

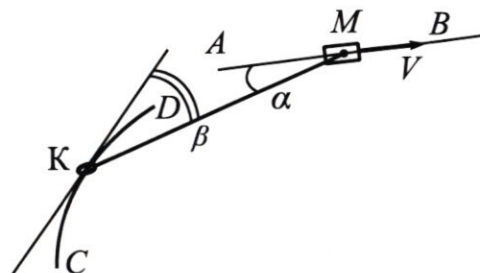
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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.



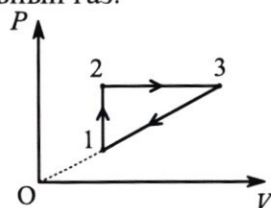
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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?

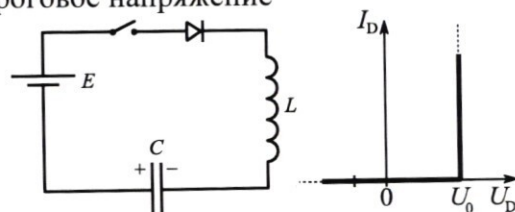
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.

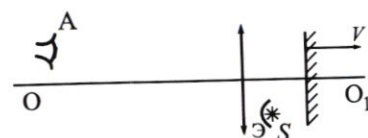


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

$$f = F \frac{d_1}{d_1 - F} \quad \frac{d(d_1)}{df} = 2V$$

$$\frac{df}{df} = F \frac{2V(d_1 - F) - d_1 \cdot 2V}{(d_1 - F)^2} = - \frac{F}{(d_1 - F)^2} 2VF =$$

$$= \frac{-2VF^2}{(d_1 - F)^2}$$

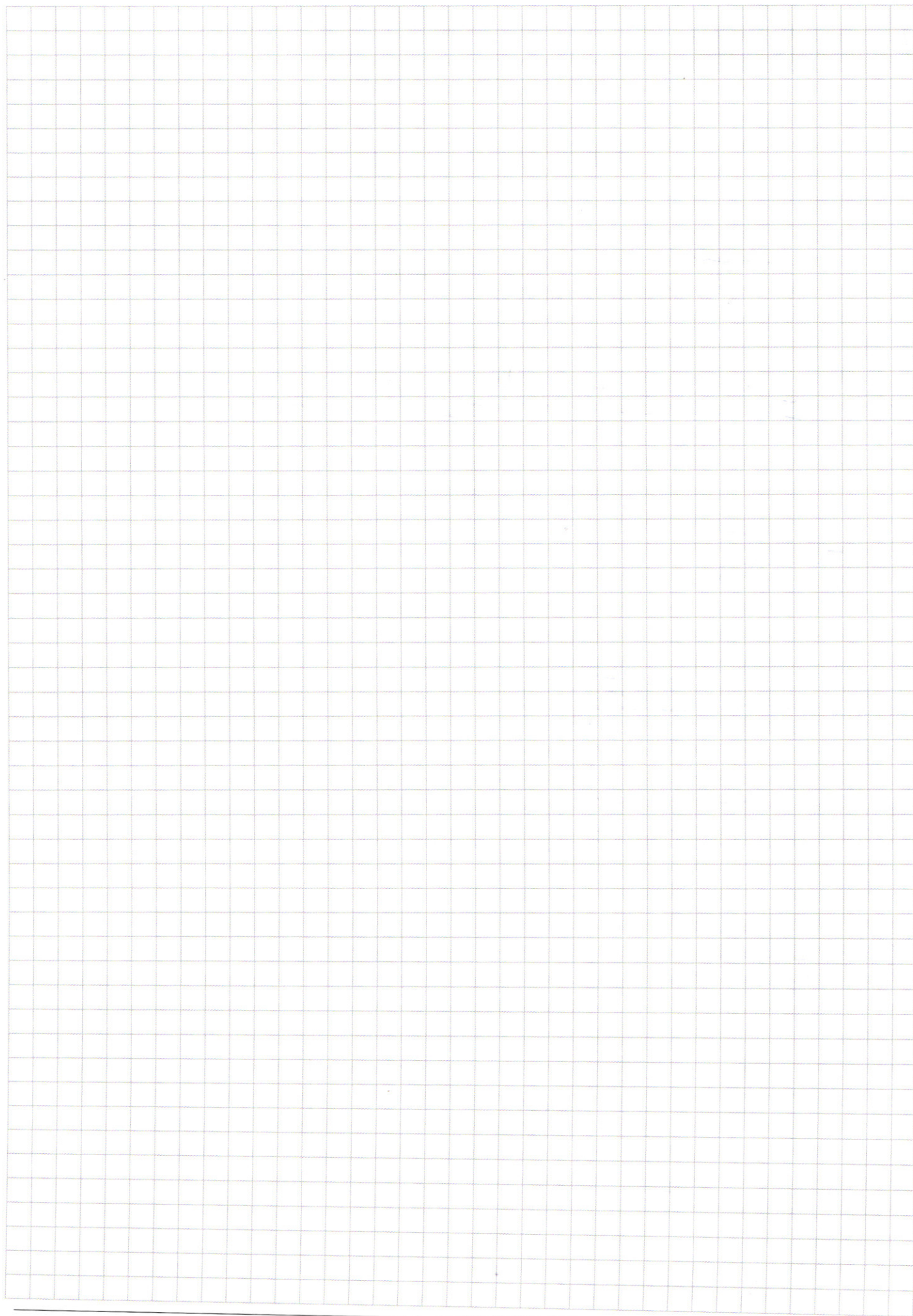
$$|U| = \frac{1}{\cos \alpha} \frac{2VF^2}{(d_1 - F)^2}$$

