

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

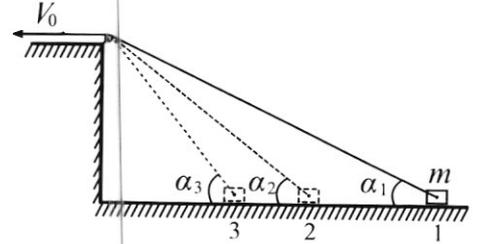
Класс 11

Вариант 11-08

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Груз массой m подтягивается по гладкой горизонтальной поверхности к стене с помощью лебедки, неподвижного небольшого легкого блока и легкого троса (см. рис.). Трос вытягивается лебедкой с постоянной скоростью V_0 . Груз последовательно проходит точки 1, 2 и 3, для которых $\sin \alpha_1 = \frac{1}{4}$, $\sin \alpha_2 = \frac{2}{3}$, $\sin \alpha_3 = \frac{3}{4}$. От точки 1 до точки 2 груз



перемещается за время t_{12} .

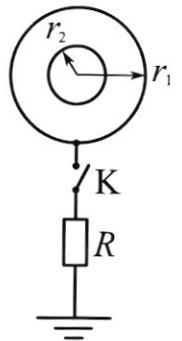
- 1) Найти скорость V_2 груза при прохождении точки 2.
- 2) Найти работу лебедки A_{12} при перемещении груза из точки 1 в точку 2.
- 3) Найти время t_{13} перемещения груза из точки 1 в точку 3.

2. Цилиндрический сосуд, стоящий на горизонтальном столике, помещен в термостат, в котором поддерживается постоянная температура $T_0 = 373 \text{ K}$. Стенки сосуда проводят тепло. Сосуд разделен на две части подвижным (нет трения при перемещении) поршнем. В нижней части находится воздух объемом V_1 , в верхней - водяной пар и немного воды. Содержимое сосуда в равновесии. Поршень своим весом создает добавочное давление $P_0/8$, где P_0 - нормальное атмосферное давление. Сосуд переворачивают и ставят на столик, в верхней части оказывается воздух. Через некоторое время устанавливается новое равновесное состояние.

- 1) Найти объем V_2 воздуха в сосуде после переворачивания.
- 2) Найти изменение массы Δm воды.
- 3) Найти изменение внутренней энергии содержимого сосуда.

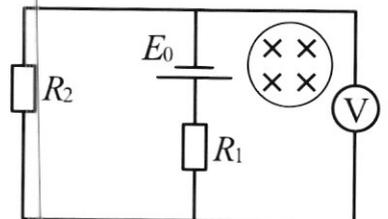
Удельная теплота испарения воды L , молярная масса воды μ . Массой воды, пара и воздуха по сравнению с массой поршня пренебречь. Объемом воды при конденсации пара можно пренебречь по сравнению с объемом пара, из которого образовалась вода. Воздух считать идеальным газом.

3. Два тонкостенных полых проводящих шара (тонкостенные сферы) с общим центром и радиусами r_1 и r_2 образуют сферический конденсатор (см. рис.). На внешнем шаре находится положительный заряд q , а на внутреннем шаре - положительный заряд Q . Внешний шар соединен с Землей через ключ K и резистор R . Ключ замыкают.



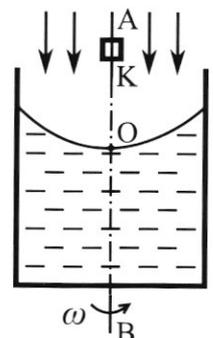
- 1) Найти заряд q_1 на внешнем шаре после замыкания ключа.
 - 2) Найти энергию W_1 электрического поля в пространстве между шарами (сферами) до замыкания ключа.
 - 3) Какое количество теплоты W выделится в резисторе R после замыкания ключа?
- Сопротивление проводов, шаров и Земли не учитывать. Радиусы шаров значительно меньше расстояния между Землей и шарами.

4. В проволочную конструкцию впаяны резисторы с сопротивлениями $R_1 = R$, $R_2 = 3R$, идеальный источник с ЭДС E_0 , вольтметр с сопротивлением $R_V = 5R$ (см. рис.). Сопротивление проводов конструкции пренебрежимо мало. Однородное магнитное поле сосредоточено практически в узкой области - магнитном сердечнике с площадью поперечного сечения S .



- 1) Найти показание V_1 вольтметра, если индукция магнитного поля остается постоянной.
- 2) Найти показание V_2 вольтметра, если индукция магнитного поля возрастает с постоянной скоростью $\Delta B / \Delta t = k > 0$.

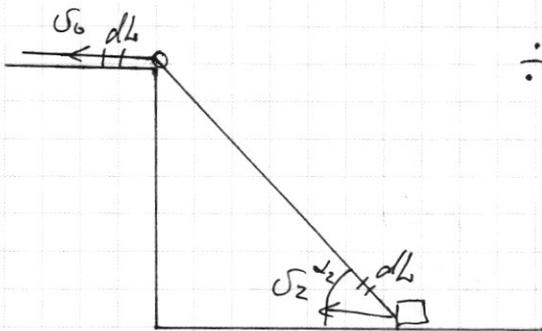
5. Цилиндрический сосуд с жидкостью вращается с угловой скоростью $\omega = 4 \text{ с}^{-1}$ вокруг вертикальной оси АВ, совпадающей с осью симметрии сосуда (см. рис.). Наблюдатель, находясь вблизи экватора Земли, рассматривает в полдень изображение Солнца с помощью миниатюрной камеры К, расположенной на оси вращения.



- 1) Найти радиус кривизны свободной поверхности жидкости в её нижней точке О.
 - 2) На каком расстоянии от точки О будет наблюдаться изображение Солнца, полученное в отраженных от свободной поверхности жидкости лучах?
- Принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Задача 1.

1)



$$\div \begin{cases} dl = v_0 dt \\ dl = v_2 \cos \alpha_2 dt \end{cases} \Rightarrow v_2 = \frac{v_0}{\cos \alpha_2}$$

$$\cos \alpha_2 = \sqrt{1 - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

$$v_2 = \frac{3v_0}{\sqrt{5}}$$

2)

теорема о кинетической энергии:

$$\Delta K_{12} = A_{12}$$

$$\Delta K_{12} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

$$v_1 = \frac{v_0}{\cos \alpha_1} \quad \left(\cos \alpha_1 = \sqrt{1 - \frac{1}{16}} = \frac{\sqrt{15}}{4} \right) \quad v_1 = \frac{4v_0}{\sqrt{15}}$$

$$\Delta K_{12} = \frac{m}{2} \left(+ \frac{9v_0^2}{5} - \frac{16}{15} v_0^2 \right) = \frac{11}{30} m v_0^2$$

$$A_{12} = \frac{11}{30} m v_0^2$$

3) v - скорость груза в произвольный момент времени:
 α - угол между тросом и горизонталью в произвольный момент времени.

$$v_3 = \frac{v_0}{\cos \alpha_3} = \frac{4v_0}{\sqrt{7}}$$

$$\cos \alpha = \frac{v_0}{v}$$

сила натяжения троса $T = \text{const}$, т.к. $v_0 = \text{const}$.

