

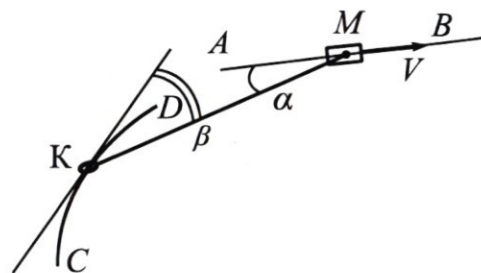
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-02

Класс 11

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

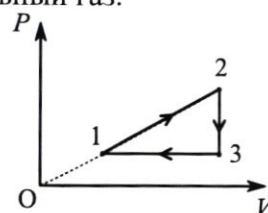
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) 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 количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

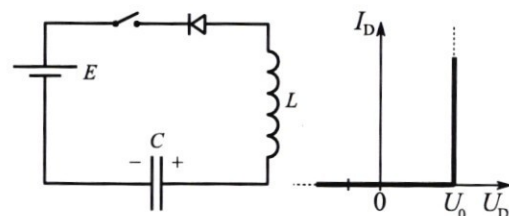


3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

- 1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.
- 2) Найдите напряжение U на конденсаторе.
- 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 $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.



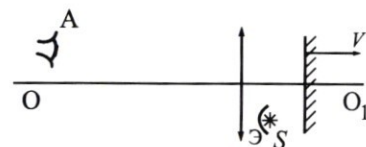
- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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 плоскости $F/3$ от 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

Задача 2

1.1) Температуры происходят на участках 2-3, 3-1

2-3 - изохора; 3-1 - изобара
по соотношению Майера

$$C_p = \frac{5}{2} R - \text{при } p = \text{const}$$

$$C_v = \frac{3}{2} R - \text{при } V = \text{const}$$

$$\left[\alpha = \frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{2} : \frac{3}{2} = \frac{5}{3} \right]$$

2.1) Для процесса 1-2: $p = \text{const} + V \Rightarrow p_1 V_2 = p_2 V_1$

$$Q = \Delta U + A$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$A = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{p_1 V_2 - p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_2 V_1}{2} =$$

$$\frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{2}$$

$$\Delta U = 3A$$

$$Q = 3A + A = 4A$$

$$\boxed{\frac{Q}{A} = 4}$$

$$3.) \eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{12}} = \frac{A_{12} + A_{31}}{Q_{12}} = \frac{A_{12} + A_{31}}{4A_{12}} =$$

$$\frac{1}{4} + \frac{A_{31}}{4A_{12}} = \frac{1}{4} - \frac{p_1(V_2 - V_1)}{4 \left(\frac{p_2 + p_1}{2} \right) (V_2 - V_1)} = \frac{1}{4} - \frac{p_1}{2(p_2 + p_1)}$$

КПД данного процесса будет, если $\frac{p_1}{2(p_2 + p_1)}$ будет равно нулю. То есть $p_2 \rightarrow p_1 \Rightarrow \frac{p_1}{2(p_2 + p_1)} \Rightarrow 0$

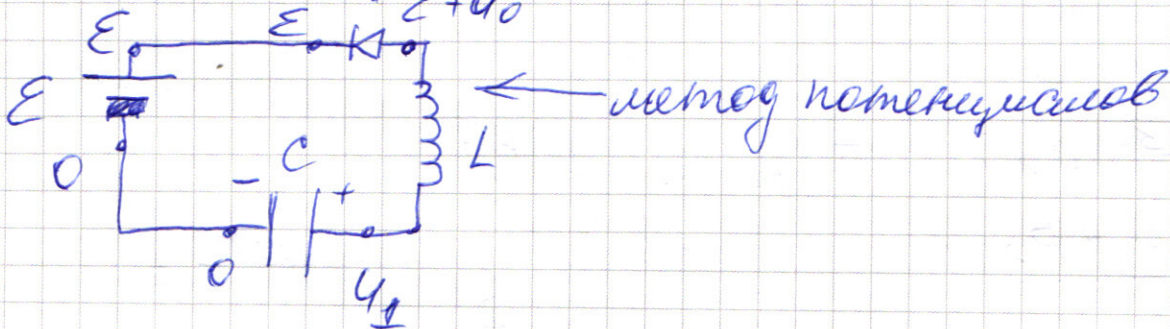
$$\boxed{\eta_{\max} = \frac{1}{4} = 25\%}$$

