

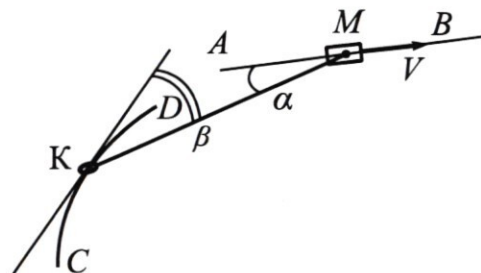
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

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

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.



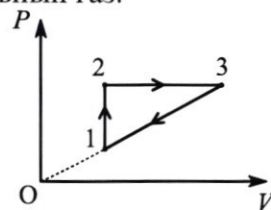
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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

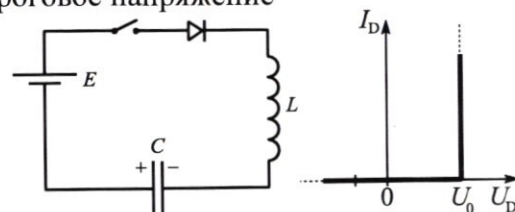
скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

- 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.

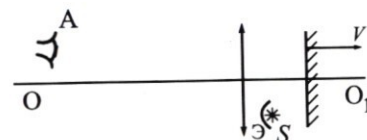
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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

N5

Дано:
 F, v

- 1) A - ?
- 2) α - ?
- 3) v_s - ?

Решение:

$$h' = h = \frac{3F}{4}$$

$$b = \frac{3F}{4}$$

$$d = \frac{3F}{4}$$

$$1) d' = 2(b-d) + d = 2b - d = \frac{5F}{4}$$

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

$$f' = \frac{Fd'}{d' - F} = 5F$$

$$\Gamma = \frac{f'}{d'} = \frac{A}{h'}$$

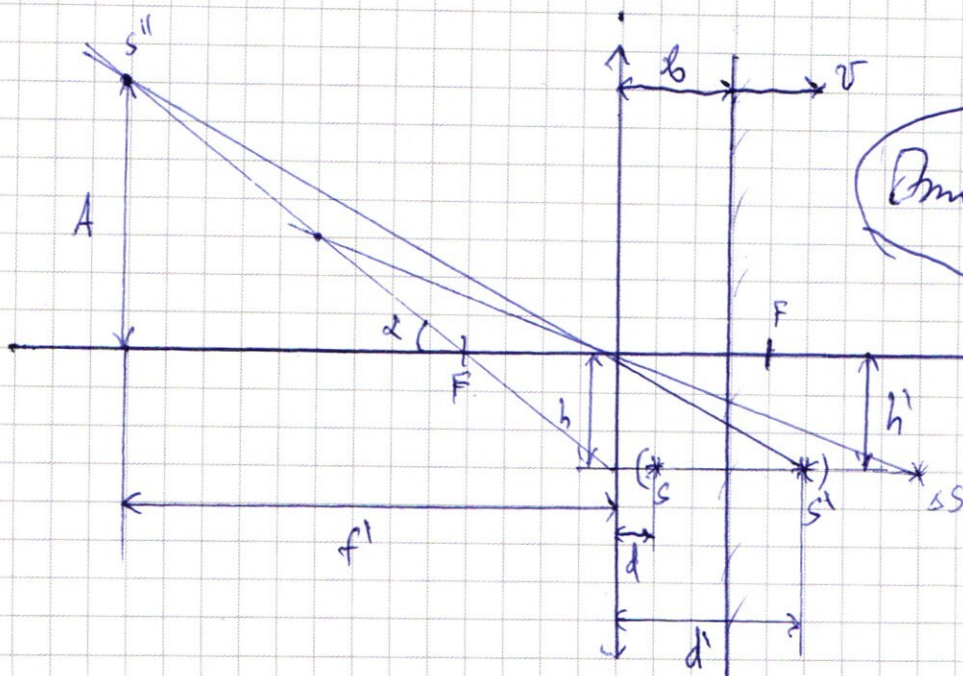
$$A = \frac{f'h'}{d'} = 3F$$

$$2) \tan \alpha = \frac{A}{(f' - F)} = \frac{3}{4};$$

$$3) \Gamma^2 = \frac{v_x^2}{v^2}; \quad v_x = 16V;$$

$$\frac{v_y}{v_x} = \tan \alpha \Rightarrow v_y = 4V$$

$$v_s = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 20V$$



Ответ: 1) $A = 3F$
2) $\alpha = \tan^{-1} \frac{3}{4}$
3) $v_s = 20V$

N3

Дано:

d, s

$v_0 = 0 \frac{m}{c}$

$v_1, \frac{q}{m} = \delta$

Решение:

1) $Fq = ma$

$a = \frac{F}{m}$

$F = \frac{Q}{\epsilon_0 s}$

$Q = \frac{v_1^2}{2a}$

$a = \frac{v_1^2}{2d} = \frac{v_1^2 \cdot 5}{4}$

$Q = \frac{aT^2}{2}$

$T = \sqrt{\frac{2Qd}{a}}$

$T = \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{v_1^2}{4d} \cdot d}{\frac{v_1^2 \cdot 5}{4}}} = \sqrt{\frac{2}{5}}$

1) $T = ?$

2) $Q = ?$

3) $v_2 = ?$

2) $\frac{Q}{d} = \frac{Q}{\epsilon_0 s}, Q = \frac{v_1 \epsilon_0 s}{4d\delta}$

3) $\frac{Fq}{2d} - \frac{Fq}{d} = \frac{mv_2^2}{2} \rightarrow v_2 = \frac{v_1}{2} \sqrt{\frac{10}{6}}$

Ответ: 1) $T = 0,2 \frac{d}{v_1} \sqrt{\frac{5}{2}}$

2) $Q = \frac{v_1 \epsilon_0 s}{4d\delta}$

3) $v_2 = \frac{v_1}{2} \sqrt{\frac{10}{6}}$

N2

Дано:

$i = 3$

$s = 1, P = kV$

Решение:

1) $Q = c_p \mu \Delta T$ $A_p = 2R \Delta T_3, \Delta U_p = \frac{3}{2} 2R \Delta T_3$

$\frac{3}{2} 2R \Delta T_2 = c_v \mu \Delta T_2$

$\frac{5}{2} 2R \Delta T_3 = c_p \mu \Delta T_3$

$\alpha = \frac{c_v}{c_p} = \frac{3/2 R \cdot 2R}{2R \cdot 5/2 R} = \frac{3}{5} = 0,6$

2) $\beta = \frac{\Delta U_p}{A_p} = \frac{3/2 R \Delta T_3}{2 R \Delta T_3} = 1,5$

Ответ: 1) $\alpha = 0,6$

2) $\beta = 1,5$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

Дано:

$$E = 5 \text{ В}$$

$$C = 4 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

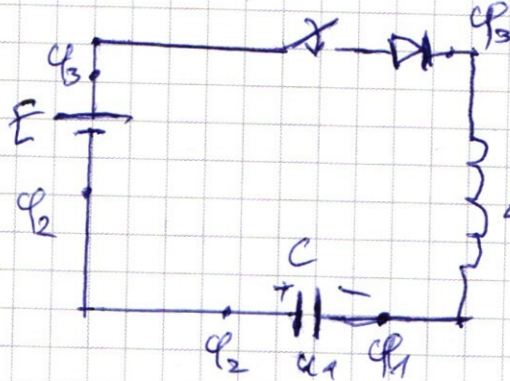
$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$1) \alpha = \frac{\Delta I}{\Delta t} - ?$$

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

$$3) U_2 - ?$$

Решение:



$$1) \varphi_2 - \varphi_1 = U_1$$

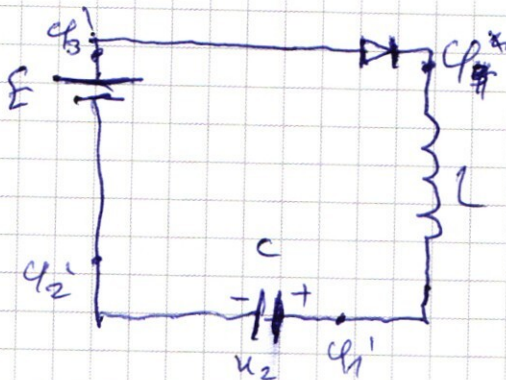
$$\oplus \varphi_3 - \varphi_2 = E$$

$$\varphi_3 - \varphi_1 = U_1 + E = U_0$$

$$\frac{L \Delta I}{\Delta t} = L \alpha = U_0 = E + U_1$$

$$\alpha = \frac{E + U_1}{L} = 80 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

