

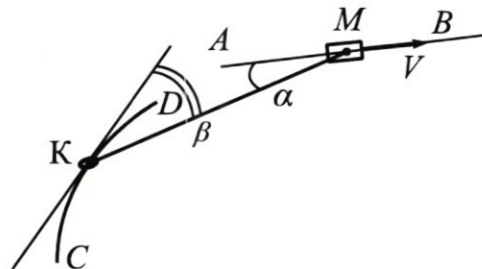
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-01

Класс 11

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

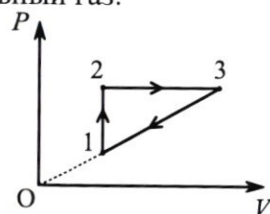
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) 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 количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

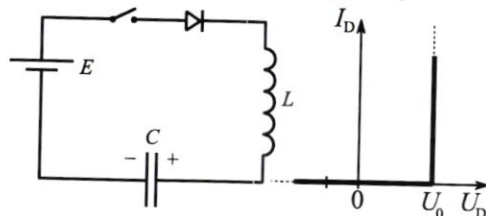


3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
 - 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.

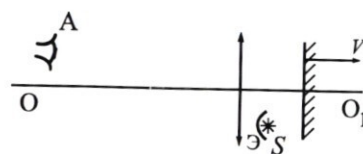
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.



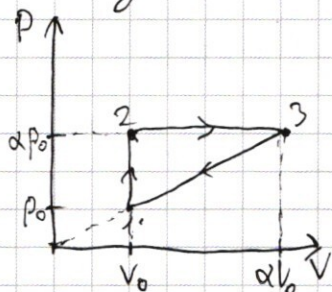
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/2$ от плоскости 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 2.



В процессах 1-2 и 2-3 температура
равномерна. $dP \cdot V = \nu R \cdot dT$

$$C_{12} = \frac{Q_{12}}{\nu \Delta T_{12}} = \frac{\Delta U_{12} + A_{12}}{\nu \Delta T_{12}} = \frac{\frac{3}{2}(\alpha p_0 V_0 - p_0 V_0)}{(\alpha p_0 V_0 - p_0 V_0)} R = \frac{3}{2} R$$

($C_{12} = \text{const}$) *изобарный процесс* ($\Delta U = \frac{5}{2} p_0 V_0 = \frac{5}{2} A$)

$$C_{23} = \frac{\Delta U_{23} + A_{23}}{\nu \Delta(PV)} R = \frac{\frac{5}{2} A_{23}}{\Delta(PV)} R = \frac{\frac{5}{2} p_0 V_0}{p_0 \Delta V} R = \frac{5}{2} R \quad (C_{23} = \text{const})$$

$$\alpha_1 = \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5} = 0,6 \quad Q_{23} = \frac{5}{2} A_{23} \quad \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} p_0 V_0 + p_0 \Delta V = \frac{5}{2} p_0 V_0 = \frac{5}{2} A_{23}$$

$$\alpha_2 = \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2} = 2,5$$

$$\eta = \frac{A}{Q^*} \quad A = A_{23} - A_{31} = \alpha p_0 (\alpha V_0 - V_0) - \frac{p_0 + \alpha p_0}{2} \cdot V_0 (\alpha - 1) =$$

$$= \alpha p_0 V_0 (\alpha - 1) - p_0 V_0 \cdot \frac{(\alpha + 1)(\alpha - 1)}{2} = p_0 V_0 (\alpha - 1) \left(\alpha - \frac{\alpha + 1}{2} \right) =$$

$$= p_0 V_0 (\alpha - 1) \frac{2\alpha - \alpha - 1}{2} = \frac{p_0 V_0 (\alpha - 1)^2}{2}$$

$$Q^* = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} V_0 p_0 (\alpha - 1) + \frac{5}{2} \alpha p_0 V_0 (\alpha - 1) = p_0 V_0 (\alpha - 1) (3 + 5\alpha)$$

