

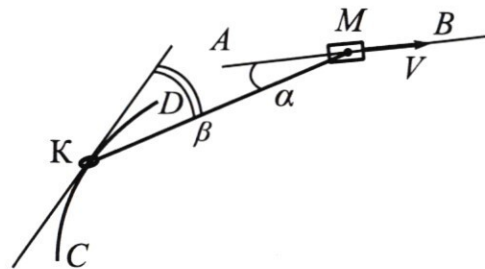
Олимпиада «Физтех» по физике, с

Вариант 11-02

Класс 11

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

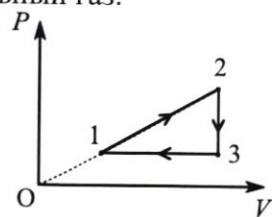
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной 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.

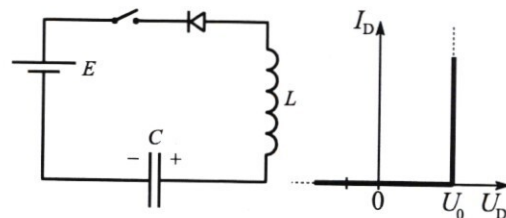


3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между 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.



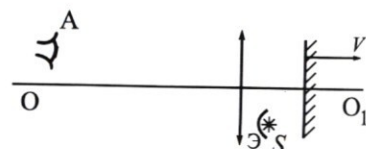
- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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

N 2.

одноатомн.

1) Понижение Температуры
происходит в процессах
 $2 \rightarrow 3$ и $3 \rightarrow 1$

$$Q = \Delta U + A = C \Delta T$$

$$2 \rightarrow 3: A_{23} = 0 \quad Q_{23} = \Delta U$$

$$C_{23} \Delta T_{23} = C_V \Delta T_{23} \quad Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} \Rightarrow C_V = C_{23} = \frac{3}{2} R$$

$$3 \rightarrow 1: Q_{31} = P \Delta V + \Delta U = P(V_1 - V_3) + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31}$$

$$PV = \nu RT, \quad Q_{31} = \nu R \Delta T_{31} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{31}$$

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

тогда 1) $\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{C_V}{C_P} = \frac{3}{5}$

2) найдем A_{12} как площадь под графиком $P(V)$

$$A_{12} = \frac{1}{2} P_2 V_2 - \frac{1}{2} P_1 V_1 = \frac{1}{2} (\nu R T_2 - \nu R T_1) = \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} = 2 \nu R \Delta T_{12}$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 \nu R \Delta T_{12}}{\frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12}} = 4$$

3) $\eta = \frac{A_{cy}}{Q_H}$; A_{cy} найдем как площадь (123)

$$A_{cy} = \frac{1}{2} (V_3 - V_1) (P_2 - P_1)$$

Пусть $P_2 = \alpha P_1$ тогда т.к. в $1 \rightarrow 2$ $P \sim V$,
то $V_2 = \alpha V_1 = V_3$

$$A_y = \frac{1}{2} (\alpha V_1 - V_1) (\alpha P_1 - P_1) = \frac{1}{2} P_1 V_1 (\alpha - 1)^2$$

$$Q_H = 2 \frac{1}{2} R (T_2 - T_1) = 2 (P_2 V_2 - P_1 V_1) = 2 (\alpha P_1 \alpha V_1 - P_1 V_1)$$

$$Q_H = 2 (\alpha^2 - 1) P_1 V_1$$

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

$$\eta = \frac{1}{4} \left(\frac{\alpha + 1}{\alpha + 1} - \frac{2}{\alpha + 1} \right) = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{2}{\alpha + 1} \right) \quad \left(\text{при } \alpha \rightarrow \infty \right. \\ \left. \frac{2}{(\alpha + 1)} \rightarrow 0 \right)$$

$$\eta_{\max} = \frac{1}{4} = 0,25.$$

Ответ: 1) $\frac{C_{23}}{C_{31}} = 0,6$

2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4$

3) $\eta_{\max} = 0,25$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

$h = \frac{8}{15} F$
 $x = \frac{1}{3} F$
 1) $x - ?$
 2) $2 - ?$
 3) $4 - ?$

1) Расстояние до зеркала
 от источника $= \frac{2}{3} F = F - \frac{F}{3}$, тогда между
 линзой и изображением источника $d = \frac{1}{3} F + \frac{2}{3} F + \frac{2}{3} F = \frac{5}{3} F$.