3. У.У:

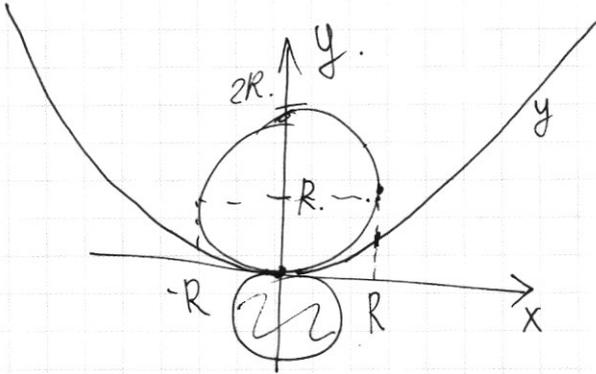
$$m dv = T \cos \alpha dt; \int_{v_1}^{v_2} m v dv = T v_0 \int_0^{t_{12}} dt; \frac{11}{30} m v_0^2 = T v_0 t_{12}$$

$$T = \frac{11 m v_0^2}{30 t_{12}}$$

$$\int_{v_1}^{v_3} m v dv = T v_0 \int_0^{t_{13}} dt; \frac{m}{2} \left(\frac{16}{7} - \frac{16}{15} \right) v_0^2 = T v_0 t_{13}$$

$$\frac{m}{2} \cdot \frac{16 \cdot 8}{105} v_0^2 = \frac{11 m v_0^2}{30 t_{12}} t_{13}; \frac{128}{97} t_{12} = t_{13}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{aligned} & \cancel{(y-R)^2 + x^2 = 0.8x^2} \\ & (y-R)^2 + 1.2y^2 = R^2 \\ & y^2 - 2yR + 1.2y^2 = R^2 - R^2 \\ & y^2(2yR + 1.2y) = 0 \\ & \cancel{y^2 - 2yR} \\ & y^2 + (1.2 - 2R)y = 0 \\ & y = 0 \quad y = 2R - 1.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \begin{cases} y = 0.8x^2 \\ (y-R)^2 + x^2 = R^2 \end{cases} \\ & (y-R)^2 = R^2 - x^2 \\ & y-R = \sqrt{R^2 - x^2} \quad \frac{5}{4} = 1.2 \\ & y = R + \sqrt{R^2 - x^2} \\ & y' = \frac{-2x}{2\sqrt{R^2 - x^2}} \\ & 1.2y = x^2 \\ & (y-R)^2 + x^2 = R^2 \\ & y^2 - 2yR + R^2 + 1.2y = R^2 \\ & y(y - 2R + 1.2) = 0 \\ & y = 0 \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1 (продолжение)

Ответ: 1) $U_2 = \frac{3U_0}{15}$ 2) $A_{12} = \frac{11}{30} mU_0^2$ 3) $t_{13} = \frac{128}{77} t_{12}$

Задача 2.

- 1) p_1 - давление воздуха в первом случае
 p_2 - давление воздуха во втором случае

$$p_1 = p_0 + \frac{p_0}{8} = \frac{9}{8} p_0 \quad (\text{давление пара равно } p_0 \text{ потому что пар насыщ.})$$

$$p_2 = p_0 - \frac{p_0}{8} = \frac{7}{8} p_0$$

V_B - количество воздуха.

$$\frac{9}{8} p_0 V_1 = \frac{7}{8} p_0 V_2 \quad (T_0 = \text{const})$$

$$V_2 = \frac{9}{7} V_1$$

- 2) V_{n0} - кол-во пара в начале V - объем пара в начале.
 V_n - кол-во пара в конце.

$$p_0 V = V_{n0} R T_0$$

$$- \begin{cases} p_0 V = V_{n0} R T_0 \\ p_0 (V + V_1 - V_2) = V_n R T_0 \end{cases} \Rightarrow p_0 (V_1 - V_2) = (V_n - V_{n0}) R T_0$$

$$- \frac{2}{7} p_0 V_1 = \Delta V R T_0 ; \quad ; \quad \Delta m = - \frac{2 p_0 V_1 \mu}{7 R T_0} \quad (\text{знак "-" означает, что вода конденсировалась}).$$

- 3) т.к. $T_0 = \text{const}$ уменьшение энергии происходит за счет конденсации пара.

$$|\Delta U| = L |\Delta m|$$

$$|\Delta U| = \frac{2 L \mu p_0 V_1}{7 R T_0}$$

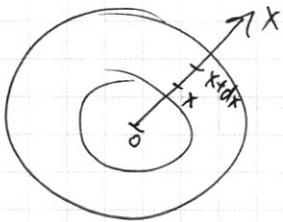
Ответ: 1) $V_2 = \frac{9}{7} V_1$ 2) $|\Delta m| = \frac{2 p_0 V_1 \mu}{7 R T_0}$ 3) $|\Delta U| = \frac{2 L \mu p_0 V_1}{7 R T_0}$

Задача 3.

1) $\varphi_{\text{вн}}$ - заряд внешней сферы после замыкания ключа

$$\varphi_{\text{вн}} = \frac{kQ}{r_1} + \frac{kq_1}{r_1} = 0; \quad q_1 = -Q$$

2)



$$dW_1 = \omega dV$$

$$\omega = \frac{\epsilon_0 E_2^2}{2}; \quad dV = 4\pi x^2 dx$$

$$E_2 = \frac{kQ}{x^2}; \quad \omega = \frac{\epsilon_0}{2} \cdot \frac{k^2 Q^2}{x^4} = \frac{\epsilon_0 Q^2}{16 \cdot 2 \cdot \pi^2 \epsilon_0^2 x^4} =$$

$$= \frac{Q^2}{32 \pi^2 \epsilon_0 x^4} = \frac{kQ^2}{8 \pi x^4}$$

$$dW_1 = \frac{kQ^2}{8 \pi x^4} \cdot 4\pi x^2 dx = \frac{kQ^2}{2x^2} dx$$

$$W_1 = \int_{r_2}^{r_1} \frac{kQ^2}{2x^2} dx = \frac{kQ^2}{2} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

