

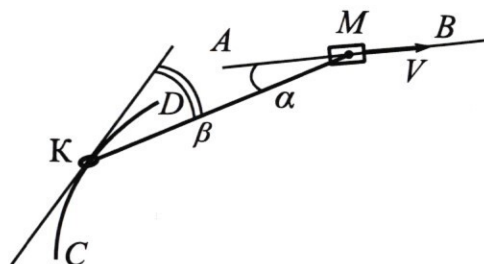
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-03

Класс 11

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.



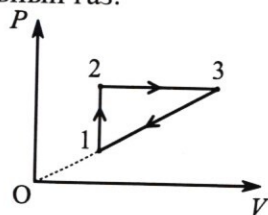
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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

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.

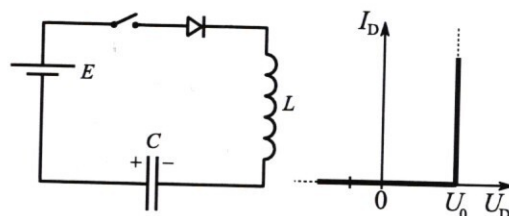
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

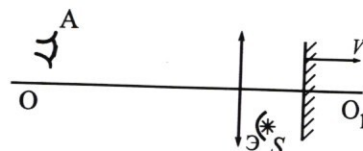


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

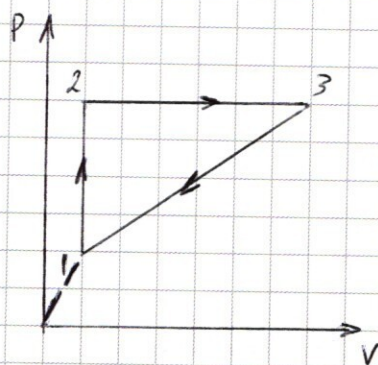
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



№2
1) 1-3: $\frac{P}{V} = \text{const}$
Зр-ние Клапейрона-Менделеева: $PV = \text{const} \cdot T$

$$V = \frac{P}{\text{const}}$$

$$\frac{P^2}{\text{const}} = T \cdot \text{const}$$

$$\frac{P^2}{T} = \text{const} \quad P_3 > P_1 \Rightarrow T_3 > T_1 \Rightarrow$$

температура увеличивается

1-2: $V = \text{const} \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad P_2 > P_1 \Rightarrow T_2 > T_1$

2-3: $P = \text{const} \quad \frac{V_2}{V_3} = \frac{T_2}{T_3} \quad V_3 > V_2 \Rightarrow T_3 > T_2$

k - отношение молярных теплоемкостей в процессах 1-2 и 2-3:

$$k = \frac{C_{1-2}}{C_{2-3}} = \frac{C_{V0}}{C_{P0}} = \frac{\frac{\Delta Q_{1-2}}{\Delta T_{1-2}}}{\frac{\Delta Q_{2-3}}{\Delta T_{2-3}}} = \frac{\frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{1-2}}{\Delta T_{1-2}}}{\frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T_{2-3}}{\Delta T_{2-3}}} = \frac{3}{5}$$

$$\Delta Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{1-2}$$

и.к. $A_{1-2} = 0$

$$\Delta Q_{2-3} = A + \Delta U_{2-3} = P \Delta V + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{2-3} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{2-3}$$

$$P \Delta V = P V_3 - P V_2 = \nu R T_3 - \nu R T_2 = \nu R \Delta T_{2-3}$$

Ответ: $k = \frac{3}{5}$

2) В первом пункте было доказано, что:

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

$$\Delta Q_{2-3} = \nu R \Delta T_{2-3} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{2-3}$$

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

Ответ: $\frac{3}{2}$

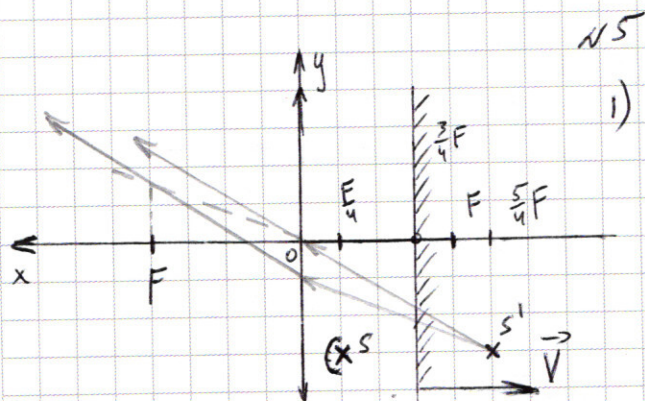
$$3) \quad \eta = \frac{A_n}{Q_H}$$

$$A_n = A_{2-3}, \text{ м.к. } A_{1-2} = 0; A_{31} < 0 (\text{м.к. } V_1 < V_3)$$