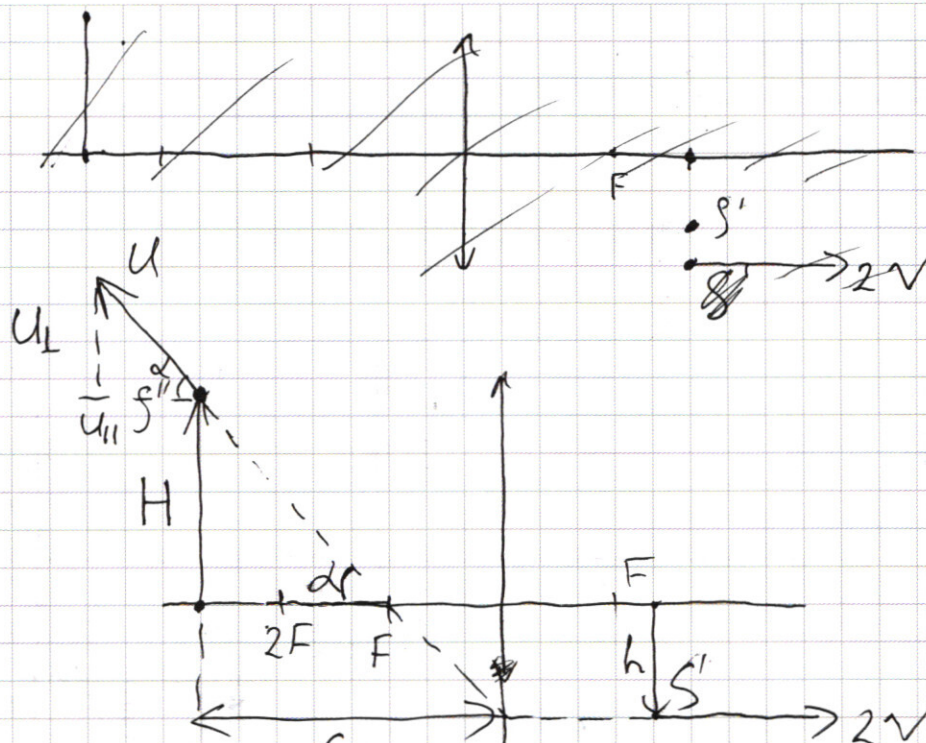
$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$
 $\frac{3}{5F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$
 $\frac{1}{f} = \frac{2}{5} \frac{1}{F}$
 $f = \frac{5F}{2}$
 $\Sigma = \frac{f}{d} = \frac{3}{2}$
 $H = \Sigma h = \frac{3}{2} \cdot \frac{8}{15} F = \frac{4}{5} F$

увеличение линзы
кратное

2) перейдем в СО, связанную с зеркалом, тогда

$v_{отн} = v$
 $\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пер}$
 $v_{g'} = v + v = 2v$

так



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{f - F} = \frac{\frac{4}{5}F}{\frac{3}{2}F} = \frac{8}{15}$$

3) $\begin{array}{c} U \\ \swarrow \searrow \\ U_{\perp} \quad U_{\parallel} \end{array}$

$$\vec{U} = \vec{U}_{\parallel} + \vec{U}_{\perp}$$

известно, что

$$L_u = \sum_A \sum_B L$$

а для скорости

A и B рядом, так что

$$U_{\parallel} = \sum^2 \text{ } 2V = \frac{9}{4} 2V$$

$$\cos \alpha = \frac{U_{\parallel}}{U} = \frac{\frac{9}{4} 2V}{U} = \frac{51}{17}$$