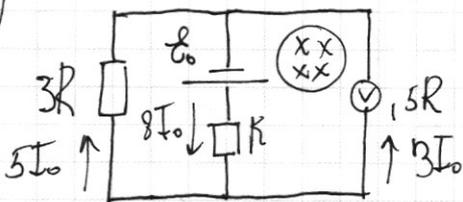
3) $W = |\Delta\varphi_{\text{вн}}(q_1 - q)|$

$$W = \left(0 - \frac{kq}{r_1} - \frac{kQ}{r_1} \right) (-Q - q) = \frac{k}{r_1} (q + Q)^2$$

Ответ: 1) $q_1 = -Q$ 2) $W_1 = \frac{kQ^2}{2} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$ 3) $W = \frac{k(q+Q)^2}{r_1}$

Задача 4

1)



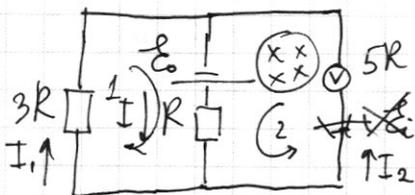
$$\mathcal{E}_0 = 8IR + 15IR = 23IR$$

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}_0}{23R}$$

$$V_1 = I_0 5R = \frac{5\mathcal{E}_0}{23}$$

2) $|\mathcal{E}_i| = \frac{d\Phi}{dt} = kS'$

правило Кирхгофа:



$$1) \quad \mathcal{E}_0 = IR + 3I_1R \quad (1)$$

$$2) \quad \mathcal{E}_0 + |\mathcal{E}_i| = IR + 5I_2R \quad (2)$$

$$I = I_1 + I_2 \quad (3)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4 (продолжение):

$$(2)-(1): k\mathcal{E} = (5I_2 - 3I_1)R; \quad \frac{k\mathcal{E}}{R} = 5I_2 - 3I_1; \quad 3I_1 = 5I_2 - \frac{k\mathcal{E}}{R}$$

$$I_1 = \frac{5}{3}I_2 - \frac{k\mathcal{E}}{3R}$$

$$I = \frac{5}{3}I_2 - \frac{k\mathcal{E}}{3R} + I_2; \quad I = \frac{8}{3}I_2 - \frac{k\mathcal{E}}{3R}$$

$$\mathcal{E}_0 + k\mathcal{E} = \frac{8}{3}I_2R - \frac{k\mathcal{E}}{3} + 5I_2R$$

$$\mathcal{E}_0 + \frac{4}{3}k\mathcal{E} = \frac{23}{3}I_2R; \quad \frac{3\mathcal{E}_0}{23} + \frac{4}{23}k\mathcal{E} = I_2R$$

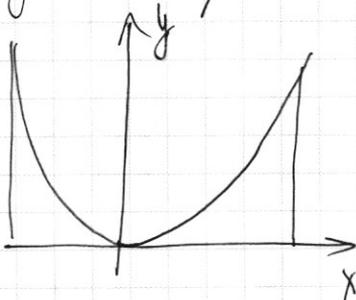
$$I_2 = \frac{3\mathcal{E}_0 + 4k\mathcal{E}}{23R}$$

$$V_2 = I_2 \cdot 5R = \frac{5(3\mathcal{E}_0 + 4k\mathcal{E})}{23}$$

Ответ: 1) $V_1 = \frac{5\mathcal{E}_0}{23}$ 2) $V_2 = \frac{5(3\mathcal{E}_0 + 4k\mathcal{E})}{23}$

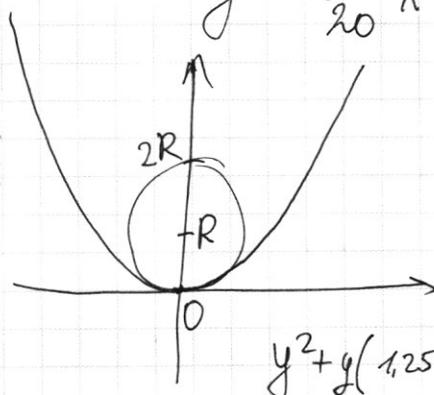
Задача 5:

1) Если брать воду показанным образом, то $y(x)$ будет парабола



$$y(x) = \frac{\omega^2}{2g} x^2$$

$$y = \frac{16}{20} x^2 = 0,8 x^2 \text{ (всё в м)}$$



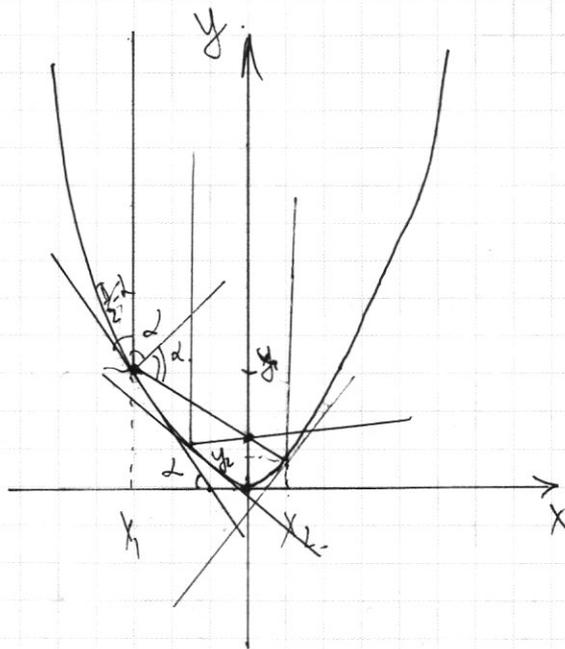
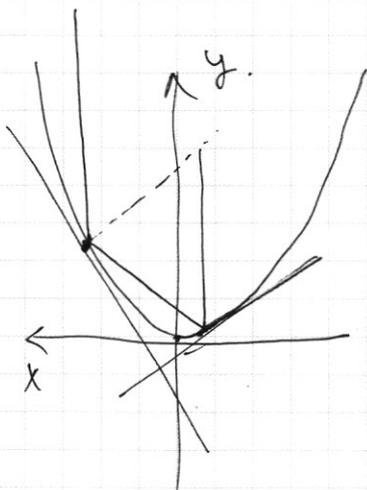
$$(y-R)^2 + x^2 = R^2$$

$$y^2 - 2yR + R^2 + x^2 = R^2$$

$$y^2 + x^2 - 2yR = 0$$

$$(1,25 - 2R)y$$

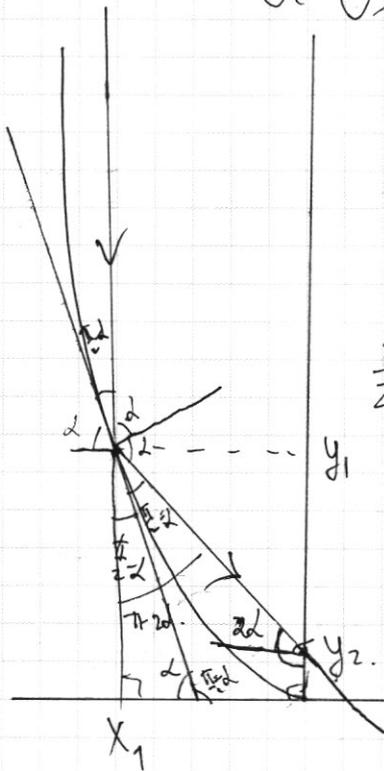
$$y^2 + y(1,25 - 2R) = 0; \quad y = 0 \quad y = 2R - 1,25$$



