

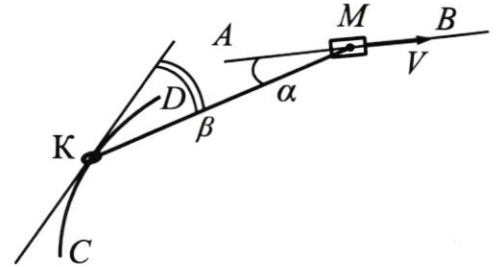
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-02

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



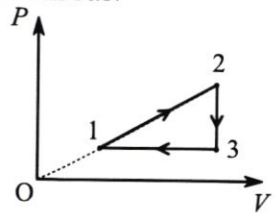
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 понижение температуры газа.

2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.

2) Найдите напряжение U на конденсаторе.

3) Найдите скорость V_0 частицы 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.

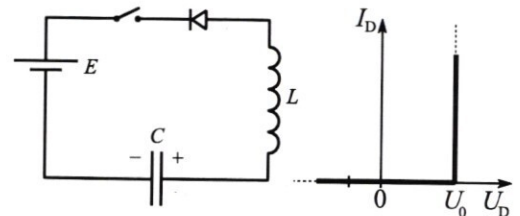
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

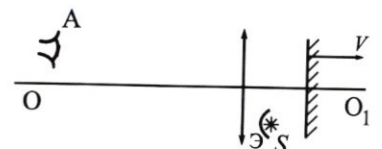


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F 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

Задача №5

F, U

$$h = \frac{8}{15}F$$

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

$$L = F$$

1) $f = ?$

2) $d = ?$

3) $U = ?$

$$1) d = \frac{F}{3} + (F - \frac{F}{3}) \cdot 2 = \frac{F}{3} + \frac{4}{3}F = \frac{5}{3}F$$

$$2) \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} \Rightarrow f = \frac{d \cdot F}{d - F}$$

$$f = \frac{\frac{5}{3}F^2}{\frac{5}{3}F - F} = \frac{5 \cdot 3}{3 \cdot 2}F = \frac{5}{2}F \Rightarrow \boxed{f = \frac{5}{2}F}$$

3) Найдём скорость изображения в проекции на ось, параллельную OO_1 ($U_{s''||}$)

$$U_{s'} = 2U \Rightarrow U_{s''||} = U_{s'} \cdot \Gamma^2$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{5 \cdot 3}{2 \cdot 5} \Rightarrow \Gamma = \frac{3}{2}$$

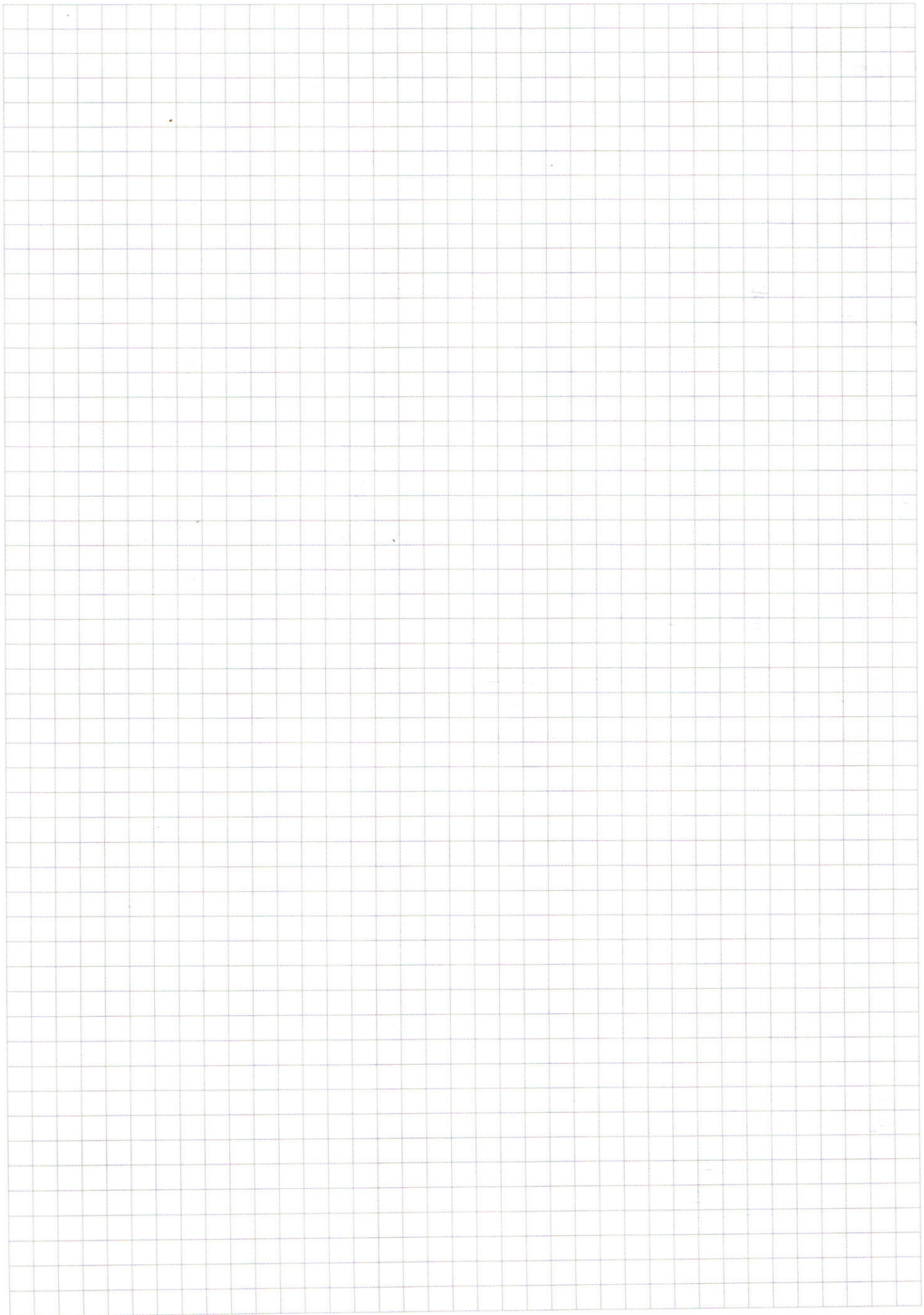
$$U_{s''||} = 2U \cdot \frac{9}{4} \Rightarrow U_{s''||} = 4,5U$$

