

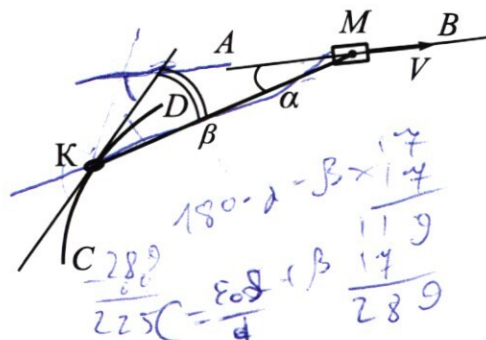
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-04

Класс 11

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

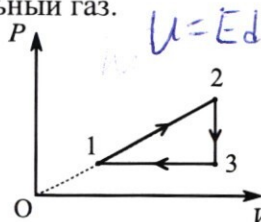
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) 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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



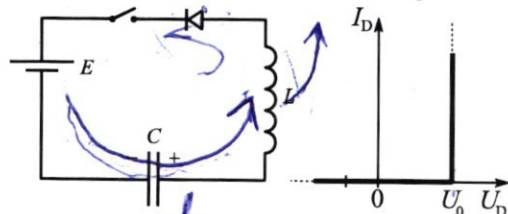
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

- 1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.
- 2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
- 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 $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ 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.

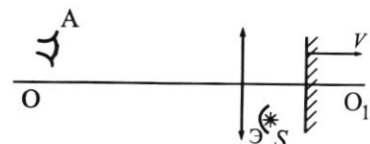


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ 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.



$$I = 1.87$$

$$I_1 = 4.15 \text{ m}$$

$$I_2 = 1.50 \text{ m}$$

$$T = \frac{\frac{u_0^2}{2 \sin \beta} - \frac{u^2}{R}}{\frac{1}{\sin \beta} - \sin \beta} \text{ m}$$

$$\begin{array}{r} 289 \\ - 225 \\ \hline 64 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 38 \\ \times 4 \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{8 \cdot h}{4.15} = \frac{u \sin \beta}{J} = u$$

$$I_1 = 4.15 \text{ m}$$

$$\frac{17}{15} - \frac{15}{17} = \frac{17^2 - 15^2}{15 \cdot 17} = \frac{32 \cdot 2}{15 \cdot 17} = \frac{64}{15 \cdot 17} \cdot \frac{32}{152}$$

$$441 - 289$$

$$\frac{\left(\frac{21}{10}\right)^2 V^2 - V^2 \left(\frac{17}{10}\right)^2}{R \cdot \frac{64}{15 \cdot 17}} = \frac{u^2}{R} \cdot \frac{152}{100 \cdot 15 \cdot 17} = \frac{64}{64}$$

$$4 \cdot 38 =$$

$$\xi = u$$

$$\begin{array}{r} 38 \\ \times 4 \\ \hline 152 \end{array}$$

$$289 + 152 = 441$$

$$\begin{array}{r} 38 \\ \times 4 \\ \hline 152 \end{array}$$

$$0 = 2 + u + 2u$$

$$2 - u = 2(1 + u)$$

$$0 = \frac{1 + u + 2u}{1 - u} - \frac{1 + u}{1}$$

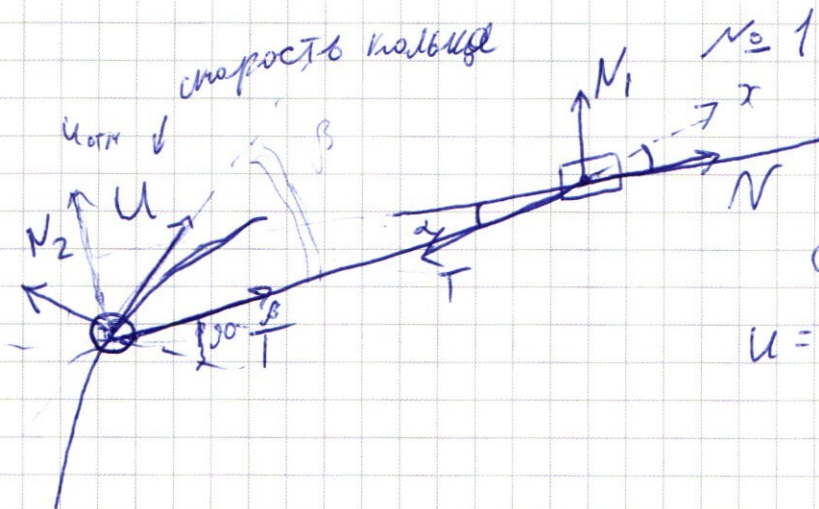
$$= \frac{\frac{19}{20} \cdot 3 \cdot 17}{8} = \frac{10 \cdot 3 \cdot 17}{160} \cdot \frac{m^2}{R}$$

$$10 \cdot 0.4 \cdot 4 =$$

$$\begin{array}{r} 10 \\ \times 4 \\ \hline 40 \end{array}$$

$$\frac{3 \cdot 17}{10} = 5.14$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Т.к. Трос не растяжим, то:

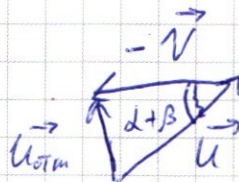
$$\text{Ох: } V \cos \alpha = U \cos \beta \quad (1)$$

$$U = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 2 \cdot \frac{4 \cdot 17}{8 \cdot 5} \text{ м/с} = \boxed{3,4 \text{ м/с}}$$

2) В с.о. муфты: $\vec{U}_{отн} = \vec{U} - \vec{V}$

По те. кос:

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



$$(2) \quad V^2 + U^2 - 2UV \cos(\alpha + \beta) = U_{отн}^2$$

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

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{15}{17}$$

$$\sin \alpha \sin \beta = \frac{9}{17}$$

$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{32}{85}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = -\frac{13}{85}$$

$$\begin{aligned} U_{отн}^2 &= \left(\frac{17}{10}\right)^2 + 11^2 + \frac{26}{85} \cdot \frac{17}{10} \cdot 11^2 = \\ &= V^2 \left(1 + \frac{280}{100} + \frac{26 \cdot 17}{850} \right) = V^2 \left(\frac{1700 + 2800 + 52 \cdot 17}{1700} \right) = \\ &= V^2 \left(\frac{441}{100} \right) = V^2 \left(\frac{21}{10} \right)^2 \Rightarrow U_{отн} = \boxed{4,2 \text{ м/с}} \end{aligned}$$

3) II-й закон Ньютона для муфты:

$$m \frac{V^2}{R} = T \sin \beta - N_2$$

$$m \frac{U^2}{R} = T \sin \beta - N_2 \quad (3)$$

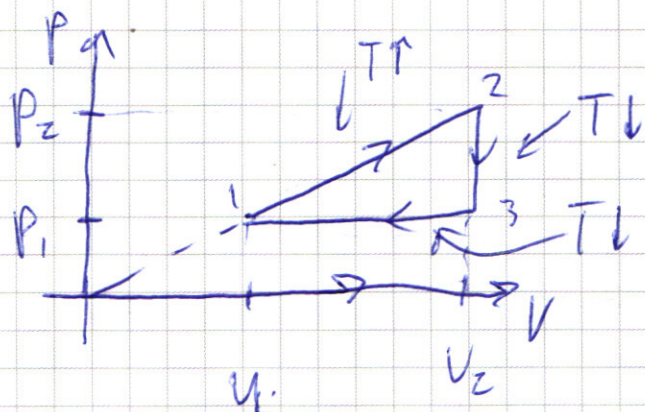
3) В с.о. муфты

кольцо движется по окружности радиусом R и скоростью U_отн.

$$m \frac{U_{отн}^2}{R} = T - N_2 \sin \beta \quad (4)$$

$$\boxed{T = 5,1 \text{ Н}}$$

№ 2



$$1) C_{23} \Delta T = \frac{3}{2} R \Delta T$$

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

$$C_{31} \cdot \Delta T = \frac{5}{2} R \Delta T$$

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

$$A_{31} = -P_1(V_2 - V_1) \quad \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5} \quad \left. \begin{array}{l} \text{T.K. } P \sim V, \text{ TO} \\ P_2 V_1 = P_1 V_2 \end{array} \right\}$$

$$2) \Delta U_{12} = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} (P_2 + P_1) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$\frac{\Delta u_{12}}{A_{12}} = 3$$

$$y) \eta = \frac{A}{Q_p} = \frac{A_{12} + A_{31}}{2(P_2 V_2 - P_1 V_1)} = \frac{\frac{1}{2}(P_2 V_2 + P_1 V_1) - P_1 V_2}{2(P_2 V_2 - P_1 V_1)} =$$

$$= \frac{\frac{P_2}{P_1} - \frac{V_1}{V_2} - 2}{4 \left(\frac{P_2}{P_1} - \frac{V_1}{V_2} \right)} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} = K$$

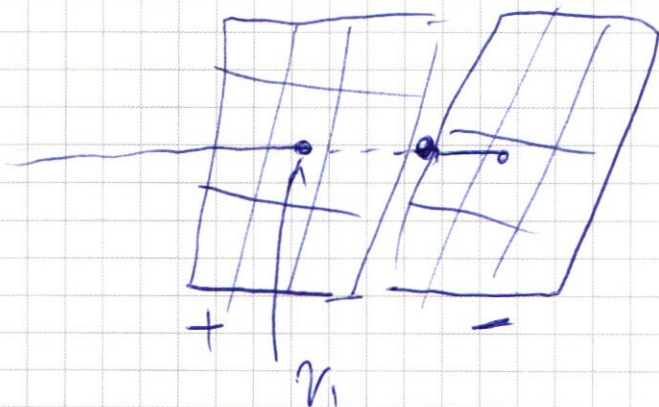
$$= \frac{\frac{1}{k} - k - 2}{4(\frac{1}{k} - k)} = \frac{1 - k^2 - 2k}{4 - 4k^2} = \frac{1 - k^2 - 2k}{4(1 - k^2)} = \frac{1}{4} - \frac{2k}{4(1 - k^2)}$$

