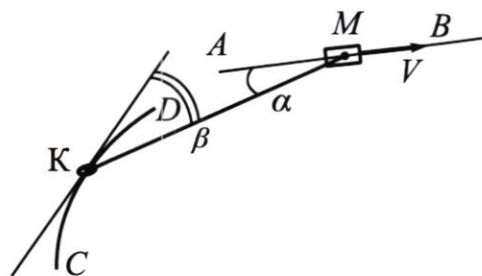


Олимпиада «Физтех» по физике, Вариант 11-01

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без

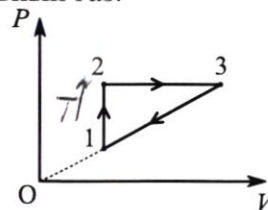
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной 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

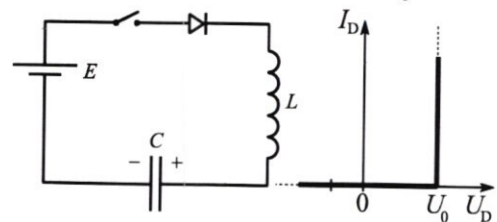
$$\frac{q}{m} = \gamma.$$

- 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.

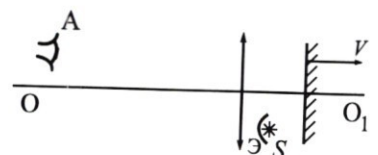


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{(P_2 - P_1)V_2 - (P_2 - P_1)V_1}{2\left(\frac{5}{2}P_2V_2 - \frac{3}{2}P_1V_1 - P_2V_1\right)} = \frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{3\gamma R \Delta T_{12} + 5\gamma R \Delta T_{23}}$$

P_1V_1 и P_2V_2 лежат на одной прямой, проходящей
через 0. пусть α - коэфф. этой прямой.
тогда $V_2 = \alpha V_1$, $P_2 = \alpha P_1$ возросли

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{\alpha^2 P_1 V_1 - \alpha P_1 V_1 - \alpha P_1 V_1 + P_1 V_1}{5\alpha^2 P_1 V_1 - 3P_1 V_1 - \alpha P_1 V_1} = \frac{\alpha^2 - 2\alpha + 1}{5\alpha^2 - \alpha - 3}$$

$$\eta' = \frac{(2\alpha - 2)(5\alpha^2 - \alpha - 3) - (10\alpha - 1)(\alpha^2 - 2\alpha + 1)}{(5\alpha^2 - \alpha - 3)^2}$$

$$\eta' = 0 \quad (\alpha - 1)(2(5\alpha^2 - \alpha - 3) - (10\alpha - 1)) = 0$$

$$\alpha - 1 = 0 \quad \text{или} \quad (10\alpha^2 - 2\alpha - 6) - (10\alpha^2 - 11\alpha + 1) = 0$$

$$\alpha = 1 \quad 9\alpha - 7 = 0$$

$$\alpha = \frac{7}{9}$$

$$\eta(1) = \frac{1 - 2 + 1}{5 - 1 - 3} = 0$$

$$\eta\left(\frac{7}{9}\right) = \frac{\left(\frac{7}{9}\right)^2 - 2 \cdot \frac{7}{9} + 1}{5 \cdot \frac{7^2}{9^2} - \frac{7}{9} - 3} = \frac{\frac{49}{81} - \frac{74}{9} + 1}{\frac{405}{81} - \frac{7}{9} - 3} = \frac{\frac{49}{81} - \frac{74}{9} + 1}{\frac{405}{81} - \frac{7}{9} - 3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

при удалении на расстоянии y сила действующая на тело равна $\frac{k \cdot 10^9 \cdot q \cdot Q}{R^2}$

сила действующая на тело со стороны одной пластинки

$$F = \int_0^R 2kq \frac{\frac{Q}{R}}{y^2 + x^2} dx = \frac{2kqQ}{y^2 + \frac{R^2}{2}} \quad (R \ll y)$$

$$Q = \frac{kQ\delta}{\frac{R^2}{2} + y^2} - \frac{kQ\delta}{\frac{R^2}{2} + (y+d)^2}$$

