

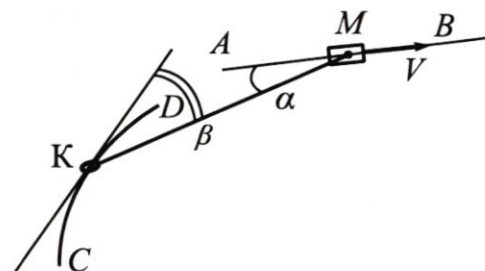
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-03

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

1. Муфту M двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K 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.



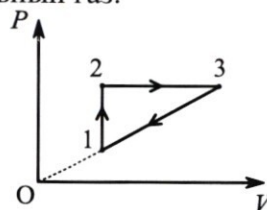
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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

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?

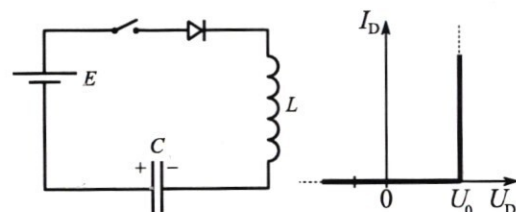
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.

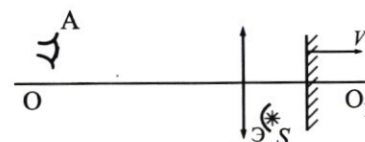


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана $\mathcal{E}$, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1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

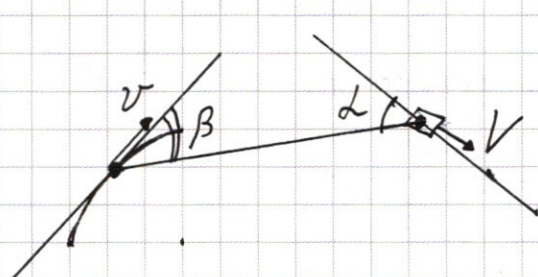
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель A сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



N1

1. Пусть v - скорость
человека в этот
момент.

поезда на поезде движущего
тела. Тогда $v \cos \beta = V \cos L$.

$$v = V \frac{\cos L}{\cos \beta} = 34 \frac{15.5}{17.3} = 5.5 \cdot 2 = 50 \text{ (см/с)}$$

2. Что происходит:

раскладываем на вертикальные

и горизонтальные составляющие

скоростей (индексы "+" и "-")

$$v_+ = v \sin \beta = 50 \cdot \frac{4}{5} = 40 \text{ (см/с)}$$

$$v_- = v \cos \beta = 50 \cdot \frac{3}{5} = 30 \text{ (см/с)}$$

$$V_+ = V \sin L = 34 \cdot \frac{\sqrt{289-225}}{17} = \frac{8}{17} \cdot 34 = 16 \text{ (см/с)}$$

$$V_- = V \cos L = 34 \cdot \frac{15}{17} = 30 \text{ (см/с)}$$

значит человек движется со скоростью

$v_{\text{отн.}} = v_+ + V_+$ вверх относительно

поезда. $v_{\text{отн.}} = 40 + 16 = 56 \text{ (см/с)}$

Вдоль по нити направлена сила T .
Кольцо движется по дуге окр.

3. В инерциальной системе отсчета
Мурты. Кольцо движется в момент
времени по окружности радиуса $L = \frac{5}{4} R$

$$\text{тогда } \frac{m v_{\text{отн.}}^2}{\frac{5}{4} R} = m \bar{a}_{\text{отн.}} \quad a_{\text{отн.}} = \frac{(0,56)^2}{\frac{5}{4} \cdot 0,53}$$

~~$T \sin \beta$ - нормальная, центростремительная
сила, приложенная к кольцу.~~

~~$$T \sin \beta = m \bar{a} = \frac{m v^2}{R}$$~~

~~$T \cos \beta$ - материальное ускорение кольца~~

~~оно равно относительно~~

~~$|\vec{N} + \vec{T}|$ - ускорение кольца. Оно равно~~

~~относительно из-за того, что у Мурты
нет ускорения ($\bar{a}_{\text{пер.}} = 0$)~~

