

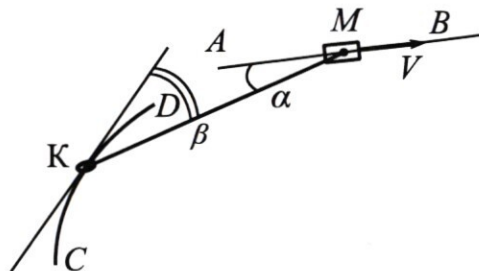
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

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

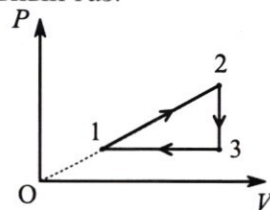
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) 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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



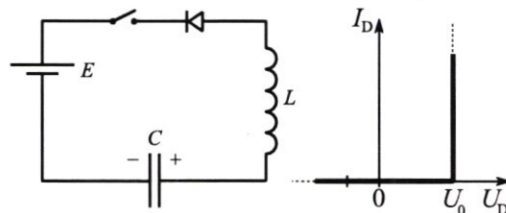
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

- 1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.
- 2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
- 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.

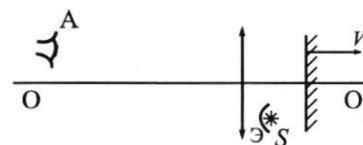
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

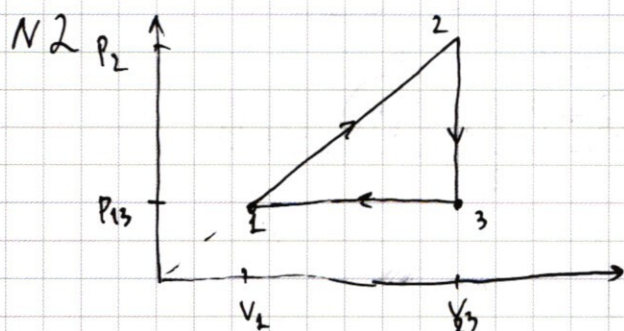


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ 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



- 1) $\frac{C_{23}}{C_{31}} - ?$
- 2) $\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} - ?$
- 3) $\eta_{\max} - ?$

Пусть ν - число
вещи газа

$$C = \frac{\nu Q}{\Delta T}$$

Решение: ① Температура T происходит в процессах
2-3 и 3-1 т.е. $T \sim PV$ и $p_{13}V_1 < p_{13}V_3 < p_2V_3$

Первый закон термодинамики для

2-3: $\Delta U_{23} = Q_{23} - A_{23}$; $A_{23} = 0$ ($V = \text{const}$)

$$\frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) = \nu C_{23}(T_3 - T_2) \Rightarrow C_{23} = \frac{3}{2}R$$

3-1: $\Delta U_{31} = Q_{31} - A_{31}$

$$\frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_3) = \nu C_{31}(T_1 - T_3) - p_{13}(V_1 - V_3)$$

Уже же знаем для процесса 3-1:

$$\begin{cases} p_{13}V_3 = \nu RT_3 \\ p_{13}V_1 = \nu RT_1 \end{cases} \Rightarrow p_{13}(V_1 - V_3) = \nu R(T_1 - T_3)$$

$$\frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_3) = \nu C_{31}(T_1 - T_3) - \nu R(T_1 - T_3)$$

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

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$$

— ответ на 1 вопрос

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

$$A_{12} = \int_{\text{под графиком}} = \frac{(p_2 + p_{13}) \cdot (V_3 - V_1)}{2}$$

см продолж.