Скорость на расстоянии $y =$

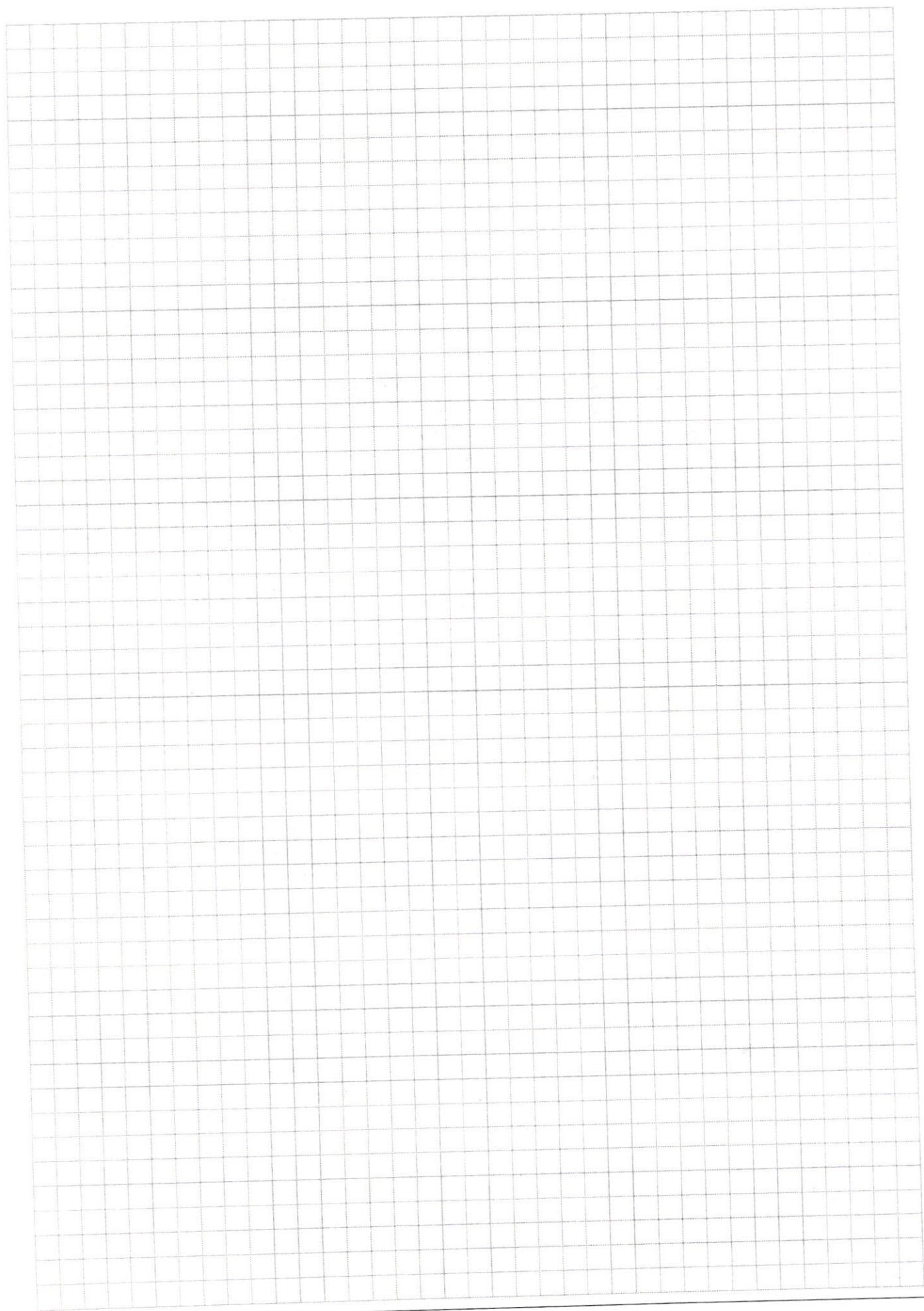
$$V_2 = V_1 + \int_0^{+\infty} \left(\frac{kQ\delta}{\frac{R^2}{2} + y^2} - \frac{kQ\delta}{\frac{R^2}{2} + (y+d)^2} \right) dy \approx 2e$$

а тогда

$$V_2 = V_1 + \int_0^{+\infty} \left(\int_0^{R=\sqrt{\frac{S}{\pi}}} 2kq \frac{\frac{Q}{R}}{y^2 + x^2} dx - \int_0^{R=\sqrt{\frac{S}{\pi}}} 2kq \frac{\frac{Q}{R}}{(y+d)^2 + x^2} dx \right) dy$$

$\approx 2e$ т.к. $d \ll S \ll y$ поле компенсируется.