~~$y_1 = y'(x_1)$~~

$$\pi = \frac{\pi}{2} - \alpha + \pi - \alpha + \frac{\pi}{2} + \beta$$

$$\cancel{2\alpha} - \pi = \beta$$



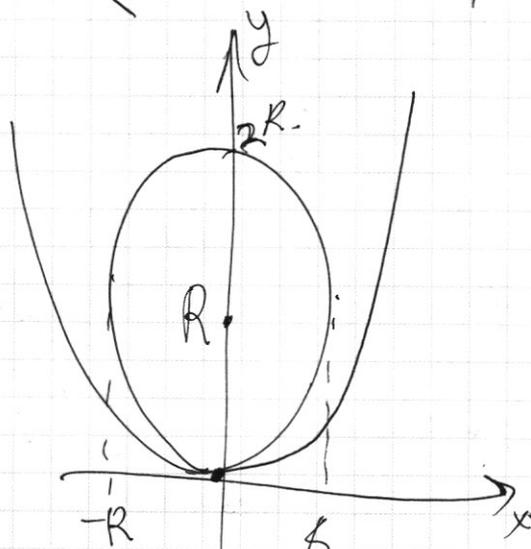
$$\frac{\pi}{2} + \beta + \pi - \alpha + \frac{\pi}{2} - \alpha + \frac{\pi}{2} = 2\pi$$

$$\beta = 2\alpha - \frac{\pi}{2}$$

$$\frac{16}{20} = 4$$

$$y = y'(x_1)(x - x_1) + y(x_1)$$

$$k = \text{tg} \alpha = \frac{y_1}{x_1} = \cancel{y'_1(x_1)}$$



$$(y - R)^2 + x^2 = R^2$$

$$y^2 - 2Ry + R^2 + x^2 = R^2$$

$$y^2 - 2Ry + x^2 = R^2 - R^2 = 0$$

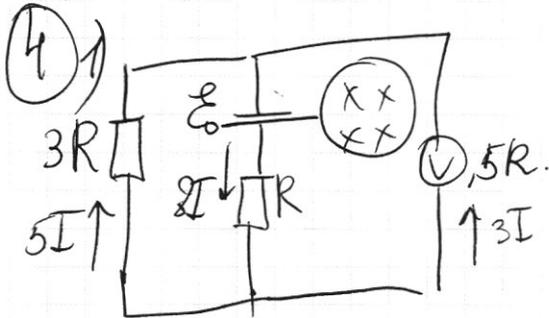
$$y^2 + x^2 = 2Ry$$

$$y = 0,8x^2$$

$$1,2y = x^2$$

$$y^2 + (1,2 - 2R)y = 0$$

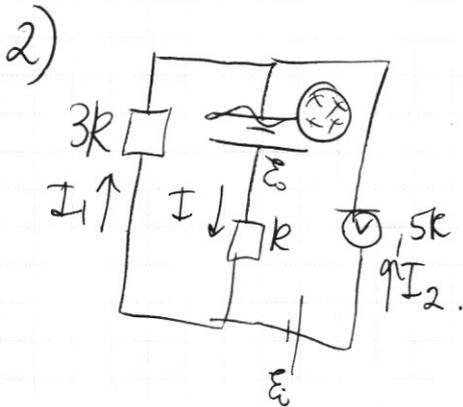
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\mathcal{E}_0 = 2IR + 15IR = 23IR$$

$$\frac{\mathcal{E}_0}{23R} = I$$

$$\text{Выв. } V_1 = I5R = \frac{5\mathcal{E}_0}{23}$$



$$|\mathcal{E}_i| = \frac{d\Phi}{dt} = k\mathcal{E}$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$\mathcal{E}_0 = IR + I_1 3R ; \mathcal{E}_0 = I_1 R + I_2 R + 3RI_1$$

$$\mathcal{E}_0 + \mathcal{E}_i = IR + I_2 3R \quad \mathcal{E}_0 = 4RI_1 + I_2 R$$

$$\frac{\mathcal{E}_0}{R} = 4I_1 + I_2$$

$$\mathcal{E}_i = I_1 R - I_2 5R - I_1 3R$$

$$\frac{\mathcal{E}_i}{R} = 5I_2 - 3I_1$$

$$\frac{\mathcal{E}_0 - RI_2}{4R} = I_1$$

$$\frac{\mathcal{E}_i}{R} = 5I_2 - \frac{3}{4} \cdot \frac{\mathcal{E}_0 - RI_2}{R} ; \quad \frac{\mathcal{E}_i}{R} = 5I_2 - \frac{3\mathcal{E}_0}{4R} + \frac{3}{4} I_2$$

$$\frac{4\mathcal{E}_i + 3\mathcal{E}_0}{4R} = 5,75 I_2 = \frac{23}{4} I_2$$

$$\frac{4\mathcal{E}_i + 3\mathcal{E}_0}{23R} = I_2$$

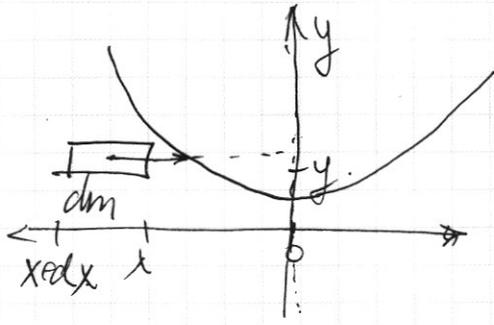
$$V_2 = I_2 5R = \frac{5}{23} (4\mathcal{E}_i + 3\mathcal{E}_0) = \frac{5}{23} (4k\mathcal{E} + 3\mathcal{E}_0)$$

$$\frac{9}{15} - \frac{16}{15}$$

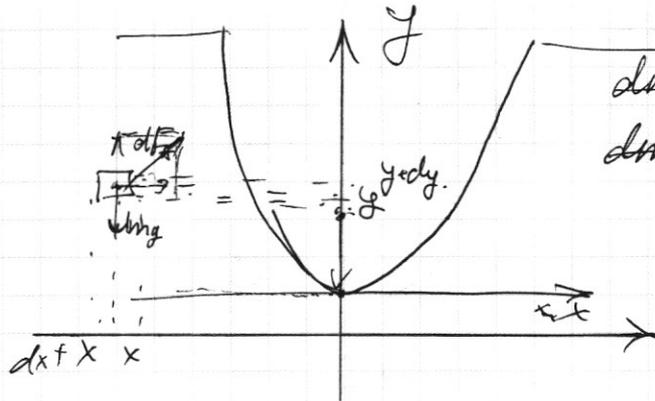
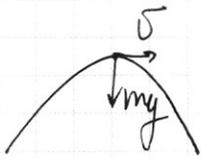
$$\frac{27 - 16}{15} = \frac{11}{15} \cdot 2$$