N2 продолжение:

Ур-я Клапейрона для состояний 1 и 2:

$$\begin{cases} P_{13} V_1 = \nu R T_1 \\ P_2 V_3 = \nu R T_2 \end{cases} \quad \text{Условие прямой пропорциональности}$$

$$\frac{P_2}{P_{13}} = \frac{V_3}{V_1} \Rightarrow P_2 V_1 = P_{13} V_3$$

$$A_{12} = \frac{(P_{13} + P_2)(V_3 - V_1)}{2} = \frac{(P_{13} V_3) + P_2 V_3 - P_2 V_1 - P_{13} V_1}{2} =$$

$$= \frac{P_2 V_3 - P_{13} V_1}{2} = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$\left\{ \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)}{\frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)} = 3 \right\} - \text{ответ на 2 вопрос}$$

$$3) \cdot \eta_{1-2-3-1} = \frac{Q_H - Q_K}{Q_H} = \frac{A_{1231}}{Q_H}$$

• Ацикла $\equiv A_{1231} = \oint$ фигури на графике в коор P-V

$$A_{\text{цикла}} = \frac{(V_3 - V_1) \cdot (P_2 - P_{13})}{2}$$

пусть $n = \frac{P_2}{P_{13}} = \frac{V_3}{V_1}$; тогда $A = \frac{(n-1)V_1 \cdot (n-1)P_{13}}{2}$

• $Q_H = Q_{12}$ т.к в остальных процессах понижение T

$$Q_H = \Delta U_{12} + A_{12} = \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{2}\right) \nu R (T_2 - T_1) = 2 \nu R (T_2 - T_1)$$

для процесса 1-2 верно: $\frac{P_{13} V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_3}{T_2} \Rightarrow T_2 = T_1 \cdot n^2$

$$Q_H = 2 \nu R T_1 (n^2 - 1)$$

$$A = \frac{(n-1)^2}{2} P_{13} V_1; P_{13} V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow A = \frac{\nu R T_1}{2} (n-1)^2$$

• $\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{\frac{1}{2} \nu R T_1 (n-1)^2}{2 \nu R T_1 (n^2 - 1)} = \frac{1}{4} \frac{(n-1)^2}{(n-1)(n+1)} \stackrel{n \neq 1}{=} \frac{1}{4} \frac{n-1}{n+1}$ см продолж

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2 продолжение

$$\eta = \frac{1}{4} \cdot \frac{(n+1)-2}{n+1} = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{2}{n+1} \right); \quad \eta = \max \text{ при } 1 - \frac{2}{n+1} = \max$$

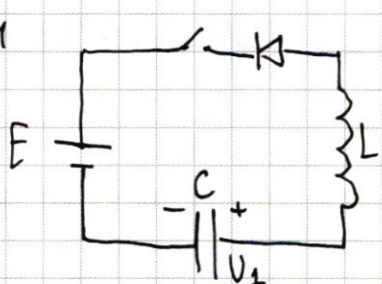
$$1 - \frac{2}{n+1} = \max, \text{ когда } \frac{2}{n+1} = \min, \text{ т.е. при } n+1 \rightarrow \infty$$

$$\text{при } n+1 \rightarrow \infty, \left(1 - \frac{2}{n+1} \right) \rightarrow 1$$

$$\eta_{\max} = \frac{1}{4} = 25\% \text{ — ответ на 3 вопрос}$$

Ответы: 1) $\frac{C_{23}}{C_{32}} = \frac{3}{5}$; 2) $\frac{\Delta V_{12}}{A_{12}} = 3$; 3) $\eta_{\max} = \frac{1}{4} = 25\%$

N 4



- 1) $\dot{I}$ — ?
- 2) I_m — ?
- 3) U_2 — ?

① В первый момент после замыкания ключа конденсатор вытесняет в цепи ток, меньший ЭДС

Можно записать:

$$\leftarrow L \dot{I} = \mathcal{E}_{\text{ind}} = U_1 - E; \text{ ток пойдет, т.к. } U_1 = E > U_0$$

$$\dot{I} = \frac{U_1 - E}{L}$$

$$\dot{I} = \frac{(9-6)\text{В}}{0,4\text{Гн}} = 7,5 \frac{\text{А}}{\text{с}} \text{ — ответ на 1 вопрос}$$

② Когда напряжение установится, ток течь не будет.