$$= \frac{p_0 V_0 (\alpha - 1)^2}{2} (3 + 5\alpha)$$

$$\eta = \frac{\frac{p_0 V_0 (\alpha - 1)^2}{2}}{\frac{p_0 V_0 (\alpha - 1)^2}{2} (3 + 5\alpha)} = \frac{\alpha - 1}{3 + 5\alpha}$$

$$\eta' = \left(\frac{\alpha - 1}{3 + 5\alpha} \right)' = \frac{1 \cdot (3 + 5\alpha) - 5(\alpha - 1)}{(3 + 5\alpha)^2} = \frac{3 + 5\alpha - 5\alpha + 5}{(3 + 5\alpha)^2} = \frac{8}{(3 + 5\alpha)^2}$$

$$\frac{8}{(3 + 5\alpha)^2} = 0 \quad \alpha > 0, \text{ нет решения}$$

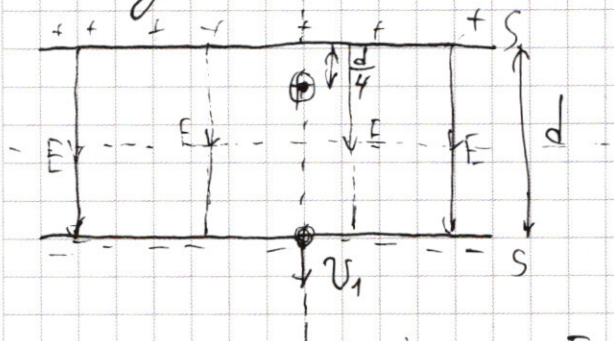
Значим у прыжком тым максымумам
 & мінімумам, она ўзрастае.

§ Тым $\alpha \rightarrow \infty$

$$\eta = \frac{1}{5} = 0,2 \quad \eta \rightarrow 0,2$$

Смвем: $\alpha_1 = 0,6$, $\alpha_2 = 2,5$, $\eta_{\text{max}} = 0,2$.

Задача 3.



$E = \text{const} \in T$. к. расмуга
 лемм в сярэне кондэн-
 сатара, $d \ll \sqrt{S}$, ноне
 аднароднае.

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \quad F = Eq \quad F = \text{const}$$

Значим $a = \text{const}$, гвнмне раўноусоренне

$$2a \cdot \frac{3}{4}d = v_1^2 - 0^2 \quad 1,5ad = v_1^2$$

$$F = ma \quad ma = Eq \quad a = r \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$\frac{3}{4}d = \frac{v_1^2 + v_2^2}{2} \cdot T \quad v_1 = \frac{1,5d}{T}$$

$$2a \cdot \frac{3}{4}d = v_1^2 - 0^2$$

$$1,5ad = v_1^2$$

$$F = ma$$

$$ma = Eq$$

$$a = r \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$a = \frac{v_1^2}{1,5ad} = \frac{1,5^2 d^2}{1,5ad T^2} = \frac{3d}{2T^2}$$

$$\frac{3d}{2T^2} = r \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$Q = \frac{3d\epsilon_0 S}{2T^2 r}$$

~~Старым кондэнсатара $E \neq 0$ т.к.~~

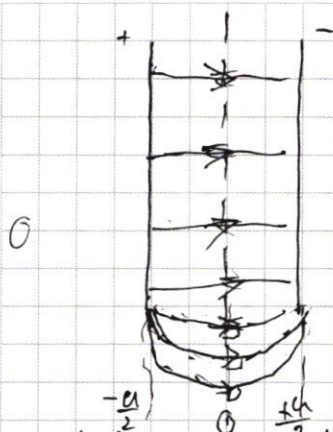
~~заводжамы аднаков іх тэореме
 Гауса, значим $\oint q = 0$ вкаждой точке~~

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

$$Q = CU$$

$$U = \frac{Qd}{\epsilon_0 S} \quad (U = E \cdot d = \frac{Qd}{\epsilon_0 S})$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Потенциал на бесконечности 0, тогда потенциал в центре конденсатора тоже 0, а если мы идем из бесконечности к центру конденсатора, то E всегда будет $\perp dx$, значит φ не изменится. Тогда на пластинках $\varphi_1 = \frac{U}{2}$ $\varphi_2 = -\frac{U}{2}$ $\Delta \varphi = U = \frac{Qd}{\epsilon_0 S}$