$$\frac{1}{2} \frac{k}{k^2-1} - \frac{1}{2} \frac{k^2-1}{k^2-1} - \frac{2}{2k} \cdot \frac{1}{k} = \frac{1}{2k^2-1} - 2 = 0$$

$$\frac{\frac{1}{2}(k^2+1) - 1}{2(k^2-1)} = \frac{k^2-1}{4k^2-1} \cdot \frac{\frac{1}{2}(k+\frac{1}{k})-1}{2(k-\frac{1}{k})} = \frac{k^2-1}{4k^2-1} \cdot \frac{k+\frac{1}{k}-2}{2(k-\frac{1}{k})} = \frac{k^2+2k+1}{4(k^2-1)} = \frac{(k+1)^2}{4(k-1)(k+1)} \quad k \neq -1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3



$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$E = \frac{\epsilon_0 S}{2}$$

3.1.3.

$$\frac{m v_i^2}{2} = 2 Q \varphi (d - d_2)$$

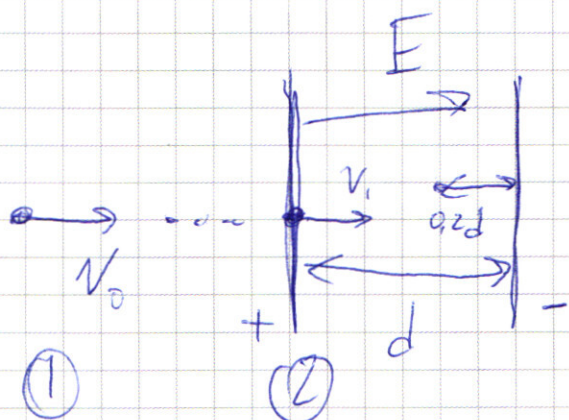
$$F = k \frac{Q Q}{R^2}$$

$$W = Q \frac{k Q}{R^2} \cdot R$$

$$U C = Q$$

$$m v_i^2 = \frac{U \epsilon_0 S}{d}$$

№3



$$F = Eq$$

$$U = Ed \Rightarrow E = \frac{U}{d}$$

$$F = \frac{Uq}{d}$$

$$ma = \frac{Uq}{d} \Rightarrow a = \gamma \cdot \frac{U}{d}$$

$$\frac{v_1^2}{2a} = 0,8d \Rightarrow a = \frac{v_1^2}{1,6d}$$

$$1) \gamma = \frac{5v_1^2}{8U}$$

$$2) \frac{\alpha T'^2}{2} = 0,8d \quad T'^2 = \frac{1,6d}{a} = \frac{(1,6d)^2}{v_1^2} \Rightarrow T' = \frac{1,6d}{v_1}$$

$$T = 2T' = \frac{3,2d}{v_1} = \frac{16d}{5v_1}$$

3) по 3.1.3 для (1) и (2):

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + W_n \neq$$

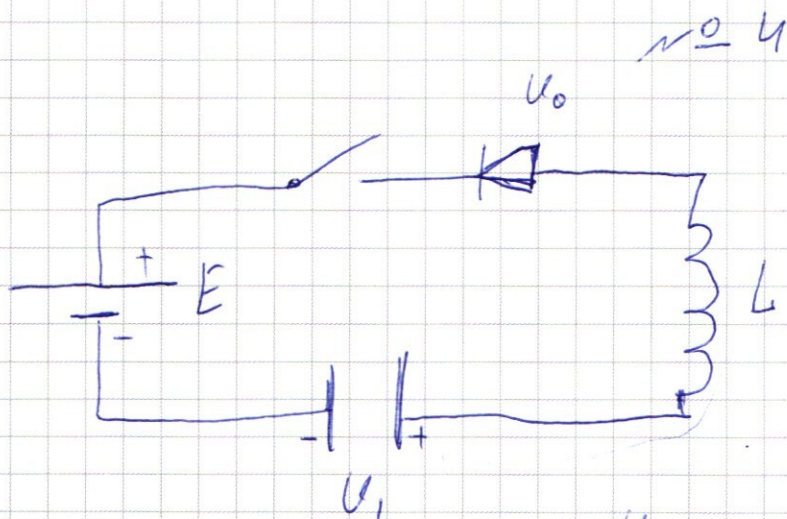
$$W_n = \frac{Qq}{d} k =$$

$$= \frac{kCQ}{d \cdot 4\pi\epsilon_0} = \frac{U_0 SE_0 Q}{d^2 4\pi\epsilon_0}$$

$$v_0^2 = v_1^2 + \gamma \frac{U_0 S}{4d^2 \pi} = v_1^2 \left(1 + \frac{S}{4d^2 \pi}\right)$$

$$= \frac{U_0 S Q}{4d^2 \pi}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) $U_L = 0$ at $t = 0$

$$U_L = U_1 - E$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{U_L}{L} = \frac{3\text{ В}}{0,4\text{ Гн}} = 7,5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