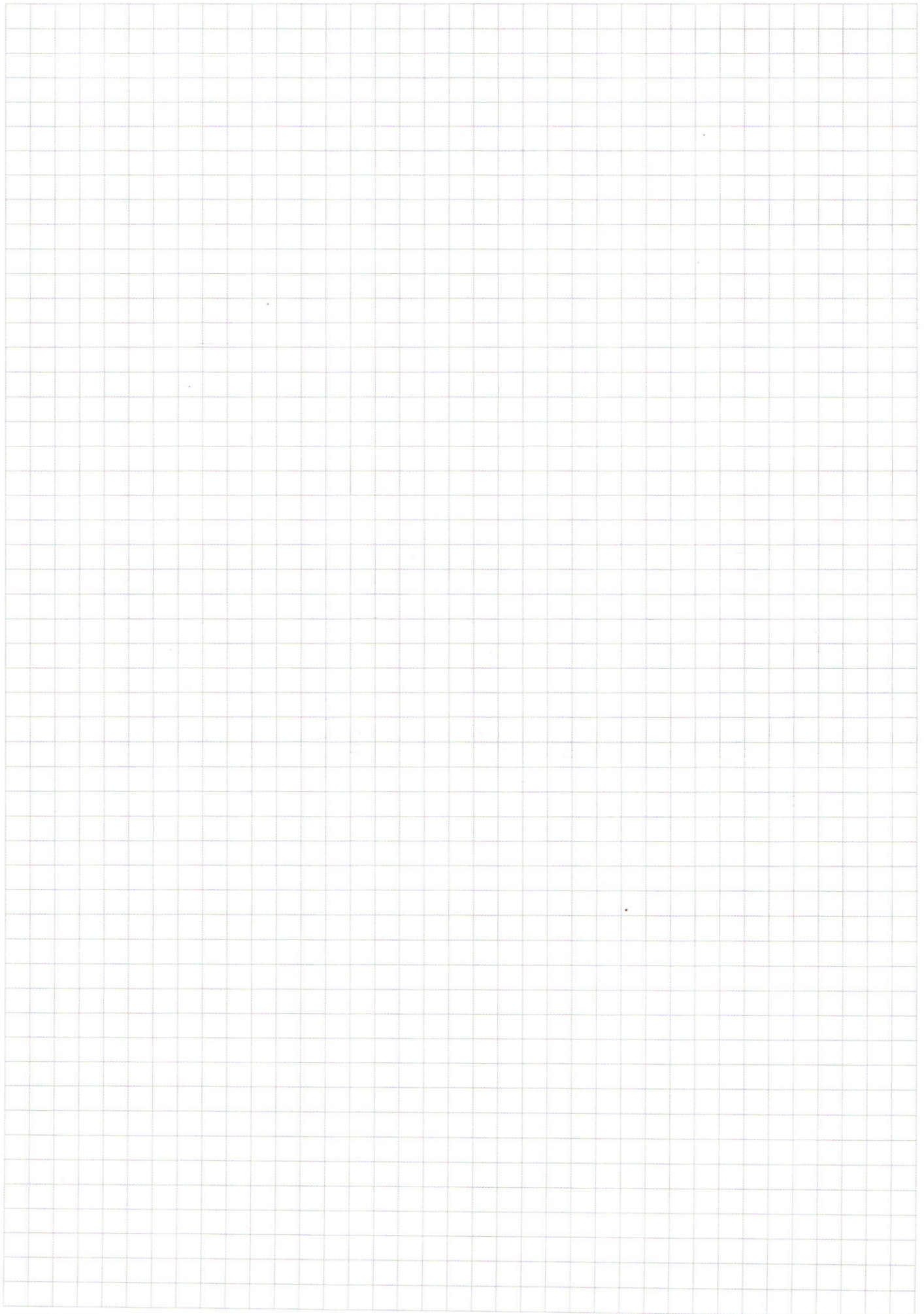
4) Найдём U изобр. в проекц. на перпендикул. ось:

$$U_{s'} = U_{s'} \cdot \Gamma \Rightarrow U_{s''\perp} = 3U$$

$$5) \tan \alpha = \frac{U_{s''||}}{U_{s''\perp}} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{4,5}{3} \Rightarrow \boxed{\tan \alpha = \frac{3}{2}}$$

$$6) \boxed{U = \sqrt{9U^2 + \frac{81}{4}U^2}}$$





☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № ____
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

bagman's

① Date:

F, V

$$H = \frac{8}{15} F$$
$$D = 1175$$

1-73

L-15
115-2

212-2

215-9

$$1) d' = \frac{F}{3} + \left(F - \frac{F}{3}\right) \cdot 2 = \frac{F}{3} + \frac{4}{3}F = \frac{5}{3}F$$

$$\Rightarrow \frac{L}{\alpha} = \frac{L}{\alpha} + \frac{L}{\alpha} - \frac{L}{\alpha} = \frac{L}{\alpha} + \frac{L}{\alpha} - \frac{L}{\alpha} = \frac{L}{\alpha}$$