ЗСЭ: ~~КЭ~~ $\varphi_1 \cdot q + \frac{mv_1^2}{2} = 0 \cdot q + \frac{mv_2^2}{2}$

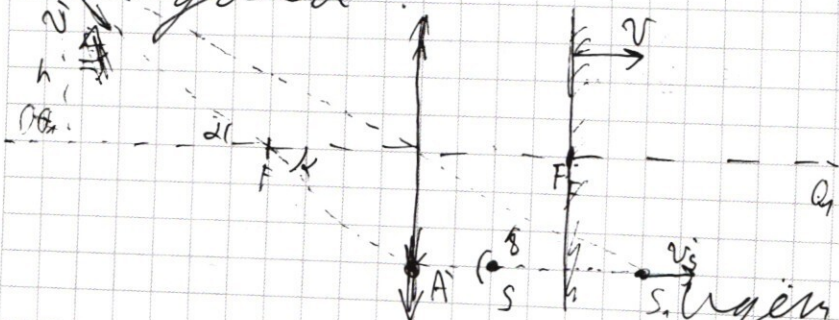
$2\varphi_1 r + v_1^2 = v_2^2$

$v_2^2 = \frac{9d^2}{4T^2} + 2r \cdot \frac{U}{2} = \frac{9d^2}{4T^2} + r \cdot \frac{Qd}{\epsilon_0 S} = \frac{9d^2}{4T^2} + \frac{r \cdot d}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{3d\epsilon_0 S}{2T^2 r} =$

$= \frac{9d^2}{4T^2} + \frac{6d^2}{4T^2} = \frac{15d^2}{4T^2} \Rightarrow v_2 = \frac{d}{2T} \sqrt{15}$

Ответ: $v_2 = \frac{3d}{2T}$; $Q = \frac{3d\epsilon_0 S}{2T^2 r}$; $v_2 = \frac{d}{2T} \cdot \sqrt{15}$

Задача 5.



$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}$

$d_1 = \frac{F}{2} + F = \frac{3}{2}F$ (т.к.

мы сначала

идем до зеркала

и потом от зеркала до предмета

(как бы отражения в зеркале))

$\frac{1}{F} = \frac{2}{3F} + \frac{1}{f_1}$

$\frac{1}{f_1} = \frac{2}{3F} - \frac{2}{3F} = \frac{1}{3F} \Rightarrow f_1 = 3F$

v_s направлено влево т.к. зеркало движется влево и изображение (расстояние от источника до зеркала увеличивается)

Скорость $v_s \perp$ миге, значит

v' (скорость изображения в т.А всегда будет направлена по диагонали AA')

$$\Gamma = \frac{f_2}{d_1} = \frac{3F}{\frac{2}{3}F} = 2 \quad \frac{h_2}{h_1} = \Gamma \quad h_2 = 2h_1 = \frac{2}{3}F \cdot 2 = \frac{4}{3}F$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_2}{f_1 - F} = \frac{\frac{4}{3}F}{3F - F} = \frac{3}{4} \quad \cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad d = \frac{F}{2} + 2x \quad (x - \text{расстояние от}$$

S до зеркала) Возьмем Производная по t :

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{F}{2} + 2x} + \frac{1}{f}$$

$$0 = \frac{d'}{d^2} + \frac{f'}{f^2}$$

$$\left(\frac{F}{2} + 2x \right)' = \frac{v_x}{f_1^2}$$

$$\frac{2v}{d_1^2} = \frac{v_x}{f_1^2}$$

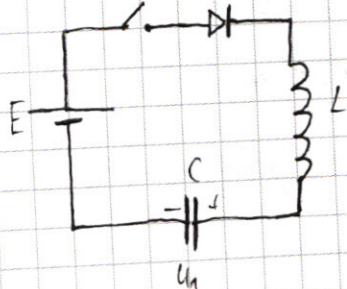
$$v_x = 2v \frac{f_1^2}{d_1^2} = 2v \Gamma^2 =$$

$$= 8v \quad (\text{знаю скорость } \parallel \text{ } OO_1)$$

$$v' = \frac{v_x}{\cos \alpha} = \frac{8v}{4} \cdot 5 = 10v$$

$$\text{Ответ: } f_1 = 3F; \operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}; v' = 10v.$$

Задача 4.