2) $U_L = U_1 - E - \frac{dI}{dt} L$ Пока идет ток $U_L = U_0$

Тогда I_{max} при $U_1 = U_0 + E = 7\text{ В}$

3. С. Э: $E(U_1 - U_2)C = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} = \frac{U_1^2 C}{2} - \frac{U_2^2 C}{2}$

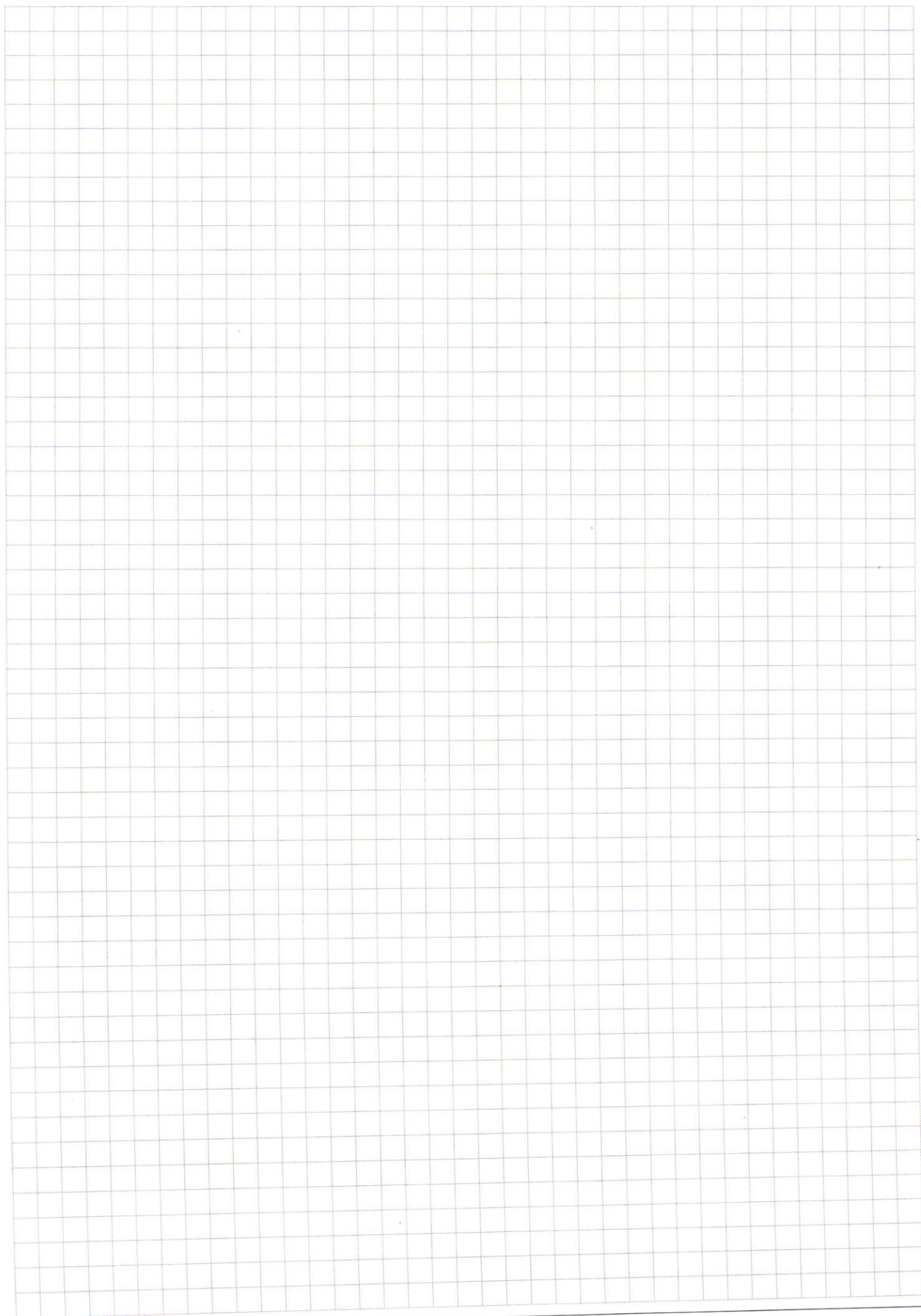
$$I_{\text{max}}^2 = \frac{C}{L} (U_1^2 - U_2^2 - 2E(U_1 - U_2)) =$$

$$= \frac{10 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-1}} (32 - 24) \text{ В}^2 \Rightarrow I_{\text{max}} = \sqrt{2 \cdot 10^{-2}} \text{ А}$$

3) $\frac{CU_1^2}{2} - \frac{CU_2^2}{2} = E(U_1 - U_2)C + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$

$$U_2^2 - 2EU_2 + \frac{LI_{\text{max}}^2}{C} = U_1^2 - 2EU_1 = 0$$

$$U_2 = E \pm \sqrt{E^2 - \frac{LI_{\text{max}}^2}{C} + U_1^2} = 6 \pm \sqrt{36 - 8 + 81} = 5\text{ В}$$

