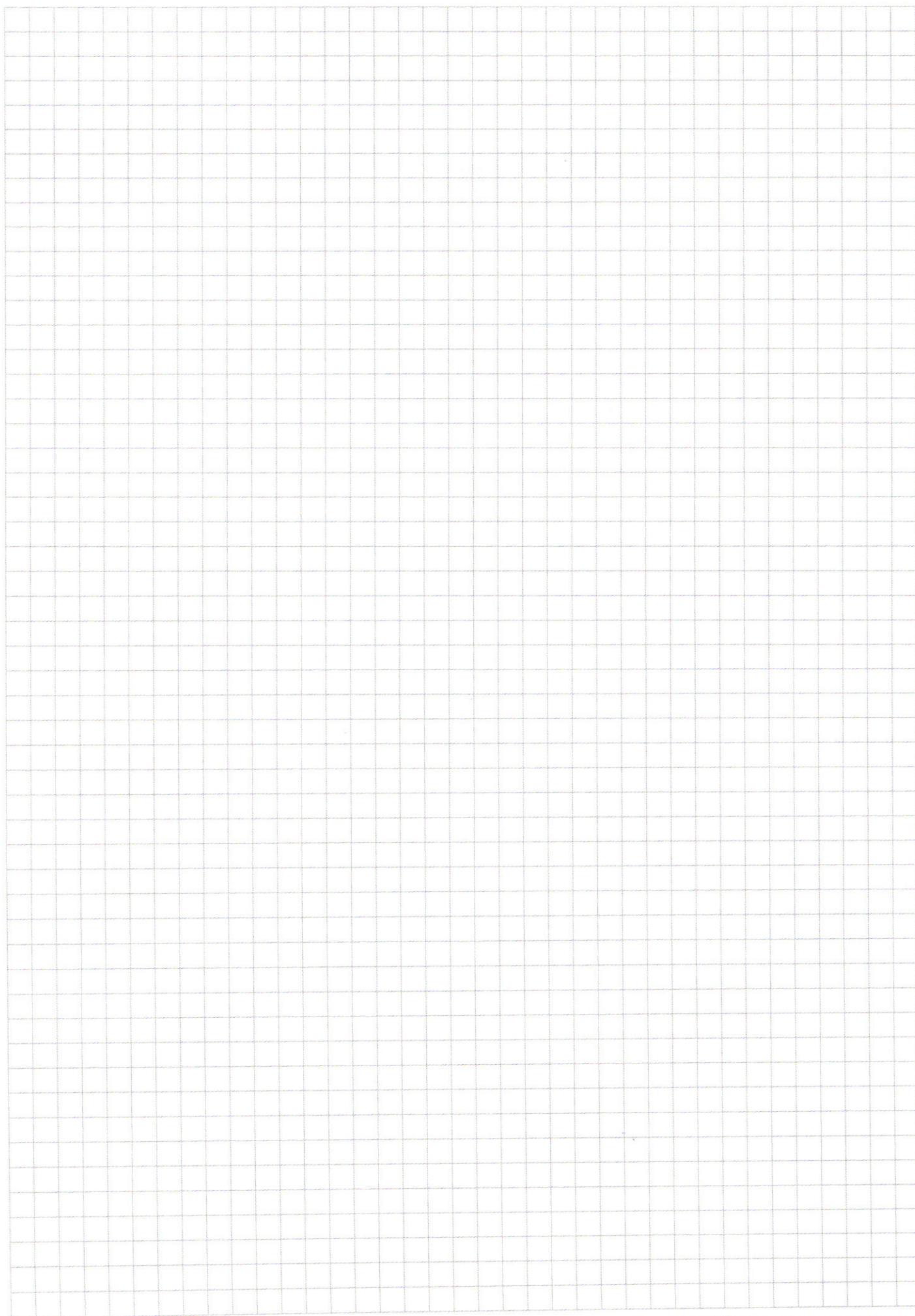
$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5} \quad C_{23} = \frac{5}{2} R$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) 2-3 - изобаря

$$\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \cancel{2R} (T_3 - T_2)}{\cancel{2R} (T_3 - T_2)} = \frac{3}{2}$$

Ответ: 1) $\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5}$ 2) $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{3}{2}$ 3) —



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5

$F(\downarrow)$

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

$$d^* = \frac{F}{4}$$

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

f

L

h

1)

S^* - миним. U при S

S^* - действ. A при L

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{L+l} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{L+l} \rightarrow f = \frac{(L+l)F}{L+l-F} = \frac{\frac{5}{4}F \cdot F}{\frac{1}{4}F} = \underline{\underline{5F}}$$

$$f = \frac{f}{d} = \frac{5F \cdot \frac{1}{4}}{\frac{1}{4}} = 5F$$

$$d = L+l = \frac{3}{4}F + \frac{1}{4}F = \frac{5}{4}F$$

U S^* - Q , ув. перем.