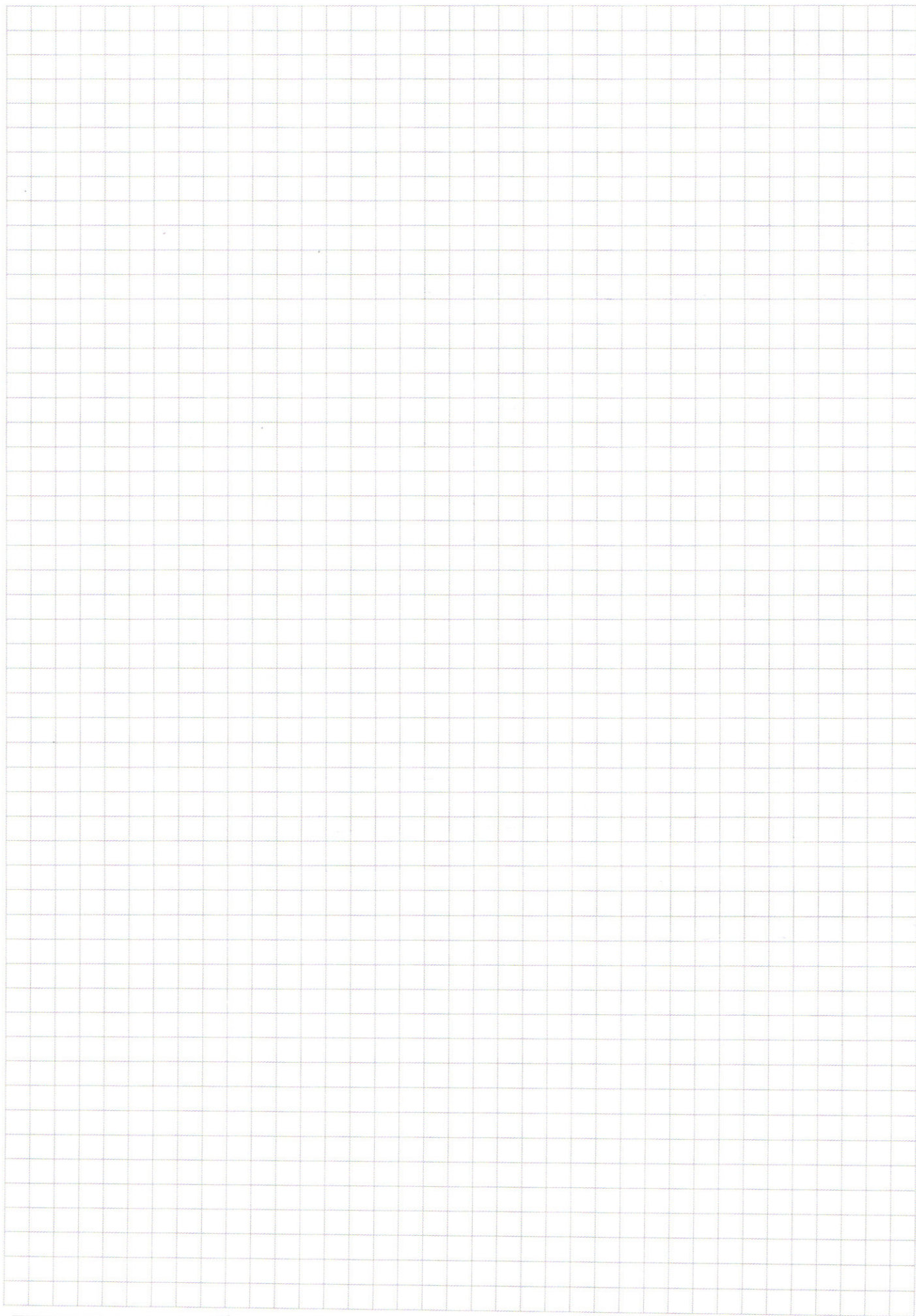
$$\Rightarrow F = \frac{5}{2} F$$

$$2) \quad U_S = 2V \Rightarrow \cancel{U_{S''}} = U_S \cdot \sqrt{2}$$

$$U_{s^{11}} = 25.9 \Rightarrow \underline{U_{s^{11}} = 4.5V}$$

$$\therefore \Gamma = \frac{f}{a} = \frac{\frac{5}{2}f}{\frac{5}{3}f} \Rightarrow \Gamma = \frac{3}{2}$$

41



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3

Дано:

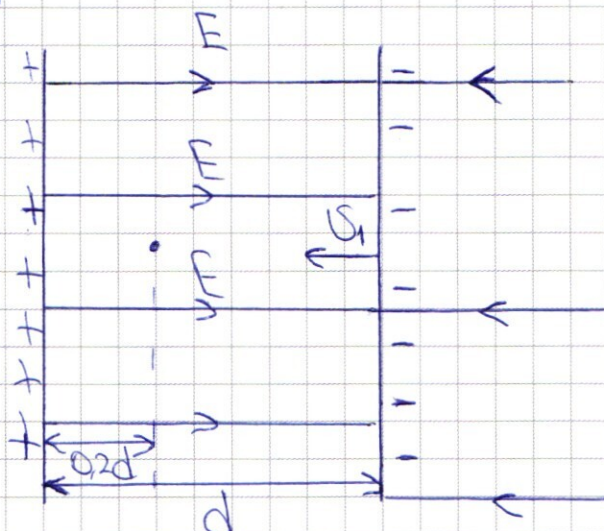
$$d, 0,2d$$

$$\chi, U_1$$

$$1) T = ?$$

$$2) U = ?$$

$$3) U_0 = ?$$



$$1) S = U_{\text{ср}} \cdot T$$

$$0,8d = \frac{U_1}{2} \cdot T$$

$$T = \frac{1,6d}{U_1}$$

$$U_{\text{ср}} = \frac{U_1 - 0}{2} = \frac{U_1}{2}; S = d - 0,2d = 0,8d$$

$$2) \frac{mU_1^2}{2} = U \cdot q \Rightarrow U = \frac{m \cdot U_1^2}{2q} \Rightarrow U = \frac{U_1^2}{2\chi}$$

$$3) \frac{mU_0^2}{2} - \frac{mU_1^2}{2} = q(\varphi_1 - \varphi_\infty)$$

$$\frac{m}{2}(U_0^2 - U_1^2) = q \cdot \varphi_1$$

$$v_{\text{км}} = 51 \cdot \frac{15}{14} + 40 \cdot \frac{4}{5} = 45 + 32 = 77 \text{ см/с} \Rightarrow \underline{v_{\text{км}} = 77 \text{ см/с}}$$

