

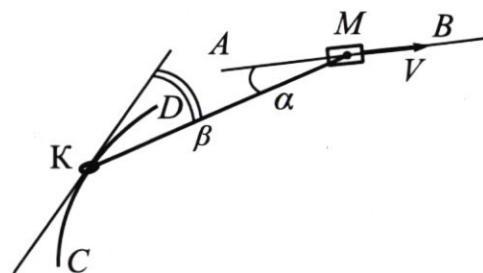
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

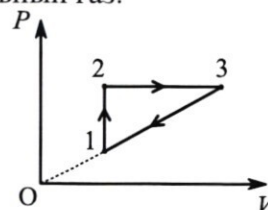
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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



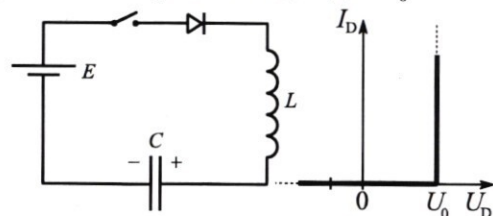
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица 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.

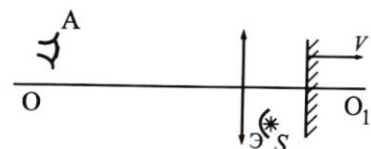
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

N 1

Дано:

$$V = 68 \text{ км/с} = 0,68 \text{ м/с}$$

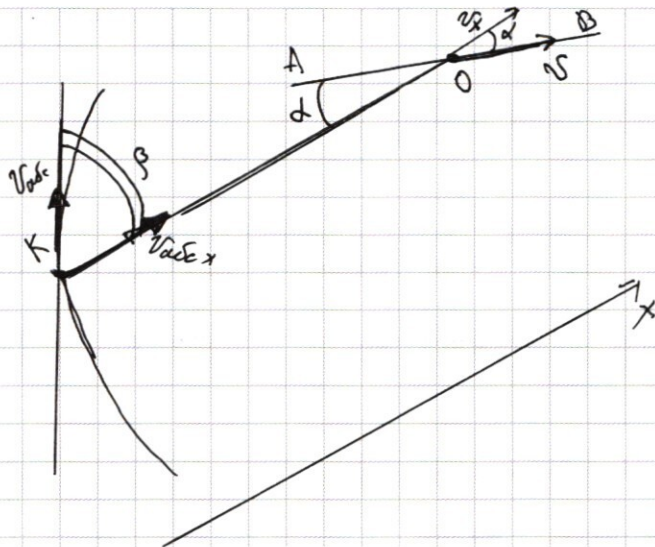
$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

$$l = 5R/3$$

$$\alpha (\cos \alpha = \frac{15}{17})$$

$$\beta (\cos \beta = \frac{4}{5})$$



1) $V_{абс}$ - ? (скор. колеса)

2) $V_{отн}$ - ? (скор. колеса отн. шайб.)

3) T - ? (сила пот. нити)

Решение:

1) $V_{абс x}$ - абс. скор. колеса в проекц. на x ; V_x - скор. шайбы в проекц. на x
м.к. шайба и колесо скреплены нитью KO (1:10 введена для колесо.)

$$l = 5R/3, \text{ то } V_{абс x} = V_x \Leftrightarrow V_{абс} \cos \beta = V \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{абс} = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = 0,68 \cdot \frac{15}{17} : \frac{4}{5} = \frac{0,68 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = \frac{0,17 \cdot 15 \cdot 5}{17} = 0,91 \cdot 15 \cdot 5 =$$

$$= 0,75 \text{ м/с} - \text{Ответ (1)}$$

2) $V_{абс} = V_{отн} + V$ - вект. сумм. скор.

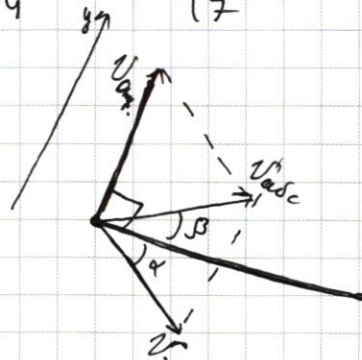
м.к. колесо и шайба скреплены, то
 $V_{отн}$ направлена по кас. к окр. O и

$$\text{рад.} = l = 5R/3$$

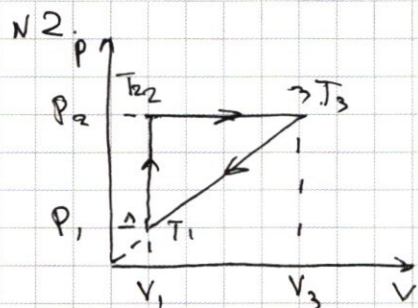
запишем угл. скор. на ось y

$$V_{абс} (\cos(90 - \beta)) = V_{отн} + V (\cos(90 + \alpha))$$

$$V_{отн} = V_{абс} \sin \beta + V \sin \alpha$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Замечание:

1) $\frac{C_{12}}{C_{23}} = ?$

$$Q_{12} = \gamma C_{12} \Delta T_{12} = \gamma C_{12} (T_2 - T_1)$$

$$Q_{23} = \gamma C_{23} \Delta T_{23} = \gamma C_{23} (T_3 - T_2)$$

$$Q_{12} = \Delta U = \gamma C_V \Delta T_{12} = \gamma C_V (T_2 - T_1)$$

$$Q_{23} = A_{23} = p \Delta V_{23} = p_2 V_3 - p_2 V_1$$

$$\Rightarrow Q_{23} = p_2 \gamma R (T_3 - T_2)$$

$$\begin{cases} p_2 V_3 = \gamma R T_3 \\ p_2 V_1 = \gamma R T_2 \end{cases}$$

$$\frac{Q_{12}}{Q_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \gamma R (T_2 - T_1)}{\gamma R (T_3 - T_2)} = \frac{\gamma C_{12} (T_2 - T_1)}{\gamma C_{23} (T_3 - T_2)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{3}{2} = \frac{C_{12}}{C_{23}} \Rightarrow \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{2} - \text{Ответ (1)}$$

2) $Q_{23} = A_{23}$

$-Q_{23}$ — тепло отдано газу.

$\Rightarrow$

$$\frac{-Q_{23}}{A_{23}} = -1 - \text{Ответ (2)}$$

$$3) \eta = \frac{Q^+}{A} = ?$$

$$Q^+ = Q_{12} + Q_{23}$$

$$A = A_{23} + A_{31} = P_2 \Delta V_{23} + \frac{P_2 V_3}{2} + \frac{P_1 V_1}{2} =$$

$$\nu R \Delta T_{23} + \frac{\nu R T_3 - \nu R T_1}{2} = \nu R \Delta T_{23} + \frac{\nu R \Delta T_{31}}{2} = \nu R \left(T_3 - T_2 + \frac{T_3}{2} + \frac{T_1}{2} \right)$$

$$Q^+ = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} + \nu R \Delta T_{23} = \nu R \left(\frac{3}{2} T_1 - \frac{3}{2} T_2 + T_3 - T_2 \right)$$

$$\eta = \frac{Q^+}{A} = \frac{\frac{3}{2} T_1 + T_3 - 2 T_2}{\frac{T_3}{2} + \frac{T_1}{2} - T_2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3.

Дано:

S

d

$\epsilon = 0,25d$

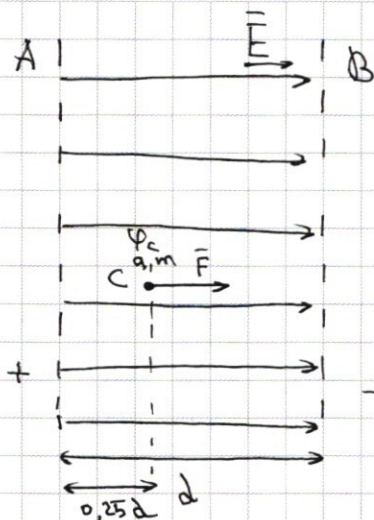
π

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

1) φ_1 - ?

2) Q - ?

3) φ_2 - ?



Решение:

1) $d - 0,25d = \frac{d}{2} + 0$ - упр. движение

$$a = \frac{2 \cdot 0,75d}{\pi^2} = \frac{1,5d}{\pi^2} \Rightarrow \varphi_1 = aT = \frac{1,5d}{\pi^2} - \text{упр. движение} - \text{Омбарт(1)}$$

2) $F = Eq$ - упр. движение в поле с нп.