$$\frac{1}{\cos \alpha} = \sqrt{1 + \tan^2 \alpha} = \sqrt{1 + \frac{1}{16}} = \sqrt{\frac{17}{16}}$$

$$|U| = \frac{2VF^2}{(d_1 - F)^2} \sqrt{\frac{17}{16}}$$

$$|U_0| = 2V \sqrt{\frac{17}{16}} \frac{F^2}{(d_0 - F)^2} = 2V \frac{\sqrt{17}}{4} \frac{F^2}{\left(\frac{1}{4}\right)^2} =$$

$$= 8V \sqrt{17}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{qB}{2\epsilon_0} \left(\int_0^R \frac{z dz}{\sqrt{x_1^2 + z^2}} - \int_0^R \frac{z dz}{\sqrt{x_2^2 + z^2}} \right) = \frac{m V_2^2}{2}$$

$$\frac{V_1^2 \epsilon_0}{1,4 \times 10^{-14}} \left(\int_0^R \frac{z dz}{\sqrt{x_1^2 + z^2}} - \int_0^R \frac{z dz}{\sqrt{x_2^2 + z^2}} \right) = V_2^2$$

$$\int_0^R \frac{z dz}{\sqrt{x_1^2 + z^2}} = \int_0^R \frac{z dz}{x_1 \sqrt{1 + \frac{z^2}{x_1^2}}} = \int_0^{\frac{R}{x_1}} \frac{x_1 a da}{\sqrt{1 + a^2}} = x_1 \int_0^{\frac{R}{x_1}} \frac{a da}{\sqrt{1 + a^2}}$$

$$\cosh^2 X - \sinh^2 X = 1$$

$$\cosh^2 X = 1 + \sinh^2 X$$

$$a^2 = \sinh^2 X$$

$$x_1 \int \frac{\sinh X d(\sinh X)}{\cosh X} = x_1 \int \frac{\sinh X \cosh X dx}{\cosh X} = \int \sinh X dx =$$

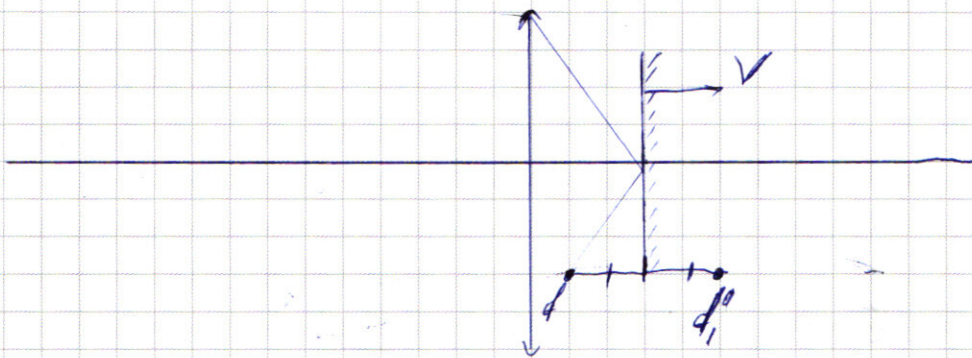
$$= x_1 \cosh X \Big|_{x_1}^{x''} = x_1 (\cosh X'' - \cosh X') = x_1 (\cosh(\operatorname{arcsinh} \frac{R}{x_1}) - 1)$$