0,75

$$\frac{5,75}{4} + \frac{3}{4} = \frac{23}{4}$$



$$dm \times \omega^2 = \rho \times \omega^2 dV$$



$$dm \times g = \rho \times dV \times g$$

$$dm \times \omega^2 = \rho \times \omega^2 dV$$

$$dF = dm \times \omega^2$$

$$dW = dm \times g \times y + \frac{dm \times \omega^2 \times x^2}{2}$$

$$dm \times g \times y = \frac{dm \times \omega^2 \times x^2}{2}$$

$$F = \pi \cdot E_0 = \pi \cdot \omega^2$$

$$mg = B$$

$$y = \frac{\omega^2}{2g} x^2$$

$$y = \frac{\omega^2}{2g} x^2$$

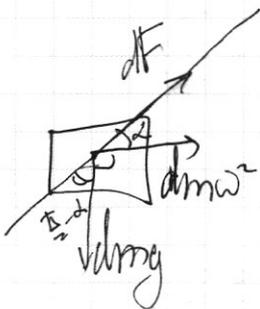
$$y = b x^2$$

$$(y - R)^2 + x^2 = R^2$$

$$y^2 - 2yR + x^2 + R^2$$

$$y^2 + x^2 = 2yR$$

$$dF = \sqrt{dm^2 g^2 + dm^2 \omega^4}$$



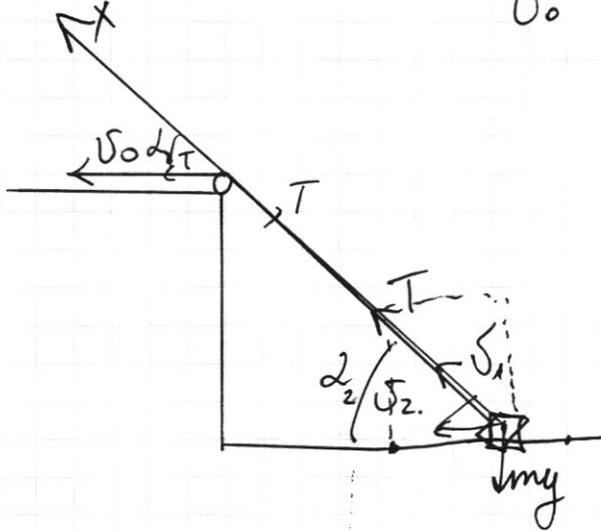
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①

$$v_0 = v_2$$

v_0

$T = \text{const}$



$$mg = T \sin \alpha_2$$

$$T \cos \alpha_2 = ma$$

$$v_0 \cos \alpha_2 = v_2 \cos \alpha_2$$

$$v_0 = v_2$$

$$\Delta L_1 = v_0 \Delta t$$

$$\Delta L_2 = v_2 \cos \alpha_2 \Delta t$$

$$v_0 = v_2 \cos \alpha_2$$

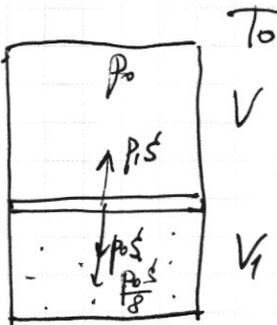
$$\frac{v_0 \cdot 3}{\sqrt{5}} = v_2$$

$\frac{4}{9}$

$$A_{\text{изт}} = \cos \alpha_2 = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

②

нар.



$$p_1 s = p_0 s + \frac{p_0 s}{g}$$

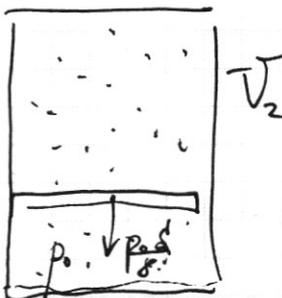
$$p_1 = \frac{g}{g} p_0$$

$$\frac{g}{g} p_0 V_1 = V_0 R T_0$$

$$\frac{7}{8} p_0 V_2 = V_0 R T_0$$

$$\frac{7}{8} p_0 V_2 = \frac{g}{g} p_0 V_1$$

$$p_0 \left[V_2 = \frac{g}{8} p_0 V_1 \right]$$



воздух

$$\textcircled{2} 2) - \begin{cases} p_0 V = \nu_{n0} RT_0 \\ p_0 (V + V_1 - V_2) = \nu_{n1} RT_0 \end{cases}$$

$$p_0 (V_1 - V_2) = (\nu_{n1} - \nu_{n0}) RT_0$$

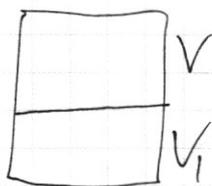
$$\frac{1}{8} p_0 V_2 = \Delta \nu_{n1} RT_0$$

$$\Delta \nu_{n1} = -\frac{p_0 V_1}{8 RT_0} ; \Delta m = -\frac{p_0 V_1 \mu}{8 RT_0}$$

знак минус означает то, что вода конденсируется.