~~$$\frac{T}{m} = a_{\text{отн.}} = \frac{v_{\text{отн.}}^2}{\frac{5}{4} R} \quad T = \frac{m v_{\text{отн.}}^2}{\frac{5}{4} R} = \frac{0,3 \cdot 0,56 \cdot 0,56}{\frac{5}{4} \cdot 0,53}$$~~

$$\frac{0,56}{0,53} \approx 1$$

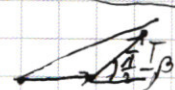
~~$$T \approx \frac{7,2}{5} \cdot 0,56 \approx 7,2 \cdot 0,11 = 0,792 \text{ (Н)}$$~~

$$T \sin \beta + N = \frac{m v^2}{R}$$

$$|\vec{T} + \vec{N}| = \frac{m v_{\text{отн.}}^2}{\frac{5}{4} R} = \sqrt{T^2 + N^2 + \frac{8}{5} NT}$$

$$T^2 \cdot \frac{1}{5} = \frac{m^2}{R^2} \left(v^4 - \frac{v_{\text{отн.}}^4}{\frac{25}{16}} \right)$$

$$T = 5 \frac{m}{R} \sqrt{v^4 - \frac{25}{16} v_{\text{отн.}}^4} = \frac{7,5}{0,53} \sqrt{\frac{1}{16} - \frac{25}{16} \cdot (0,56)^4} \approx \frac{3}{20} \cdot 3 = \frac{9}{20} \text{ (Н)} = 0,45 \text{ (Н)}$$

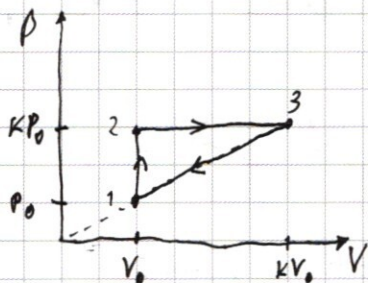


$$|\vec{T} + \vec{N}|^2 = T^2 + N^2 - 2NT \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)$$

$$|\vec{T} + \vec{N}| = \sqrt{T^2 + N^2 + 2NT \sin \beta}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2



Пусть давление и объём газа
в точке 1 равно P_0 и V_0
соответственно. Тогда в точке
3 KP_0 и KV_0 , в точке
2 KP_0 и V_0 .

1. В процессе

$1 \rightarrow 2$ и $2 \rightarrow 3$ газ
получает тепло, повышается
температура газа (каждый раз в K раз)

$$C_{1 \rightarrow 2} = C_V = \frac{3}{2} R \quad (\text{для идеального одноатомного газа})$$

$$C_{2 \rightarrow 3} = C_P = C_V + R = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{2 \rightarrow 3}}{C_{1 \rightarrow 2}} = \frac{5}{3}$$

2. В процессе $2 \rightarrow 3$ $A = KP_0(KV_0 - V_0) = P_0V_0K(K-1)$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \left(\frac{KP_0V_0}{\nu R} + \frac{KP_0KV_0}{\nu R} \right) = \frac{3}{2} P_0V_0K(K-1)$$

тот же ν

$$\frac{\Delta U}{A} = \frac{3}{2}$$

3. Полезная работа $A_{\text{пол.}} = \frac{P_0(K-1) \cdot V_0(K-1)}{2} =$
 $= P_0 V_0 \frac{(K-1)^2}{2}$

Подведённое тепло — в процессе 1→2 и 2→3:

$$\frac{3}{2} \nu R \left(\frac{K P_0 V_0}{\nu R} - \frac{P_0 V_0}{\nu R} \right) = \frac{3}{2} P_0 V_0 (K-1) \text{ в процессе } 1 \rightarrow 2;$$

$$\frac{3}{2} \nu R \left(\frac{K P_0 K V_0}{\nu R} - \frac{K P_0 V_0}{\nu R} \right) + K P_0 (K V_0 - V_0) = \frac{3}{2} P_0 V_0 K (K-1) +$$

$$+ P_0 V_0 K (K-1) = \frac{5}{2} P_0 V_0 K (K-1) \text{ в процессе } 2 \rightarrow 3$$