Ответ: 1) $\alpha = \frac{5}{3}$; 2) $\frac{Q}{A} = 4$; 3.) $\eta_{\max} = 25\%$

Задача 4.

$$1.) U_L = L I'$$

1) Рассмотрим цепь сразу после замыкания ключа К. $\varepsilon + U_0$



$$U_L = U_1 - (\varepsilon + U_0)$$

$$\boxed{I' = \frac{U_1 - (\varepsilon + U_0)}{L} = \frac{6\text{В} - 3\text{В} - 1\text{В}}{0,2\text{Гн}} = \frac{2\text{В}}{0,2\text{Гн}} = 10\text{А}}$$

$$2.) A_{\text{ист}} = W_2 - W_1$$

$$A_{\text{ист}} = -\varepsilon C(U_1 - U)$$



$$q = CU_1 - CU$$

было CU_1
стало CU

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$W_2 = \frac{L I_{\max}^2}{2} + \frac{C U^2}{2}$$

$$W_1 = \frac{C U_1^2}{2}$$

$$\mathcal{E}(U - U_1) = \frac{L I_{\max}^2}{2} + \frac{C U^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$I_{\max}^2 = \frac{C}{L} (U_1^2 + 2\mathcal{E}(U - U_1) - U^2)$$

$$\left(\frac{C}{L} (U_1^2 + 2\mathcal{E}(U - U_1) - U^2) \right)' = 0$$

$$\frac{C}{L} (1 + 2\mathcal{E} - 1 - 2U) = 0$$

$$\mathcal{E} = U$$

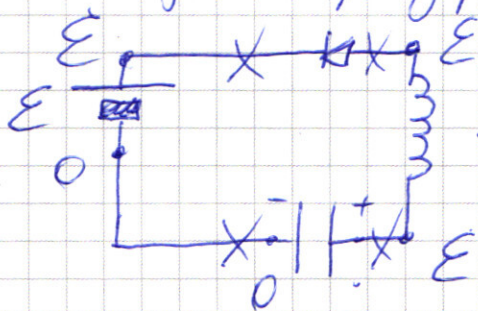
$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C}{L} (U_1^2 + 2\mathcal{E}(\mathcal{E} - U_1) - \mathcal{E}^2)}$$

$$= \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{92 \cdot 10^{-9}} (36 + 2 \cdot 3(3 - 1) - 9)} = \sqrt{10^{-4} (36 + 12 - 9)}$$

$$= 10^{-2} \sqrt{39} \text{ A}$$

3.) Рассмотрите схему в установившемся состоянии

Конденсатор заряжен тогда в цепи нет

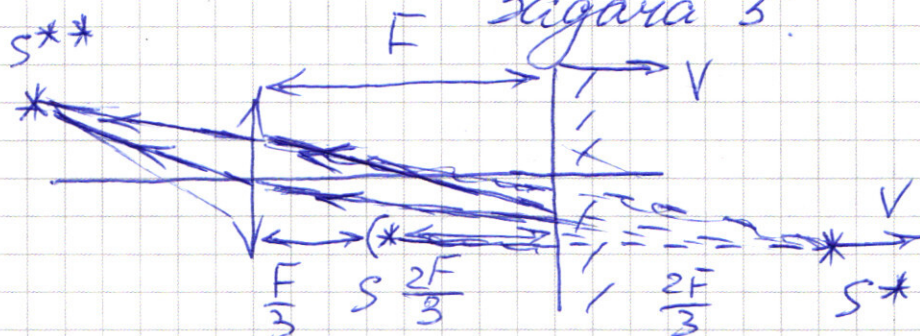


← метод потенциалов

$$U_2 = E = 3\text{В}$$

Ответ: 1) $I' = 10^{-4}\text{А}$; 2) $I_{\text{max}} = \sqrt{39} \cdot 10^{-2}\text{А}$; 3) $U_2 = 3\text{В}$

Задача 5.