т.е. $U_2 - E \leq U_0$, в крайнем случае $U_2 - E = U_0 \Rightarrow U_2 = U_0 + E$

$$U_2 = 1\text{В} + 6\text{В} = 7\text{В} \text{ — ответ на 3 вопрос}$$

③ $A_{\text{ист}} = E_{\text{кон}} - E_{\text{нак}}$; макс ток достигается при $\dot{I}' = 0$

$$\text{т.е. } U' = E; A_{\text{ист}} = E \Delta q = E(q' - q_2) = EC(E - U_1)$$

$$EC(E - U_1) = \left(\frac{1}{2} L I_m^2 + \frac{C E^2}{2} \right) - \frac{C U_1^2}{2} \quad \text{см продолжение}$$

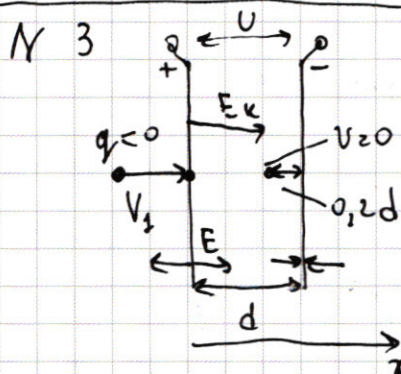
N 4 продолжение:

$$L I_m^2 = 2EC(E - V_1) + CV_1^2 - CE^2 = -2EC(V_1 - E) + C(V_1 - E)(V_1 + E)$$

$$I_m = \sqrt{\frac{C(V_1 - E)(-2E + V_1 + E)}{L}} = \sqrt{\frac{C(V_1 - E)^2}{L}} = \sqrt{\frac{C}{L}}(V_1 - E)$$

$$I_m = \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}}{4 \cdot 10^{-1} \text{ Гн}}} (9 - 6) \text{ В} = \frac{3}{2} \cdot 10^{-2} \text{ А} = (1,5 \cdot 10^{-2} \text{ А}) - \text{ответ на 2 вопр}$$

Ответ: 1) $\dot{I} = 7,5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$ 2) $I_m = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ А}$; 3) $V_2 = 7 \text{ В}$



1) $\gamma = \frac{|q|}{m}$ - ?

2) T - ?

3) V_0 - ?

①. Т.к. частица влетела внутрь конд., то очевидно, что длинная и тонкая в момент влета обладала положительным зарядом

также очевидно, что остановилась она внутри конд. т.к. если бы она прошла наизовз, то ~~не остановилась бы~~ от отриц. обкладки

$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon}$ - напряженность, созд. заряженной пластиной (пренебрегая краевыми эффектами)

$$\frac{mV_1^2}{2} = |q| \Delta\varphi - 3C\epsilon \Rightarrow \gamma = \frac{|q|}{m} = \frac{V_1^2}{2\Delta\varphi} - \text{пренебрегаем}$$

② $T = 2t$; t - время со влета до остановки; также равно времени от остановки до вылета (обратные процессы)

внутри конд. $E_k = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0}$; σ - поверхностная плотность заряда

$E_k = \frac{U}{d}$; на заряд q внутри действует сила qE_k

$qE_k = \frac{qU}{d}$; за время t илунисе силы!

$$0x: q \frac{U}{d} \cdot t = \Delta p = 0 - mV_1$$

$$|q| \frac{U}{d} \cdot \frac{T}{2} = mV_1 - \text{учитывая знак } q$$

$$T = 2 \frac{m V_1 d}{|q| U} = \frac{2 V_1 d}{\gamma U}$$

$$\gamma = \frac{5 V_1^2}{8 U}$$

$$\gamma = \frac{V_1^2}{2\Delta\varphi} ; \Delta\varphi = \frac{U \cdot (d - 0,2d)}{d} = U \cdot 0,8$$

$$\gamma = \frac{20 V_1^2}{1,6 U} - \text{ответ на 1 вопр с продолж}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