Тогда общее подведённое тепло равно

$$\frac{3}{2} P_0 V_0 (K-1) + \frac{5}{2} P_0 V_0 K (K-1) = P_0 V_0 (K-1) \left(\frac{3}{2} + \frac{5}{2} K \right) = Q_{\text{пн.}}$$

$$\eta = \frac{A_{\text{пол.}}}{Q_{\text{пн.}}} = \frac{\frac{(K-1)^2}{2}}{(K-1) \left(\frac{3}{2} + \frac{5}{2} K \right)} = \frac{K-1}{3+5K}$$

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

$$\eta' = \frac{3+5K - (5K-5)}{(3+5K)^2} = \frac{8}{(3+5K)^2} \quad \text{КРД постоянно растёт}$$

$$\lim_{K \rightarrow \infty} \eta(K) = \lim_{K \rightarrow \infty} \frac{K-1}{3+5K} = \lim_{K \rightarrow \infty} \frac{1 - \frac{1}{K}}{\frac{3}{K} + 5}, \text{ где } -\frac{1}{K} \rightarrow 0, \frac{3}{K} \rightarrow 0$$

$$= \frac{1}{5} = 20\%$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 3

1. Пусть до того, как подключить конденсатор
маленькая катушка с постоянным ускорением

а. Тогда (если t - время вылета из конденсатора)

$$\frac{at^2}{2} = 0,7d \quad \text{и} \quad at = V_1 \Rightarrow \frac{V_1^2}{2a} = 0,7d$$

$$a = \frac{5V_1^2}{7d}$$

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

$$T^2 = \frac{2}{5}d \cdot \frac{7d}{5V_1^2}$$

$$T = \frac{d}{V_1} \cdot \frac{\sqrt{74}}{5}$$

$$2. \quad ma = \frac{Kq \cdot 2\pi b}{S} = \frac{2\pi KqQ}{S}$$

$$Q = \frac{maS}{2\pi Kq} = \frac{aS}{2\pi Ky} = \frac{5V_1^2 S}{74d\pi Ky}$$

$$3. \quad \Pi (\text{пот. энергия в коле}) = q(\pi b \cdot 0,7d - \pi b \cdot 0,3d) = 0,4\pi b d q$$

$$= \frac{4}{10} \cdot \frac{5V_1^2 q}{74Ky} = \frac{V_1^2 q}{7Y} = K(\text{в коле}) = \frac{mV_2^2}{2}$$

$$\frac{V_1^2 q}{7Y} = \frac{mV_2^2}{2}$$

$$V_2^2 = \frac{2}{7}V_1^2 \Rightarrow \underline{V_2 = \sqrt{\frac{2}{7}}V_1}$$

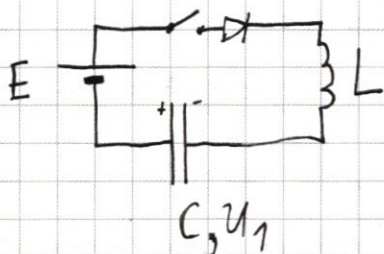


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4



1. Запишем закон Ома в момент
обхода по часовой стрелке

$$E - L \dot{I} + U_1 = 0$$

$$\dot{I} = \frac{E + U_1}{L} = 80 \left(\frac{A}{c} \right)$$

тогда в это время

в любой случай не будет (если катушка), поэтому
указ можно было не учитывать.

2. В момент максимального тока
напряжения на диоде равно U_0 , а
 $\dot{I} = 0$ (максимум). $E + U_0 + U = 0$ ($U = E + U_0$)

тогда будет лишь пока напряжение на C не
станет $E - U_0$

$$EC(E + U_0 + U_1) = A_{\text{бат}} = \frac{L I_{\text{max}}^2}{2} + \frac{C(E + U_0)^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$\frac{L I_{\text{max}}^2}{2} = CE^2 + CEU_0 + CEU_1 + \frac{C U_1^2}{2} - \frac{CE^2}{2} - \frac{C U_0^2}{2} - CEU_0$$

$$\frac{L I_{\text{max}}^2}{2} = \frac{CE^2}{2} + CEU_1 + \frac{C U_1^2}{2} - \frac{C U_0^2}{2}$$