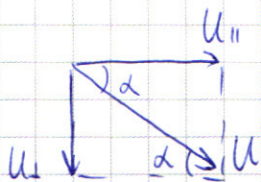
$$\Gamma = \frac{H}{h} \Rightarrow k = \Gamma h = 4k = 3F$$

CO зеркала:

В CO миним $U^* = 2V$

$$\sin \alpha = \frac{3}{5}, \cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\sin \alpha = \frac{3}{5}, \cos \alpha = \frac{4}{5}$$



$$U_{||} = U \cdot \cos \alpha = \frac{4}{5} U$$

$$U_{\perp} = U \sin \alpha = \frac{3}{5} U$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

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

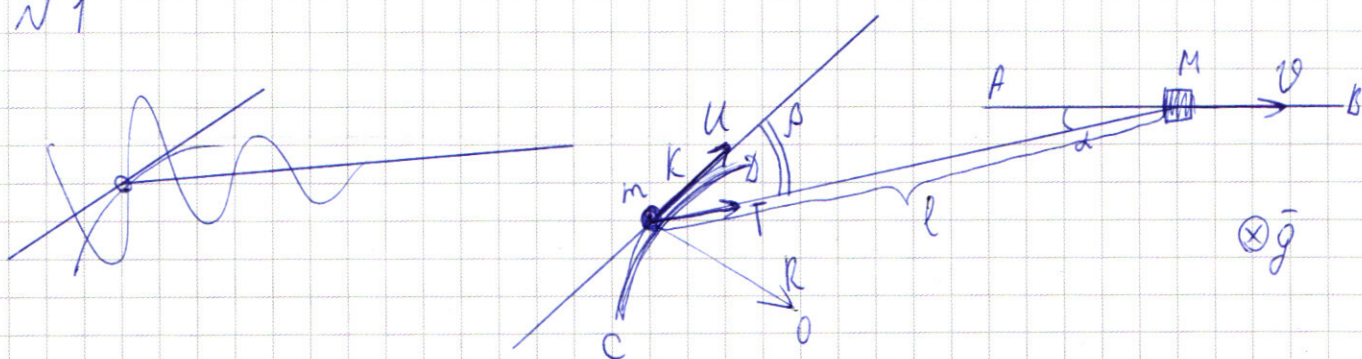
$$\Gamma = 4$$

$$U_{||} = \Gamma^2 \cdot 20 = 16 \cdot 20 = 320$$

$$\text{then } \frac{U_{\perp}}{U_{||}} = \tan \alpha = \frac{3}{4} \rightarrow U_{\perp} = U_{||} \cdot \frac{3}{4} = \left(\frac{4}{5} U \right) \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{5} U$$

$$U_{||} = \frac{4}{5} U = 320 \rightarrow U = \frac{32 \cdot 50}{4} = \underline{\underline{400}}$$

N 1



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

Дано:

$$F$$

$$d^* = \frac{3F}{4}$$

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

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

Найти:

- 1) f
- 2) α
- 3) U

Решение:

№ 3

$R \gg d$

$\frac{121}{m} = \gamma$

(U) (S)

234: $F_x = m a_x$

$E q = m a_x$

$a_x = \frac{v_1 - 0}{t} = \frac{v_1}{t}$

3СЭ: (1 → 2)

$0,2d = \frac{(0 + v)T}{2}$

$0,4d = vT$

$0 + \gamma_0 q = \frac{mv^2}{2} + \gamma_1 q$

$(\gamma_0 - \gamma_1)q = \frac{mv^2}{2}$

$-E \cdot 0,2d q = \frac{mv^2}{2}$

$v^* = \sqrt{\frac{-0,4 E d q}{m}}$

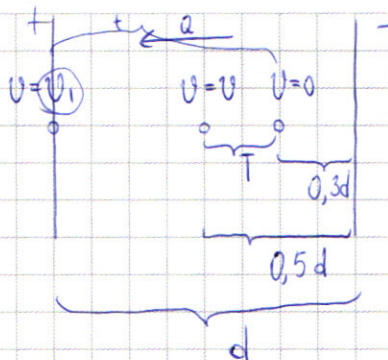
$E = 2 \cdot \frac{Q}{2 \cos \theta} = \frac{Q}{\cos \theta}$