Ответ: 1) $f = \frac{5F}{2}$

2) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{8}{15}$

3) $U = 5,1 \text{ V}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$$\frac{v_1}{T}$$

- 1) T - ?
- 2) U - ?
- 3) v_0 - ?

v_k - конечная скорость
 $v_k = 0$

1) для заставки $\vec{F}_{эл} = m\vec{a}$

$$S_x = \frac{v_{kx}^2 - v_{1x}^2}{2a_x} = -\frac{v_1^2}{2a_x} = -0,2d$$

$$a_x = \frac{v_{kx} - v_{1x}}{T} = \frac{v_1}{T} \Rightarrow 0,2d = \frac{v_1^2}{2 \cdot \frac{v_1}{T}} = \frac{v_1 T}{2}$$

2) $\vec{F}_{эл} = qE = m \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot 0,2d} = m \frac{5v_1^2}{2d}$

$$E = \frac{m}{q} \frac{5v_1^2}{2d} = \frac{1}{\gamma} \frac{5v_1^2}{2d}$$

$$U = Ed = \frac{5v_1^2}{2\gamma}$$

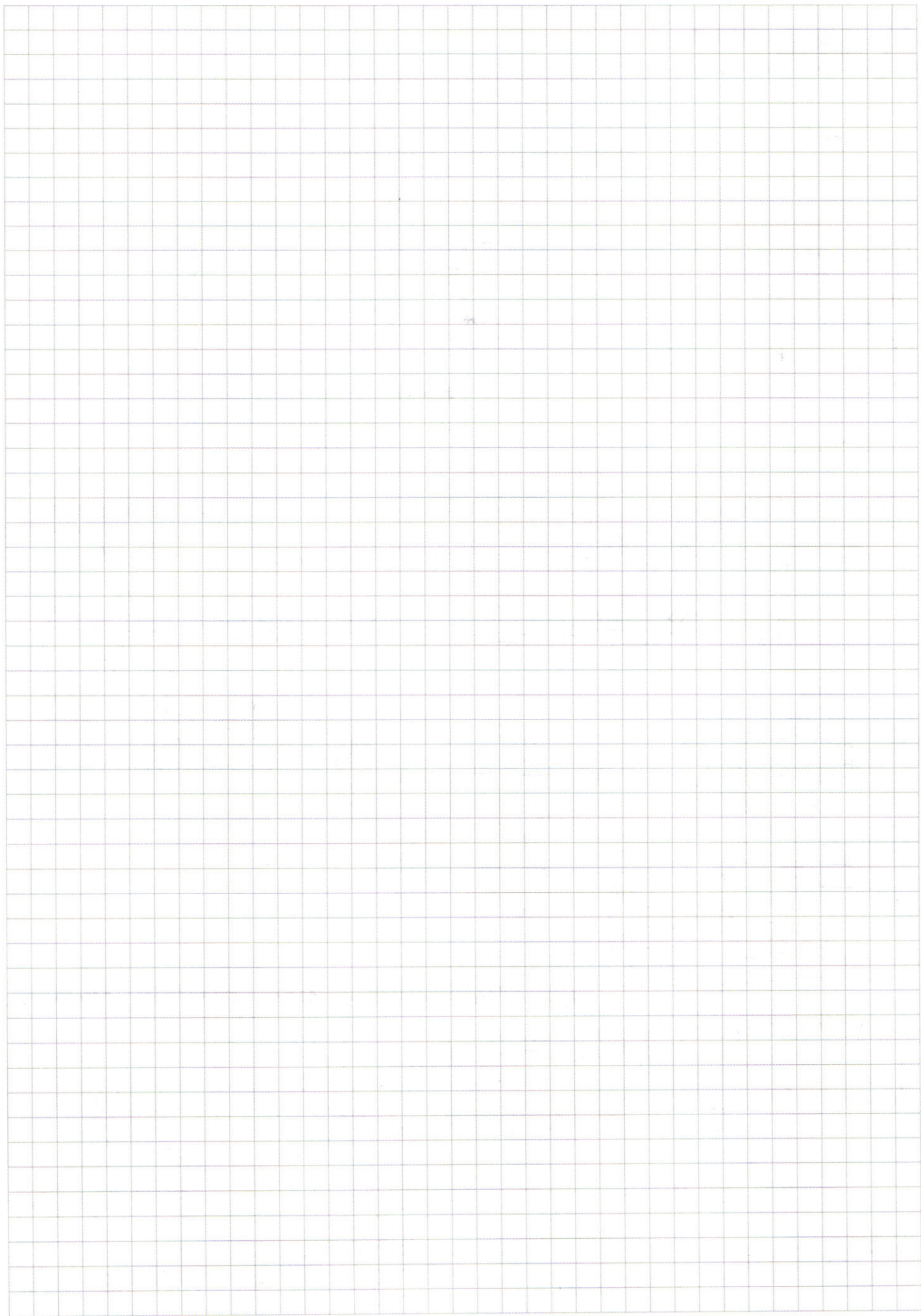
по отношению к левой пластине конденсатора.

