

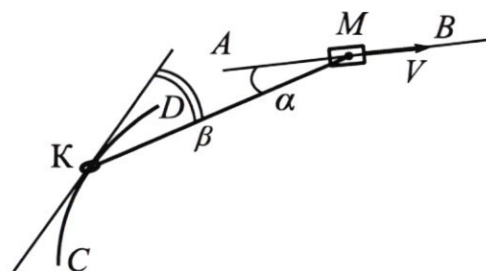
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-03

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложенного задания не проверяются.

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



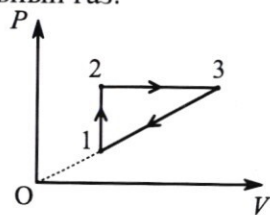
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со

скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

Частица должна

1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

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.

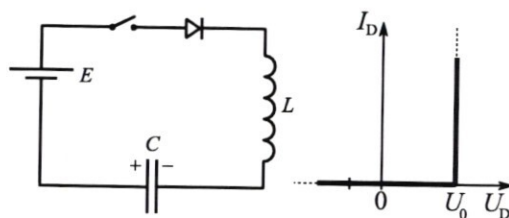
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

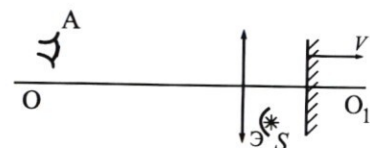


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ от линзы.

1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

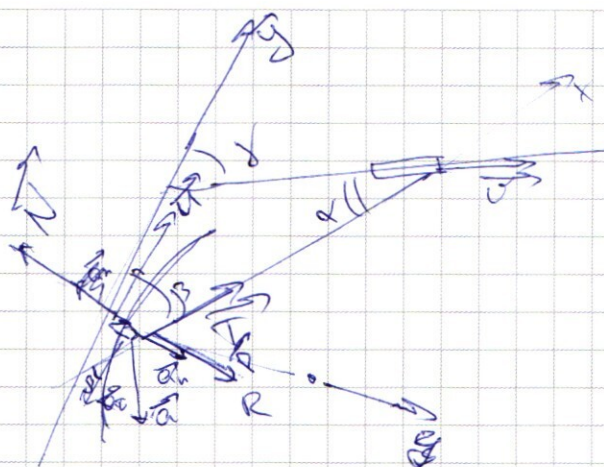
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

U
 R
 $U = \frac{5}{4} R$
 $\alpha (\cos \alpha = \frac{15}{17})$
 $\beta (\cos \beta = \frac{3}{5})$



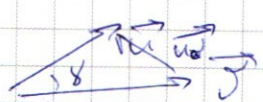
U - ?
 U_0 - ?
 T - ?

Проекции векторов U и R на ось U_0 равны: $U_x = U \cos \alpha$, $R_x = R \cos \beta$

$$U = \frac{U_0 \cos \alpha}{\cos \beta} \quad (1)$$

По U - компонентам векторов:

$$\vec{U}_0 = \vec{U} - \vec{R} \Rightarrow \vec{U} = \vec{U}_0 + \vec{R}$$



γ - угол между U и U_0 .
По теореме $\gamma = \alpha + \beta$ (2)

Тогда по косинусов:

$$U_0^2 = U^2 + R^2 - 2UR \cos \gamma$$

учитывая (1) и (2):

$$U_0^2 = U^2 \left(1 + \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} \right) - 2U^2 \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

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

$\sin \alpha = \frac{8}{17}$
 $\sin \beta = \frac{4}{5}$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{15}{14} \cdot \frac{3}{5} - \frac{8}{14} \cdot \frac{4}{5} = \frac{45 - 32}{14 \cdot 5} = \frac{13}{14 \cdot 5}$$

$$U_0^2 = v^2 \left(1 + \left(\frac{\frac{155}{14}}{3} \right)^2 - 2 \cdot \frac{15}{3} \cdot \frac{13}{14 \cdot 5} \right) =$$

$$= v^2 \left(1 + \frac{25^2}{14^2} - 2 \cdot \frac{285}{14 \cdot 14 \cdot 5} \right) =$$

$$= v^2 \left(\frac{2 \cdot 14^2 + 25^2 - 130}{14^2} \right) = v^2 \left(\frac{625 + 288 - 130}{288} \right) =$$

$$= v^2 \left(\frac{28^2}{14^2} \right)$$

$$U_0 = v \cdot \frac{28}{14}$$

$$\begin{array}{r} + 14 \\ 14 \\ + 148 \\ 14 \\ \hline 288 \\ + 288 \\ + 625 \\ \hline 314 \\ - 130 \\ \hline 484 \\ 28 \\ \hline 280 \\ 30 \\ \hline - 4 \\ \hline 384 \\ 28 \\ \hline 56 \\ 28 \\ \hline 224 \\ 28 \\ \hline 0 \end{array}$$

По II з. Ньютона для колец:

$$\vec{T} + \vec{P} = m\vec{a}$$

Сила тяжести не учитывается, т.к. направление цепи вертикальной составляющей реакции пружины.