$$\Delta U = \Delta m L$$

$$\Delta U = -\frac{p_0 V_1 \mu L}{8 RT_0}$$

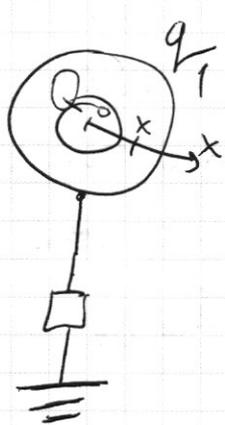


$$V + V_1 = V_2 + \delta$$

$$V + V_1 - V_2 = \delta$$

$$\frac{9}{7} - 1 = \frac{2}{7}$$

③



$$1) \varphi_{\text{вн}} = \frac{kq_1}{r_1} + \frac{kQ}{r_2} = 0$$

$$q_1 = -Q$$

$$E_Q = \frac{kQ}{x^2}$$

$$2) dW_1 = \omega dV$$

$$\omega = \frac{\epsilon E_Q^2}{2} = \frac{\epsilon k^2 Q^2}{2 x^4}$$

$$= \omega = \frac{kQ^2}{8\pi x^4}$$

$$\epsilon k^2 = \frac{\epsilon_0}{16\pi^2 \epsilon_0^2}$$

$$= \frac{1}{16\pi^2 \epsilon_0}$$

$$\frac{k}{4\pi}$$

$$dV = 4\pi x^2 dx$$

$$dW_1 = \frac{kQ^2}{8\pi x^4} 4\pi x^2 dx = \frac{kQ^2}{x^2} dx$$

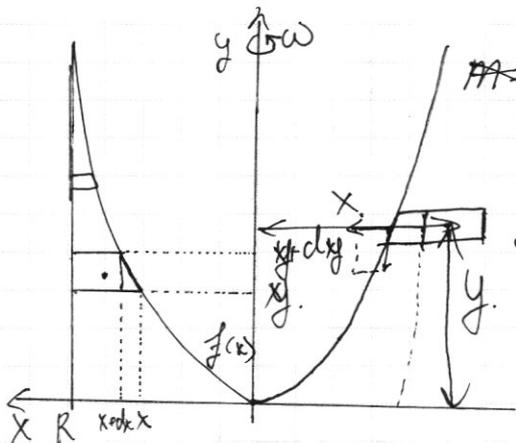
$$dW_1 = \int_{r_2}^{r_1} \frac{kQ^2}{x^2} dx = kQ^2 \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

$$3) \varphi_{\text{вн}} = \frac{kQ}{r_2} + \frac{kQq}{r_1}$$

$$W = 1/2 q (q_1 - q_2)$$

$$W = \frac{k(q_1 - q_2)^2}{2 r_1} = \frac{k(Q+q)^2}{2 r_1}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$dm\omega^2 x =$$

~~$m = \rho$~~
 ~~$\sigma = \frac{m}{S}$~~

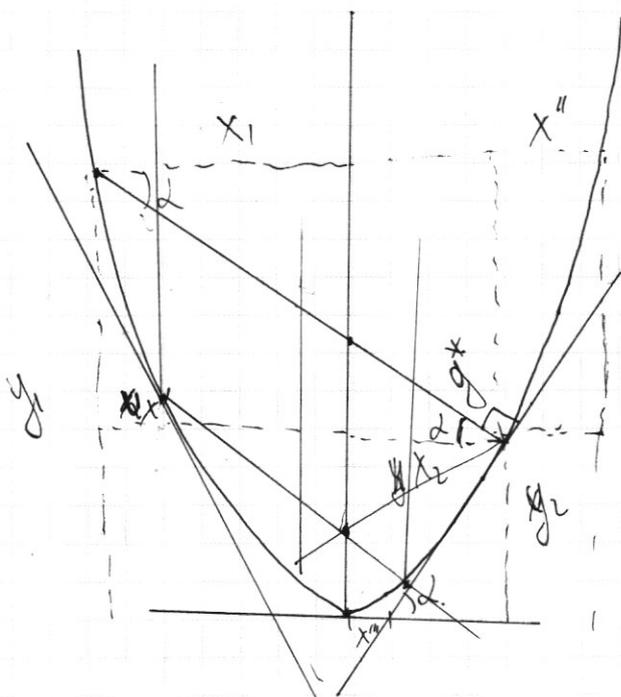
$$dW = m\omega^2 x dx + mgy dy$$

~~# з.п.~~

~~з.с.з.~~

~~з.с.д.~~

~~з.в.в.~~



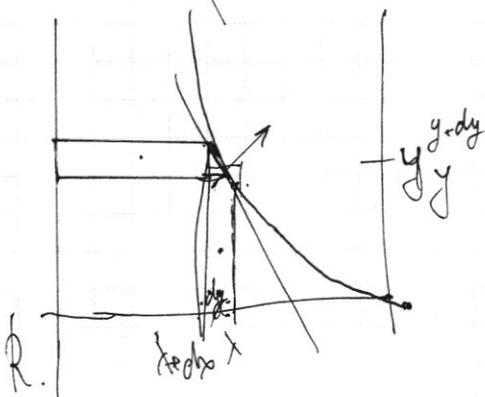
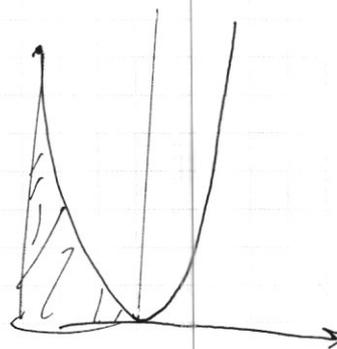
$$g^* = \sqrt{g^2 + \omega^4 x^2}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}$$

$$\text{tg } \beta = \frac{y_2}{x_2 - x_3}$$

$$\int \frac{dx}{x^2} = \frac{x^{-1-2}}{-1-2}$$

$$W = \text{const} = r \cdot k \cdot m$$



~~$dm = \rho \cdot dy$~~
 ~~$\sigma = \frac{m}{S}$~~

~~$dm = \rho \cdot dx \cdot dy$~~

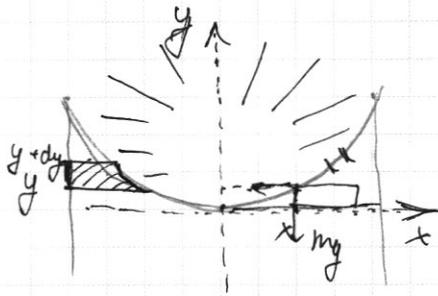
~~$dmx\omega^2 = \rho g dx dy \cdot \omega^2 x$~~

$$\omega'_x = 0$$

$$W = \text{const}$$

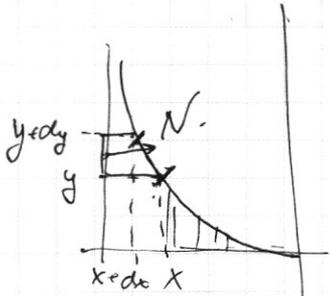
$$dm \, dW = m dx \times \omega^2 + mg dy$$