3) Для нахождения T , перейдем в СО связ. с муфтой.
Тогда кольцо будет двигаться по окружности с радиусом $R_0 = l$. Запишем 2 ЗН:

$$T = m \cdot a_n \quad a_n = \frac{v_{\text{км}}^2}{l}$$

$$\boxed{T = m \cdot \frac{v_{\text{км}}^2}{l} = m \cdot \frac{v_{\text{км}}^2}{14R} \cdot 15} \Rightarrow T = 1 \cdot \frac{0,77^2}{14 \cdot 1,4} \cdot 15 = \frac{0,77 \cdot 15 \cdot 0,77}{14 \cdot 1,4} \text{ Н}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1

Дано:

$$U_M = 40 \text{ см/с}$$

$$M = 1 \text{ кг}$$

$$R = 1,4 \text{ м}$$

$$l = \frac{14}{15} R$$

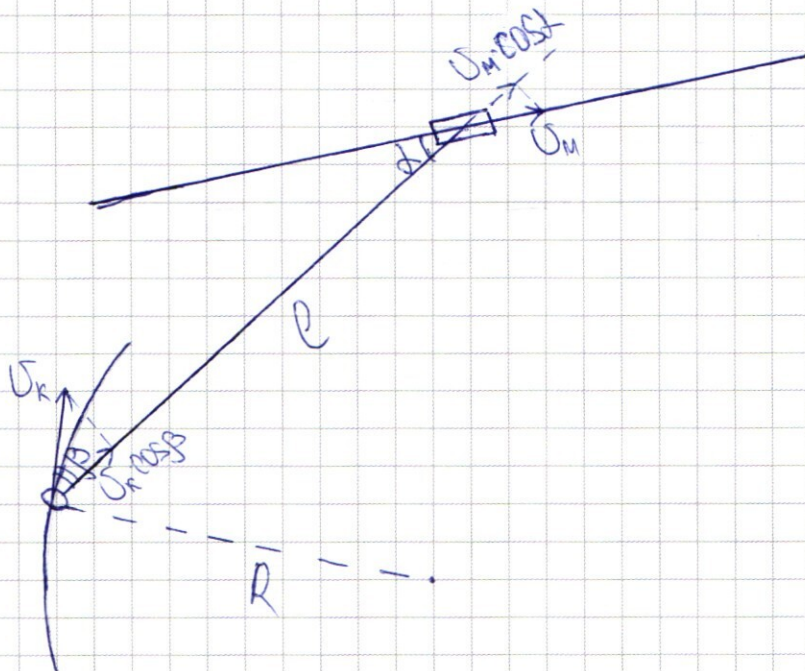
$$\cos \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\cos \beta = \frac{8}{14}$$

1) $U_K = ?$

2) $U_{KM} = ?$

3) $T = ?$



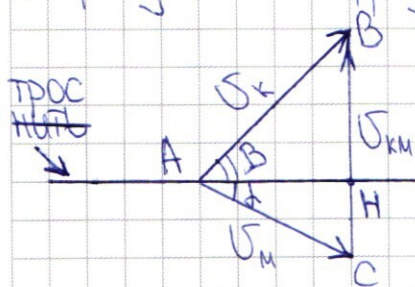
1) Пусть ~~нить~~ ^{трос} нерастяжимый. Тогда в данный момент проекции скоростей U_K и U_M на ось троса будут равны:

$$U_K \cdot \cos \beta = U_M \cdot \cos \alpha \Rightarrow U_K = U_M \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$U_K = 40 \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{14}{8} = 51 \text{ см/с} \Rightarrow U_K = 51 \text{ см/с}$$

2) По закону сложения скоростей: $\vec{U}_a = \vec{U}_{отм} + \vec{U}_{пер} \Rightarrow \vec{U}_K = \vec{U}_{KM} + \vec{U}_M$.

Нарисуем этот треугольник скоростей:



• Т.к. $U_{Kx} = U_{Mx} = AH$, то $BH \perp AH$ и $HC \perp AH \Rightarrow U_{KM}$ направлена $\perp$ тросу

• Тогда $U_{KM} = U_K \cdot \sin \beta + U_M \cdot \sin \alpha$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{8^2}{14^2}} = \sqrt{1 - \frac{64}{196}} = \sqrt{\frac{132}{196}} = \frac{11}{14}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{3^2}{5^2}} = \frac{4}{5}$$

$$\Delta E_k = A_n$$

$$\frac{mU_1^2}{2} - \frac{mU_0^2}{2} = q(\varphi_1 - \varphi_\infty) \approx 0$$

$$U_1^2 - U_0^2 = 2\chi \cdot \frac{U}{2}$$

$$U_0^2 = U_1^2 - 2\chi \cdot \frac{U_1^2}{2\chi} \Rightarrow U_0^2 = \frac{U_1^2}{2} \Rightarrow \boxed{U_0 = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot U_1}$$

φ_1 - потенциал поля около пластины
 φ_∞ - потенциал на ∞ расстоянии от нее

$\varphi_1 = \frac{U}{2}$ (т.к. плотность линий нар. в 2 р. меньше)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3

Дано:

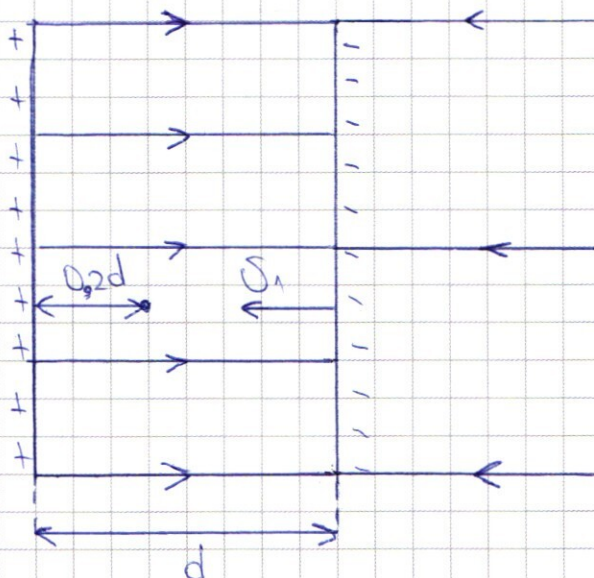
$d, 0,2d$

γ, U_1

1) T ?