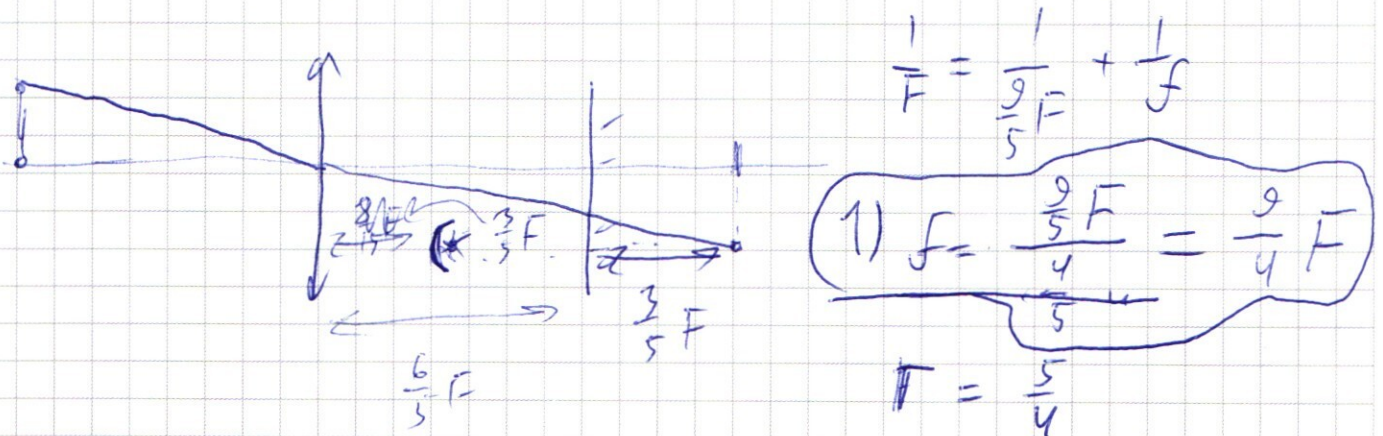


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

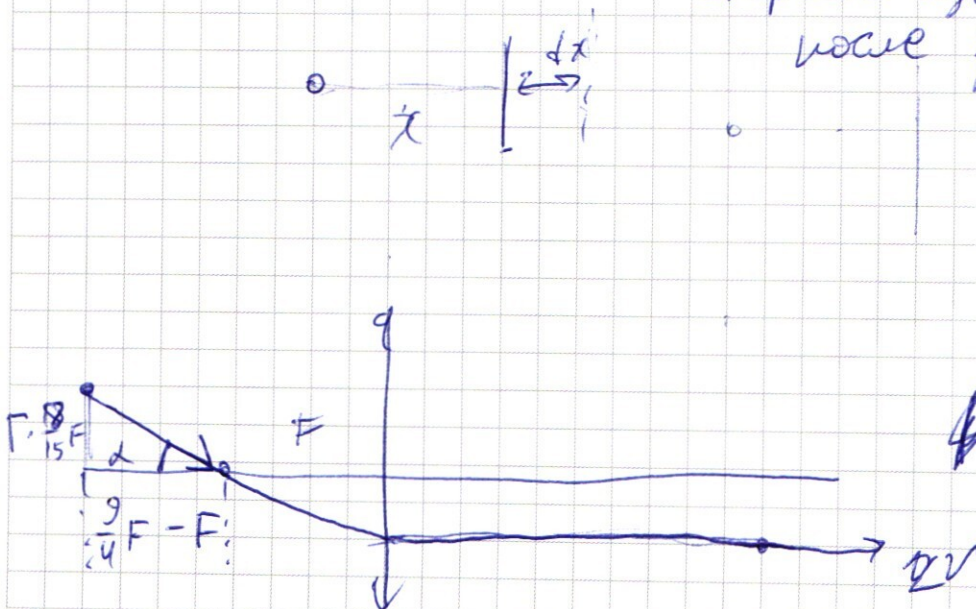
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5



Скорость изображения
после зорнака 2V



$$2) \operatorname{tg} \alpha = \frac{8/15 F \cdot 5}{9/4 F - F} = \frac{2/3}{5/4} = \frac{2 \cdot 4}{3 \cdot 5} = \frac{8}{15}$$

$$\cos \alpha = \frac{r^2}{V}$$

$$3) u = \frac{r^2}{\cos \alpha} V = \frac{25}{16} \cdot \frac{17}{15} = \frac{85}{48} V$$