Сразу после:

$$LI = E - U_0 - U_L$$

Если $I_{\max}$, то $\frac{dI}{dt} = 0$:

$$E = U_0 + U_C + 0$$

$$E = U_0 + U_L + LI$$

$$I = \frac{E - U_0 - U_L}{L} = \frac{3B}{0,1H} = 30 \frac{A}{C}$$

$$U_C = E - U_0$$

$$Q_0 = \int U I dt = U_0 \int \frac{dQ}{dt} dt = U_0 \int dq = U_0 q$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3 \text{ СЭ: } E q + \frac{C U_1^2}{2} = U_0 q + \frac{C U_c^2}{2} + \frac{L I_{\max}^2}{2} \quad q$$

$$q = q_2 - q_1 = C U_c - C U_1 = C (U_c - U_1) = C (E - U_0 - U_1) = C U'$$

$$U' = 3 \text{ В}$$

$$\frac{C U_1^2}{2} + C U' E = U_0 C + \frac{C U_c^2}{2} + \frac{L I_{\max}^2}{2} \quad U_c = 8 \text{ В}$$

$$\frac{C}{2} (U_1^2 + 2 E U' - 2 U_0 U' - U_c^2) = \frac{L I_{\max}^2}{2} \quad I_{\max}^2 = \frac{C}{L} (U_1^2 + 2 E U' - 2 U_0 U' - U_c^2)$$

$$= 400 \cdot 10^{-6} (1^2 + 2 \cdot 9 \cdot 3 - 2 \cdot 1 \cdot 3 - 8^2) \text{ А}^2 =$$

$$= 0,4 \cdot 10^{-3} (25 + 54 - 6 - 64) \text{ А}^2 = 0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 9 \text{ А}^2 = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ А}^2 =$$

$$= 36 \cdot 10^{-4} \text{ А}^2 = (6 \cdot 10^{-2})^2 \text{ А}^2 \quad I_{\max} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ А} = 0,06 \text{ А}.$$

Когда $I = I_{\max}$ $U_c = 8 \text{ В}$ $U_1 = 0 \text{ В}$, $U_2 = 1 \text{ В}$,
то ток через катушку меня сразу
не пересечет и напряжение
на конденсаторе будет ~~растет~~
до U_2 , когда $I = 0$ и тогда ток & через
него меня не сможет, уст. режим.

$$E q + C U_0 \quad 3 \text{ СЭ: } E q' + \frac{C U_1'^2}{2} = U_0 q' + \frac{C U_2^2}{2}$$

$$q' = C U_2 - C U_1 = C (U_2 - U_1)$$

$$C (U_2 - U_1) (E - U_0) + \frac{C U_1'^2}{2} = \frac{C U_2^2}{2} \quad 2 (U_2 - U_1) (E - U_0) + U_1'^2 = U_2^2$$

$$2 U_2 E - 2 U_2 U_0 - 2 U_1 E + 2 U_1 U_0 + U_1'^2 = U_2^2$$

$$U_2^2 - 2 U_2 (E - U_0) + 2 U_1 E - 2 U_1 U_0 - U_1'^2 = 0$$

$$D = 4 (E - U_0)^2 - 4 (U_1 E - 2 U_1 U_0 - U_1'^2) = 4 \cdot 8^2 \text{ В}^2 - 4 \cdot (45 - 10 - 25) \text{ В}^2 =$$

$$= 4 (64 - 10) \text{ В}^2 = 4 \cdot 54 \text{ В}^2 = (2 \cdot 3 \cdot \sqrt{6})^2 \text{ В}^2 = (6 \sqrt{6})^2 \text{ В}^2$$