Ответ: $V_1 = \frac{3d}{2\epsilon} \quad Q = \frac{\epsilon_0 S 3d}{2T^2 \delta}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Отношение
мощностей

~ 2 (пропорция)

$$\frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = 0,6$$

$$\eta = \frac{A}{Q}$$

$$A = S \text{ фигуры} = \frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{2}$$

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

$$= \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} + \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_1 = \nu R T_2$$

$$\Delta T_{12} = T_2 - T_1 = \frac{P_2 V_1 - P_1 V_1}{\nu R} = \frac{(P_2 - P_1) V_1}{\nu R}$$

$$\Delta T_{23}$$

$$P_2 V_1 = \nu R T_2$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_3$$

$$\Delta T_{23} = \frac{P_2 (V_2 - V_1)}{\nu R}$$

$$A = \frac{3}{2} (P_2 - P_1) V_1 + \frac{5}{2} P_2 (V_2 - V_1) =$$

$$= \frac{3}{2} P_2 V_1 - \frac{3}{2} P_1 V_1 + \frac{5}{2} P_2 V_2 - \frac{5}{2} P_2 V_1 =$$

$$= \frac{5}{2} P_2 V_2 - \frac{3}{2} P_1 V_1 - P_2 V_1$$

Тогда выражение выше видно подмодателю
направо или

$$f = \frac{f \cdot \left(\frac{3f}{2} + 2Vt\right)}{\frac{3f}{2} + 2Vt - f} = \frac{f \cdot \frac{3f}{2} + 2Vt f}{0,5f + 2Vt} =$$

$$= \frac{f \cdot \frac{3}{2} + 2Vt f - 4Vt f}{0,5f + 2Vt} = 3f - \frac{4Vt f}{0,5f + 2Vt}$$

$$v_x = f'(x) = \frac{4Vt f (0,5f + 2Vt) - 2V \cdot 4Vt f}{0,25f^2 + 2Vt f + 2Vt^2} =$$

$$= \frac{2Vf^2 + 8V^2 f t - 8V^2 f t}{0,25f^2 + Vt f + 2Vt^2} = \frac{2V}{0,25} = 8V.$$

$$f \rightarrow 0 \quad \Gamma(f) = \frac{f(t)}{d(f)} = \frac{f}{d - f} = \frac{f}{\frac{f}{2} + 2Vt}$$

$$S_y = h \cdot \Gamma(t) = \frac{3f \cdot f}{4 \left(\frac{f}{2} + 2Vt\right)} = \frac{3f^2}{2f + 8Vt} =$$

$$= \frac{\frac{3}{2} f \cdot 2f + 12Vt f - 12Vt f}{2f + 8Vt} = \frac{3}{2} f - \frac{12Vt f}{2f + 8Vt}$$

$$v_y = S_y'' \left(\frac{12Vt f}{2f + 8Vt} \right) = \frac{12Vf (8Vt + 2f) + 8V \cdot 12Vt f}{(2f + 8Vt)^2} =$$

$$= \frac{24V^2 f^2}{4f^2 + 32Vt f + 64V^2 t^2} = 6V$$

$T \rightarrow 0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Угол α - угол движения электронов

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{6V}{8V} = \frac{3}{4} = 0,75$$

Угол V_n - скорость движения электронов

$$V_n^2 = v_y^2 + v_x^2$$

$$V_n = 10V \text{ (это внешний треугольник)}$$

Ответ: 3 ф);

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,75, \quad V_n = 10V$$

Примечание к заданию № 3 п. 3.

Вне конденсатора поле одной из групп электронов компенсирует, а не усиливает поэтому напряженность поля ^{снаружи} практически пороговая, т.е. близка к нулю.

$$\text{Поэтому } V_2 \approx V_1, \quad \frac{V_1 - V_2}{V_1} < 0,1$$

причем $V_2 < V_1$

после замыкания ключа ток на конденсатор кода
на конденсатор разряжен. он разрядится, а потом
поменяет полярность и зарядится до $V_R E - U_1 = 8 \text{ В}$.