2) U ?

3) U_0 ?



1) Частица залетает со стороны отриц. заряд. пластинки, т.е. линии напряженности направлены против скорости и она тормозит. Также частица в однородном поле конденсатора движется равноускоренно, тогда $U_{\text{ср}} = \frac{U_1 - 0}{2}$ и $S = U_{\text{ср}} \cdot T$.

$$S = U_{\text{ср}} \cdot T$$

$$U_{\text{ср}} = \frac{U_1 - 0}{2} = \frac{U_1}{2}; S = d - 0,2d = 0,8d$$

$$0,8d = \frac{U_1}{2} \cdot T \Rightarrow T = \frac{1,6d}{U_1}$$

2) Запишем ЗСЭ:

$$\frac{mU_1^2}{2} = U \cdot q \Rightarrow U = \frac{m \cdot U_1^2}{2q}$$

$$U = \frac{U_1^2}{2\gamma}$$

3) Запишем ЗСЭ для момента разгона частицы (она будет разгоняться, т.е. внешнее поле отриц. пластинки конденсатора будет её разгонять):

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №2

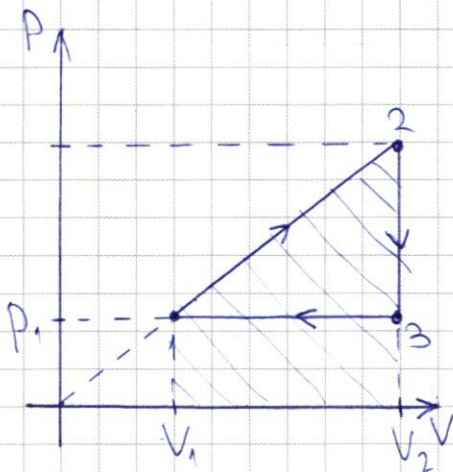
Дано:

$\Gamma = 3$

1) $\frac{C_{13}}{C_{23}} - ?$

2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}} - ?$

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



1) Потенцие температуры происходит на участках 2-3 и 3-1

$$Q_{23} = \Delta U_{23} \text{ (т.к. это изохора)}$$

$$C_{23} \cdot \nu \cdot \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \nu R \cdot \Delta T_{23}$$

$$C_{23} = \frac{3}{2} R$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} \text{ (т.к. изобара)}$$

$$C_{31} \cdot \nu \cdot \Delta T_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} + p \cdot \Delta V_{31}$$

$$C_{31} \cdot \nu \cdot \Delta T_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} + \nu R \cdot \Delta T$$

$$C_{31} = \frac{5}{2} R$$

Тогда: $\frac{C_{31}}{C_{23}} = \frac{5}{2} R \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{R} \Rightarrow \boxed{\frac{C_{31}}{C_{23}} = \frac{5}{3}}$

2) $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$

$$p_1 = k V_1; p_2 = k V_2 \Rightarrow p_1 V_2 = p_2 V_1$$

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

$$\bullet A_{12} = S_{12} = \frac{1}{2} (p_2 + p_1) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_2 V_1 + p_1 V_2 - p_1 V_1) = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$= \frac{1}{2} (\nu R T_2 - \nu R T_1) = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) \Rightarrow 3 A_{12} = \Delta U_{12}$$

$$Q_{12} = A_{12} + 3 A_{12} \Rightarrow Q_{12} = 4 A_{12} \Rightarrow \boxed{\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4}$$

$$3) \eta_{\max} = 1 - \frac{T_x}{T_H}$$

$$T_x = T_1; T_H = T_2$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1; p_2 V_2 = \nu R T_2 \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2}$$

$$\eta_{\max} = 1 - \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2}$$

4) По графику видно, что $\eta_{\max}$ будет принимать макс. значения при $p_1 V_1 \rightarrow 0$ или $p_2 V_2 \rightarrow \infty$. Тогда $\boxed{\eta_{\max} = 1}$ - предельно возможное η (что, конечно, невозможно)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №4

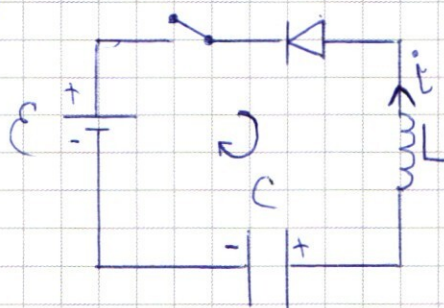
$$\mathcal{E} = 3\text{В}$$

$$C = 20\text{ мкФ}$$

$$U_1 = 6\text{В}$$

$$L = 0,2\text{ Гн}$$

$$U_0 = 1\text{В}$$



Ток пойдет как показано на рис.
т.к. $U_C > \mathcal{E}$

1) Воспользуемся прав. Кирхгофа:

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

$$L \cdot i'_3 = U_1 - \mathcal{E} \Rightarrow i'_3 = \frac{U_1 - \mathcal{E}}{L} \Rightarrow i'_3 = 15\text{ А/с}$$

1) i'_3 ?

2) I_{max} ?

3) U_2 ?