$q < 0$

$d = \frac{-q}{m}$

$$0,7d$$

$$1,4 = 1\frac{4}{10} = 1\frac{2}{5}$$



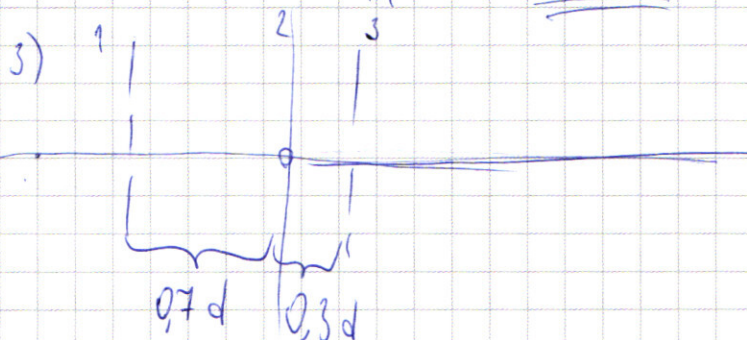
$$2) |E| = mQ$$

$$|E| = m \cdot \frac{v_1^2}{1,4d}$$

$$E = \frac{mv_1^2}{2 \cdot 1,4d}$$

$$E = \frac{5mv_1^2}{14d} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$Q = \frac{5mv_1^2 \epsilon_0 S}{14d} = \frac{5v_1^2 \epsilon_0 S}{14d}$$



$$3CT: \varphi_{\infty} + \frac{mv^2}{2} = 0 + \varphi_2$$

$$\varphi_0 = \frac{E}{2} \cdot 0,3d + \frac{E}{2} \cdot 0,7d$$

$$\varphi = \frac{kQ}{R} \quad E = \frac{kQ}{R^2} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$1) 0,2d = \frac{(U+0)T}{2}$$

$$UT = 0,4d$$

$$0,2d \cdot 2Q = v^2$$

$$2) 0,7d \cdot 2Q = v_1^2$$

$$0,7d \cdot 2Q = v_1^2$$

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

$$v = \sqrt{+0,4Ed} \quad \frac{2}{7} \approx \sqrt{\frac{4}{49}}$$

$$v^2 = 0,4dQ \quad \sqrt{\frac{4}{49}} = \frac{2}{7}$$

$$v = \sqrt{0,4dQ} =$$

$$= \sqrt{\frac{0,4d \cdot v_1^2}{1,4d}} = \sqrt{\frac{2v_1^2}{7}} = v_{1,7}$$

$$T = \frac{0,4d}{v} = \frac{0,4d}{v_1} \sqrt{\frac{7}{2}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 2

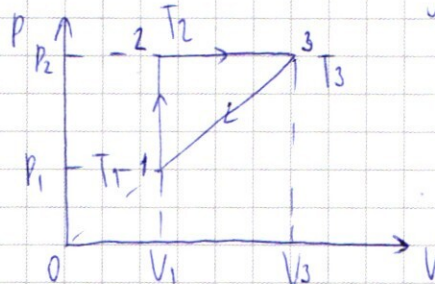
$i = 3$

дотн. С

2) $P = \text{const}$

$\frac{\Delta U}{A}$

3) η_{max}



Решение:

1-2 - изохора

2-3 - изобара

3-1 - прямо-линейн. пот V

①

1-2) $V = \text{const}$, $P \uparrow \uparrow$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad T \uparrow \uparrow$$

2-3) изобара $P = \text{const}$, $V \uparrow \uparrow$

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \quad T \uparrow \uparrow$$

$$1-2) \quad Q_{12} = U_2 - U_1 + A_{12}^{\text{изох}} = 0, \quad U_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1, \quad U_2 = \frac{3}{2} \nu R T_2$$

$$Q_{12} = C_{12} (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) \rightarrow C_{12} = \frac{3}{2} R$$

$$2-3) \quad Q_{23} = U_3 - U_2 + A_{23}, \quad U_3 - U_2 = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$A_{23} = P_2 (V_3 - V_1) = P_2 V_3 - P_2 V_1 = \nu R T_3 - \nu R T_2 = \nu R (T_3 - T_2)$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) = C_{23} (T_3 - T_2)$$