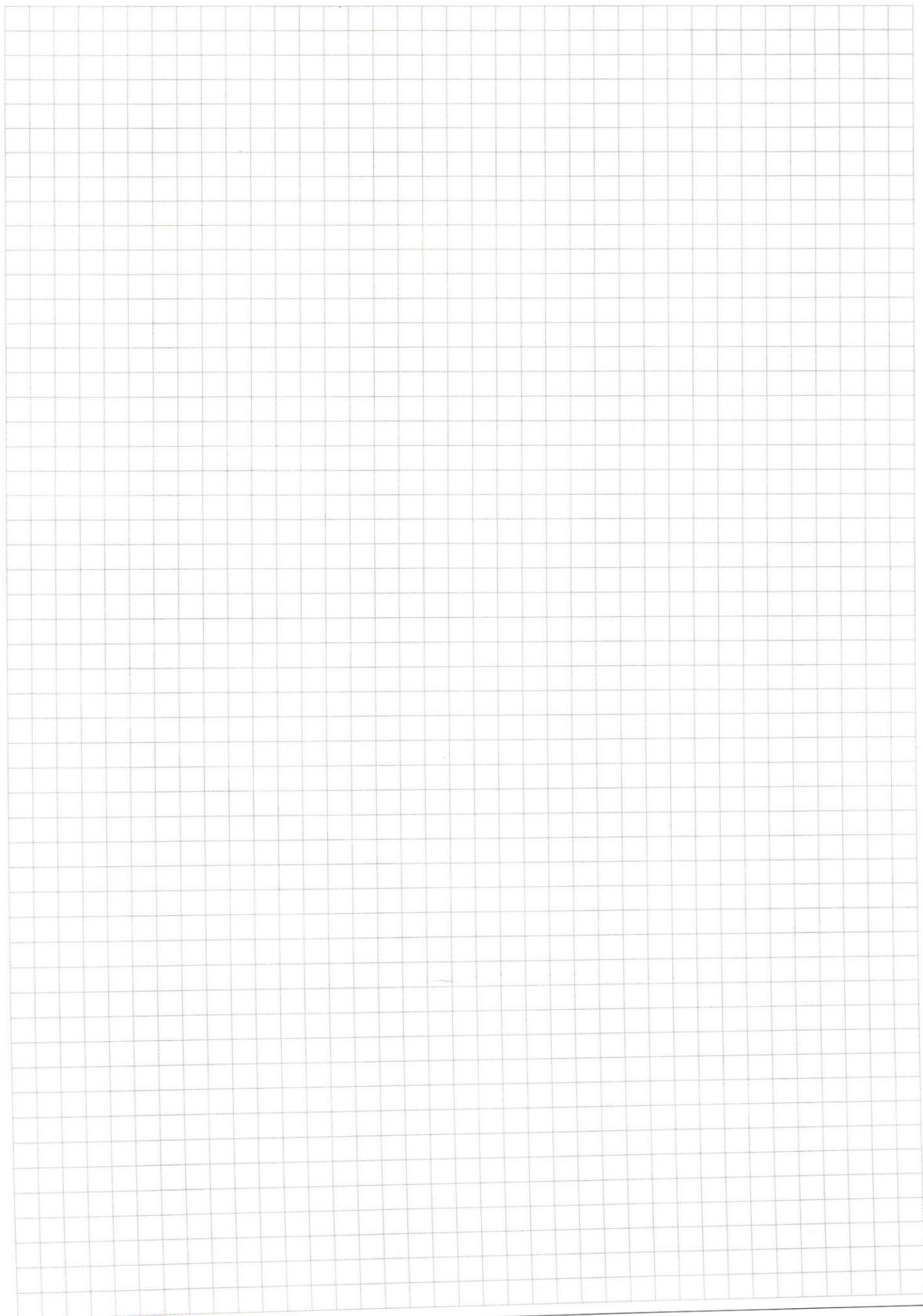
$$\operatorname{tg}^2 \alpha = 1 + \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{64}{225} + 1 =$$

$$= \frac{289}{225} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

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

$$\sin \alpha = \frac{8}{17}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2