$$E = (\varphi_A - \varphi_B) / d -$$

$|\varphi_A| = |\varphi_B|$ - м.к. конденсатор

$\varphi_A = -\varphi_B$ - м.к. конденсатор $\Rightarrow$

$$\varphi_A = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$$

$$Q = \frac{Q}{S} - \text{м.к. сир. пер. (}$$

$\epsilon_0 = \text{const}$

$$F = ma = \frac{1,5d}{\pi^2} \cdot m$$

$$ma = \frac{(\varphi_A - \varphi_B)q}{d}$$

$$\varphi_A = -\varphi_B$$

$$\varphi_A = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$$

$$Q = \frac{Q}{S}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{m}{q} da = 2\varphi_A \\ \varphi_A = \frac{Q}{2\epsilon_0 S} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{Q}{2\epsilon_0 S} = \gamma da \Rightarrow Q = \frac{\gamma \cdot d \cdot S \cdot \epsilon_0 \cdot 1,5d}{\pi^2} \Rightarrow \end{cases}$$

$$\Rightarrow Q = \frac{1,5 d^2 \cdot S \epsilon_0 \cdot \gamma}{\pi r^2} - \text{Ответ (2)}$$

3) $\varphi_c = \frac{\varphi_A + 0}{2}$ м.н. нас. по нас. от центра концы.

$$\Rightarrow \varphi_c = \frac{\varphi_A}{2}$$

$$\begin{cases} 0 = \frac{m v_2^2}{2} + A \\ A = q(\varphi_c - 0) \quad \text{м.н. } \varphi_\infty = 0 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{m v_2^2}{2} = q \frac{\varphi_A}{2} \Rightarrow m v_2^2 = q \varphi_A \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{q}{m} \varphi_A} =$$

$$= \sqrt{\frac{q}{m} \cdot \frac{m}{q} \cdot \frac{d \cdot q}{2}} = \sqrt{\frac{d \cdot a}{2}} - \text{Ответ (3)} =$$

$$= \sqrt{\frac{d \cdot 1,5 d}{2 \pi^2}} = \frac{d}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4}} = \frac{\sqrt{3} d}{2 \pi} - \text{Ответ (3)}$$

№ 5.

Дано:

F

$$h_1 = \frac{3F}{5}$$

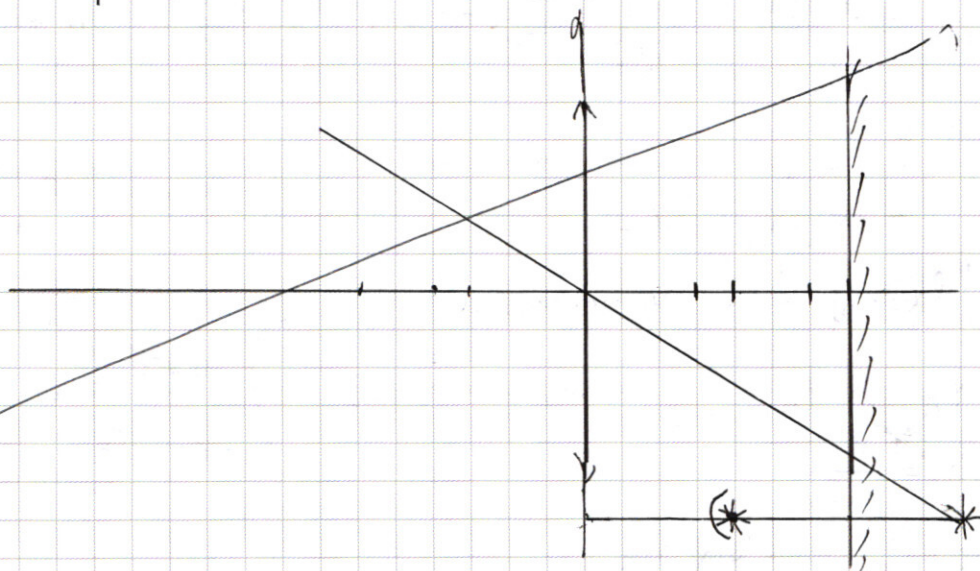
$$d = \frac{F}{2}$$

V

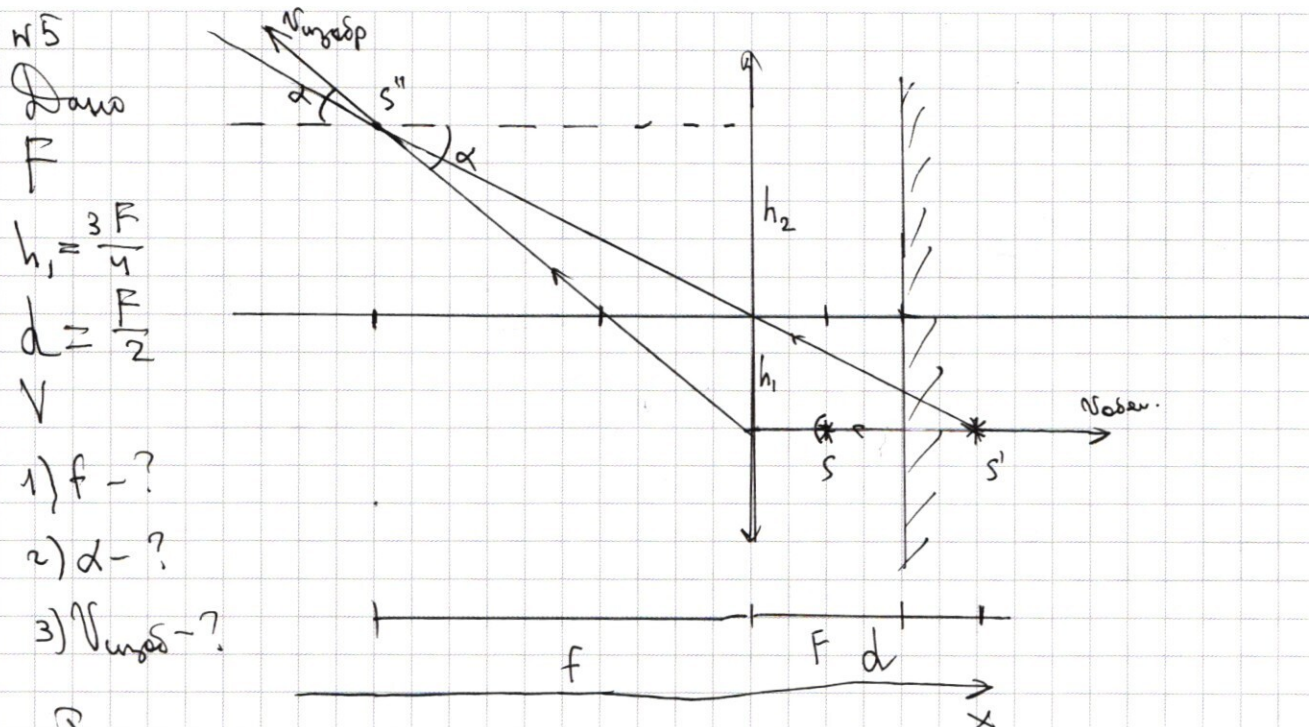
1) f - ?

2) α - ?

3) γ_{испр.} - ?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Решение:

1) $\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$ - формула тонкой линзы

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

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

$f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{F \cdot \frac{F}{2}}{\frac{F}{2} - F} = \frac{F \cdot \frac{F}{2}}{-\frac{F}{2}} = -F$

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

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

$f = \frac{F(F+d)}{d} = \frac{3F^2}{2} : \frac{1}{2}F = 3F$ - Ответ(1).

2) $\frac{h_2}{h_1} = \frac{F}{d} = \Gamma$ - коэффициент увеличения

$h_2 = h_1 \Gamma = h_1 \cdot \frac{F}{d} = \frac{3F}{\frac{1}{2}F} h_1 = 6h_1 = \frac{9}{2}F$

$h_2 = h_1 \Gamma = \frac{3F}{\frac{1}{2}F} h_1 = \frac{9}{2}F$

$\tan \alpha = \frac{h_2}{f} = \frac{\frac{9}{2}F}{3F} = \frac{3}{2}$

$\cos \alpha = \frac{f}{\sqrt{f^2 + h_2^2}} = \frac{3F}{\sqrt{9F^2 + \frac{81}{4}F^2}} = \frac{3F}{\sqrt{\frac{36+81}{4}F^2}} = \frac{3F}{\sqrt{\frac{117}{4}F^2}} = \frac{3F}{\frac{\sqrt{117}}{2}F} = \frac{6}{\sqrt{117}} = \frac{2}{\sqrt{13}}$

$$\cos \alpha = \frac{f}{3F}$$

$$\cos \alpha = \frac{f}{\sqrt{f^2 + (h_1 + h_2)^2}} = \frac{f}{\sqrt{9F^2 + \frac{21^2}{16} F^2}} =$$