2)



$$\varphi_2' - \varphi_1' = U_2$$

$$\oplus \varphi_3' - \varphi_2' = E$$

$$\varphi_4' - \varphi_3' = U_0$$

$$\varphi_3' - \varphi_1' = U_2 + E$$

$$\varphi_4' - \varphi_1' = \varphi_4' - \varphi_3' + \varphi_3' - \varphi_1' = U_0$$

$$U_0 = U_2 + E$$

$$U_2 = U_0 - E = -5 \text{ В}$$

$$3) |U_2| = 5 \text{ В}$$

$$E(CU_2 - CU_1) = -\frac{LI_{\max}^2}{2} - \frac{CU_2^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2}$$

$$I_{\max} = \frac{425 \cdot 10^{-3}}{5}$$

Ответ: 1) $\alpha = 80 \frac{\text{А}}{\text{с}}$;

$$3) |U_2| = 5 \text{ В};$$

$$2) I_{\max} = \frac{125 \cdot 10^{-3}}{5} \text{ А.}$$

N1

Дано:

$$v = 0,34 \frac{m}{s}$$

$$h = 0,3 \text{ km}$$

$$R = 0,53 \text{ km}$$

$$l = 5R$$

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

$$(\sin \alpha = \frac{8}{17})$$

$$\cos \beta = \frac{3}{5}$$

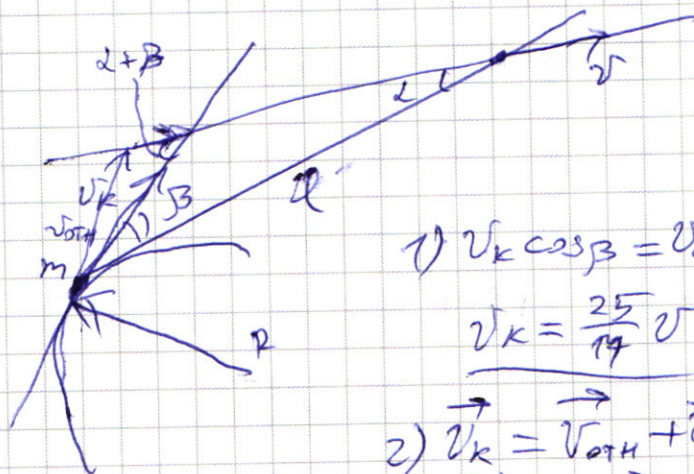
$$(\sin \beta = \frac{4}{5})$$

$$1) v_k - ?$$

$$2) v_{отн} - ?$$

$$3) \Gamma - ?$$

Решение:



$$1) v_k \cos \beta = v \cos \alpha$$

$$v_k = \frac{25}{17} v$$

$$2) \vec{v}_k = \vec{v}_{отн} + \vec{v}$$

$$\vec{v}_{отн} = \vec{v}_k - \vec{v}$$

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

$$v_{отн} = \frac{v}{17} \sqrt{495}$$

Ответы: 1) $v_k = \frac{25}{17} v$;

2) $v_{отн} = \frac{v}{17} \sqrt{495}$;

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5

Дано:
 F, v

- 1) A - ? +
- 2) α - ? +
- 3) v_s - ? +

Решение:

$$\frac{v_y}{v_x} = \tan \alpha$$

$$v_y = \frac{3}{4} v_x = \frac{3 \cdot 180}{4} = 135$$

$$r^2 = \frac{v_x^2}{v^2}$$

$$v_x = 180$$

$$v_y = \frac{v_x}{3} \quad r = \frac{v_y}{v} \quad v_y = 90$$

$$v_s = \sqrt{180^2 + 90^2} = 202.5$$

$$\frac{256}{400}$$

$$\pi = \frac{5F \cdot 4}{5F}$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ \times 16 \\ \hline 96 \\ 160 \\ \hline 256 \end{array}$$