1) Отношение $\frac{C_{23}}{C_{31}} = ?$

$J \Delta T C_{23} = \frac{3}{2} J R \Delta T$ (1)
 $C_{23} = \frac{3}{2} R$

$J \Delta T C_{31} = \frac{5}{2} R J \Delta T$
 $C_{31} = \frac{5}{2} R$

$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$

2) $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$

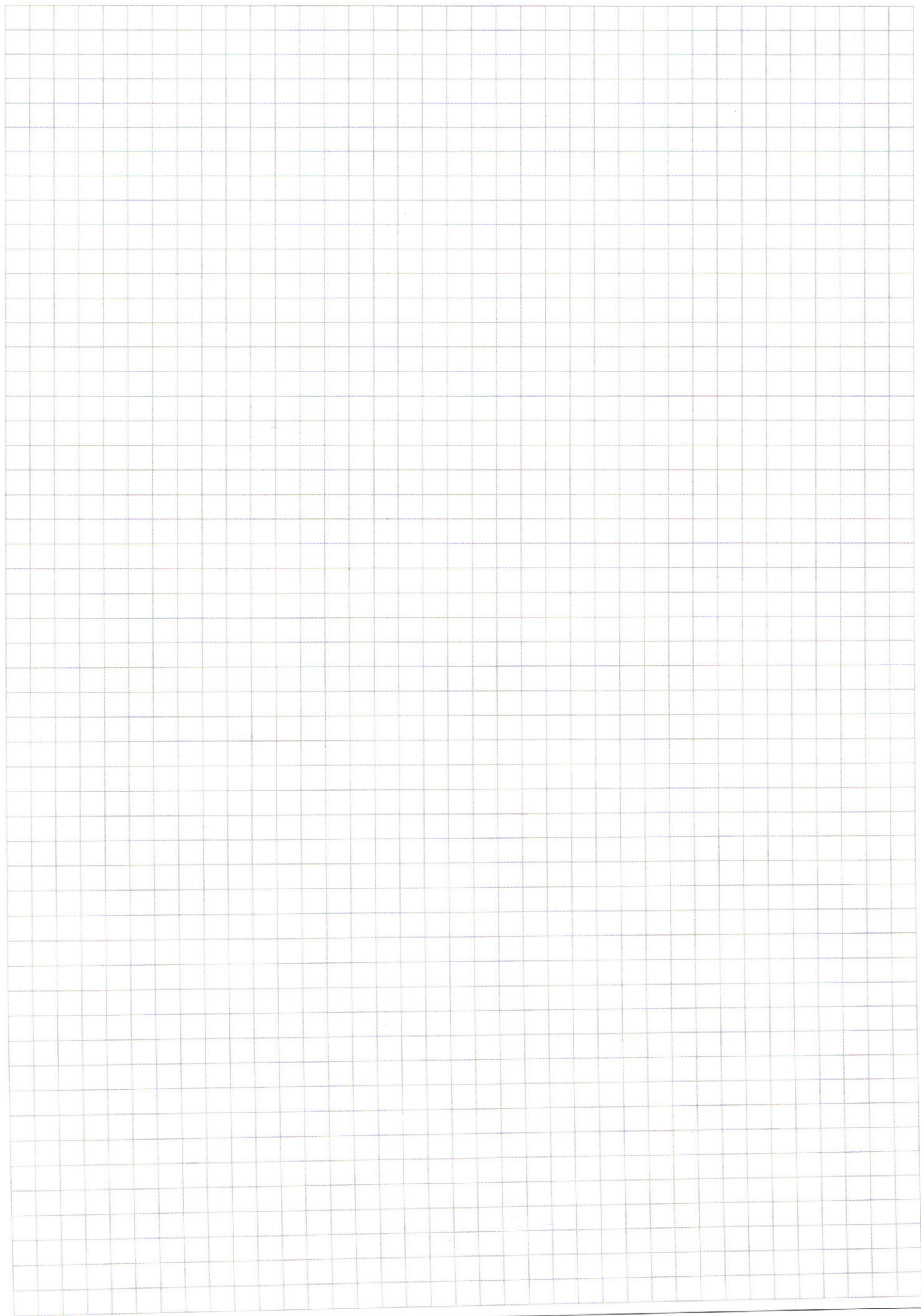
$A_{12} = \frac{1}{2} (P_1 + P_2) (V_2 - V_1) =$
 $= \frac{1}{2} (P_1 V_2 - P_1 V_1 + P_2 V_2 - P_2 V_1) =$
 Т.к. $P \sim V$, то $\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_1}{P_2} \Rightarrow V P_2 = V_2 P_1 = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$

$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{1}{3}$

3) $\eta = \frac{Q_n - Q_0}{Q_n}$

$Q_n = 2 (P_2 V_2 - P_1 V_1)$
 $Q_0 = -\frac{3}{2} (P_1 V_2 - P_2 V_1) =$
 $= \frac{3}{2} (P_1 V_1 - P_2 V_2) + P_1 (V_2 - V_1) =$
 $= \frac{3}{2} P_2 V_2 - \frac{3}{2} P_1 V_1 + P_1 V_2$

$\eta = \frac{\frac{1}{2} P_2 V_2 + \frac{1}{2} P_1 V_1 - P_1 V_1}{2 (P_2 V_2 - P_1 V_1)} = \frac{\frac{1}{2} P_2 V_2 - \frac{1}{2} P_1 V_1}{2 (P_2 V_2 - P_1 V_1)} = \frac{1}{4}$



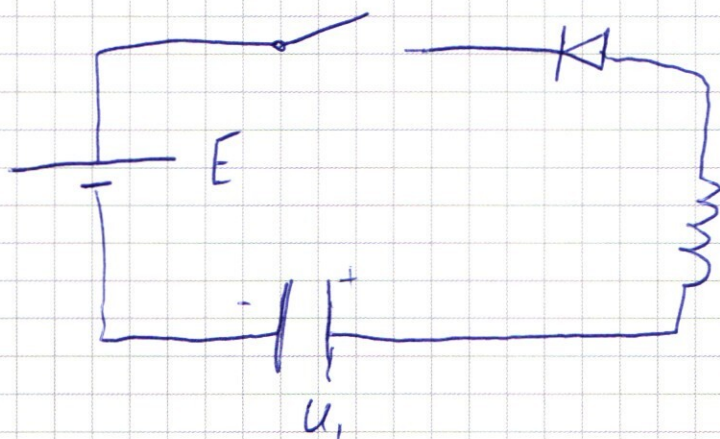
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$U_1 = 9\text{В} \quad E = 6\text{В}$$

