

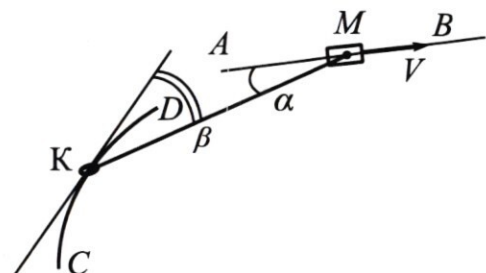
Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 11-01

Класс 11

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

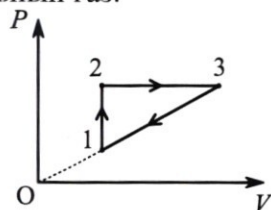
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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

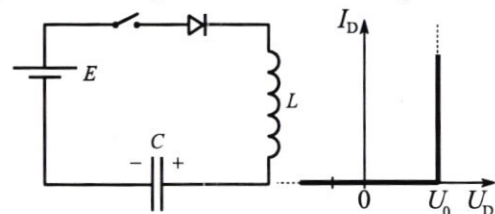
$$\frac{q}{m} = \gamma.$$

- 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.

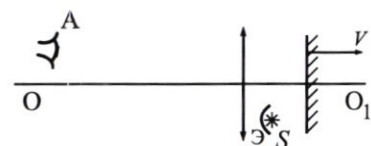
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

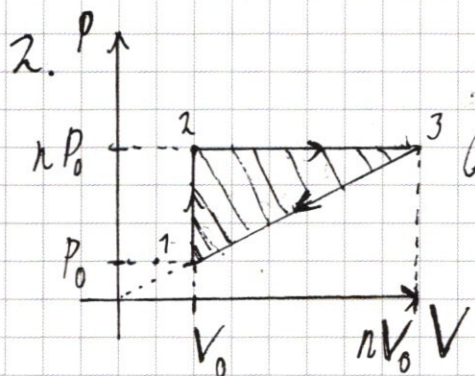


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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



$$Q_{12} = \frac{3}{2} (n-1) P_0 V_0 = \nu C_{12} \Delta T$$

$$\begin{aligned} n P_0 V_0 &= \nu R T_2 \\ P_0 V_0 &= \nu R T_1 \end{aligned} \quad \frac{(n-1) P_0 V_0}{R} = \nu \Delta T$$

$$A_{23} = n P_0 \cdot (n-1) V_0 \quad \frac{3}{2} (n-1) P_0 V_0 = C_{12} \cdot \frac{(n-1) P_0 V_0}{R}$$

$$C_{12} = \frac{3}{2} R$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \cdot n P_0 \cdot (n-1) V_0 + n P_0 \cdot (n-1) V_0 = \nu C_{23} \Delta T$$

$$n P_0 (n-1) V_0 = \nu R \Delta T$$

$$\frac{5}{2} \nu R \Delta T = \nu \Delta T \cdot C_{23}$$

$$C_{23} = \frac{5}{2} R$$

$$1) \quad \frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{\frac{5}{2} R}{\frac{3}{2} R} = \frac{5}{3}$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} n P_0 (n-1) V_0$$

$$A_{23} = n P_0 (n-1) V_0$$

$$\begin{aligned} Q &= \frac{3}{2} (n-1) P_0 V_0 + \frac{5}{2} n (n-1) P_0 V_0 = \\ &= (n-1) P_0 V_0 \left(\frac{3}{2} + \frac{5}{2} n \right) \end{aligned}$$

$$2) \quad \frac{A_{23}}{Q_{23}} = \frac{1}{\frac{5}{2}} = \frac{2}{5}$$

$$2) \quad \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2}}{1} = \frac{5}{2}$$

$$A = \frac{(n-1) P_0 \cdot (n-1) V_0}{2}$$

$$= (n-1) P_0 V_0 \cdot \frac{n-1}{2}$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{\frac{n-1}{2}}{\frac{5}{2} n + \frac{3}{2}} = \frac{n-1}{5n+3}$$

$$\eta = \frac{(n-1)'(5n+3) - (n-1)(5n+3)'}{(5n+3)^2} = \frac{5n+3 - 5(n-1)}{(5n+3)^2} = \frac{8}{(5n+3)^2}$$