$$256 + 16 = 272$$

$$d = \frac{F}{4}$$

$$h' = h = \frac{3F}{4}$$

$$d' = 2(b-d) + d = 2b - d = \frac{5F}{4} - \frac{F}{4} = \frac{4F}{4} = F$$

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

$$f' = \frac{F \cdot 5F}{4 \cdot (5F - F)} = \frac{5F^2}{4 \cdot 4} = \frac{5F}{4}$$

$$r = \frac{f'}{d} = \frac{H'}{h'}$$

$$\pi = \frac{5F \cdot 4}{5F} = 4 \quad A = H' = 3F$$

№4

Дано:

$$E = 6 \text{ В}$$

$$C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$1) \frac{\Delta I}{\Delta t} - ?$$

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

$$3) U_2 - ?$$

Решение:

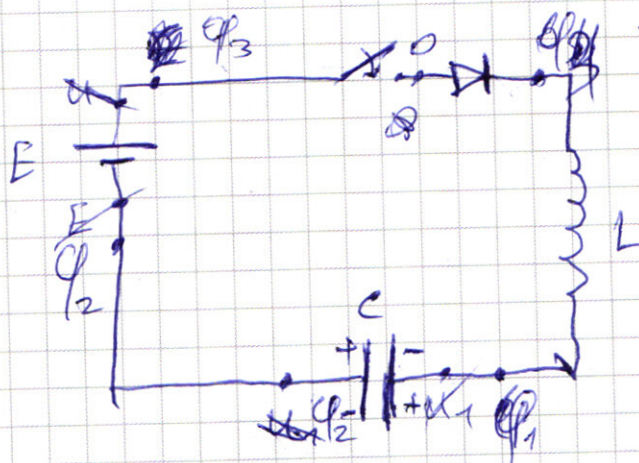
$$q_{k0} = C U_0$$

$$U_{k0} = \sum U_{k1}$$

$$\frac{L \Delta I}{\Delta t} = \sum U_{k1}$$

$$L \Delta I = (\sum U_{k1}) \Delta t$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U_2}{L} = \frac{E + U_1}{L}$$



W_{конт}

$$W_{\text{конт}} = \frac{C U_1^2}{2}$$

$$W_{\text{конт}} = \frac{C U_2^2}{2} + \frac{L I^2}{2}$$

$$\Delta W = W_{\text{конт}} - W_{\text{конт}} + Q = 0$$

~~E (C U_1)~~

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U_1$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = U_1$$

$$E(C U_2 - C U_1) = -\frac{L I^2}{2} + \frac{C U_2^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$\varphi_3 - \varphi_2 = E$$

$$C U_1 E - C U_2 E = -\frac{L I^2}{2} + \frac{C U_2^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$\varphi_3 - \varphi_1 = U_1 + E$$

$$C U_1 E - C U_0 E + C E^2 = \frac{C U_1^2}{2} + \frac{C U_2^2}{2} - \frac{C U_0^2}{2}$$

$$\varphi_3 - \varphi_4 = U_0$$

$$E + U_2 = U_0$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = U_2$$

$$U_2 = U_0 - E$$

$$\varphi_3 - \varphi_2 = E$$

$$U_2 = +5 \text{ В}$$

$$4 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 6 = 4 \cdot 10^{-5} \cdot 12$$

$$4 \cdot 10^{-5} \cdot 36 = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 4 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot 25$$

$$-5 \cdot 10^{-2} \text{ А} = I_{\max}$$

$$C(42 + 30 - 2 + 12,5) = C(52,5)$$

$$\frac{-125 \cdot 10^{-3}}{0,1} = I_{\max}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2

Дано:

$\gamma = 3$

1-2: $V = \text{const}$

2-3: $P = \text{const}$

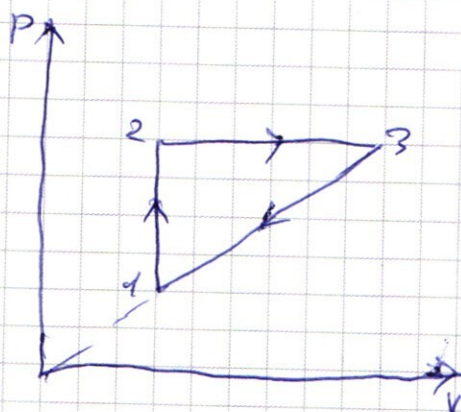
3-1: $P = kV$

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

2) $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = ?$

3) $\eta = ?$

Решение:



$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + \nu R \Delta T_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$C_{\mu} M \Delta T_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1 + T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23} \quad \alpha = \frac{C_V}{C_P} = \frac{3 \nu R \cdot 2}{2 \cdot 5 \nu R} = \frac{3}{5} = 0,6$$

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

$$\beta = \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{3 \nu R \Delta T_{23}}{2 \nu R \Delta T_{23}} = \frac{3}{2} = 1,5$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_2}{V_3} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}}; Q_{12} = Q_{12} + Q_{23}$$

$$P_3 = k V_3, T_2 = \frac{P_2}{P_1} T_1, P_1 = k V_1$$

$$\frac{P_3}{P_1} = \frac{V_3}{V_1}, \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}, T_2 = \frac{V_2}{V_3} T_3, P_3 V_1 = P_1 V_3$$

$$P_2 V_1 = P_1 V_3, P_2 V_2 = P_1 V_3, P_2 V_2 = P_1 V_3$$

$$P_2 V_3 T_1 = P_1 V_2 T_3, A = \frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{2}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_3}{T_1}$$

$$= \frac{P_2 V_3 - P_1 V_3 - P_2 V_2 + P_1 V_2}{2}$$

$$= \frac{P_2 V_3 - 2 P_2 V_1 + P_1 V_2}{2} = \frac{\nu R T_3 - 2 \nu R T_2 + \nu R T_1}{2}$$

$$= \frac{\nu R}{2} (T_3 + T_1 - 2 T_2)$$

$$p_2 \left(\frac{T_3}{T_1} + 1 \right) - 2 \sqrt{RT_2} = \frac{\sqrt{RT_1} (T_3 + T_1)}{\gamma_1} - 2 \sqrt{RT_2} = \sqrt{RT_1}$$

$$\sqrt{RT_2}$$

$$\frac{T_3 - T_1}{T_3} = 1 - \frac{T_1}{T_3} = 1 - \frac{p_1 V_1}{p_2 V_3} = 1 - \frac{\sqrt{RT_1}}{\sqrt{RT_2}}$$

$$Q_{11} = \frac{3}{2} \sqrt{RT_2} (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} \sqrt{RT_2} (T_3 - T_2) =$$

$$= \frac{\sqrt{RT_2}}{2} (3T_2 - 3T_1 + 5T_3 - 5T_2) =$$

$$= \frac{\sqrt{RT_2}}{2} (5T_3 - 3T_1 - 2T_2)$$

$$T_1 = \frac{p_1}{p_2} T_2$$

$$T_3 = \frac{V_3}{V_2} T_2$$

$$\frac{p_2 V_3}{T_3} = \frac{p_1 V_1}{T_1}$$

$$\eta = \frac{T_3 + T_1 - 2T_2}{5T_3 - 3T_1 - 2T_2} = \frac{4T_3 - 2T_2}{5T_3 - 3T_1 - 2T_2}$$

$$\frac{4T_3 - 2T_2}{5T_3 - 3T_1 - 2T_2}$$

↓

$$\frac{V_3}{V_2} T_2 + \frac{p_1}{p_2} T_2 - 2T_2 = T_2 \left(\frac{V_3}{V_2} + \frac{p_1}{p_2} - 2 \right)$$

$$5 \frac{V_3}{V_2} T_2 - 3 \frac{p_1}{p_2} T_2 - 2T_2 = T_2 \left(\frac{5V_3}{V_2} + \frac{3p_1}{p_2} - 2 \right)$$

$$\frac{V_3 p_2 + p_1 V_2 - 2p_2 V_2}{p_2 V_2}$$

$$\frac{(p_2 V_3 + p_1 V_2 - 2p_2 V_2)}{p_2 V_2}$$

$$\frac{p_2 (5V_3 + 3V_2 - 2V_2)}{p_2 V_2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:
 $v = 0,34 \frac{м}{с}$
 $m = 93 м$
 $R = 0,53 м$
 $L = \frac{5R}{4}$
 $\cos \alpha = \frac{15}{17}$
 $\cos \beta = \frac{3}{5}$

Решение!