$$Q_H = \dot{Q}_{1-2} + \dot{Q}_{2-3}, \text{ м.к. } Q_{3-1} < 0 (\text{м.к. } A_{3-1} < 0; \Delta T < 0 \Rightarrow \dot{Q} < 0)$$

$$\eta = \frac{A_{2-3}}{\frac{3}{2} \dot{Q}_{1-2} + \frac{5}{2} \dot{Q}_{2-3}} = \frac{\dot{Q}_{2-3}}{\dot{Q}_{2-3} \left(\frac{3}{2} \frac{T_1 - T_2}{T_2 - T_3} + \frac{5}{2} \right)} = \frac{T_2 - T_3}{\frac{3}{2} T_1 + T_2 - \frac{5}{2} T_3}$$

$$\text{Ответ: } \eta = \frac{T_2 - T_3}{\frac{3}{2} T_1 + T_2 - \frac{5}{2} T_3}$$



1) d - расстояние от изображения источника в зеркале до линзы

$$d = \frac{3}{4}F + \left(\frac{3}{4}F - \frac{F}{4} \right) = \frac{5}{4}F$$

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

f - расстояние от линзы до изображения источника в линзе.

т.к. $d = \frac{5}{4}F > F$, то изображение

реальное $\Rightarrow f > 0$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{4}{5F} = \frac{1}{5F} \Rightarrow f = 5F$$

Ответ: $5F$

2) V_x - скорость изображения источника в линзе

$$V_{ix} = |f'_t|$$

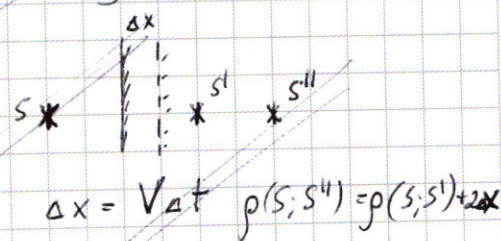
$$f(t) = \frac{d(t)F}{d(t) - F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d(t)}$$

$$f(t) = \frac{\left(\frac{5}{4}F + 2Vat \right) F}{\frac{5}{4}F + 2Vat} = \frac{F^2 + F\left(\frac{5}{4} + 2Vat \right)}{\frac{5}{4}F + 2Vat} = F + \frac{F^2}{\frac{5}{4}F + 2Vat}$$

$$V_{ix} = |f'_t| = \frac{2VF^2}{(2Vat + \frac{5}{4}F)^2}$$

$$\Delta t \rightarrow 0 \Rightarrow V_{ix} \approx \frac{2VF^2}{\frac{F^2}{16}} = 32V$$



H'

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\sqrt{3}$

Дано: По 2-му 3. Ньютона:

$V_0 = 0$ ОХ: $m\vec{a} = \vec{F}_{эл}$

$\gamma = \frac{|q|}{m}$ $\begin{cases} ma = F_{эл} \\ F_{эл} = |q| \cdot E \end{cases}$

$V_1; d; S$

$T-?$

$Q-?$

$V_0 = 0 \Rightarrow$

$\begin{cases} at = V_1 \\ S = \frac{at^2}{2} \\ S = \frac{2V_1^2}{2a^2} = \frac{V_1^2}{2a} \end{cases}$

$S = 0,7d$

$\begin{cases} a = \gamma E \\ a = \frac{V_1^2}{2S} \end{cases}$

$\gamma E = \frac{V_1^2}{1,4d}$

$E = \frac{V_1^2}{1,4d\gamma}$

$a = \frac{V_1^2}{1,4d}$

1) $0,2d = \frac{aT^2}{2}$

$T = \sqrt{\frac{0,4d}{a}} = \sqrt{\frac{0,4d}{\frac{V_1^2}{1,4d}}} = \frac{d}{V_1} \sqrt{0,56} = \frac{2d}{V_1} \sqrt{0,14} = \frac{d\sqrt{14}}{5V_1}$

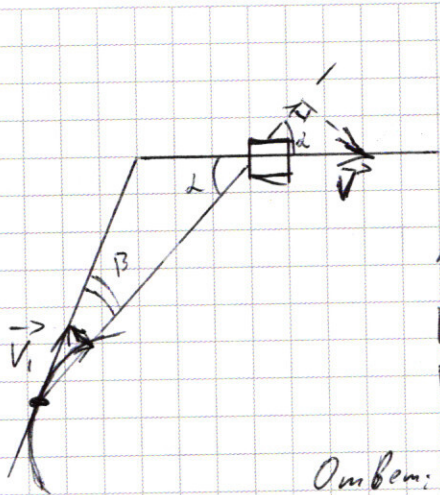
Ответ: $T = \frac{d\sqrt{14}}{5V_1}$

2) $\begin{cases} Q = CU \\ U = Ed \\ C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \end{cases}$