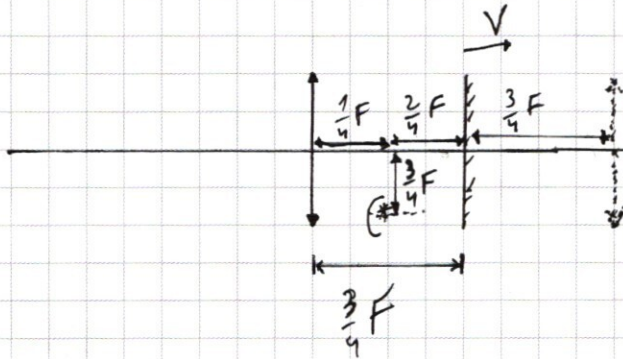
$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{C}{L} (E^2 + 2EU_1 + U_1^2 - U_0^2)} = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{10^{-4}} (36 + 16 + 4 - 1)} = \sqrt{40 \cdot 63 \cdot 10^{-5}} = 10^{-2} \sqrt{252} \approx 10^{-2} \cdot 5 \cdot \sqrt{10} = \frac{\sqrt{10}}{20} (A)$$

3. Когда ситуация устроится, напряжение на диоде будет равно 0 (тока нет), иначе маленькая часть заряд конденсатора, напряжение на катушке тоже не будет. Тогда $U_2 = E$ (но другая полярность), с другой стороны, этот случай невозможен (не будет ни ток). Поэтому конденсатор зарядится только до $U_2 = E - U_0 = 5 \text{ В}$, и это понятно, ведь ток через катушку будет падать и на ней появится $\mathcal{E}_{\text{инд}}$, и будет течь очень маленький ток, который очень быстро будет уменьшаться с очень малой скоростью. А когда напряжение на конденсаторе станет U_2 ($U_2 = E - U_0 = 5 \text{ В}$), диод "запрет" ток.

$$\underline{U_2 = E - U_0 = 5 \text{ В}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5



перейдем в
"задержался"

1. формула линзы
для задержанной
линзы:

$$\frac{1}{\frac{3}{4}F + \frac{2}{4}F} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

где b - расстояние от плоскости
линзы до изображения равно
расстоянию от реальной линзы до
действительного изображения.

$$\frac{1}{\frac{5}{4}F} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

$$b = \frac{5F}{2}$$

или $\frac{13}{2}F$ или
излучает в зеркало.
или $\frac{5}{2}F$ или излучает на из.
зеркало

2. Воспользуемся методом малых
перемещений, но сначала найдем высоту
изображения в том случае:

$$\frac{h}{\frac{3}{4}F} = \frac{5F}{\frac{5}{4}F} = 4 \quad h = 3F$$

Хорошо, пусть за время dt зеркало
переместилось на dx , тогда $\frac{dx}{dt} = V$.

формула линзы: $\frac{1}{\frac{1}{2}F + dx} + \frac{1}{b'} = \frac{1}{F}$

$$\frac{1}{\frac{5}{9}F + 2dx} + \frac{1}{b'} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{b'} = \frac{1}{F} - \frac{1}{\frac{5}{9}F + 2dx}$$

$$b' = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{\frac{5}{9}F + 2dx}} = \frac{F(\frac{5}{9}F + 2dx)}{\frac{2}{9}F + 2dx}$$

$$h' = \frac{3}{9}F \cdot \frac{b'}{\frac{5}{9}F + 2dx} = \frac{3}{9}F \cdot \frac{F}{\frac{2}{9}F + 2dx} = \frac{\frac{3}{9}F^2}{\frac{2}{9}F + 2dx}$$

$$\Delta b = \frac{5F^2 + 8Fdx}{F + 8dx} - 5F = \frac{5F^2 + 8Fdx - 5F^2 - 40Fdx}{F + 8dx} = \frac{-32Fdx}{F + 8dx} = -32F \cdot \frac{dx}{F + 8dx}$$

$$\Delta h = \frac{3F^2}{F + 8dx} - 3F = \frac{-24Fdx}{F + 8dx}$$

разрешенная
проблема

$$\frac{\Delta b}{dt} = v_{\rightarrow} \text{ (скорость изменения по горизонтали)}$$

$$\frac{\Delta h}{dt} = v_{\uparrow} \text{ (скорость изменения по вертикали)}$$

$$v_{\rightarrow} = - \frac{32Fdx}{F + 8dx} \cdot \frac{1}{dx} = - \frac{32F}{F + 8dx}$$