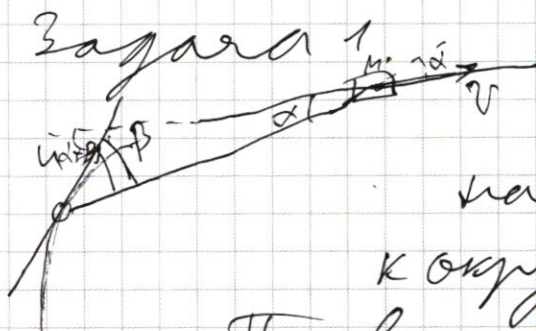
$$U_2 = \frac{2(E - U_0) \pm \sqrt{D}}{2} = \frac{16B \pm 6\sqrt{6}B}{2} = (8 \pm 3\sqrt{6})B$$

$U_2 > 8B$ т.к. заряд еще имеет поле $I_{\max}$

$$U_2 = (8 + 3\sqrt{6})B$$

Ответ: $I = 30 \frac{A}{C}$; $I_{\max} = 0,06 A$; $U_2 = (8 + 3\sqrt{6})B$.

Задача 1

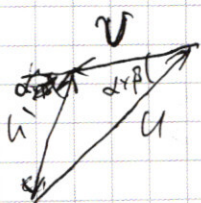


Скорость u (каковы) направлена по касательной к окружности оси.

Треугольник u и u' (лишь переставим

$$u \text{ и } u' \text{ поменять: } v \cos \alpha = u \cos \beta$$

$$u = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = v \cdot \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = \frac{75}{68} v = 1 \frac{7}{68} v = 25 \frac{cm}{c}$$



$$u'^2 = u^2 + v^2 - 2uv \cos(\alpha + \beta)$$

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

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{15^2}{17^2}} = \sqrt{\frac{289 - 225}{17^2}} = \sqrt{\frac{8^2}{17^2}} = \frac{8}{17}$$

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

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{60 - 24}{85} = \frac{36}{85}$$

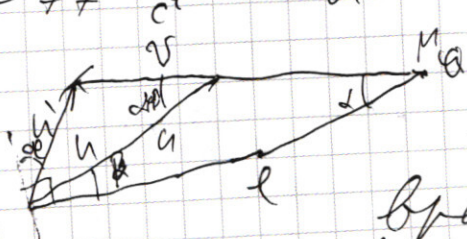
$$u'^2 = \frac{75^2}{68^2} v^2 + v^2 - 2 \cdot \frac{75}{68} v^2 \cdot \frac{36}{85} = 25^2 \frac{cm^2}{c^2} + 68^2 \frac{cm^2}{c^2} - \frac{135}{17^2} \frac{cm^2}{c^2}$$

$$u'^2 = 75^2 \frac{cm^2}{c^2} + 68^2 \frac{cm^2}{c^2} - 2 \cdot 68 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{36}{85} \frac{cm^2}{c^2} = (5\sqrt{3})^2 \frac{cm^2}{c^2} - 2 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 4 \cdot \frac{36}{85} \frac{cm^2}{c^2} + 68^2 \frac{cm^2}{c^2} = 15525 - 4320 + 4624 \frac{cm^2}{c^2} = (15525 + 304) \frac{cm^2}{c^2} = 5829 \frac{cm^2}{c^2}$$

$$+ 68^2 \frac{cm^2}{c^2} = 15525 - 4320 + 4624 \frac{cm^2}{c^2} = (15525 + 304) \frac{cm^2}{c^2} = 5829 \frac{cm^2}{c^2}$$