$Q = \epsilon_0 ES = \frac{\epsilon_0 S V_1^2}{1,4d\gamma}$

Ответ: $Q = \frac{\epsilon_0 S V_1^2}{1,4d\gamma}$

3)



2.1

1) Так как нить не растягивается скорости кольца и муфта вдоль нити одинаковы $\Rightarrow$

$$V_1 \cos \beta = V \cos \alpha$$

$$V_1 = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 34 \text{ см/с} \cdot \frac{\frac{15}{17}}{\frac{3}{5}} = \frac{30 \text{ см/с}}{\frac{3}{5}} = 50 \text{ см/с}$$

Ответ: $V_1 = 50 \text{ см/с}$

2) Скорости кольца и муфты друг относительно друга — это проекции их скоростей на прямые $\perp$ нити $\Rightarrow$

$$V_{\text{км}} = V_1 \sin \beta + V \sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} \cdot 50 \text{ см/с} + \sqrt{1 - \frac{225}{289}} \cdot 34 \text{ см/с} = 40 \text{ см/с} + 16 \text{ см/с} = 56 \text{ см/с}$$

Ответ: $V_{\text{км}} = 56 \text{ см/с}$

3)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2) \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{V_y}{V_x}$$

V_y - скорость изображения по вертикали

V_x - по горизонтали

H' - высота изображения над OO_1

$$V_x = |f'|$$

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d(t)}$$

$$V_y = |(H')'|$$

$$\frac{H(t)}{H} = \frac{f(t)}{d(t)} \quad H = \frac{3}{4}F$$

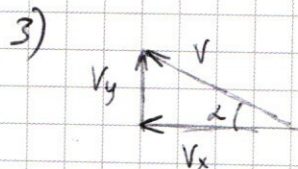
$$f(t) = \frac{(\frac{5}{4}F + 2Vat)F}{\frac{F}{4} + 2Vat} = \frac{F^2 + F(2Vat + \frac{F}{4})}{\frac{F}{4} + 2Vat} = F + \frac{F^2}{2Vat + \frac{F}{4}}$$

$$V_x = |f'| = \frac{2VF^2}{(2Vat + \frac{F}{4})^2} \quad \Delta t \approx 0 \Rightarrow V_x \approx \frac{2VF^2}{\frac{F^2}{16}} = 32V$$

$$H'(t) = \frac{3}{4}F \cdot \frac{(\frac{5}{4}F + 2Vat)F}{(\frac{5}{4}F + 2Vat)(\frac{F}{4} + 2Vat)} = \frac{3F^2}{4(\frac{F}{4} + 2Vat)}$$

$$V_y = |(H'(t))'| = \left| \left(\frac{3F^2}{8Vat + F} \right)' \right| = \frac{24F^2V}{(8Vat + F)^2} \quad \Delta t \approx 0 \Rightarrow V_y \approx 24V$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{24}{32} = \frac{3}{4} \quad \text{Ответ: } \operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}$$



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

$$V = V_x / \cos \alpha = 32V \cdot \frac{5}{4} = 40V$$

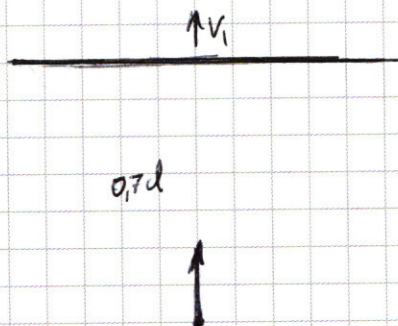
Ответ: 40 V

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1 123
2 123
3 123
4 123
5 123