$\kappa \rightarrow \eta' > 0$ при κ -любое число

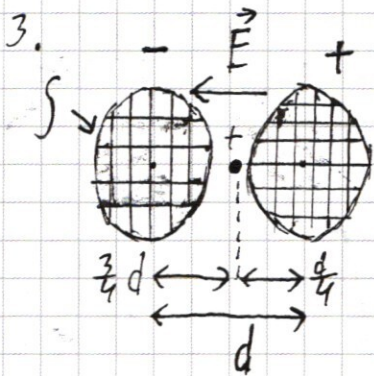
3) $\kappa \rightarrow \infty : \eta = \frac{\kappa}{5\kappa} = \frac{1}{5}$

Ответ: 1) $\frac{5}{3}$

2) $\frac{5}{2}$

3) $\eta_{\max} = \frac{1}{5}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$ma = qE$$

$$a = \frac{q}{m} \cdot E = \gamma \cdot E$$

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

$$a T = \frac{3d}{2T}$$

$$V_1 = a T$$

$$1) V_1 = \frac{3d}{2T}$$

$$E = \frac{a}{\gamma}$$

$$Q = C U$$

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

$$U = E d$$

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

3) Вне конденсатора, на оси симметрии напряженность равна нулю, действие положительной и отрицательной обкладок скомпенсировано. Скорость не меняется, $V_1 = V_2$ ($d \ll r_0$)

$$V_2 = \frac{3d}{2T}$$

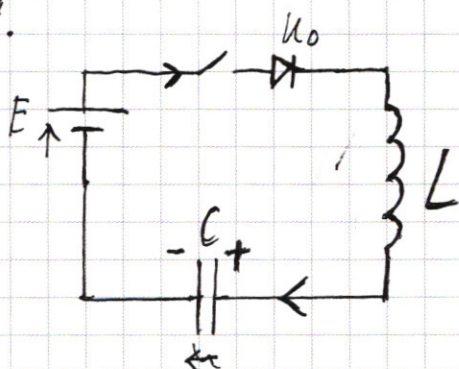
Ответ:

$$1) V_1 = \frac{3d}{2T}$$

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

$$3) V_2 = \frac{3d}{2T}$$

4.



$$E + U_1 = U_0 + L \cdot \frac{dI}{dt}$$

$$E - U_1 = U_0 + L \cdot \frac{dI}{dt}$$

$$1) \frac{dI}{dt} = \frac{E - U_1 - U_0}{L} = \frac{9 - 5 - 1}{0,1} =$$

$$= 30 \text{ A/C}$$

$$E + E = U_0 + \frac{Q}{C} + L \frac{dI}{dt} \quad I = Q'$$

$$\text{нрн } I = I_{\max} \quad \frac{dI}{dt} = 0$$

$$\frac{Q}{C} = E - U_0$$

$$I = Q'$$

$$\frac{Q}{C} = E - U_0 - L \cdot \frac{dI}{dt}$$

$$I_{\max} = \frac{E - U_0}{L \cdot \sqrt{CL}}$$

$$CL \cdot \frac{dI}{dt} + Q = (E - U_0) \quad = \sqrt{\frac{C}{L}} (E - U_0)$$

$$Q'' + \frac{1}{CL} \cdot Q = \frac{E - U_0}{L}$$

$$= (Q_{\max} \cdot \cos(\omega t + \varphi_0))' \quad \omega = \sqrt{\frac{1}{CL}}$$

$$= -\omega Q_{\max} \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$I_{\max} \text{ нрн } \frac{dI}{dt} = 0$$