3) $\frac{m}{2} v_0^2 + q\varphi_\infty = q\varphi_A$ (ЗЧ)

$\varphi_\infty \equiv 0$ $\varphi_A = E \cdot 0,2d = \frac{1}{\gamma} \frac{5v_1^2}{2d} \cdot \frac{1}{5}d = \frac{1}{\gamma} \frac{v_1^2}{2}$

$$\frac{m}{2} v_0^2 = q \frac{1}{\gamma} \frac{v_1^2}{2} \Rightarrow v_0^2 = \gamma \cdot \frac{1}{\gamma} \frac{v_1^2}{2} \Rightarrow v_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} v_1$$

Ответ: 1) $T = \frac{2d}{5v_1}$ 2) $U = \frac{5v_1^2}{2\gamma}$ 3) $v_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} v_1$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\mathcal{E} = 3 \text{ В}$$

$$C = 20 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 6 \text{ В}$$

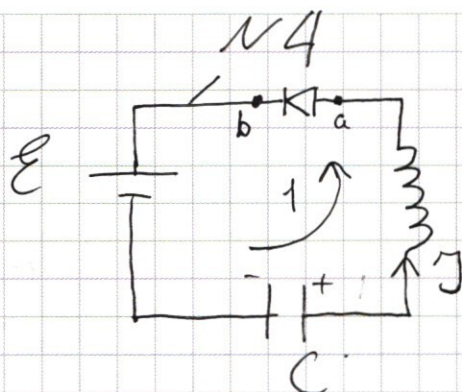
$$L = 0,2 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$1) \dot{I} - ?$$

$$2) I_m - ?$$

$$3) U_2 - ?$$



$\dot{I}$ - скорость изменения
тока

Предположим, что диод открыт, тогда $U_C = U_0$

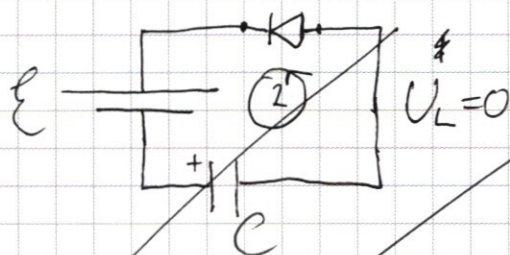
для контура (1): $U_1 - L\dot{I} - U_0 + \mathcal{E} = 0$

$$\dot{I} = \frac{U_1 + \mathcal{E} - U_0}{L} = \frac{6 + 3 - 1}{0,2}$$

$$\dot{I} = 40 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

Проверим наше предположение: $U_1 - L\dot{I} - \Delta\varphi_{ab} + \mathcal{E} = 0$

$$2) I_{\max} \Rightarrow \dot{I} = 0 \Rightarrow L\dot{I} = U_L = 0$$

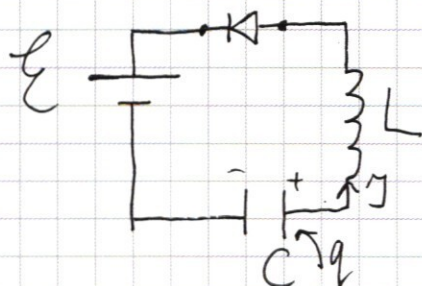


$$(2) U_C - U_0 + \mathcal{E} = 0$$

$$U_C = -\mathcal{E} + U_0 = -5 \text{ В}$$

то есть положительный
заряд имеет левая пластина.