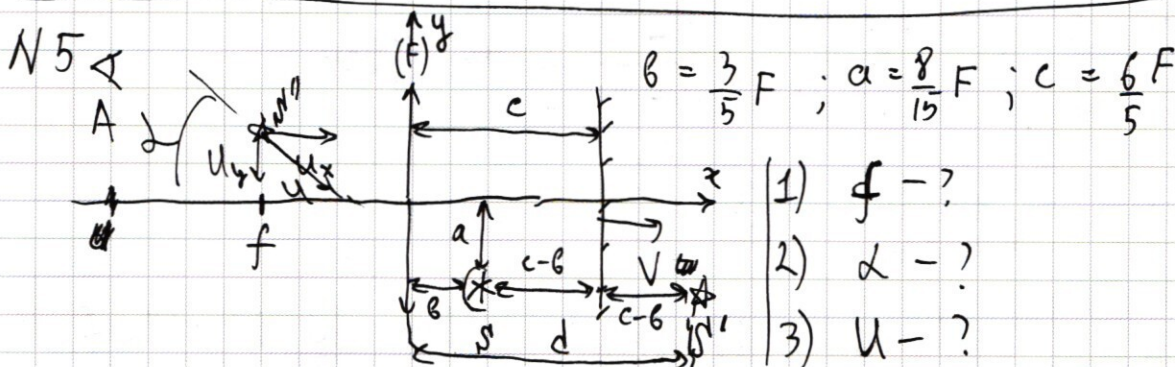
N4 продолжит:

$$T = \frac{2V_1 d}{\gamma V} = \frac{2V_1 d}{\left(\frac{V_1^2}{6V}\right)V} = \frac{2 \cdot 1,6 \cdot d}{V_1} = \boxed{3,2 \frac{d}{V_1}} - \text{ответ на 2 вопрос}$$

③ На движущиеся пласт $\varphi = 0$

Вне конденсатора поле равно нулю; поэтому при перемещении заряда вне конденсатора скорость не изменяется $\Rightarrow V_0 = V_1$

Ответ: 1) $\gamma = \frac{5}{8} \frac{V_1^2}{V}$; 2) $T = 3,2 \frac{d}{V_1}$; 3) $V_0 = V_1$



① Найдём мн. изображ s' в зеркале

$$d = c + (c - b) = 2c - b = \frac{12}{5} F - \frac{3}{5} F = \frac{9}{5} F$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{dF}{d - F} = \frac{\frac{9}{5} F^2}{\left(\frac{9}{5} F - F\right)} = \boxed{F \cdot \frac{9}{4}} - \text{ответ на 1 вопрос}$$

↑
ур-е тонкой линзы

② • Рассмотрим малый промежуток времени Δt

$\Delta x \approx$ перемещ зеркала $= V \Delta t$; перемещ $s'_x = 2V \Delta t$

$$d' = 2(c + V \Delta t) - b \Rightarrow f' = \frac{d' F}{d' - F} = \frac{\left(\frac{9}{5} F + 2V \Delta t\right) F}{\frac{4}{5} F + 2V \Delta t} \quad \text{или продолжит}$$

N 5 продолжение:

$$-(f' - f) = U_x \Delta t = - \left(\frac{\frac{9}{5} F^2 + 2V \Delta t F}{\frac{4}{5} F + 2V \Delta t} - \frac{9}{4} F \right)$$

т.к. Δt - малое

$$U_x \Delta t = - \left(\frac{\frac{9}{5} F^2 + 2V \Delta t F - \frac{9}{5} F^2 - \frac{9}{4} 2V \Delta t F}{\frac{4}{5} F + 2V \Delta t} \right) = \frac{+ 2V \Delta t F \cdot \frac{5}{4}}{\frac{4}{5} F + 2V \Delta t} \approx \frac{+ \frac{2.5}{4} V \Delta t F}{\frac{4}{5} F} =$$

$$= + \frac{25}{8} V \Delta t \Rightarrow \boxed{U_x = + \frac{25}{8} V} - \text{т.е. направлена вдоль скорости в полном направлении по оси } O_x$$