2) Ток в цепи станет макс, когда $U_C = \mathcal{E}$ (станет равным U_0 т.к. после этого ток перестанет идти)

$$2) U_C - U_L = \mathcal{E} \Rightarrow U_C = \mathcal{E} \text{ (в момент макс. тока)}$$

$$\Delta Q = Q_C - Q_1 = C \cdot \mathcal{E} - C \cdot U_1 \Rightarrow A_{\text{ист}} = C(\mathcal{E} - U_1) \cdot \mathcal{E}$$

$$3) \text{ЗЭЭ: } A_{\text{ист}} = W_C - W_1 + W_L$$

$$C \cdot \mathcal{E}(\mathcal{E} - U_1) = \frac{C \cdot \mathcal{E}^2}{2} - \frac{C \cdot U_1^2}{2} + \frac{L \cdot I_{\text{max}}^2}{2}$$

$$L \cdot I_{\text{max}}^2 = 2 \cdot C \cdot \mathcal{E}^2 - 2 \cdot C \cdot U_1 \cdot \mathcal{E} - C \cdot \mathcal{E}^2 + C \cdot U_1^2$$

$$L \cdot I_{\text{max}}^2 = C(\mathcal{E}^2 - 2 \cdot U_1 \cdot \mathcal{E} + U_1^2)$$

$$I_{\text{max}}^2 = (\mathcal{E} - U_1)^2 \cdot \frac{C}{L} \Rightarrow I_{\text{max}} = (\mathcal{E} - U_1) \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} \Rightarrow I_{\text{max}} = 3 \cdot \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-7}}} = 3 \cdot \sqrt{10^4} = 3 \cdot 10^2\text{ А}$$

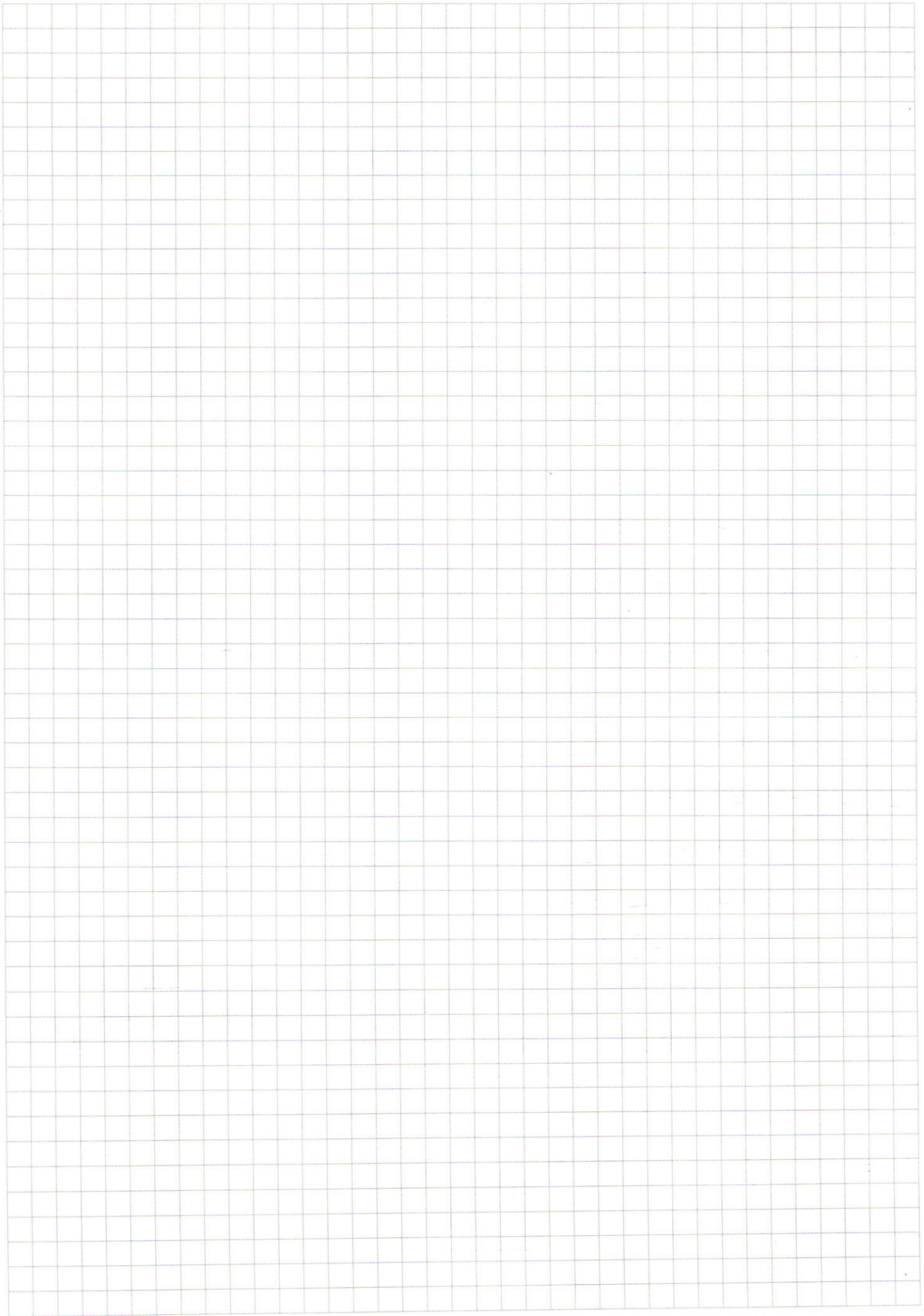
$$I_{\text{max}} = 3 \cdot 10^2\text{ А}$$

4) Реткин будет уст., когда $U_L = 0$; $I = 0$; $U_0 = U_2$. Тогда:

$$U_0 = U_C - \mathcal{E} \Rightarrow U_0 = U_2 - \mathcal{E} \Rightarrow U_2 = U_0 + \mathcal{E}$$

$$U_2 = 4\text{В}$$

Отв.: $i'_3 = 15\text{ А/с}$; $I_{\text{max}} = 3 \cdot 10^2\text{ А}$; $U_2 = 4\text{В}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача U_1