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

$$P_2 V_1 = \nu R T_2$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_3 = \nu R T_3$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5}$$

$$Q_u = Q_{12} + Q_{23}$$

$$Q_x = -Q_{31}$$

② 2-3) изобара $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{\nu R (T_3 - T_2)} = \frac{3}{2}$

③ $\eta = \frac{Q_u - Q_x}{Q_u}$

3-1) $\frac{P_2}{V_3} = \frac{P_1}{V_1}$

$$Q_{31} = U_3 - U_1 + A_{31} =$$

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

$$A_{31} = \frac{1}{2} (P_1 + P_2) (V_3 - V_1) = \frac{1}{2} (P_1 V_3 - P_1 V_1 + P_2 V_3 - P_2 V_1) = \frac{1}{2} (P_2 V_3 - P_1 V_1) = \frac{1}{2} \nu R (T_3 - T_1)$$

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

$$Q_x = -2\gamma R (T_3 - T_1)$$

$$Q_u = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2}\gamma R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2}\gamma R (T_3 - T_2)$$

$$\eta = \frac{Q_u - Q_x}{Q_u} = 1 - \frac{Q_x}{Q_u} = \frac{\frac{3}{2}\gamma R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2}\gamma R (T_3 - T_2) + 2\gamma R (T_3 - T_1)}{\frac{3}{2}\gamma R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2}\gamma R (T_3 - T_2)} =$$

$$= 1 + \frac{2\gamma R (T_3 - T_1)}{\frac{3}{2}\gamma R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2}\gamma R (T_3 - T_2)} = 1 + \frac{4T_3 - 4T_1}{3T_2 - 3T_1 + 5T_3 - 5T_2} =$$

$$= 1 + \frac{4T_3 - 4T_1}{5T_3 - 3T_1 - 2T_2}$$

N4

$$\mathcal{E} = 6 \text{ В}$$

$$C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

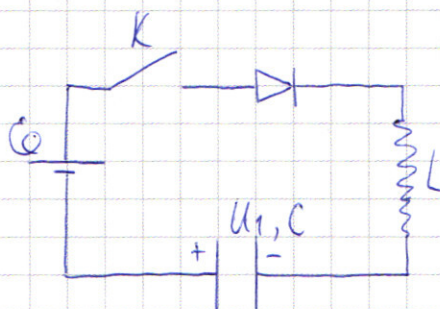
$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

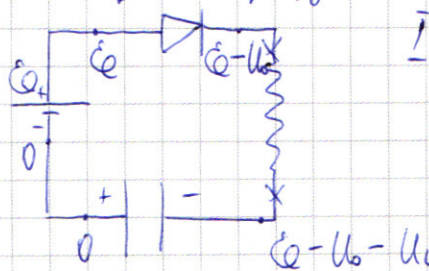
$\bar{I}'$ сразу после $\swarrow$

$\bar{I}_{\max}$ после $\rightarrow$

U_2 (тум) после $\swarrow$



1) $K \rightarrow$ Сразу после замыкания K



$$\bar{I}_L(0) = 0$$

$$U_C(0) = U_1$$

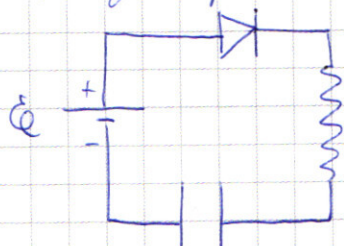
$$\mathcal{E} - U_0 - U_L = -U_1$$

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

$$U_L = L \left| \frac{d\bar{I}_L}{dt} \right| = L \bar{I}'$$

2) ~~Уст. режим~~ $\bar{I}_{\max} = \bar{I}$ $\bar{I}' = \frac{\mathcal{E} - U_0 + U_1}{L} = \frac{6 - 1 + 2}{0,1} = 70 \text{ А/с}$

$$\bar{I}_L = \bar{I}_{\max} \rightarrow U_L = 0, U_C = 0, U_2 = 0$$



$$\mathcal{E} - U_0 - U_L = 0$$

(?)

$\bar{I} = 0$ есть ли U_2 ?

$$U_2 = \mathcal{E}$$

3) Уст. режим.