$\vec{P}$ - горизонтальная сост. реакции пружины.

$\vec{a}$ - центр ускорения колец.

На ось: $P_y = 0$ $\sigma_y = T \cos \beta$ $a_y =$

Ответ: 1) $v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 34 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{\frac{155}{14}}{3} = 50 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

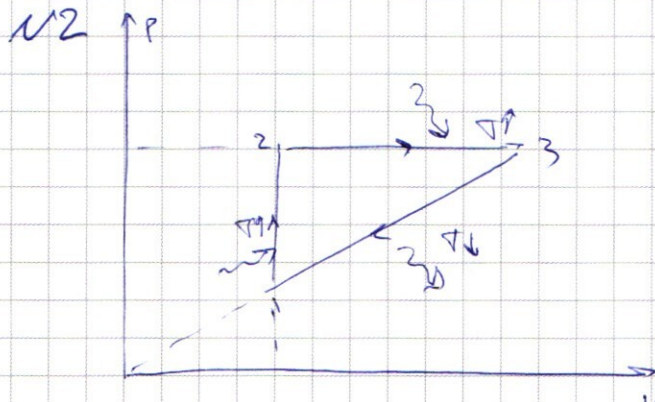
2) $v \cdot \frac{28}{14} = 56 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} - ?$$

$$\frac{\Delta U_{23}}{-A_{23}} - ?$$

$$\eta - ?$$



По 2. Термодинамика для процесса 1-2!

$$Q_{12} = \Delta U_{12}, \text{ т.к. } \text{нет работы газа или над газом (} V = \text{const)}.$$

При этом температура увеличивается

$$\Delta U_{12} > 0, \quad Q_{12} > 0.$$

... для 2-3

$$\Delta U_{23} = Q_{23} + A_{23}$$

A_{23} - работа над газом ($V \uparrow$), следовательно $A_{23} < 0$

$$\Delta U_{23} > 0, \text{ следовательно } Q_{23} > 0$$

$$\text{Процесс } 3-1 \quad Q_{31} < 0, \quad \Delta U_{31} < 0, \quad A_{31} > 0.$$

$$Q_{12} = C_{12} \nu (\tau_2 - \tau_1)$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (\tau_2 - \tau_1) \Rightarrow C_{12} = \frac{3}{2} R$$

$$Q_{23} = C_{23} \nu (\tau_3 - \tau_2)$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (\tau_3 - \tau_2)$$

$$A_{23} = p_2 V_2 - p_3 V_3$$

По 2. Менделеева-Клапейрона $p_2 V_2 = \nu R \tau_2$; $p_3 V_3 = \nu R \tau_3$

$$A_{23} = \nu R (\tau_2 - \tau_3)$$

$$(C_{23} \nu (\tau_3 - \tau_2) - \nu R (\tau_3 - \tau_2) = \frac{3}{2} \nu R (\tau_3 - \tau_2)$$

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

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

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

$$2) \quad -\Delta_{23} = 2R(T_3 - T_2)$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} 2R(T_3 - T_2)$$

$$\frac{\Delta U_{23}}{-\Delta_{23}} = \frac{3}{2}$$

$$3) \quad \eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_H}$$

$$Q_x = Q_{31} \quad ; \quad Q_H = Q_{12} + Q_{23}$$

$$Q_{31} \pm \Delta U_{31} = \frac{3}{2} 2R(T_1 - T_3)$$

$$\Delta U_{31} = -Q_{31} + A_{31}$$

$$Q_{31} = A_{31} - \Delta U_{31} = \frac{1}{2}(P_3 V_3 - P_1 V_1) - \frac{3}{2} 2R(T_1 - T_3)$$

Уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$Q_{31} = \frac{1}{2} 2R(T_3 - T_1) + \frac{3}{2} 2R(T_3 - T_1) = 2R(T_3 - T_1)$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} 2R(T_2 - T_1)$$

$$Q_{23} = C_{23} 2R(T_3 - T_1) = \frac{5}{2} 2R(T_3 - T_1)$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} 2R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$Q_{31} = 2R(P_3 V_3 - P_1 V_1)$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} 2R(P_3 V_3 - P_1 V_1)$$

т.е.