$$d = \frac{2F}{3} + \frac{2F}{3} = \frac{4F}{3}$$

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

$$\frac{1}{F} - \frac{3}{4F} = \frac{1}{f}$$

$$f = 4F$$

S^* находится между ~~фокусом~~ F и $2F$ — изображение увеличенное, перевернутое, действительное.

$$2.) V_{\text{отн}} = V$$

$$V_{\text{обс}} = V_{\text{пер}} + V_{\text{отн}} = V + V = 2V$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$E_z = E_1 + E_2 = \frac{E_0}{d}$$

$$E = q E_0$$

$$F = m a$$

$$a = \gamma E_z = \gamma E_0$$

$$s = 0,8 d$$

$$a = \frac{v_1^2}{1,6 d}$$

$$0,8 d = v_1 T - \frac{a T^2}{2} = v_1 T - \frac{v_1^2 T^2}{3,2 d}$$

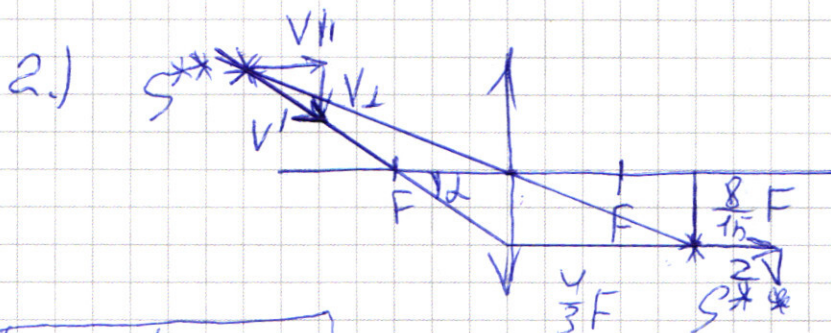
$$\frac{v_1^2 T^2}{3,2 d} - v_1 T + 0,8 d = 0$$

$$x = 0$$

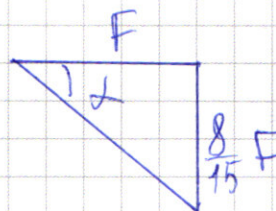
$$T = \frac{v_1 \cdot 3,2 d}{2 v_1^2} = \frac{1,6 d}{v_1}$$

$$2) U = E_z d =$$

Ответ: 1) $T = \frac{1,6 d}{v_1}$; 3) $V_0 = V_1$



$$\boxed{\operatorname{tg} \alpha = \frac{8}{15}}$$



3.) $V_{\perp}' = 2V\Gamma = 6V$

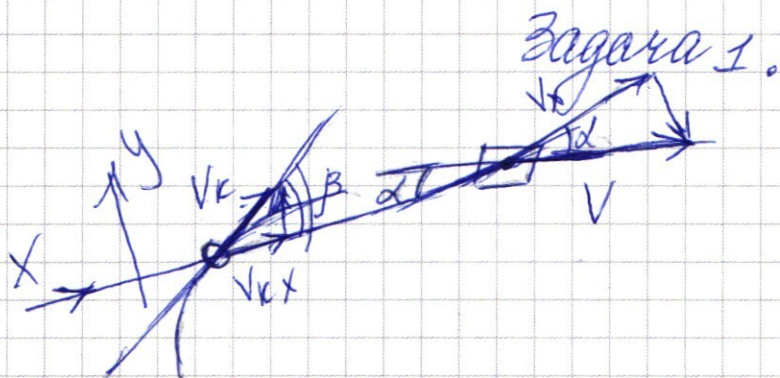
$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{4F}{4F} \cdot 3 = 3$$

$$V_{||}' = 2V\Gamma^2 = 18V$$

$$V' = \sqrt{V_{\perp}'^2 + V_{||}'^2} = \sqrt{36V^2 + 324V^2} = 6\sqrt{10}V$$

Ответ: 1.) $f=4F$; 2.) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{8}{15}$; 3.) $V' = 6\sqrt{10}V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