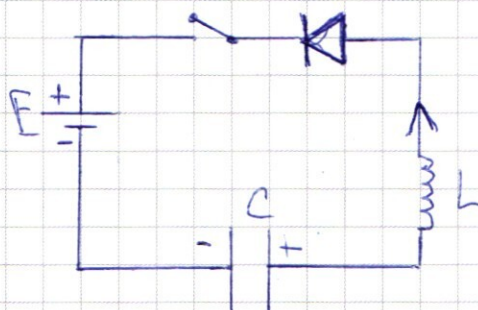
$$E = 3 \text{ В}$$

$$C = 20 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 6 \text{ В}$$

$$L = 0,2 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$



$$1) i_1$$

$$2) I_{\max}$$

$$3) U_2 = ?$$

$$1) \cancel{U_c + E = U_L} \quad U_c - U_L = E \Rightarrow U_L = U_c - E$$

$$L \cdot i' = U_c - E$$

$$i' = \frac{U_1 - E}{L} = 15 \text{ А/с}$$

$$2) U_c - U_L = E \Rightarrow U_c = E$$

$$\Delta q = -C \cdot U_1 + C \cdot E = C(E - U_1) \Rightarrow A_{\text{ист}} = C(E - U_1) \cdot E$$

$$3) \text{ЗСЭ: } A_{\text{ист}} = \frac{C \cdot E^2}{2} - \frac{C \cdot U_1^2}{2} + \frac{L \cdot I_{\max}^2}{2}$$

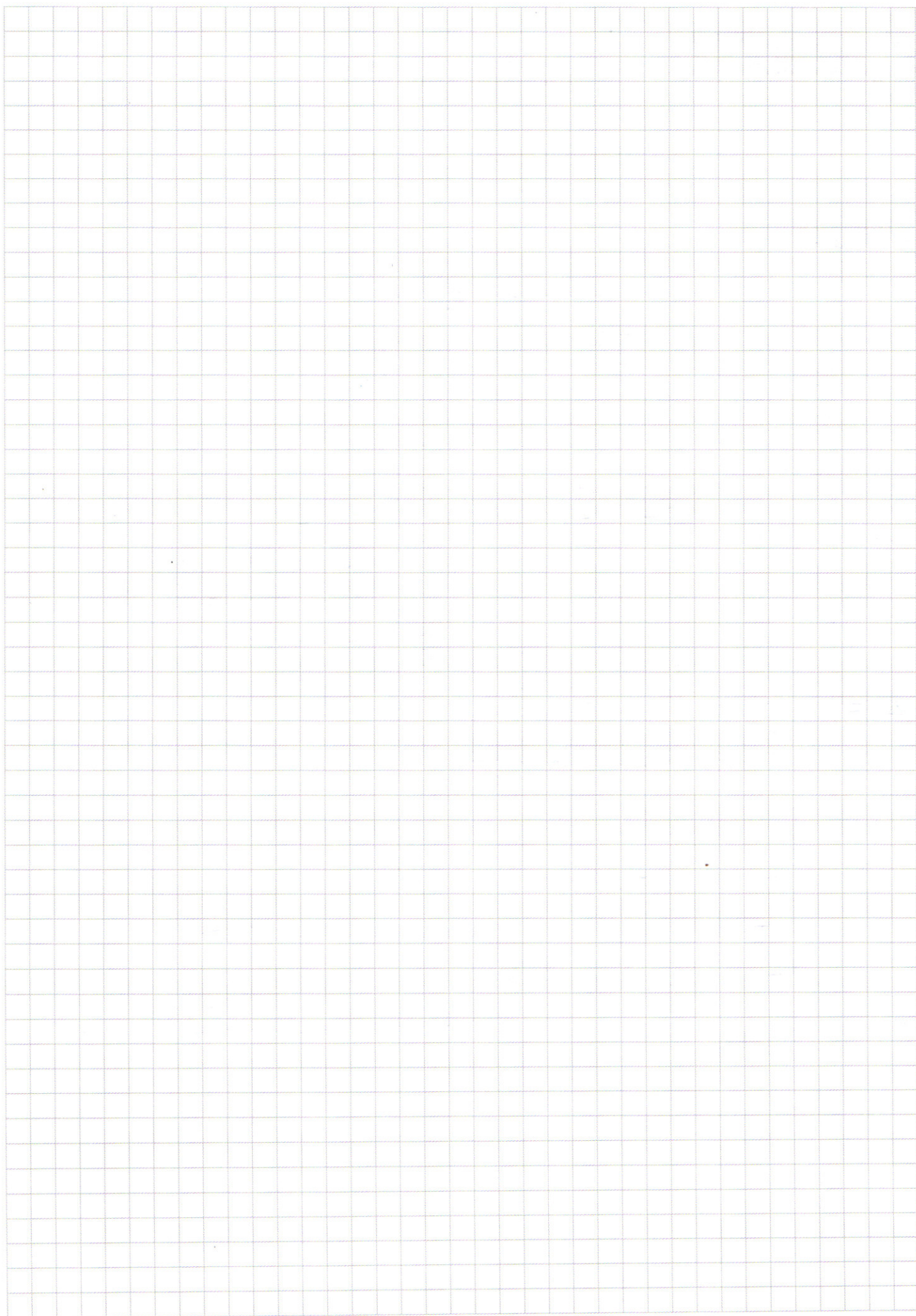
$$2 C \cdot E (E - U_1) = C(E^2 - U_1^2) + L \cdot I_{\max}^2$$

$$2 C \cdot E^2 - 2 C \cdot E \cdot U_1 - C \cdot E^2 + C \cdot U_1^2 = L \cdot I_{\max}^2$$

$$C \cdot E^2 - 2 C \cdot E \cdot U_1 + C \cdot U_1^2 = L \cdot I_{\max}^2$$

$$C(E - U_1)^2 = L \cdot I_{\max}^2 \Rightarrow I_{\max} = (U_1 - E) \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$4) U_c - E = 1 \text{ В}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1