(Из этого ответа можно было получить по-другому:)

$$U_x = \Gamma^2 \cdot 2V = \left(\frac{f}{d} \right)^2 2V = \left(\frac{5}{4} \right)^2 \cdot 2V = \frac{25}{8} V$$

• Теперь снова рассмотрим промежуток Δt - малый

$$\Gamma = \frac{h}{a} ; \Gamma' = \frac{h'}{a} ; U_y \Delta t = h' - h$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} ; \Gamma' = \frac{f'}{d'} = \frac{f - U_x \Delta t}{d + 2V \Delta t}$$

$$\Gamma' = \frac{h'}{a} = \frac{f - U_x \Delta t}{d + 2V \Delta t} ; \frac{h}{a} = \frac{f}{d}$$

$$\frac{h' - h}{a} = \frac{d(f - U_x \Delta t) - f(d + 2V \Delta t)}{(d + 2V \Delta t)d} = \frac{fd - U_x \Delta t d - fd - 2V \Delta t f}{d(d + 2V \Delta t)} =$$

$$= \frac{- \left(\frac{25}{8} + 2 \right) V \Delta t f}{d(d + 2V \Delta t)} \approx - \frac{\frac{41}{8} V \Delta t}{d} = - \frac{\frac{41}{8} \cdot \frac{5}{9} V \Delta t}{F}$$

$$h' - h = U_y \Delta t = a \left(- \frac{41 \cdot 5}{8 \cdot 9} \frac{V \Delta t}{F} \right) = \frac{8 F \cdot (-41 \cdot 5)}{8 \cdot 9 F} \frac{V \Delta t}{F} = - \frac{41}{27} V \Delta t$$

$$U_y = - \frac{41}{27} V$$

См продолжение

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 5 продолжение:

$$\frac{h' - h}{a} = \frac{-u_x \Delta t d - 2V \Delta t f}{d(d + 2V \Delta t)} \approx \frac{-\frac{25}{8} V \Delta t \cdot \frac{9}{5} F - 2V \Delta t \cdot \frac{9}{4} F}{d^2} =$$

$$= \frac{-V \Delta t F \left(\frac{5 \cdot 9}{8} + \frac{2 \cdot 9}{4} \right)}{\left(\frac{9}{5} F \right)^2} = \frac{-V \Delta t \cdot 5^2 \cdot \left(\frac{9 \cdot 9}{8} \right)}{F \cdot 8^2} = \frac{-V \Delta t \cdot 25}{F \cdot 8}$$

$$h' - h = u_y \Delta t = a \left(-\frac{V \Delta t \cdot 25}{F \cdot 8} \right) = \frac{8 F}{15 F} \left(-V \Delta t \cdot \frac{25}{8} \right) = -\frac{25}{15} V \Delta t = -\frac{5}{3} V \Delta t$$

$$\Rightarrow u_y = -\frac{5}{3} V - \text{т.е. направлена против наклона}$$

направ. от Oy

$$\tan \alpha = \frac{|u_y|}{u_x} = \frac{\frac{5}{3} \cdot \frac{8}{25} V}{\frac{8}{15} V} = \frac{8}{15} - \text{ответ на 2 вопрос}$$