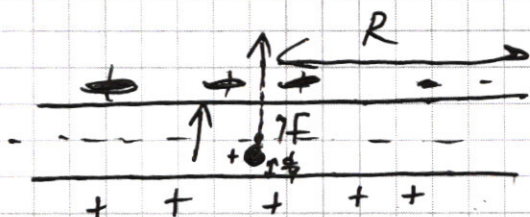
$$\frac{CU_m^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2} \quad (3 \text{ с. э.})$$

$$I_m = U_m \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} = 8 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-5}}{10^{-1}}} = 0,32 \text{ А}$$

N 3

$$S = \pi R^2$$

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$



$$F_z = Eq$$

$$a_z = \frac{F_z}{m} = E \frac{q}{m} = E \gamma$$

$$a \frac{T^2}{2} = \frac{3d}{4} \quad \leftarrow \begin{array}{l} \text{закон движения} \\ \text{внутри конденсатора} \end{array}$$

$$a = \frac{3d \cdot 2}{4 T^2} = \frac{3d}{2 T^2}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$$

$$V_1 = aT = \frac{3d}{2T}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \quad \begin{array}{l} \text{104} \\ \text{возмущен)} \\ \text{в вакууме)} \end{array}$$

$$E = \frac{a}{\gamma} = \frac{3d}{2T^2 \gamma}$$

$$Q = CU$$

$$U = Ed = \frac{3d^2}{2T^2 \gamma}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2

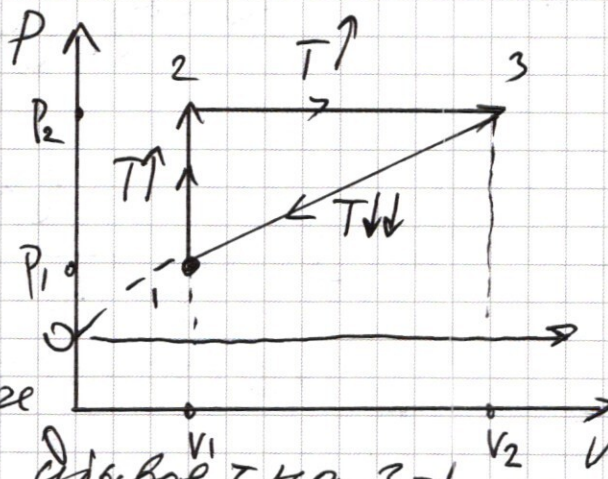
из соотношения

$$\frac{PV}{T} = \text{const}$$

имеем:

Температура возрастает
на участке 1-2-ухоре

и 2-3-ухоре и убывает на 3-1.



1-2 $V = \text{const} \rightarrow Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$
мольная теплоемкость $\frac{3}{2} R$ Дж/моль·К

2-3 $P = \text{const} \rightarrow Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23}$

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

$$A_{23} = P \Delta V = \nu R \Delta T_{23}$$

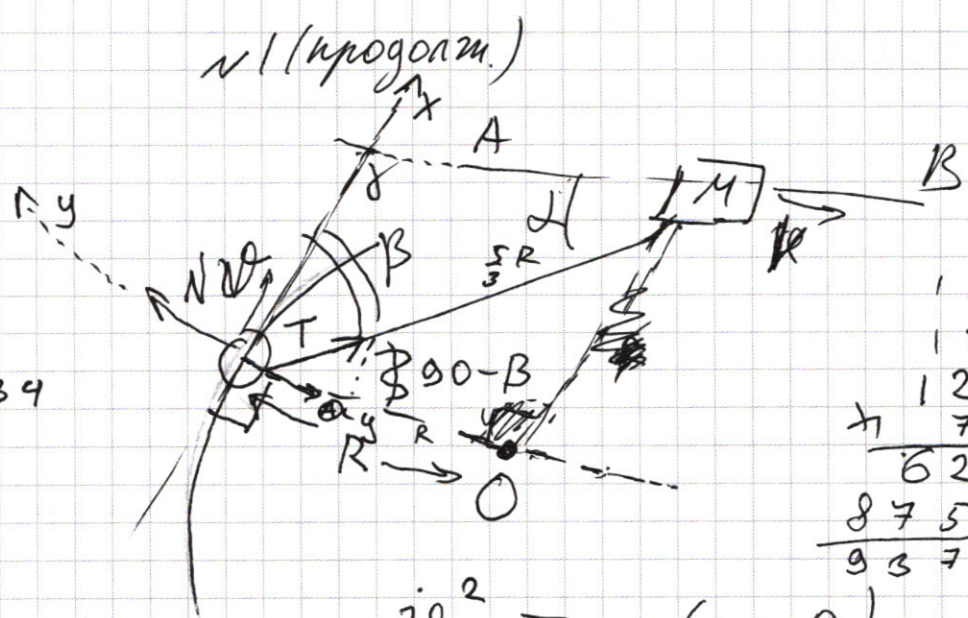
$$Q = A + \Delta U = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T}{\nu R \Delta T} = \underline{\underline{2,5}}$$