$$X' = \operatorname{arcsinh} 0 = 0$$

$$X'' = \operatorname{arcsinh} \frac{R}{x_1}$$

$$V_2 = V_1 \sqrt{\frac{1}{1,4}} \left(0,3d \left(\cosh(\operatorname{arcsinh} \frac{R}{0,3d}) - 1 \right) - 0,7d \left(\cosh(\operatorname{arcsinh} \frac{R}{0,7d}) - 1 \right) \right)$$

151



$$1) \quad d/l_0 = \frac{F}{4}$$

$$d_1' = \frac{F}{4} + 2\left(\frac{3}{4}F - \frac{F}{4}\right) = \frac{F}{4} + F = \frac{5}{4}F$$

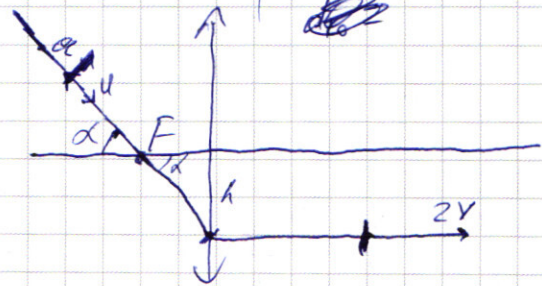
$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d_1'} = \frac{1}{F}$$

$$f = \frac{F d_1'}{d_1' - F} = \frac{F \cdot \frac{5}{4}F}{\frac{5}{4}F - F} = F \cdot \frac{\frac{5}{4}}{\frac{1}{4}} = 5F$$

2) 3)

$$d_1' = \frac{F}{4} + 2(L_0 + V dt)$$

$$d(d_1') = 2V dt$$



$$L_0 = \frac{3}{4}F - \frac{1}{4}F = \frac{F}{2}$$

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

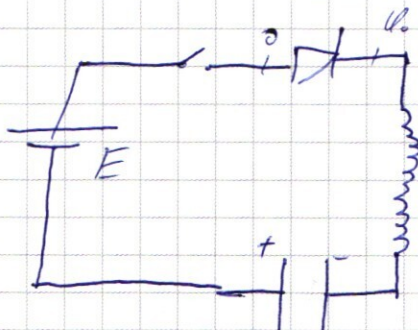
d - расстояние до линзы от S'
 d_1 - расстояние до линзы от изображения в зеркале S

изображение в зеркале будет двигаться со скоростью $2V$
 и всегда будет двиг. параллельно OO , $\Rightarrow$ изображение
 в зеркале всегда будет находится на прямой $a \Rightarrow$

$$\Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{F} = \frac{\frac{F}{4}}{F} = \frac{1}{4} \quad \Rightarrow \quad U = \frac{1}{\cos \alpha} \quad \frac{df}{dt}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

14/1)



$$U_L + U_C + L \frac{dI}{dt} = E$$

$$L \frac{dI}{dt} = E - U_L - U_C$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{E - U_L - U_C}{L} = \frac{6 - 2 - 1}{0,1} = 30 \text{ A/c}$$

~~Если конденсатор установлен~~
 ~~$\Rightarrow I \neq 0$~~

$$2) \ddot{q} = \frac{E - U_C - U_L}{L} \quad \Rightarrow \quad \ddot{q} = \frac{E - U_C}{L} - \frac{q}{CL}$$

$$\text{или } \frac{E - U_C}{L} = \frac{q}{CL}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{CL}}$$

$$Q = C \Delta \frac{E - U_C}{\Delta} = \sqrt{C(E - U_C)} = \sqrt{40 \cdot 10^{-6} \cdot 4} = 0,4 \text{ мкФ}$$