И.Р. найти характеристику $V_x = V_{kx}$

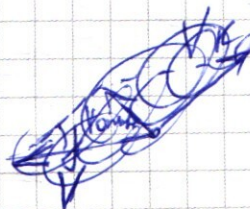
$$V_x = V \cos \alpha$$

$$V_k = \frac{V_{kx}}{\cos \beta} = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{V \cdot 3 \cdot 17}{5 \cdot 8} = \frac{40 \text{ см} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 17}{5 \cdot 8} =$$

$$\frac{10 \cdot 3 \cdot 17}{5 \cdot 2} \text{ см/с} = 3 \cdot 17 \text{ см/с} = 51 \text{ см/с}$$

$$2.1 \quad \vec{V}_{\text{абс}} = \vec{V}_{\text{отн}} + \vec{V}_{\text{пер}}$$

$$\vec{V}_{\text{отн}} = \vec{V}_{\text{абс}} - \vec{V}_{\text{пер}}$$



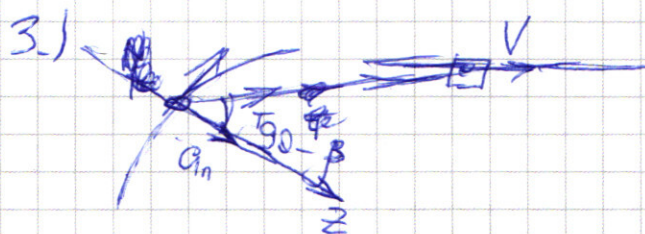
~~$$V_{\text{отн}} = V_k \sin \beta + V \sin \alpha$$~~

$$V_{\text{отн}} = V_{ky} - V_{\text{пер}y} = V_k \sin \beta + V \sin \alpha = \frac{51 \cdot 15}{17} +$$

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

$$\sin \beta = \frac{15}{17}$$

$$+ \frac{40 \cdot 4}{5} = 45 + 32 = 77 \text{ см/с}$$



$$a_n = \frac{V_k^2}{R}$$

$$T_z = m a_n$$

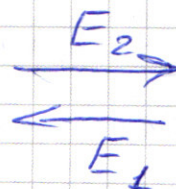
$$T_z = T \cos(90 - \beta) = T \sin \beta$$

$$T = \frac{m V_k^2}{R \sin \beta} = \frac{1 \text{ кг} \cdot 0,4^2 \text{ м/с} \cdot 17}{1,7 \text{ м} \cdot 15} = \frac{0,16}{15} =$$

$$\frac{16}{15} \cdot 10^{-2} \text{ Н}$$

Ответ: 1) $V_k = 51 \text{ м/с}$; 2) $V_{\text{опт}} = 77 \text{ м/с}$;

3.1 $T = \frac{16}{15} \cdot 10^{-2} \text{ Н}$



$$E_2 = E_1 \Rightarrow E_z = E_2 - E_1 = 0 \Rightarrow E_{n0} = E_{n1} \Rightarrow$$

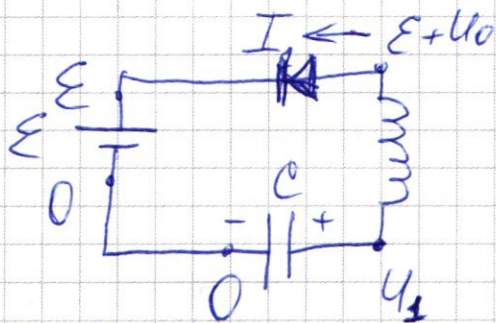
$$E_{k0} = E_{k1} \Rightarrow V_0 = V_1$$

1.) $S = \frac{V_1^2}{2a}$

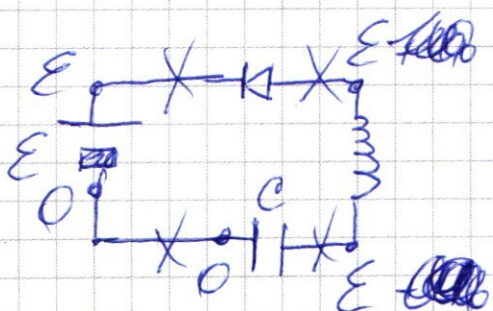
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~q = C\varphi~~
 $\varphi = L I'$