мы говорим, что
переменные
малые,
поэтому это
равно 0

$$v_{\rightarrow} = -32V$$

$$v_{\uparrow} = - \frac{24Fdx}{F + 8dx} \cdot \frac{1}{dx} = -24V \text{ (аналогично)}$$

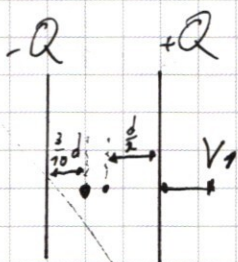
тогда угол L определяется через тангенс

$$L = \arctg\left(\frac{v_{\uparrow}}{v_{\rightarrow}}\right) = \arctg\left(\frac{24}{32}\right) = \arctg\left(\frac{3}{4}\right)$$

$$3. \text{ скорость изменения } v = \sqrt{v_{\uparrow}^2 + v_{\rightarrow}^2} = V \cdot \sqrt{4^2 + 3^2} = 40V$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N3



работа поля внутри
конденсатора привела к
приобретению частицей скорости
 V_1 . Также не забываем о пот. энергии.

~~$$\frac{q}{40} d \cdot E + E \cdot d$$~~

~~$$\frac{q}{40} d \cdot \frac{kQ}{\frac{3}{10}d} + \left(\frac{kQ}{\frac{3}{10}d} - \frac{kQ}{\frac{7}{10}d} \right) \cdot d = \frac{m V_1^2}{2q} = \frac{V_1^2}{2\gamma}$$~~

~~$$\frac{kQ}{d} \left(\frac{3}{10} + \frac{10}{3} - \frac{10}{7} - 1 \right) = \frac{V_1^2}{2\gamma} = \frac{kQ}{d} \cdot \frac{147 + 700 - 300 - 270}{270} =$$

 $= \frac{kQ}{d} \cdot \frac{337}{270} \Rightarrow Q = \frac{V_1^2 \cdot d \cdot 270}{2\gamma \cdot k \cdot 337} = \frac{d \cdot 105 \cdot V_1^2}{\gamma \cdot k \cdot 337}$~~

Так, допустим внутри конф. $\exists$ частица
есть постоянное ускорение a , тогда

~~$$\frac{at^2}{2} = \frac{3}{10}d \quad \text{и} \quad at = V_1 \Rightarrow \frac{V_1^2}{2a} = \frac{3}{10}d \quad \left(t - \text{время} \right.$$

 $\left. \text{звонит} \right) \quad a = \frac{5V_1^2}{7d}$~~

~~$$\text{тогда} \quad \frac{aT^2}{2} = \frac{2}{10}d \quad T^2 = \frac{2d}{5a} = \frac{2d \cdot 7d}{5 \cdot 5V_1^2}$$~~

~~$$T = \frac{d}{V_1} \cdot \frac{\sqrt{14}}{5}$$~~

при этом

$$Q = \frac{5 V_1^2 d}{78 K}$$

$$ma = \frac{K Q q}{d^2}$$

$$a = \frac{8 K Q}{d^2} = \frac{5 V_1^2}{7 d}$$

На бесконечном расстоянии от конденсатора
вся начальная потенциальная энергия
перейдет в кинетическую.

$$0 - \left(\frac{K Q q}{\frac{2}{3} d} - \frac{K Q q}{\frac{3}{10} d} \right) = \frac{m V_2^2}{2} - 0$$

$$V_2^2 = \frac{2 K Q q}{m d} \left(\frac{10}{3} - \frac{10}{7} \right) = \frac{80}{21} \cdot \frac{K Q q}{d}$$

$$V_2^2 = \frac{80}{21} \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{5 V_1^2 d}{78 K} = \frac{400 V_1^2}{49 \cdot 3} \Rightarrow V_2 = \frac{20}{\sqrt{3}} V_1$$