Дано:

$$V_m = 40 \text{ см/с}$$

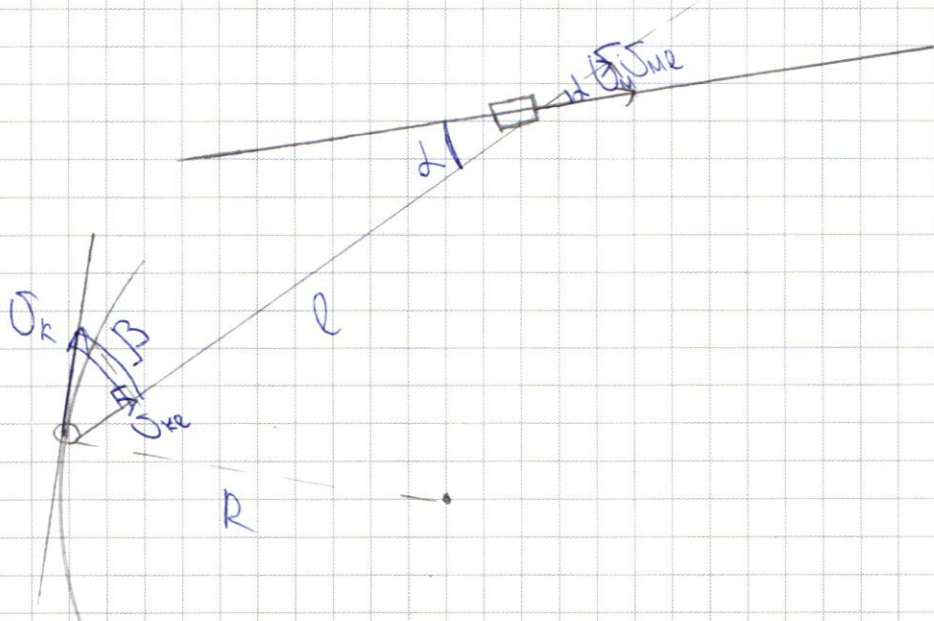
$$m = 1 \text{ кг}$$

$$R = 1,4 \text{ м}$$

$$l = \frac{14}{15} R$$

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

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



1) $V_k = ?$

2) $V_{km} = ?$

3) $T = ?$

1) $V_{me} = V_{ke}$; $V_{me} = V_m \cos \alpha$
 $V_{ke} = V_k \cos \beta$

$$V_m \cos \alpha = V_k \cos \beta \Rightarrow V_k = V_m \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$V_k = 40 \cdot \frac{3 \cdot 14}{5 \cdot 8} = 51 \text{ см/с}$$

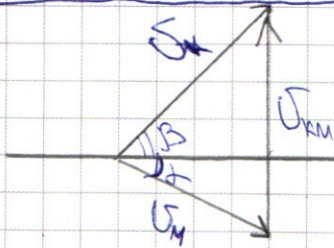
2) $V_a = V_{огтн} + V_n \Rightarrow V_{огтн} = V_a - V_n$

$$V_{km}^2 = V_k^2 + V_m^2 - 2 V_k V_m \cos(\alpha + \beta) \Rightarrow V_{km}^2 = V_k^2 + V_m^2 - 2 V_k V_m (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

$$V_{km} = V_k \sin \beta + V_m \sin \alpha = 69 \text{ см/с}$$

$$V_{km}^2 = 4201 - 4080 \cdot \left(\frac{24}{85} - \frac{60}{85} \right)$$



$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}; \sin \beta = \sqrt{1 - \frac{64}{289}} = \frac{15}{17}$$

$$\frac{51 \cdot 15}{17} + \frac{40 \cdot 4}{5} = 45 + 24 = 69 \text{ см/с}$$

40 * 4 = 160
289 - 64 = 225
15 * 15 = 225
51 * 15 = 765
765 / 17 = 45
45 + 24 = 69

31

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №2

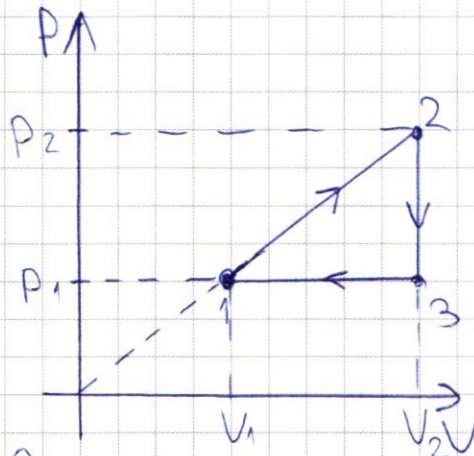
$i=3$

$C_{23} = ?$

C_{13}

$Q_{12} = ?$

A_{12}



1) $Q_{23} = \Delta U_{23}$; $Q_{13} = \Delta U_{12} + A_{12}$

$C_{23} \cdot \nu \cdot \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$; $C_{13} \cdot \nu \cdot \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + p \Delta V$

$C_{23} = \frac{3}{2} R$

$C_{13} \cdot \nu \cdot \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T$

$C_{13} = \frac{5}{2} R$

$\frac{C_{13}}{C_{23}} = \frac{5}{3}$

2) $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$

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

$A_{12} = S_{12} = \frac{1}{2} (p_2 + p_1) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_2 V_1 + p_1 V_2 - p_1 V_1) = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{1}{2} (\nu R T_2 - \nu R T_1) = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) \Rightarrow 3 A_{12} = \Delta U_{12}$

$Q_{12} = A_{12} + 3 A_{12} \Rightarrow A_{12} = \frac{Q_{12}}{4} \Rightarrow \frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4$

3) $\eta_{\max} = \frac{T_2 - T_1}{T_2} = 1 - \frac{T_1}{T_2}$

$\left. \begin{array}{l} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \eta_{\max} = 1 - \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2}$

$p = k \cdot V$

$$A_u = A_{12} - A_{31} = \frac{1}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1) - p_1 V_2 + p_1 V_1$$

$$A_u = \frac{1}{2} p_2 V_2 - \frac{1}{2} p_1 V_1 - p_1 V_2 + p_1 V_1 = \frac{1}{2} p_2 V_2 + \frac{1}{2} p_1 V_1 - p_1 V_2$$