№ 4



$$1) \frac{dI}{dt} = \frac{U_L}{L}$$

$$U_L = U_1 - E$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{U_1 - E}{L} = \frac{15}{2} \frac{\text{А}}{\text{с}} = 7,5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$2) \text{ При } I_{\text{max}} \quad \frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow U_L = 0$$

$$\text{это происходит при } U_C = U_1 - E = U_0 \quad U_0 = 7\text{В}$$

$$-E \cdot (U_1 - U_C) = \frac{CU_C^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$LI_{\text{max}}^2 = C(U_1^2 - U_C^2) - 2E(U_1 - U_C)$$

$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{C(U_1^2 - U_C^2) - 2E(U_1 - U_C)}{L}} = \sqrt{\frac{10^{-5} \cdot 32 - 12 \cdot 2 \cdot 10^{-5}}{0,4}} \text{ А} =$$

$$= 2\sqrt{3} \cdot 10^{-5} \text{ А}$$

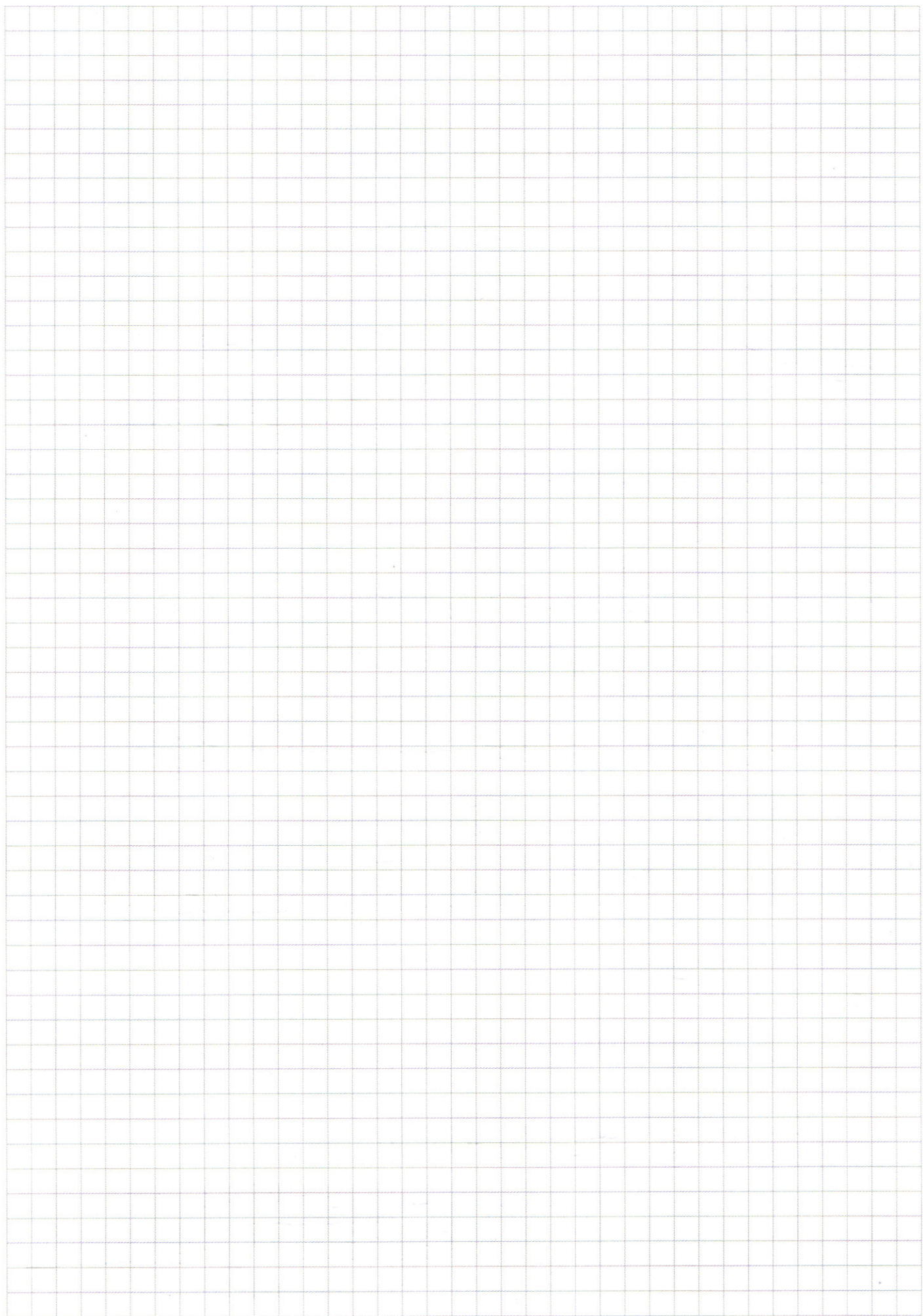
$$3) \text{ В установившемся режиме } I = 0$$

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

$$U_2^2 + 2U_2 E - 2U_1 E - U_1^2 = 0$$

$$U_2 = \frac{-2E \pm \sqrt{4E^2 + 8U_1 E + U_1^2}}{2} = \frac{-2E \pm 2(U_1 + E)}{2}$$

$$U_2 = U_1$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)