тогда через источник перетек $q = C U_1 + C U_C = C(U_1 + U_C)$

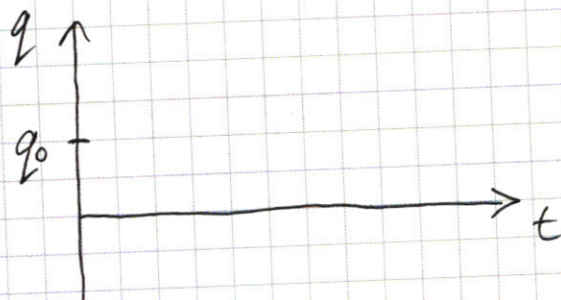


$$U_C - U_L - U_0 + \mathcal{E} = 0$$

$$U_C = \frac{q}{C} \quad U_L = L\dot{I}$$

$$q(t) - q(t+dt) = J dt \Rightarrow \dot{q} = -J \Rightarrow -\ddot{q} = J$$

$$\frac{q}{C} + L \ddot{q} = \mathcal{E} - U_0 \Rightarrow \ddot{q} + \frac{q}{LC} = \frac{\mathcal{E} - U_0}{L}$$



уравнение колебаний
 $\ddot{q} = 0$ — положение ^{равновесия}
 $q = (\mathcal{E} - U_0)C = 2 \cdot 20 = 40 \text{ мкКл}$

$$q_0 = \frac{U_1}{R_1} C - \text{нат. усл.}$$

$$q_0 = 6 \cdot 20 = 120 \text{ мкКл}$$

Ответ: $\dot{J} = 40 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V = 40 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$R = 1,7 \text{ м}$$

$$l = \frac{17}{15} R$$

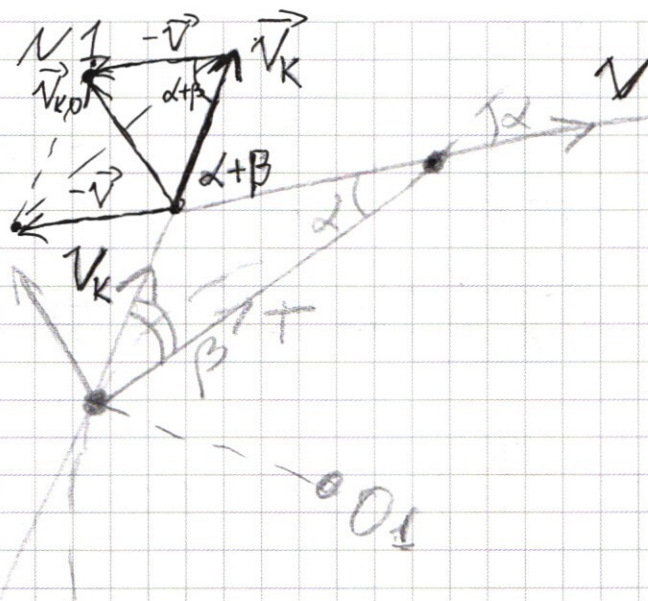
$$\cos \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\cos \beta = \frac{8}{17}$$

$$1) V_K - ?$$

$$2) V_{KO} - ?$$

$$3) T - ?$$



~~Кольца имеют невесомая~~

Трос не растягивается $\Rightarrow$ проекции скоростей на его направление одинаковы

$$1) V \cos \alpha = V_K \cos \beta \quad V_K = V \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{\frac{3}{5} V}{\frac{8}{17}} = \frac{51}{40} V$$