$$= 77^2 \frac{cm^2}{c^2}$$

$$u' = 77 \frac{cm}{c}$$



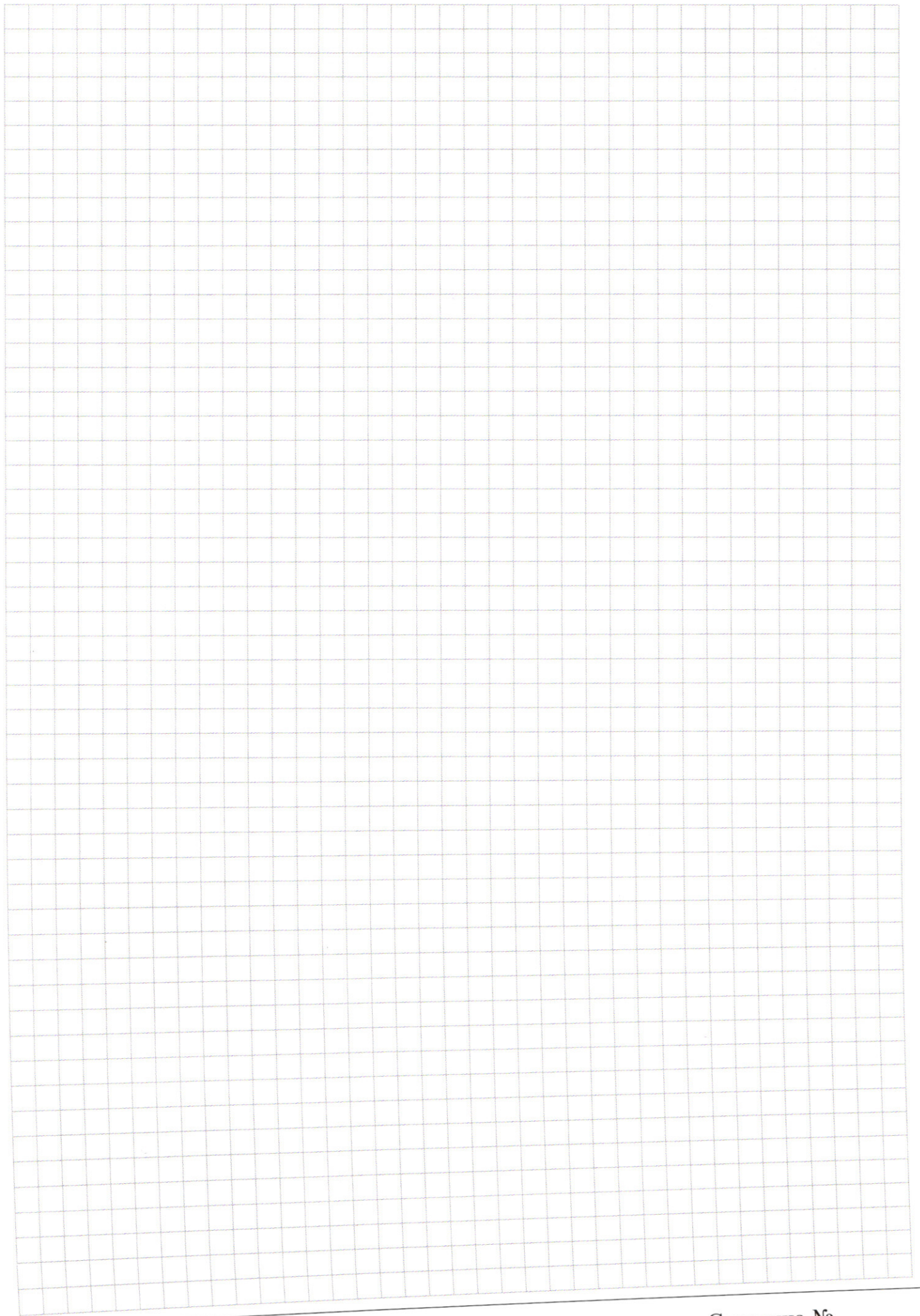
В СО муфта M-целит
вращаясь, значит концы
вращения вокруг M

$$m \frac{(u' \cos \alpha)^2}{r} = T$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T = \frac{m}{e} u^2 \cos^2 \alpha$$

Ответ: $u = 75 \frac{\text{cm}}{\text{e}}$; $u' = 77 \frac{\text{cm}}{\text{e}}$; $T = \frac{3m}{5R} u^2 \cos^2 \alpha$.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