$\varphi_1 = 6V$
 $\varphi_0 = 1V$



$A_{\text{ист}} = W_2 = W_1$



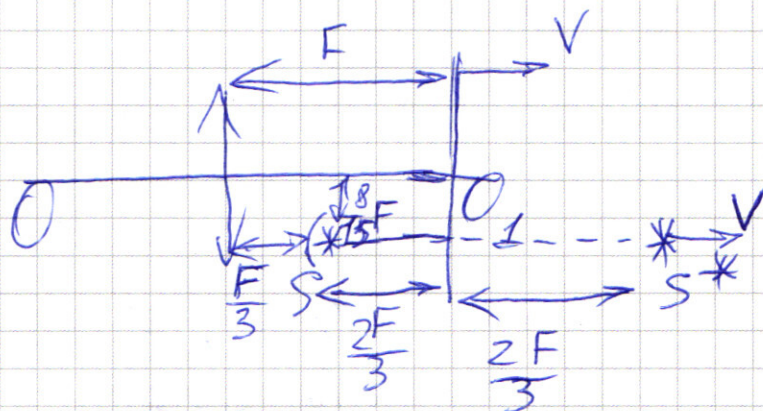
$$-q\mathcal{E} = \frac{L I_{\text{max}}^2}{2} + \frac{C\varphi^2}{2} -$$

$$- \frac{C\varphi_1^2}{2}$$

$q = C\varphi_1 - C\varphi$

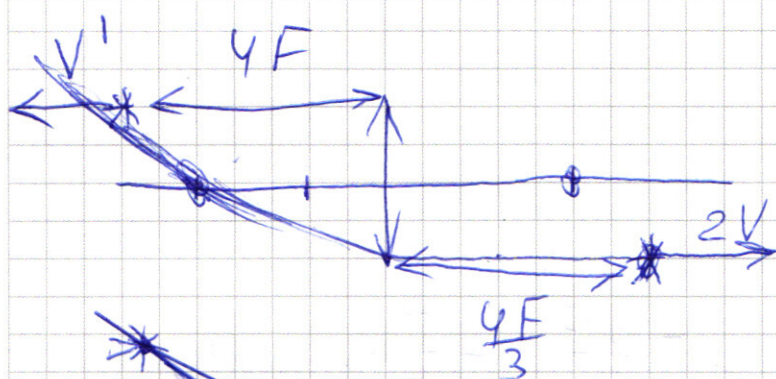
$$C\varphi_1^2 - 2q\mathcal{E} = L I_{\text{max}}^2 + C\varphi^2$$

~~q = C\varphi_1 - C\varphi~~
 $\frac{C}{L} (\varphi_1^2 + 2\mathcal{E}(\varphi - \varphi_1) - \varphi^2) = I_{\text{max}}^2$



$$\begin{array}{r} 4 \\ 17 \\ 17 \\ \hline 119 \\ 17 \\ \hline 289 \\ \hline \end{array}$$

Q, S, R



$$\begin{array}{r} 2 \\ 15 \\ 15 \\ \hline 225 \\ 15 \\ \hline 225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 17 \\ 3 \\ \hline 51 \end{array}$$

$$\sqrt{1 - \frac{25}{25}} =$$

$$\frac{17}{4} = \frac{68}{16}$$

$$\sqrt{\frac{16}{25}} = \frac{4}{5}$$

$$\frac{\sqrt{289 - 64}}{17} =$$

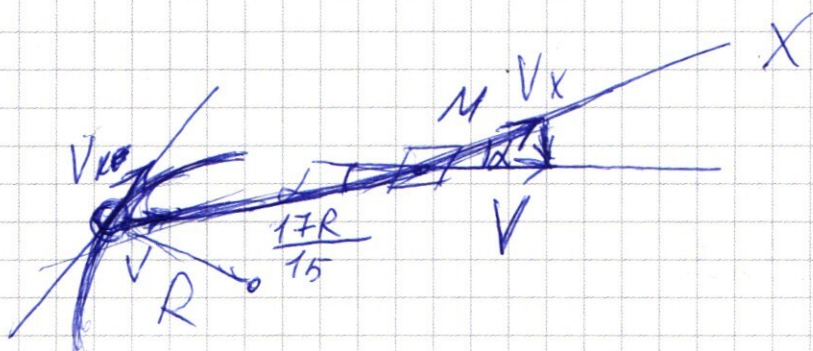
$$= 225$$

$$\begin{array}{r} V. \quad 6 \\ 18 \\ 18 \\ \hline 144 \\ 18 \\ \hline 324 \\ + 36 \\ \hline 360 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 51 \\ 15 \\ \hline 255 \\ 51 \\ \hline 765 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15 \\ 77 \\ \hline 765 \overline{) 17} \\ 68 \overline{) 45} \\ \hline 85 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