$\frac{1}{P} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$
 $f = \frac{dF}{d-f} = \frac{(\frac{5}{4}F + 2Vat)F}{\frac{5}{4}F + 2Vat}$
 $\frac{1}{f} = \frac{1}{5F} + \frac{1}{F}$
 $f = 5F$
 $V' = \frac{S'}{dt}$
 $\frac{1}{S'} = \frac{1}{F} - \frac{5F^2 + 2Vat}{4F + 2Vat}$
 $S' = \frac{\frac{5}{4}F^2 + 2FVat}{\frac{5}{4}F - 2Vat}$
 $V' = \frac{2FV(\frac{5}{4}F - 2Vat) + 2V(\frac{5}{4}F^2 + 2FVat)}{(\frac{5}{4}F - 2Vat)^2}$
 $\frac{2VF^2}{F^2} = 32V$
 $V' = F^2 \ln$
 $a(x+a)' = V' = \frac{2VF^2}{(2Vat + \frac{5}{4}F)^2} \cdot 2V$
 $\frac{eU}{A} = \frac{3}{2} = 2$
 $E = U_1 + U_k$
 $U_k = qB$
 $\frac{C_v}{C_p}$
 $C_v = \frac{dQ}{dT} = \frac{3}{2}R$
 $dU = \frac{3}{2}RT$
 $C_p = \frac{5}{2}R$
 $ma = gF$
 $\frac{a}{F} = \gamma$

1-3: $\frac{P}{V} = \text{const}$
 $PV = T = \text{const}$
 $P^2 = T$
 $P \propto \sqrt{T}$
 $C_v = \frac{dQ}{dT} = \frac{3}{2}R$
 $dU = \frac{3}{2}RT$
 $C_p = \frac{5}{2}R$
 $ma = gF$
 $\frac{a}{F} = \gamma$



$$QEd = \frac{V_1^2}{2a} =$$

$$ma = 19E$$

$$a = 19E$$

$$19E = \frac{V_1^2}{0.7d}$$

$$E = \frac{V_1^2}{19 \cdot 0.7d}$$

$$a = \frac{V_1^2}{1.4d}$$

$$0.2d = \frac{V_1^2 t^2}{2.8d}$$

$$t = \frac{d}{V_1} \sqrt{0.56}$$

$$S = \frac{at^2}{2}$$

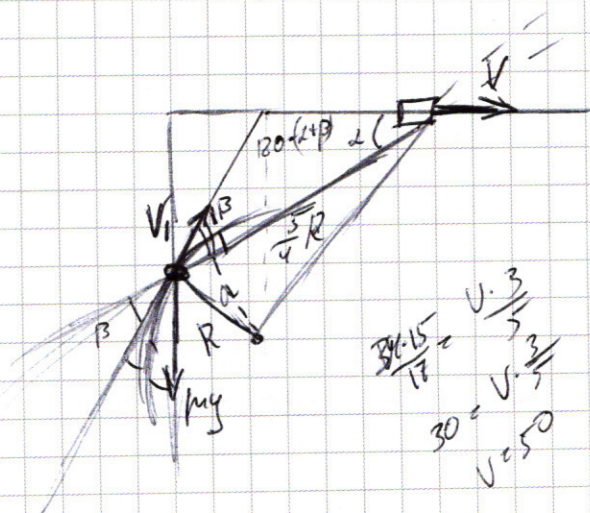
$$at = V$$

$$t = \frac{V}{a}$$

$$S = \frac{aV^2}{2a^2} = \frac{V^2}{2a}$$

$$u = \frac{V_1^2}{1.48}$$

$$Q = CU = \frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot Ed = \epsilon_0 FS$$



$$mgsin\alpha = ma \sin\beta$$

$$50$$

$$0.3 \left(10 \cdot \frac{8}{17} - \frac{2500}{0.53} \cdot \frac{4}{5} \right) =$$

$$=$$

$$Q = \epsilon_0 S$$

$$S =$$

$$E = \frac{\sigma \epsilon_0}{S}$$

$$\frac{\sigma \epsilon_0}{S}$$

$$\frac{\sigma \epsilon_0}{S}$$

$$\frac{\epsilon_0 \epsilon_0 - \epsilon_0^2}{\epsilon_0 \epsilon_0^2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_0^2}{\epsilon_0 \epsilon_0^2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_0^2}{\epsilon_0 \epsilon_0^2}$$

$$\frac{\epsilon_0 \epsilon_0^2}{\epsilon_0 \epsilon_0^2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_0^2}{\epsilon_0 \epsilon_0^2}$$

$$\frac{A}{\epsilon_0} = \frac{A \epsilon_0}{B \cdot A}$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{k}$$

$$k = \frac{H \cdot \epsilon_0^2}{\epsilon_0^2}$$

$$E = \frac{\rho_0}{\epsilon_0 S}$$

$$\epsilon_0 = \frac{\epsilon_0^2}{H \cdot \epsilon_0^2}$$

$$\frac{\rho_0 S}{d} U = Q$$

$$\frac{\epsilon_0^2 \cdot \epsilon_0^2}{H \cdot \epsilon_0^2} B = \epsilon_0 \epsilon_0$$

$$\frac{\epsilon_0 \epsilon_0^2}{H \cdot \epsilon_0^2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_0^2}{H \cdot \epsilon_0^2}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)