~~$q = Q \cos \omega t$~~

$$I_{\max} = Q\omega = \sqrt{\frac{1}{CL}} \cdot C(E - U_0) =$$

$$= \sqrt{\frac{C}{L}} (E - U_0) = (6 - 1) \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0,1}} = 5 \cdot \sqrt{4 \cdot 10^{-4}} =$$

$$= 10 \cdot 10^{-2} = \underline{0,1 \text{ A}}$$

3) если напряжения конденсатора установившееся $\Rightarrow I = 0$ и $\frac{dI}{dt} = 0$

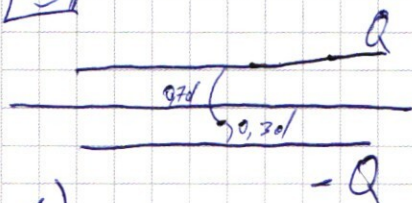
$$\frac{dI}{dt} = \frac{E - U_2 - U_0}{L} = 0$$

$$E - U_0 = U_2$$

$$U_2 = E - U_0 = 6 - 1 = 5 \text{ В}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

131



$$1) |E| = \frac{|G|}{\epsilon_0}$$

$$|A| = |E| \cdot d$$

$$|A| = \frac{|E|}{m} = \frac{|E| \cdot d}{m} = |E| \cdot d$$

$$\frac{V_1^2}{2 \cdot 0,7d} = |E| \cdot d$$

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

$$\frac{|E| \cdot d}{2} = 0,2d$$

$$\frac{|E| \cdot d}{2} = 0,2d$$

$$T^2 = \frac{0,4d}{|E|} = \frac{0,4d}{\frac{V_1^2}{1,4d^2}} = \frac{0,8 \cdot 0,7d^2}{V_1^2}$$

$$T = \frac{d}{V_1} \sqrt{\frac{56}{100}} = 2 \frac{d}{V_1} \sqrt{\frac{14}{100}} = 0,2 \frac{d}{V_1} \sqrt{14}$$

$$2) E = \frac{G}{\epsilon_0} = \frac{V_1^2}{1,48d}$$

$$G = \frac{V_1^2 \epsilon_0}{1,48d}$$

$$Q = G \cdot S = \frac{V_1^2 \epsilon_0 S}{1,48d} = \frac{V_1^2 \epsilon_0 \pi R^2}{1,48d}$$

3) бесконечно далеко потенциальная
энергия частицы равна 0
нужно рассчитать кинетическую
потенциальную энергию

$$0,3d \equiv X_1, \quad 0,7d \equiv X_2$$

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

$$E = \frac{1}{2} m v^2$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_0^R \frac{q \cdot 2\pi r dr}{\sqrt{X_1^2 + r^2}} - \int_0^R \frac{q \cdot 2\pi r dr}{2\epsilon_0 \sqrt{X_2^2 + r^2}} =$$

$$\frac{q \cdot 2\pi}{2\epsilon_0} \left(\int_0^R \frac{r dr}{\sqrt{X_1^2 + r^2}} - \int_0^R \frac{r dr}{\sqrt{X_2^2 + r^2}} \right) = \frac{m v^2}{2}$$

$$1 + \tan^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\begin{array}{r} 34 \\ \times 34 \\ \hline 136 \\ 1020 \\ \hline 1156 \end{array} \quad \begin{array}{r} 40 \\ 13 \\ \hline 120 \\ 40 \\ \hline 520 \end{array}$$

$$\tan^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1 = \frac{1 - \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha}$$

$$\begin{array}{r} 1156 \\ 2500 \\ \hline 520 \\ \hline 4176 \end{array}$$

$$(34)^2 + 50^2 + 250 \cdot 34 \cdot \frac{13}{85} = 1156 + 2500 + 3400 \cdot \frac{13}{85} =$$