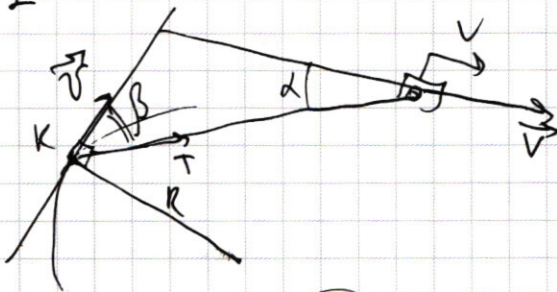
$$(3) \quad u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} = \sqrt{\left(\frac{8}{15} V \right)^2 + \left(\frac{5}{3} V \right)^2} = \sqrt{\frac{625 \cdot 9 + 25 \cdot 64}{8^2 \cdot 3^2}} =$$

$$= \frac{\sqrt{7225}}{8 \cdot 3} = \frac{85}{8 \cdot 3} V = \frac{85}{24} V - \text{ответ на 3 вопрос}$$

Ответ: 1) $f = \frac{9}{4} d$; 2) $\tan \alpha = \frac{8}{15}$; 3) $u = \frac{85}{24} V$

см продолж

N1



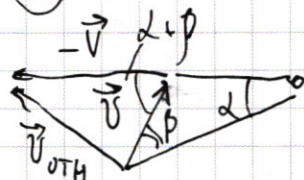
① v - ?

$$v \cdot \cos \beta = V \cos \alpha$$

$$v = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{2 \frac{m}{c} \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{17}{8}}{\frac{3}{5}} = \boxed{3,4 \frac{m}{c}}$$

ответ на 1 вопрос

②



$$v_{отн}^2 = v^2 + V^2 - 2vV \cos(\alpha + \beta)$$

$$v_{отн} = \sqrt{v^2 + V^2 - 2vV \cos(\alpha + \beta)}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{32 - 45}{5 \cdot 17} = \frac{-13}{5 \cdot 17}$$

$$v_{отн} = \sqrt{2^2 + 3,4^2 - 2 \cdot 2 \cdot 3,4 \cdot \frac{-13}{5 \cdot 17}} \frac{m}{c} = \sqrt{4 + 11,56 + 0,16 \cdot 13} \frac{m}{c} = \sqrt{17,64} \frac{m}{c}$$

ответ на 2 вопрос

③ $T \cdot \sin \beta = m a_{y.c} = m \frac{v^2}{R}$

$$T = \frac{m v^2}{R \sin \beta} = \frac{1,9 \cdot \left(\frac{15}{17} \right)}{0,4 \cdot 3,4^2} \text{ Н} = \sqrt{\frac{4 \cdot 11,56 \cdot 17}{19 \cdot 15}} \text{ Н}$$

ответ на 3 вопрос

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$6025 \begin{array}{r} 5 \\ 1205 \\ 241 \end{array}$

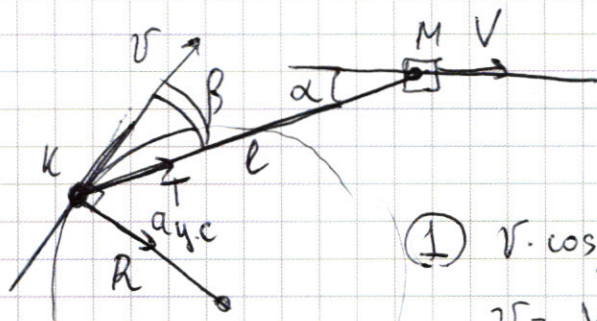
$Q_{12} = 2\sqrt{R}(T_2 - T_1)$
 $A = \frac{1}{2}(p_2 V_{23} + p_{13} V_1 - (p_1 V_1 + p_{13} V_{23}))$
 $E = \frac{\sigma}{\epsilon \epsilon_0} = \frac{q}{\epsilon \epsilon_0 S}$

$Q_{12} = 2\sqrt{R} T_1 (n^2 - 1)$
 $A = \frac{1}{2}(\sqrt{R} T_1 (n^2 + 1) - (n p_{13} V_L + n p_{13} V_1))$
 $E = \frac{q}{\epsilon \epsilon_0 S}$