$$E - L \cdot \frac{dI}{dt} = \frac{Q}{C} + U_0$$

$$E - L \cdot Q'' = \frac{Q}{C} + U_0$$

$$\left(\frac{dI}{dt}\right)_{\max} = \omega^2 \cdot Q_{\max}$$

$$\frac{dI}{dt} \cdot \frac{1}{\omega} = I_{\max}$$

$$E \cdot dq = U_0 \cdot dq + dW$$

$$(E - U_0) \cdot dq = \frac{(Q + dQ)^2 - Q^2}{2C}$$

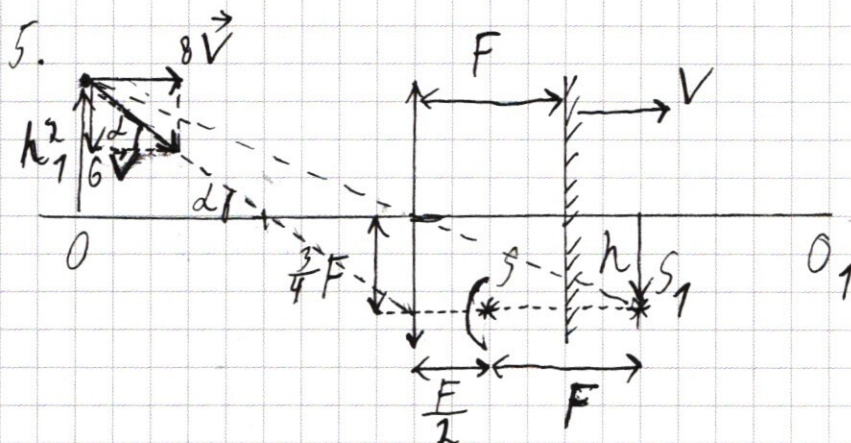
$$E - U_0 = \frac{Q}{2C}$$

$$1) \frac{dI}{dt} = \frac{E - U_0}{L} = 30 \text{ A/C}$$

$$2) \sqrt{\frac{C}{L}} (E - U_0)$$

3)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$d = 1,5 F$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$$

$$h = \frac{3}{4} \text{ ft}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{1,5f}$$

$$2) \tan \alpha = \frac{6V}{8V} = \frac{3}{4}$$

$$\frac{1,5}{1,5F} - \frac{1}{1,5F} = \frac{1}{f} \quad \frac{1}{f} = \frac{0,5}{1,5F} = \frac{1}{3F}$$

$$V_{s1} = 2V$$

$$3) V = \sqrt{36V^2 + 64V^2} = 10V \quad 1) f = 3F$$

$$d' = 2V$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{d - F}{Fd}$$

$$h = \frac{f}{d} = \frac{F}{d - F} =$$

$$f = \frac{Fd}{d - F}$$

$$= F(d - F)^{-1}$$

$$f' = F \left(\frac{d}{d-f} \right)^2$$

$$h_1 = \frac{3}{4} F \cdot \frac{F}{d-F} = \frac{3}{4} F^2 (d-F)^{-1}$$

$$= F \cdot \frac{d'(d-F) - d(d-F)'}{(d-F)^2} =$$

$$h_1' = \frac{3}{4} F^2 \left(\frac{1}{d-F} \right)^2 =$$

$$= \frac{F \cdot 2V(d-F) - d \cdot 2V}{(d-F)^2} =$$

$$= \frac{3}{4} \text{ F}^2 \cdot \frac{-1}{11 \pm 12} \cdot 2V =$$

$$= \frac{3}{4} F^2 \cdot \frac{-1}{(d-F)^2} \cdot 2V = -\frac{3}{4} F^2 \cdot \frac{8V}{0,25 F^2} = -6V$$

$$= -\frac{3}{4} F^2 \cdot \frac{(q_2 - F)^2}{0,25 F^2} = -\frac{3}{4} F^2 \cdot \frac{8V}{F^2} = -6V$$

5) Ответ: 1) $3 F$
2) $\tan \alpha = \frac{3}{4}$
3) $10 V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.

$\cos \alpha = \frac{15}{17}$
 $\sin \alpha = \frac{14}{17}$
 $\cos \beta = \frac{4}{5}$
 $\sin \beta = \frac{3}{5}$

$x_0 = l \cdot \cos \alpha$
 $y_0 = l \cdot \sin \alpha$

$|V_{1x}| = V_1 \cdot \cos(\alpha + \beta)$
 $|V_{1y}| = V_1 \cdot \sin(\alpha + \beta)$

$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cdot \cos \beta + \sin \beta \cdot \cos \alpha = \frac{32 + 45}{85} = \frac{77}{85}$

$(y_0 + |V_{1y}| \cdot dt)^2 + (x_0 + V \cdot dt - |V_{1x}| \cdot dt)^2 =$
 $= x_0^2 + y_0^2$

$y_0^2 - 2|V_{1y}| \cdot dt \cdot y_0 + |V_{1y}|^2 \cdot (dt)^2 + (x_0 + V \cdot dt)^2 - 2|V_{1x}| \cdot dt \cdot (x_0 + V \cdot dt) + |V_{1x}|^2 \cdot (dt)^2 = x_0^2 + y_0^2$