$$= 1156 + 2500 + 3400 \cdot \frac{13}{5 \cdot 17} =$$

$$= 1156 + 2500 + \frac{200 \cdot 13}{5} =$$

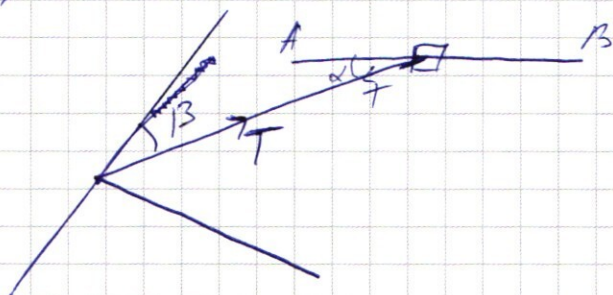
$$= 1156 + 2500 + 40 \cdot 13 = 1156 + 2500 + 520 = 4176$$

$$\begin{array}{r} 75 \\ 75 \\ \hline 375 \\ 525 \\ \hline 900 \end{array} \quad \begin{array}{r} 70 \\ 70 \\ \hline 70 \\ 480 \\ \hline 4870 \end{array} \quad \begin{array}{r} 60 \\ 60 \\ \hline 60 \\ 360 \\ \hline 3660 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 65 \\ 65 \\ \hline 325 \\ 390 \\ \hline 4225 \end{array} \quad \begin{array}{r} 64 \\ 64 \\ \hline 256 \\ 384 \\ \hline 4096 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3)



$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{\frac{25 - 9}{25}} = \frac{4}{5}$$

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

$$T = \frac{m v^2}{R \sin \beta} = \frac{m u^2}{R \sin \beta} = \frac{0,3 \cdot \frac{1}{4}}{0,53 \cdot \frac{4}{5}} = \frac{\frac{3}{10} \cdot \frac{1}{4}}{\frac{53}{100} \cdot \frac{4}{5}} =$$

$$= \frac{3 \cdot 10 \cdot 5}{53 \cdot 16} = \frac{150}{53 \cdot 16} = \frac{3 \cdot 5^2 \cdot 2}{53 \cdot 2 \cdot 8} = \frac{75}{53 \cdot 8} = \frac{75}{424}$$

[2] $PV = \alpha V = \beta RT$ $PV = \beta RT$

$$P_3 = \alpha V_3$$

$$PV = \beta RT$$

$$\alpha = \frac{P_3 - P_1}{V_3 - V_1}$$

1) в участке 3→1 и P и V убывают ⇒ PV убывает ⇒ T убывает

1→2 P уб. V = const ⇒ T уб. пов.

2→3 P = const V уб. ⇒ T уб. пов.

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R} = \frac{5}{3}$$

$$2) \quad A_{12} + A_{23} + A_{31} = \frac{(P_2 - P_1)(V_3 - V_2)}{2} \quad P_1 = P_2$$

$$P = \text{const}$$

$$A = \int_{V_2}^{V_3} P_1 dV = P_1(V_3 - V_2) = P_2(V_3 - V_2)$$

~~$$P_2 V_2 = 2RT_2$$~~

$$P_2 V_2 = 2RT_2$$

$$P_2 V_3 = 2RT_3$$

$$P_2(V_3 - V_2) \frac{P_2(V_3 - V_2)}{2R} = T_3 - T_2$$

$$\Delta U = 2C_V \Delta T = 2 \frac{3}{2} R(T_3 - T_2) = \frac{3}{2} 2R \frac{P_2(V_3 - V_2)}{2R} = \frac{3}{2} P_2(V_3 - V_2)$$

$$\frac{\Delta U}{A} = \frac{\frac{3}{2} P_2(V_3 - V_2)}{P_2(V_3 - V_2)} = \frac{3}{2}$$

$$3) \quad A = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \frac{(P_2 - P_1)(V_3 - V_2)}{2}$$

$$\eta = \frac{\frac{(P_2 - P_1)(V_3 - V_2)}{2}}{P_2(V_3 - V_2)} = \frac{P_2 - P_1}{2P_2} = \frac{1}{2} - \frac{P_1}{2P_2}$$

$$\text{когда } P_1 = 0 \text{ тогда } \eta = \text{max и } \eta_{\text{max}} = \frac{1}{2} = 0,5$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)