мольная теплоемкость

$$\frac{Q}{\nu \Delta T} = \frac{5}{2} R \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}.$$

$$\begin{array}{r} 3.10 \\ 93750 \overline{) 19} \\ 768 \overline{) 4934} \\ \underline{177} \\ 171 \\ \underline{65} \\ -57 \\ \hline 80 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 13 \\ 12 \\ 125 \\ \times 75 \\ \hline 625 \\ 875 \\ \hline 9375 \end{array}$$

$$3. a_y = \frac{v^2}{R} = T \cos(90 - \beta)$$

$$\cos(90 - \beta) = \sin \beta = \frac{3}{5}$$

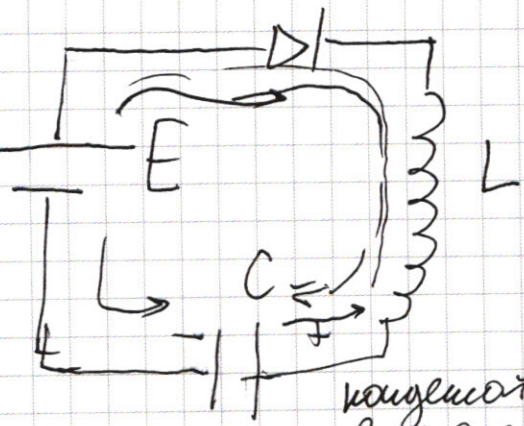
$$T = \frac{5 v^2}{3 R} = \frac{5 \cdot 75 \cdot 75 \cdot 10^{-4}}{3 \cdot 1,9} = 0,4934 \text{ Н}$$

Ответ: 75 см/с; 87 см/с; 0,4934 ≈ 0,5 Н

нч

~~в начальный момент~~
~~пороговое напряжение~~
~~диод работает только~~
Диод пропускает ток только в одну сторону и имеет напряжение $U_0 = 1 \text{ В}$.

затем II закон Кирхгофа.



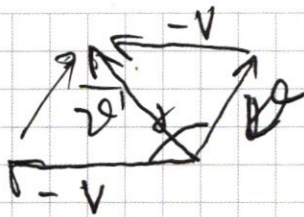
конденсатор
всегда с противоположно
напряжением

$$E - \mathcal{E}_i = U_0 + U_C$$

$$\mathcal{E}_i = L I$$

$$I_{\text{max}} = \frac{E - U_0 + U_C}{L} = \frac{9 - 1 + 5}{0,1} = 130 \text{ А/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



н 1 (продолж.)

$$v'^2 = V^2 + v^2 - 2Vv \cos(180 - \alpha) =$$

$$= V^2 + v^2 - 2Vv \cos(\alpha + \beta)$$

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

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

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{15}{17}\right)^2} = \frac{8}{17}$$

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

$$= \frac{60 - 24}{17 \cdot 5} = \frac{36}{85}$$

$$v'^2 = 68^2 + 85^2 - 2 \cdot 68 \cdot 85 \cdot \frac{36}{85} =$$

$$= 4624 + 7225 - 4320 = 7529$$

$$v' \approx 87 \text{ см/с}$$

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

$$\begin{array}{r} 85 \\ + 85 \\ \hline 425 \\ 680 \\ \hline 7225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ + 17 \\ \hline 189 \\ 17 \\ \hline 289 \\ - 225 \\ \hline 64 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 87 \\ + 87 \\ \hline 604 \\ 8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ + 5 \\ \hline 85 \\ 60 \\ \hline 29 \\ 36 \\ \hline 4320 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4624 \\ - 4320 \\ \hline 304 \\ 7225 \\ + 304 \\ \hline 7529 \end{array}$$

$$P_1 = \alpha V_1 \quad P_2 = \alpha V_2$$

$$\eta = \frac{\alpha V_2^2 - \alpha V_1 V_2 - \alpha V_2 V_1 + \alpha V_1^2}{5\alpha V_2^2 - 3\alpha V_1^2 - \alpha V_2 V_1}$$