$\left(\frac{n-1}{n+1}\right)' = \left(\frac{n+1-2}{n+1}\right)'$
 $\left(1 - \frac{2}{x}\right)' = -2 \ln x = 0$
 $\ln x = 0 \Rightarrow x = 1$
 $\frac{n-1}{n+1} = \frac{n+1-2}{n+1} = 1 - \frac{2}{n+1}$
 $U_2' = E$

$U_2 = U_0 + E = 1B + 6B = 7B$
 $LI_m^2 = C(U_1^2 - U_2^2 + 2E(U_2 - U_1))$
 $I_m = \frac{C}{L}(9^2 - 7^2 + 2 \cdot 6 \cdot (7 - 9)) = \frac{2 \cdot 16 \cdot 2 \cdot 10^{-5}}{2} = 2 \cdot 10^{-4} A$

$A_{ист} = W_{кон} - W_{нач} = \left(\frac{LI_m^2}{2} + \frac{CU_2^2}{2}\right) - \frac{CU_1^2}{2} = +E \cdot \Delta q \cdot 2$
 $\Delta q = q_2 - q_1 = C(U_2 - U_1)$



- 1) v - ?
 2) $v_{отн M}$ - ?
 3) T - ?
- дано $\alpha = \frac{4}{5}$
 $\sin \alpha = \frac{3}{5}$
 $\cos \beta = \frac{8}{17}$
 $\sin \beta = \frac{15}{17}$

$$① v \cdot \cos \beta = V \cos \alpha$$

$$v = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 2 \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{17}{8} = 3,4 \frac{м}{с}$$

$$v = V \frac{\cos \beta}{\cos \alpha} = \frac{2 \cdot \frac{8}{17}}{\frac{3}{5}} = \frac{16}{15}$$

$$\sqrt{17^2 - 8^2} = 15$$

$$v_{отн}^2 = v^2 + V^2 - 2vV \cos(\alpha + \beta)$$

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

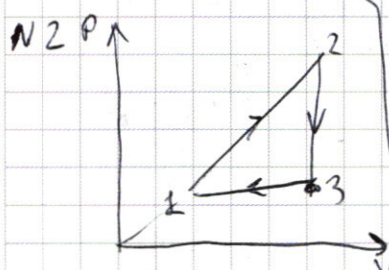
$$T \cdot \sin \beta = m a_{y.c} = m \frac{v^2}{R}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{32 - 45}{5 \cdot 17} = \frac{-13}{5 \cdot 17}$$

$$v_{отн}^2 = V^2 \left(\frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} + 1 \right) - 2V^2 \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \cdot \cos(\alpha + \beta) =$$

$$= 2^2 + 3,4^2 - 2 \cdot 2 \cdot 3,4 \cdot \frac{-13}{5 \cdot 17} = 4 + 11,56 + 2,08 = 17,64 \frac{м^2}{с^2}$$

$$\frac{13}{5 \cdot 17} = \frac{13}{85}$$



- 1) 2-3 - сжатие
 3-1 - расширение

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = ?$$

$$2) \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = ?$$

$$3) \eta = ? = \max - ?$$

$$① 2-3: \Delta U_{23} = Q_{23} - A_{23}$$

$$\frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \nu C_{23} (T_3 - T_2)$$

$$\eta = \frac{Q_H - Q_K}{Q_H}$$

$$3-1: \Delta U_{31} = Q_{31} - A_{31}$$

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

$$\eta = \frac{A}{Q_H}$$

$$\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_3) = \nu C_{31} (T_1 - T_3) - P_{13} (V_1 - V_3) \Rightarrow C_{31} = \frac{5}{2} R$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$P_{13} V_1 = \nu R T_1$$

$$P_{13} V_3 = \nu R T_3$$

$$P_2 V_{23} - P_2 V_1 - P_{13} V_{23} + P_{13} V_1$$

$$Q_H = \Delta U_{12} + A_{12} = 2 \nu R (T_2 - T_1)$$