$$P_2 = P_3$$

$$\eta = 1 - \frac{2R(V_1)}{2R(V_1)}$$

$$\eta = 1 - \frac{V_1}{V_3}$$

$$T_x = T_1, \quad T_H = T_3$$

$$\frac{T_1}{T_3} = \frac{P_1 V_1}{P_3 V_3} = \left(\frac{P_1}{P_3}\right)^2$$

$$\eta = 1 - \left(\frac{P_1}{P_3}\right)^2$$

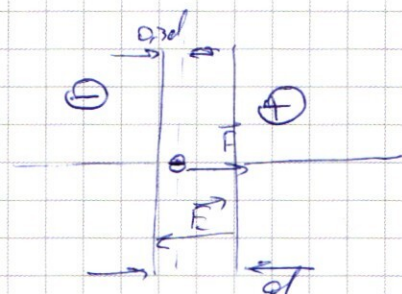
$$Q_{\text{вс}}: \quad 1) \quad \frac{3}{5}$$

$$2) \quad \frac{3}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

d
 $0,5$



по 2. Ньютону для заряда

$F = ma$, F — сила со стороны э. поля

$$F = E \cdot |q|$$

$$E = \frac{kQ}{2d^2\epsilon}$$

$$F = \frac{kQ|q|}{2d^2\epsilon} = \frac{kQ|q|}{2d^2\epsilon} = ma$$

$$a = \frac{kQ\gamma}{2d^2\epsilon}$$

по I кинематическому

$$0,2d = \frac{aT^2}{2}$$

$$T^2 = \frac{0,2d \cdot 2}{a} = 0,4 \frac{d}{a} = 0,4 \frac{2d^2\epsilon}{kQ\gamma}$$

$$T = \sqrt{\frac{0,8 d^2 \epsilon}{kQ \gamma}}$$

по III кинематическому уравнению

$$v_1^2 = 2 \cdot 0,5 d \cdot a$$

$$a = \frac{v_1^2}{0,4d}$$

$$0,2d = \frac{v_1^2}{2 \cdot 0,5 d} T^2$$

$$0,56d^2 = v_1^2 T^2 \quad T^2 = \frac{0,56d^2}{v_1^2}; \quad T = \frac{d}{v_1} \sqrt{0,56}$$

$$\frac{0,8 d^2 \epsilon}{\kappa Q \gamma} = \frac{0,56 d^2}{\gamma^2}$$

$$Q = \frac{0,8 d \epsilon \cdot \gamma^2}{0,56 \kappa \gamma} = \frac{10}{7} \frac{d \epsilon \gamma^2}{\kappa \gamma}$$

~~По γ .~~ ~~уменьшения~~ ~~открытия~~

Ответ: 1) $\frac{d}{\gamma} \sqrt{0,56}$

2) $\frac{10}{7} \frac{d \epsilon \gamma^2}{\kappa \gamma}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\mathcal{E} = 6 \text{ В}$$

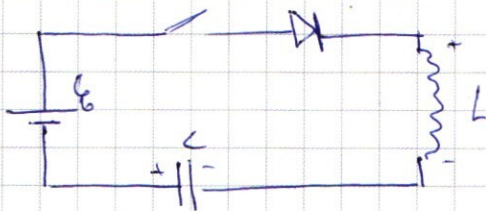
$$C = 40 \text{ мФ}$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 5 \text{ В}$$

мк



1-2

По II пр-му Кирхгофа сразу после замыкания

$$\mathcal{E} + U_1 - \mathcal{E}_{\text{ЛС}} = 0, \quad \mathcal{E}_{\text{ЛС}} - \text{э.д.с. самоиндукции}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ЛС}} = \mathcal{E} + U_1$$

$$\mathcal{E}_{\text{ЛС}} = LI' \Rightarrow I' = \frac{\mathcal{E} + U_1}{L}$$

Максимальная ток, когда конденсатор заряжен

$$I' = 0, \quad \text{т.е.} \quad \mathcal{E} = U_k \quad (U_k - \text{напр. на катушку})$$

Но при этом энергия

$$\Delta W_{\text{ист}} = \Delta W_C + \Delta W_L \quad (\text{энергия конд. и катушки})$$

На первом времени от замыкания и до максимального тока.

$$\Delta W_{\text{ист}} = \Delta q \cdot \mathcal{E} = CU_1 \mathcal{E}$$

$$\Delta W_C = -\frac{CU_1^2}{2}; \quad \Delta W_L = \frac{LI_m^2}{2}$$

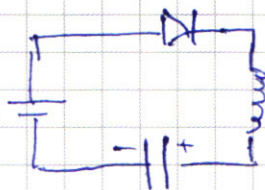
$$CU_1 \mathcal{E} = -\frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2}$$

$$\frac{LI_m^2}{2} = CU_1 \mathcal{E} + \frac{CU_1^2}{2}$$

$$I_m^2 = \frac{2CU_1 \mathcal{E} + CU_1^2}{L}$$

$$I_m = \sqrt{\frac{2CU_1 \mathcal{E} + CU_1^2}{L}} = \sqrt{\frac{CU_1(2\mathcal{E} + U_1)}{L}}$$

В установившемся состоянии напряжение на ~~резисторе~~ диоде равно U_0 .