$$2) \vec{V}_{адс} = \vec{V}_{отн} + \vec{V}_{пер} \Rightarrow \vec{V}_{отн} = \vec{V}_{адс} - \vec{V}_{пер}$$

$$\vec{V}_{KO} = \vec{V}_K - \vec{V}$$

из треугольника скоростей:

$$V_{KO}^2 = V_K^2 + V^2 - 2 V V_K \cos(\alpha + \beta)$$

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

$$= \frac{24 - 60}{85} = -\frac{36}{85} \quad \cos(\alpha + \beta) = -\frac{36}{85}$$

$$V_{KO}^2 = \left(\frac{51}{40} V\right)^2 + V^2 + 2 \cdot V \cdot \frac{51}{40} V \cdot \frac{36}{85}$$

$$V_{KO} = \frac{77}{40} V$$

$$3) m \vec{a}_{отн} = \vec{F} - m \vec{a}_{пер} \quad \vec{a}_{пер} = 0.$$

$$m \cdot \frac{v_{к0}^2}{L} = T + \frac{mv^2}{R} - 0$$

$$m \left(\frac{v_{к0}^2}{L} - \frac{v^2}{R} \right) = T$$

$$T = \left(\frac{v_{к0}^2}{\frac{17}{15}R} - \frac{v^2}{R} \right) m = \frac{15}{17} \left(\frac{v_{к0}^2}{R} - \frac{v^2}{R} \right) m$$

$$T = \frac{15}{17R} (v_{к0}^2 - v^2) m = \frac{15}{17 \cdot 1,7} \left(\frac{5929}{1600} - \right)$$

Ответ: ~~57~~ 1) $v_k = 51 \text{ см/с}$
 2) $v_{к0} = 77 \text{ см/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{d\eta}{d\alpha} = \frac{1}{4} \frac{1(\alpha+1) - 1(\alpha-1)}{(\alpha+1)^2} = \frac{1}{(\alpha+1)^2}$$

$q(t) - q(t+dt) = \int dt$ ~~6-8-83~~

$\dot{q} = -\int$

$0,2d = -v_1 t + \frac{a}{2} t^2$

$a = \frac{v_1}{T} = -0,2d = -v_1 T + \frac{v_1 T}{2} = -\frac{v_1 T}{2}$

$\varphi_a \quad \varphi_b \quad \varphi_b - \varphi_a < 0 \quad \frac{v_1}{\frac{2}{5} \frac{d}{v_1}} = \frac{5v_1^2}{2d}$

$$\frac{m}{2} v_0^2 = \frac{m}{2} v_1^2 - q \frac{1}{2} \frac{v_1^2}{v_1}$$

v_B

$$\varphi_B = \varphi_0$$

$$\frac{m}{2} v_0^2 + q(\varphi_0 - \varphi_0) = \frac{m}{2} v_1^2 + q\varphi_B$$

$$\frac{m}{2} v_0^2$$

$$\frac{m}{2} v_1^2 + q\varphi_0 = 0$$

$\longleftrightarrow$

$v_0 =$

$$\Delta q = -C U_c + C U_0$$

$$\frac{q}{C} + L \ddot{q} - U_0 + \mathcal{E} = 0$$

$\leftarrow v \quad \rightarrow v$

$\ddot{q}$

$$V_{адс} = v_{отн} + v_{пер} = V \neq v$$

$$v \cdot \frac{4}{5} = u \cdot \frac{15}{17}$$

$$\frac{51}{40} = \frac{2601}{1600} + v$$

16

$$\sqrt{5929}$$

$$77$$

$$77 =$$

$$77 = (75 + 2)^2$$

$$= 5625 + 300 + 4 =$$

$$\frac{51}{40}$$

$$\begin{array}{r} 2601 \\ + 1600 \\ \hline 4201 \end{array}$$

$$4601$$

$$\begin{array}{r} 4601 \\ + 1728 \\ \hline 6329 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 108 \\ \times 16 \\ \hline 648 \\ + 1080 \\ \hline 1728 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4201 \\ + 1728 \\ \hline 5929 \end{array}$$