1) $v_k = ?$
 2) $v_{отн} = ?$
 3) $T = ?$

$\sin \alpha = \frac{4}{5}$
 $\sin \beta = \frac{8}{17}$
 $v \cos \alpha = v_k \cos \beta$
 $v_k = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} v = \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 3} v = \frac{25}{17} v$

$1 = \sin^2 \alpha + \frac{225}{289}$
 $a_n = a \sin \beta$
 $a_c = a \cos \beta$
 $a_n = \frac{v_k^2}{R}$

$\frac{T}{m} \sin \beta = \frac{v_k^2}{R}$ $T = ma$

$v_{отн}^2 = \frac{25^2}{17^2} v^2 + v^2 - 2 \frac{25}{17} v^2 \cos(\alpha + \beta)$

$T \cos \beta = m a_c$

$v_{отн} = \frac{v}{17} \sqrt{495}$

$3) T =$

$\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta =$
 $\frac{15 \cdot 3}{17 \cdot 5} - \frac{8 \cdot 4}{5 \cdot 17} = \frac{15 \cdot 3 - 8 \cdot 4}{15 \cdot 17} = \frac{13}{85}$

$3) T =$

№3
 2.0.10;
 d, s
 $v_0 = 0$
 $v_1, \frac{101}{m} = f$

Решение:

$Eg = ma$

$F(x) = 191 \frac{Q}{2\epsilon_0 s}$
 $d(x) = \delta Q$

$a = \frac{Eg}{m} = E \delta$

$\frac{4 \cdot 14}{100 \cdot 10} = \frac{2^{3.7}}{10^3} =$

- 1) T - ? +
- 2) Q - ? +
- 3) v₂ - ? +



$E = \frac{Q}{2\epsilon_0 s}$

$E \delta = \frac{v_1^2}{2d}$

$\frac{Q}{2\epsilon_0 s} = \frac{v_1^2}{2d \delta}$

$v_1 = at$

$0.4d = \frac{v_1^2}{2a}$

$a = \frac{v_1^2}{2d}$

$Q = \frac{2v_1^2 \epsilon_0 s}{1.4d \delta}$

$0.2d = \frac{aT^2}{2}$

$q_1 q_2 = q_1 q_2 + \frac{mv_1^2}{2}$

$\frac{Qq}{0.2d} = \frac{Qq}{2d} + \frac{mv_1^2}{2}$

$0.4d = aT^2$

$T = \sqrt{\frac{0.4d}{a} + \frac{2.4d \cdot 1.4d}{v_1^2}}$

$= 0.2 \frac{d}{v_1} \sqrt{\frac{4}{5}}$

$Q = \frac{v_1^2 \cdot 9.3d}{2\delta k}$

$\frac{0.2d v_1^2 \cdot 9.3 \epsilon_0}{2\delta}$

$v_2 = \frac{v_1}{d} \sqrt{\frac{10}{6}}$

$\frac{Q}{2\epsilon_0 s}$

$= \frac{1.4 d v_1^2 \pi \epsilon_0}{\delta} \cdot \frac{kQq}{0.3d} = \frac{kQq}{d} + \frac{mv^2}{2}$

$Q_{\Sigma} =$

$\frac{kQq}{d} \left(\frac{10}{3} - \frac{3}{3} \right) = \frac{mv^2}{2}$

$\frac{Qq}{0.3d} = \frac{mv^2}{2}$

$\frac{2kQq}{3d} = \frac{mv^2}{2}$

$v_2^2 = \frac{2Qq}{0.3d \cdot 2\pi \epsilon_0} - \frac{6v_1^2 d \pi \epsilon_0}{7 \cdot 0.3d \cdot 2\pi \epsilon_0}$

$Q = \frac{63v_1^2 d \cdot \pi \epsilon_0}{24 \delta}$