$-2|V_{1y}| \cdot dt \cdot y_0 + 2V \cdot dt \cdot x_0 - 2|V_{1x}| \cdot dt \cdot x_0 = 0$

$-|V_{1y}| \cdot y_0 + V \cdot x_0 - |V_{1x}| \cdot x_0 = 0$

$V \cdot x_0 = y_0 \cdot V_1 \cdot \sin(\alpha + \beta) + x_0 \cdot V_1 \cdot \cos(\alpha + \beta)$

$V_1 (l \cdot \sin \alpha \cdot \sin(\alpha + \beta) + l \cdot \cos \alpha \cdot \cos(\alpha + \beta)) =$
 $= V \cdot l \cdot \cos \alpha$

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

$V_1 = \frac{V \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha \cdot \sin(\alpha + \beta) + \cos \alpha \cdot \cos(\alpha + \beta)}$

$= \frac{0,68 \cdot \frac{15}{17}}{\frac{14}{17} \cdot \frac{77}{85} + \frac{15}{17} \cdot \frac{36}{85}} = \frac{0,68 \cdot 15 \cdot 85}{8 \cdot 77 + 15 \cdot 36}$

$$V_1 = \frac{0,68 \cdot 15 \cdot 85}{1156} = \frac{0,68 \cdot 1275}{1156} \approx 0,7 \text{ м/с}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{сум}}^2 &= V_1^2 \cdot \sin^2(\alpha + \beta) + (V - V_1 \cdot \cos(\alpha + \beta))^2 = \\ &= V_1^2 \cdot \sin^2(\alpha + \beta) + V^2 + V_1^2 \cdot \cos^2(\alpha + \beta) - 2V \cdot V_1 \cdot \cos(\alpha + \beta) = \\ &= V^2 + V_1^2 - 2V \cdot V_1 \cdot \cos(\alpha + \beta) \end{aligned}$$

$$2) V_{\text{сум}} = \sqrt{V^2 + V_1^2 - 2V \cdot V_1 \cdot \cos(\alpha + \beta)}$$

$$a_y = V_1^2 / R$$

$$-(V_{1y} \cdot y_0)' + V \cdot x_0' - (V_{1x} \cdot x_0)' = 0$$

$$V \cdot V_x = V_{1y}' \cdot y_0 +$$

Ответ: 1) $V_1 = \frac{V \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha \cdot \sin(\alpha + \beta) + \cos \alpha \cdot \cos(\alpha + \beta)} \approx 0,7 \text{ м/с}$

2) $V_{\text{сум}} = \sqrt{V^2 + V_1^2 - 2V \cdot V_1 \cdot \cos(\alpha + \beta)}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. Ток будет возрастать до $I_{\max}$, а потом упадет до нуля, в этот момент заряд установится, т.к. диод не пропустит ток в обратном направлении

$$E - L \cdot \frac{dI}{dt} = C + U_0$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{CL}}$$

$$Q'' + \frac{1}{CL} \cdot Q = \frac{C(E - U_0)}{L}$$

$$\frac{E - U_0}{L} = \omega^2 Q_0$$

$$Q_0 - CU_1 = Q_A$$

$$Q_A = C(E - U_0 - U_1)$$

$$Q_0 = \frac{E - U_0}{L} \cdot CL = C(E - U_0)$$

2) $I_{\max} = \omega \cdot Q_A = \sqrt{\frac{C}{L}} (E - U_0 - U_1)$ Q_A — амплитуда заряда

3) $Q_{\text{уст}} = Q_A + Q_0 = C(2E - 2U_0 - U_1)$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-5}}{10^{-1}}} \cdot 3 = \sqrt{4 \cdot 10^{-4}} \cdot 3 = 6 \cdot 10^{-2} = 0,06 \text{ A}$$

$$Q_{\text{уст}} = 4 \cdot 10^{-5} \cdot (18 - 2 - 5) = 44 \cdot 10^{-5} \text{ Кл} = 440 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} = 440 \text{ мк Кл}$$

1) $I' = \frac{E - U_1 - U_0}{L} = 30 \text{ A/C}$

Ответ:

2) $I_{\max} = \sqrt{\frac{C}{L}} (E - U_0 - U_1) = 0,06 \text{ A}$

3) $Q_{\text{уст}} = C(2E - 2U_0 - U_1) = 440 \text{ мк Кл}$