у нас тогда $\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2}$ $\beta > 1$

$$P_2 = \beta P_1$$

$$V_2 = \beta V_1$$

$$\eta = \frac{2\beta^2 V_1^2 - 2\alpha \beta V_1^2 - \alpha V_1^2}{5\alpha \beta^2 V_1^2 - 3\alpha V_1^2 - \alpha \beta V_1^2} =$$

$$= \frac{\beta^2 - 2\beta - 1}{5\beta^2 - \beta - 3}$$

$$\eta' = \frac{2(\beta-1) \cdot (5\beta^2 - \beta - 3) - (\beta-1)^2 (10\beta - 1)}{(5\beta^2 - \beta - 3)^2}$$

$$\eta' = 0 \quad (\beta-1) / (10\beta^2 - 2\beta - 5 - 10\beta^2 + 11\beta + 1)$$

$$\eta = \frac{25 - \frac{10}{9} - 1}{\frac{5 \cdot 5^2}{81} - \frac{5}{9} - 3} = \frac{25 - 90 - 81}{125 - 45 - 243} = \frac{146}{163} \approx \frac{7}{8} \approx 0,875$$

Ответ: 2,5; 0,6; 0,875.

$$\begin{array}{r} 10 \\ 171 \\ - 25 \\ \hline 146 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 243 \\ 45 \\ \hline 288 \\ - 125 \\ \hline 163 \\ 01990 \\ - 0125 \\ \hline 875 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 81 \\ + 3 \\ \hline 243 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

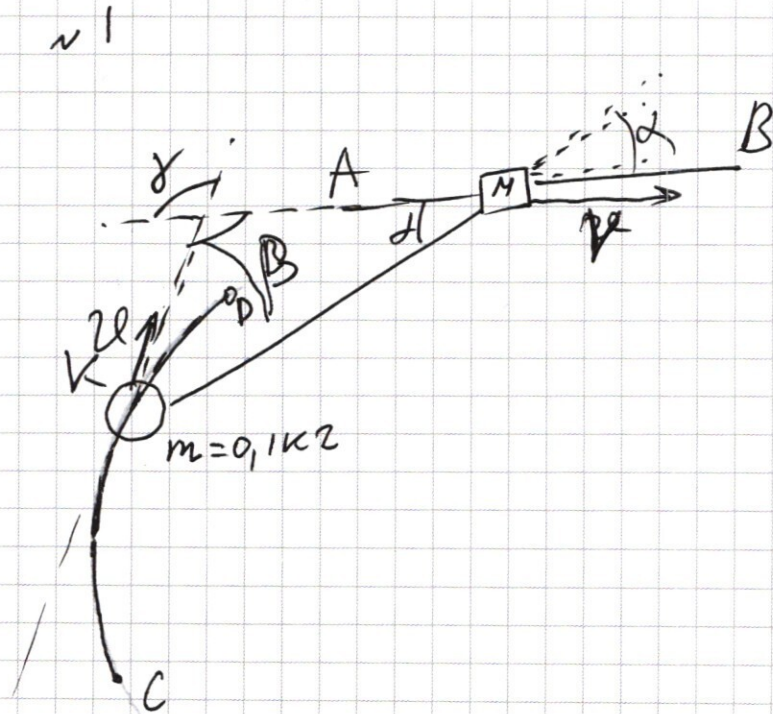
$$L = \frac{5R}{3}$$

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

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

$$V = 68 \text{ м/с}$$

Пусть v —
скорость кольца



1. так как
нить натянута и пренебрежна

$$V \cos \alpha = v \cos \beta$$

$$v = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 68 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4} = \underline{\underline{75 \text{ м/с}}}$$

2. угол между направлением движения
кольца и нитью $\gamma = (180 - (\alpha + \beta))$

скорость v' движения кольца относительно
нити равна

$$\vec{v}' = \vec{v} - \vec{V}$$