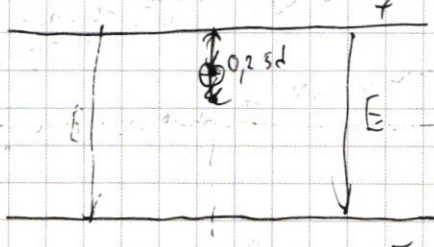
3- вакуум

$$\frac{1}{8} \quad \frac{2}{18} \quad \frac{1}{9}$$

$$(a \cdot b^{-1})' = a' b^{-1} + a \cdot \frac{b'}{b^2} = \frac{a'b - ab'}{b^2}$$

$$\frac{2-1}{13} = \frac{1}{13} \quad \frac{3-1}{18} = \frac{1}{9}$$

$$C = \frac{\epsilon \cdot S}{d}$$

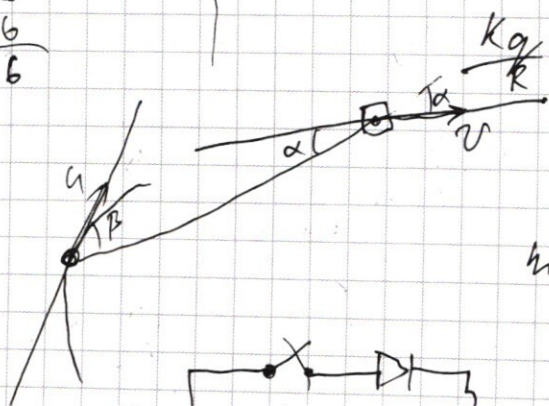


$$\frac{kQ}{d}$$

$$Q = \int u Id = \int \frac{q}{c} Id = \int \frac{q}{c} \frac{dq}{d} = \frac{q^2}{2c}$$

$$\begin{array}{r} 15 \\ 11 \\ 25 \\ 15 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 32 \\ 6 \\ 216 \end{array}$$



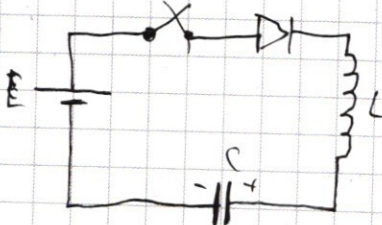
$$\frac{kq^2}{R}$$

$$Q = \int u Id = u \cdot \int \frac{kq}{r} \cdot d = u \cdot q$$

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

$$u \frac{R^2}{R} = T$$

$$\begin{array}{r} \times 1.7 \\ 17 \\ 119 \\ 12 \\ 289 \end{array}$$



$$E = U_0 + L \dot{I} + U_1$$

$$L \dot{I} = E - U_1 - U_0$$

$$\dot{I} = \frac{E - U_1 - U_0}{L} = \frac{38}{0.111} = 30 \frac{A}{c}$$

$$E = U_0 + U_c$$

$$U_c = E - U_0$$

$$q = U_c C$$

$$\frac{U_0^2}{2} + E q = U_0 q + \frac{C U_c^2}{2} + \frac{L I^2}{2}$$

$$2 \quad 8.75 = 120$$

$$\begin{array}{r} 4 \times 120 \\ 36 \\ 72 \\ 36 \\ 4320 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 75 \\ 75 \\ 375 \\ 525 \\ 5625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 68 \\ 68 \\ \hline + 544 \\ 408 \\ \hline 4624 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 77 \\ 05 \\ 68 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 68 \\ 6 \\ \hline 408 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 27 \\ 27 \\ \hline + 189 \\ 54 \\ \hline 729 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 77 \\ 77 \\ \hline + 539 \\ 539 \\ \hline 5929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 72 \\ 72 \\ \hline 599 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5829 \mid 3 \\ 1943 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} \times 76 \\ 76 \\ \hline + 375 \\ 525 \\ \hline 5625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 68 \\ 68 \\ \hline + 544 \\ 408 \\ \hline 4624 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 68 \\ 8 \\ \hline 544 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 68 \\ 6 \\ \hline 408 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 60 \\ 2 \\ \hline 120 \end{array}$$

$$5929$$

$$\begin{array}{r} 4624 \\ + 5625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 120 \\ 36 \\ \hline + 72 \\ 36 \\ \hline 4320 \end{array}$$