ширина реки поставленная

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

$$= \frac{9}{17} - \frac{4}{5} \sqrt{\frac{(17)^2 - (15)^2}{17}} =$$

$$= \frac{9}{17} - \frac{4}{5 \cdot 17} \cdot 8 = \frac{9}{17} - \frac{32}{5 \cdot 17} =$$

$$= \frac{45 - 32}{5 \cdot 17} = \frac{13}{85}$$

$$V \cos \alpha = U \cos \beta$$

$$U = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = V \frac{\frac{15}{17}}{\frac{3}{5}} = \frac{5 \cdot 15}{3 \cdot 17} V = \frac{25}{17} V$$

$U = \frac{25}{17} \cdot 34 = 50 \text{ м/с}$

$U = 0,5 \text{ м/с}$

2)

$$\vec{U}' = \vec{U} - \vec{V}$$

$$|\vec{U}'| = \sqrt{V^2 + U^2 - 2VU \cos(\alpha + \beta)} = \sqrt{(0,34)^2 + (0,5)^2 - 0,34 \cdot \frac{13}{85}}$$

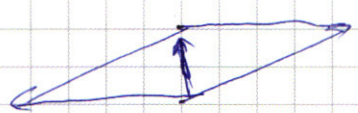
$$= \sqrt{(0,53)^2 + (0,5)^2 - 0,53 \cdot \frac{13}{85}} = \frac{\sqrt{4176}}{100} \text{ м/с}$$



$$\begin{array}{r} 17 \\ 5 \\ \hline 85 \end{array}$$

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

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



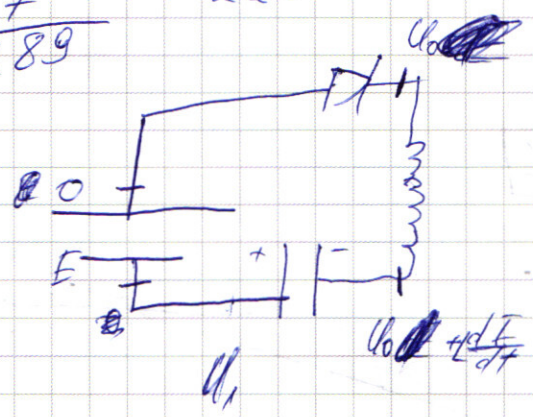
$$\begin{array}{r} 53 \\ 8 \\ \hline 424 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} 75/8 \\ 72/9 \\ \hline 3 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 289 \\ 225 \\ \hline 64 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 9.5/530 \\ \hline 53 \end{array}$$



$$CdT = PdV + Cx dT$$

$$U_1 + U_0 + L \frac{dI}{dT} = E$$

$$PV = RT$$

$$V = \frac{RT}{P}$$

$$V = \frac{RT}{P}$$

$$\frac{dV}{dT} = \frac{R}{P}$$

$$L \frac{dI}{dT} = E - U_1 - U_0$$

$$C = P \frac{dV}{dT} + C_v = C_v + R$$

$$U_2 = E - U_0$$

$$\frac{dI}{dT} = \frac{E - U_1 - U_0}{L}$$

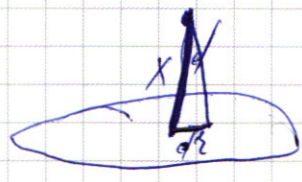
$$P_1 V = 2RT_1$$

$$\frac{dI}{dT} = \frac{E - U_1 - U_0}{L}$$

$$\dot{q} = \frac{E - U_1 - U_0}{L}$$

$$U_1 = \frac{q}{C}$$

$$\ddot{q} = \frac{E - U_0}{L} - \frac{q}{CL}$$



$$\frac{q_0 \cdot 2\pi r dr}{\sqrt{x^2 + r^2}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_0 \cdot 2\pi r dr}{\sqrt{x^2 + r^2}} = \frac{q_0}{2\epsilon_0} \frac{r dr}{\sqrt{x^2 + r^2}}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos\alpha \cos\beta - \sin\alpha \sin\beta = \frac{m\ddot{x} = mg - Kx}{}$$

$$= \cos\alpha \cos\beta - \sqrt{1 - \cos^2\alpha} \sqrt{1 - \cos^2\beta} = \frac{9}{17} - \sqrt{1 - \left(\frac{15}{17}\right)^2} \cdot \frac{4}{5} = \frac{9}{17} - \frac{\sqrt{17^2 - 15^2}}{17} \cdot \frac{4}{5}$$