т.к. нить нерастяжима

$$V_{KX} = V_x$$

$$V_x = V \cos \alpha$$

$$V_K = \frac{V_{KX}}{\cos \beta}$$

$$F = q E_z$$

$$E_0 = \frac{E_0 S}{d}$$

$$U = E_z d = E_0$$

$$Q_k = C U$$

$$U = \frac{q_k}{C} = \frac{q_k d}{E_0 S}$$

$$U = U d$$

$$U = E_z d \quad E_1 = E_2$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = 0,8 U d$$

$$0,8 d = v_{1z} - \frac{a t_0^2}{2}$$

$$0,8 d = v_{1z} - \frac{4 E_0 t^2}{2 d}$$

$$0,8 d =$$

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

$$a = \frac{v_1^2}{1,6 d}$$

$$\Delta = b^2 - 4ac = v_1^2 - \frac{4 \cdot v_1^2 \cdot 0,8 d}{3,2 d} = v_1^2 - v_1^2 = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Q = 2VRΔT~~

③ Ваккуум

$$Q = \Delta U + A$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{4} (2\nu R \Delta T) = \frac{3}{4} Q$$

$$Q = 2\nu R \Delta T$$

$$\frac{Q}{2} = A$$

$$p_2 V_1 = p_1 V_2$$

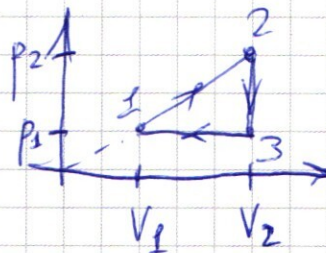
$$\frac{Q}{A} = 4$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \Delta(pV) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$A = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{p_1 V_2 - p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_2 V_1}{2} =$$

$$p_1 V_2 = p_2 V_1$$

$$= \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{2}$$



$$Q_{12} = 4A_{12}$$

$$\Delta U = 3A$$

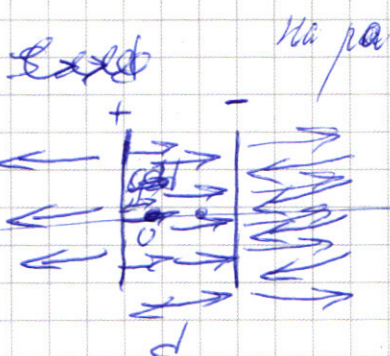
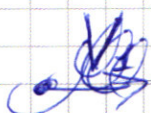
$$\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = 1 + \frac{Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} =$$

$$Q_{12} =$$

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{31}}{Q_{12}} = \frac{A_{12} + A_{31}}{4A_{12}} =$$

$$\frac{1}{4} + \frac{A_{31}}{4A_{12}} = \frac{1}{4} - \frac{p_1(V_2 - V_1)}{4(p_2 + p_1)(V_2 - V_1)} = \frac{1}{4} - \frac{p_1}{2(p_2 + p_1)}$$

№ 3



(d)

$$q = C U$$

$$C =$$

$$F$$

$$E = \frac{\epsilon_0 \sigma}{2d}$$

$$\Delta \varphi = E d$$

$$A = \varphi \sigma = E d \sigma$$

$$W = A = q \Delta \varphi = q E d$$

$$E_z = E_1 + E_2$$

$$E = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$W =$$

$$F = q E_z$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = 0,89 E_z d$$

$$v_1^2 = 1,69 E_z d$$

$$E_z = \frac{v_1^2}{1,69 d}$$

$$U = E_z d$$

$$E_z = \frac{\epsilon_0 \sigma}{d}$$

$$q = C U = \frac{\epsilon_0 \sigma S}{d}$$