$$0 = \frac{dW}{dx} = m \times \omega^2 + mg y'$$



$$F = \omega^2 x$$

$$dF(x) = dm \omega^2 x$$



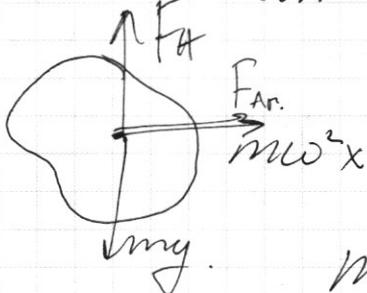
$$\int dm \omega^2 x = dF$$

$$dy = -\frac{\omega^2}{g} x$$

$$m \times \omega^2 + mg$$

$$y = \frac{\omega^2 x^2}{2g}$$

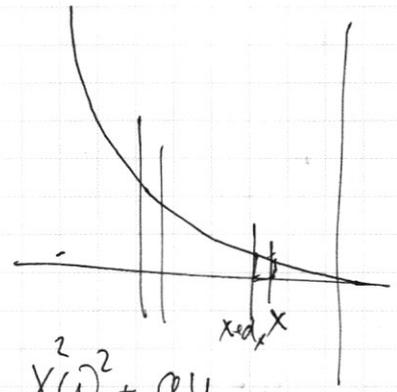
$$dW = \frac{\omega^2 x^2}{2} dm + g y dm$$



$$m \omega^2 x = F_{Ar}$$

$$mg = F_A$$

$$m \omega^2 x = F_{Ar} + N$$



$$3 \cdot g$$

$$27 - 16$$

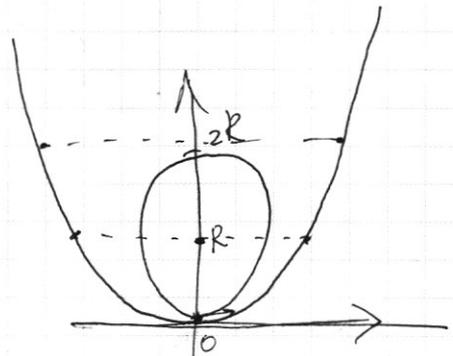
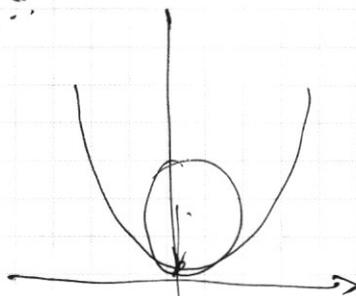
"

$$y = \frac{\omega^2}{2g} x^2$$

$$\frac{16}{20} = \frac{4}{5} x^2 = y^2$$

$$\frac{dm \, dW}{dm} = m \frac{x \omega^2}{2} + g y$$

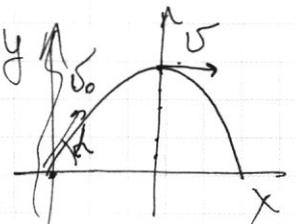
$$y = 0.8 x^2$$



$$(y - R)^2 + x^2 = R^2$$

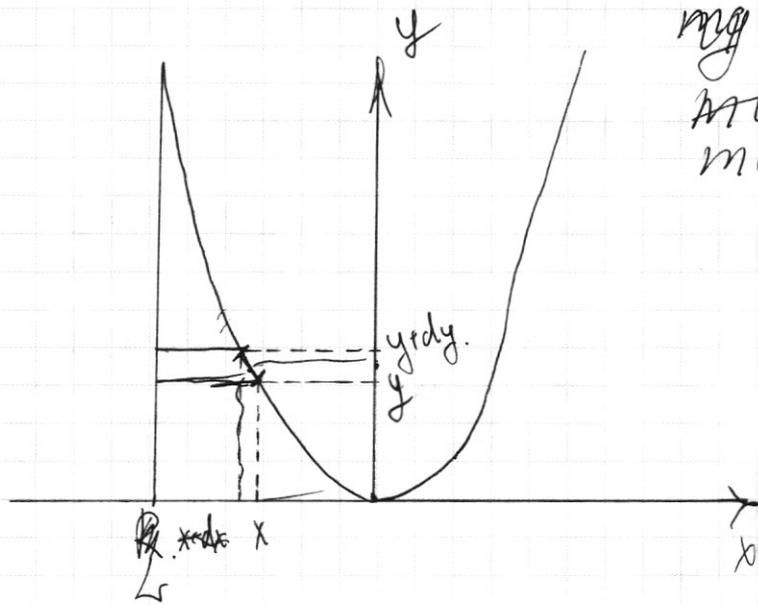
$$y^2 = bx^2$$

$$R = bx^2$$

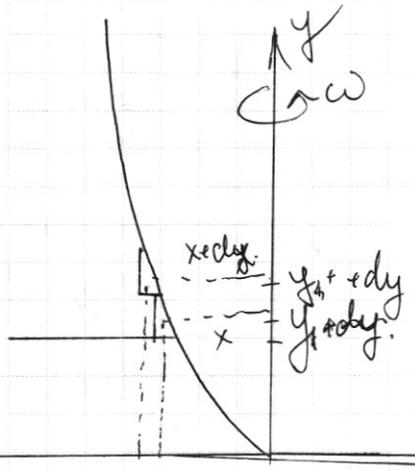


$$y = 0 + v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$x = -L + v_0 \cos \alpha t$$



mg
 ΔW
 $m\omega^2$



AAO

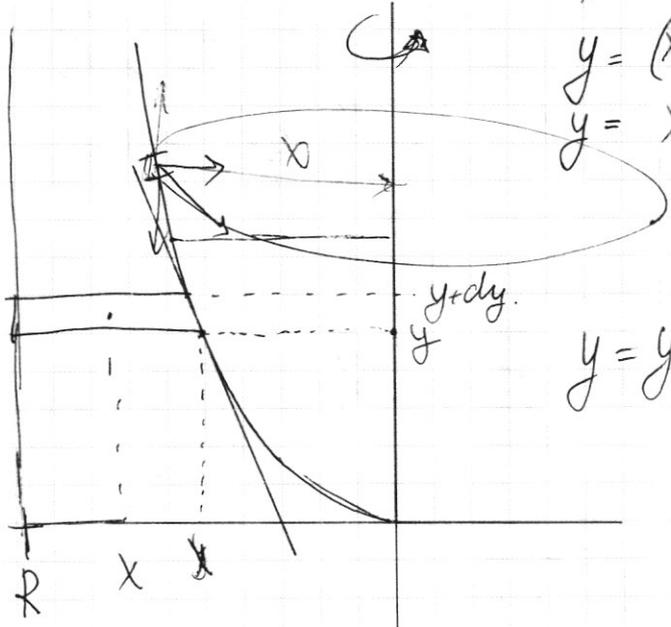
$$W_1 = \frac{m\omega^2 x^2}{2} + mgy$$

$$W_2 = \frac{m\omega^2 (x+dx)^2}{2} + mg(y+dy)$$

$$dW = \underbrace{m\omega^2 x dx}_F + \underbrace{mg dy}_F, \quad | \cdot (dx)^{-1}$$