П.и. тока нет $E \neq 0$

Поток по I для диода
неоднородного участка цепи.

$$U_0 = E - U_2$$

$$U_2 = E - U_0$$

Ответ: 1) $\frac{E + U_1}{L} = \frac{6 \text{ В} + 2 \text{ В}}{0,1 \text{ Гн}} = 80 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$

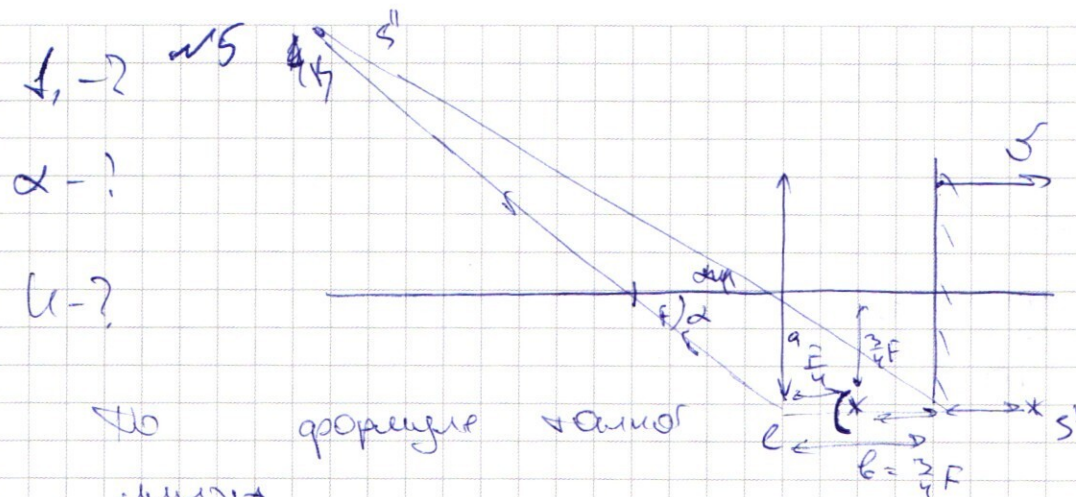
2) $\sqrt{\frac{CU_1(2E + U_1)}{L}} = \sqrt{\frac{40 \text{ мкФ} \cdot 2 \text{ В} \cdot 14 \text{ В}}{0,1 \text{ Гн}}} = \sqrt{1120 \cdot 10^3} \text{ А} =$

$$= \sqrt{1120} \text{ мА} \approx 32 \text{ мА}$$

3) $E - U_0 = 5 \text{ В}$

$$\begin{array}{r} 40 \\ \times 28 \\ \hline 112 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

§ d_i - расстояние от центра S_i - центр м. в. S_i

$$d_1 = 2(b-a) + a = 2b - a = \frac{6}{4}F - \frac{F}{4} = \frac{5}{4}F$$

$$\frac{f}{f_1} = \frac{1}{f} - \frac{f}{d_1} = \frac{d_1 - f}{f d_1}$$

$$J_1 = \frac{F d_1}{d_1 - F} = \frac{F \cdot \frac{5}{4} F}{\frac{5}{4} F - F} = \frac{\sum_i F^2}{\frac{1}{4} F} = \underline{\underline{5F}}$$

S^V является чл. цепи BC , тогда α между BC и OO .

$$\cos \alpha = \frac{\frac{3}{4}F}{F} = \frac{3}{4} \quad \left(\cos \alpha = \frac{4}{5} \right) \quad \frac{3}{4}$$

Удобрения S' являются то есть $2\sqrt{}$

NO p-ve demand changes;

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

Производная по времени: $\frac{d_1}{dt} = \frac{J_1}{J_2}$

d_1 - энтропия S^1 ; f_1 - энтропия S'' в проекции на OO_1

$$\frac{\frac{5F}{4}}{20} = \frac{5F}{u_x}$$

$$u_x = \frac{20 \cdot 5F}{\frac{5F}{4}} = 80$$

$$u = \frac{u_x}{\cos \alpha} = \frac{80}{\frac{4}{5}} = \underline{100}$$

Ответ: 1) 5F

2) $\cos \alpha = \frac{3}{4}$

3) 100