$$= \frac{f}{\sqrt{\frac{12^2 + 21^2}{16} F^2}}$$

$$\tan \alpha = \frac{h_1 + h_2}{f} = \frac{21F}{3F} = \frac{7}{1} = 7 \Rightarrow \alpha = \arctan(7)$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{65}} \quad \tan \alpha = \frac{f}{h_1 + h_2} = \frac{7}{1} = 7 \Rightarrow \alpha = \arctan(7)$$

$$x^2 = 16 + 49 = 65 \Rightarrow x = \sqrt{65}$$

$$\left. \begin{array}{l} 3) \frac{P_{\text{изб.р.х}}}{P_{\text{общ.}}} = \eta^2 \\ P_{\text{общ.}} = 20 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{P_{\text{изб.р.х}} \cdot \cos \alpha}{20} = 36 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{\text{изб.р.х}} = \frac{720}{\cos \alpha} = 18\sqrt{65} \text{ В} = \arctan(3)$$

ИМ.

Дано:

$$E = 9 \text{ В}$$

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 5 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

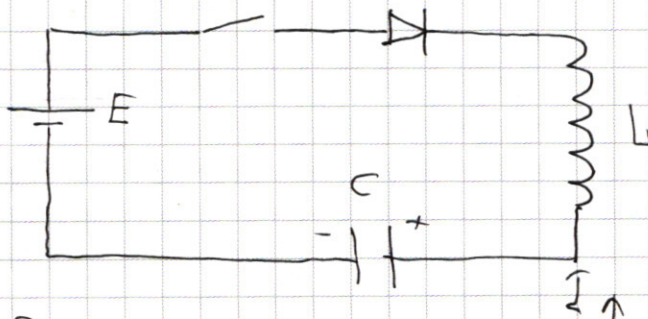
$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$1) I_1 - ?$$

$$2) I_{\text{max}} - ?$$

$$3) U_2 - ?$$

Решение:
1) $I =$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

$F = ma = m \frac{v_{\text{max}}}{R}$

$W = \frac{v_{\text{max}}^2}{R}$

$v_{\text{max}} = WR$

$a = \omega^2 R = \frac{v_{\text{max}}^2}{R}$

$V = 68 \text{ км/ч} = 0,68 \text{ м/с}$

$m = 0,1 \text{ кг}$

$R = 1,9 \text{ м}$

$l = 5R/3$

α

β

1) $\vec{V}_{abc} - ?$

2) $V_{\text{max}} - ?$

3) $T - ?$

Решение:

$V_{abc} = \cos \beta = V \cdot \cos \alpha$

$V_{abc} = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta}$

$V_{\text{max}} = V_{abc}$

$V_{\text{max}} = V_{abc} \cos 90^\circ - V \cos 90^\circ + \alpha$

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

№2

Решение:

$Q_{12} = \nu C_{\Delta} T = \frac{2}{2} \nu R \Delta T = \nu R (T_1 - T_2) = \nu R (T_1 - T_2) = \nu R (T_1 - T_2)$

$Q_{23} = P_2 \Delta V = P_2 (V_3 - V_1)$

$P_1 V_3 = \nu R T_3$

$P_2 V_1 = \nu R T_2$

$P_2 (V_3 - V_1) = \nu R (T_2 - T_3)$

$Q_{23} = \nu R (T_2 - T_3)$

2) $Q_{23} = A$

$\frac{\nu R (T_1 - T_2)}{\nu R (T_2 - T_3)} Q_{12} = \frac{\nu C_{\Delta} T}{\nu C_{\Delta} T} = \frac{C_{\Delta} T_{12}}{C_{\Delta} T_{23}}$

43.

$$V_{abc} = V_{out} - V_{пер.}$$
~~$$Q = \frac{6}{2 \epsilon_0}$$~~

Denvers.

$$F = E \cdot q$$

$$E = V/d$$

$$V_1 =$$

~~$A = \frac{1}{2} \rho v (v_1 - v_2)$~~

$$S = \frac{a+b}{2}$$

$$a = \frac{0,75 \text{ d} \cdot 2}{62}$$

$$\Rightarrow v_1 = 0 + at = \frac{1.5d}{t}$$

$$g = \frac{F}{3}$$

$$F = E \cdot q$$

$$E = d(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\frac{G}{2\epsilon_0} = E$$

$$F = \frac{F}{g} = \frac{\text{arm}}{g}$$

$$\frac{C}{2\epsilon_0} = \frac{1}{2} k_{os}$$

$$E_{00} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}$$

$$h = \frac{3F}{4} \cdot \frac{1}{2} = \frac{3F}{8}$$