$$\left(\frac{dW}{dx}\right)_{x=a} = m\omega^2 x|_{x=a} + mgy'|_{x=a}$$

$$m\omega^2 x =$$



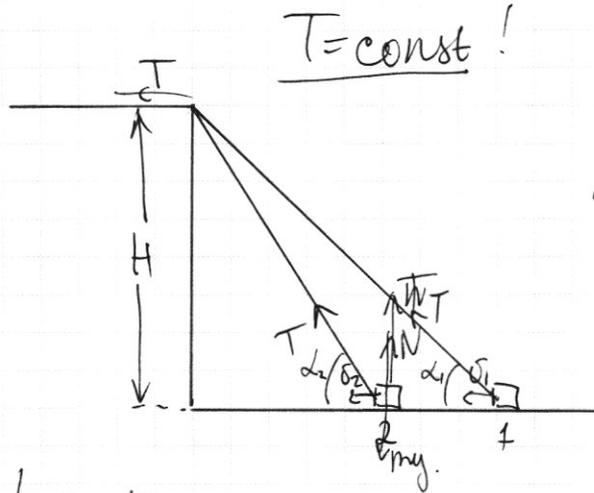
$$y = (x-a)y'(a) + y(a)$$

$$y = xy'(a) - ay'(a) + y(a)$$

$$\frac{y(a) - y(a) + y(a)}{a} = y'(a)$$

$$y = y'(a) \cdot x$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$T = \text{const}!$



$$t_{\text{гд}} = \frac{mgH}{x \cos \alpha}$$

$$t_{\text{г}}(x+dx) = \frac{H}{x+dx}$$

$$d(t_{\text{г}}) = \frac{H}{x+dx} - \frac{H}{x}$$

$$x - x + dx$$

$$d \int \frac{dx}{x^2} = -\frac{dx}{x^2}$$

$$t_{\text{г}} = \frac{H}{x}$$

$$m dv = T \cos \alpha dt \quad | \cdot v$$

$$N - T \sin \alpha = mg \quad | \cdot v$$

h2

$$m dv =$$

$$T = \frac{mg}{\cos \alpha}$$

$$k = \int T \cos \alpha dx$$

$$v_0 = \cos \alpha v$$

$$\frac{v_0}{v} = \cos \alpha$$

$$m dv = T \frac{v_0}{v} dt$$

$$\int_{v_1}^{v_2} \frac{v_0 m dv}{v_0 T} = \int_0^{t_2} dt$$

$$m \Delta k = \int_{v_1}^{v_2} m v dv = A = \frac{11}{30} \frac{m v_0}{T} = t_{12}$$

$$\frac{64}{105} = \frac{11}{30} \frac{t_{13}}{t_{12}}$$

$$\frac{64 \cdot 6}{11 \cdot 21} = \frac{128 \cdot 2}{77 \cdot 7} = \frac{4 \cdot 15}{7 \cdot 3} = \frac{10}{3}$$

v_1 v_2 v_3

$$\sqrt{1 - \frac{9}{16}} = \frac{\sqrt{7}}{4}$$

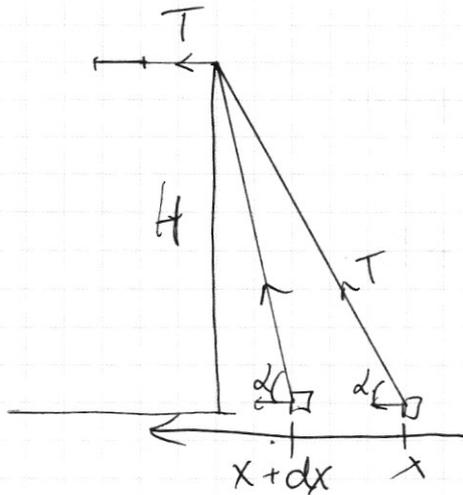
$$\frac{8}{7 \cdot 15} =$$

$$\sqrt{16 - 9} = \frac{7}{4}$$

$$\frac{1}{7} - \frac{1}{15} = \frac{2}{105}$$

2)

$$5,2 - 4,6 = 0,6$$



$$v_2 = \frac{v_0}{\cos \alpha}$$

$$T \sin \alpha = mg$$
~~$$dA = T \cos \alpha dx$$~~

~~$$mdv = T \cos \alpha dx$$~~

Теорема о кинетической энергии:

$$A = \Delta K$$

$$K_1 = \frac{mv_1^2}{2} \quad K_2 = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$\sqrt{1 - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

$$\Delta K = \frac{mv_0^2}{2} \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha_2} - \frac{1}{\cos^2 \alpha_1} \right)$$

$$\Delta K = mg \frac{mv_0^2}{2} (\operatorname{tg}^2 \alpha_2 - \operatorname{tg}^2 \alpha_1)$$

$$\Delta K = \frac{mv_0^2}{2} \left(\frac{3}{4} - \frac{1}{15} \right)$$

$$\Delta K = \frac{11mv_0^2}{30}$$

$$A = \frac{11mv_0^2}{30}$$

$$\cos \alpha_1 = \sqrt{1 - \frac{1}{18}}$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{\sqrt{15}}{4}$$

$$\frac{3}{4} = \frac{9}{16} = \frac{\sqrt{5}}{4}$$

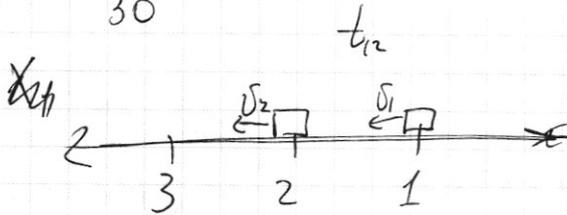
$$\cos \alpha_2 = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{1}{4} = \frac{1}{\sqrt{15}}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{2}{3} = \frac{2}{\sqrt{15}}$$

$$mdv = T \cos \alpha dt$$

3)



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{x}$$

$$\operatorname{tg}(\alpha + d\alpha) = \frac{H}{x+dx}$$

$$\operatorname{tg}(\alpha + d\alpha) - \operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{x+dx} - \frac{H}{x}$$

$$\frac{d\alpha}{\cos^2 \alpha} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\omega = \frac{dm_2}{dm_1}$

$W_1 = \frac{m\omega^2 x^2}{2} + mgy$

$W_2 = \frac{m\omega^2 x^2}{2} + mgy$

$dW = dm\omega^2 x dx + dmgy$

$\tan \alpha = \frac{\omega^2 x}{g}$

$\cos \alpha = \frac{g}{\sqrt{g^2 + \omega^2 x^2}}$

$F_A^* = \rho V \sqrt{\omega^2 x^2 + g^2}$

$dm = \rho V$

$m\omega^2 x$