



0 221645 360001

22-16-45-36
(117.2)



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

Вариант 16

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Локори Воробьевы Торы
название олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Орлова

Максима

Ильича

фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«05» 04 2024 года

Подпись участника

ЧЕРНОВИКОВ НЕТ №2

Показатель аддитивности момента притяжения земли

$$\frac{5}{3}, \frac{4}{5}, \frac{4}{3}$$

$$Q_1 = A_1 + \Delta U_1 = 0$$

$$A_1 = -\Delta U_1$$

~~$$\Delta U_1 = \frac{5}{2} \sqrt{R} (T_1 - T_0)$$~~

$$p_0 h_0 S = \sqrt{R} T_0$$

$$p_1 h_1 S = \sqrt{R} T_1$$

$$p_0 h_2 S = \sqrt{R} T_2$$

$$(p_1 - p_0) S = mg$$

$$A_1 = mg(h_1 - h_0) + p_0 S(h_1 - h_0)$$

$$\Delta U_2 = \frac{5}{2} \sqrt{R} (T_2 - T_0)$$

$$A_2 = p_0 S(h_2 - h_0)$$

$$A_1 + A_2 = -(p_1 h_1 + p_2 h_2) = \frac{5}{2} \sqrt{R} (T_0 - T_2)$$

$$mg(h_1 - h_0) + p_0 S(h_2 - h_0) = (p_1 - p_0) S(h_1 - h_0) + p_0 S(h_2 - h_0)$$

$$= \sqrt{R} T_1$$

~~$$\Delta U = dU_0$$~~
~~$$dA = pS dh = -\frac{5}{2} \sqrt{R} dT$$~~

~~$$pSh = \sqrt{R} T$$~~

~~$$\frac{h}{h} = -\frac{5}{2} \frac{dT}{T}$$~~

~~$$\frac{h_1}{h_0} = \frac{5}{2} \frac{T_1}{T_0}$$~~

~~$$\frac{h_1}{h_0} = \left(\frac{T_0}{T_1} \right)^{\frac{5}{2}}$$~~

~~$$\text{аналогично } \frac{h_2}{h_1} = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{5}{2}}$$~~

7

отв. Миронова Н.Б.

$$\cancel{A_1 = p_1 S(h_1 - h_0) = -\frac{5}{2} \sqrt{R(T_1 - T_0)}}$$

$$p_1 S(h_0 - h_1) = \frac{5}{2} \sqrt{R(T_1 - T_0)} = \frac{5}{2} \cancel{\sqrt{R(p_1 h_1 S - p_0 h_0 S)}}$$

~~$$\frac{5}{2} p_0 h_0 = \frac{5}{2} p_1 h_1 + p_1 h_1 - p_1 h_0$$~~

~~$$\frac{p_1}{p_0} = \frac{\frac{5}{2} h_0}{\frac{4}{2} h_1 - h_0}$$~~

~~$$\cancel{Z}$$~~

$$A_2 = p_0 S(h_2 - h_1) = -\frac{5}{2} \sqrt{R(T_2 - T_1)} =$$

~~$$Z = -\frac{5}{2} \cancel{\sqrt{R(p_0 h_2 S - p_1 h_1 S)}}$$~~

~~$$p_0 h_2 - p_0 h_1 = \frac{5}{2} p_1 h_1 - \frac{5}{2} p_0 h_2$$~~

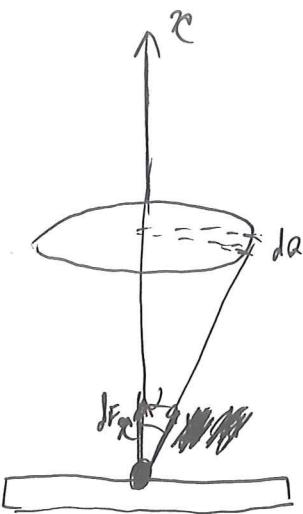
$$\frac{\frac{5}{2} h_0}{\frac{4}{2} h_1 - h_0} = \frac{p_1}{p_0} = \frac{h_2 - h_1 + \frac{5}{2} h_2}{\frac{5}{2} h_1} = \frac{\frac{4}{2} h_2 - h_1}{\frac{5}{2} h_1}$$

~~$$Z = \frac{25}{4} h_1 h_0 = \frac{49}{4} h_1$$~~

~~$$\cancel{Z}$$~~

~~$$Z = \frac{2}{4} \left(\frac{\frac{25}{4} h_0 h_1}{\frac{4}{2} h_1 - h_0} + h_1 \right) = Z$$~~

$$\begin{aligned} Z &= \frac{2}{4} \left(\frac{\frac{25}{4} h_0 h_1 + \frac{9}{2} h_1^2 - \frac{4}{4} h_0 h_1}{\frac{4}{2} h_1 - h_0} \right) = \frac{2 \left(\frac{3}{4} h_1 h_0 + \frac{h_1^2}{2} \right)}{\frac{4}{2} h_1 - h_0} \\ &= \frac{h_1 (3 h_0 + 2 h_1)}{4 h_1 - 2 h_0} = \frac{23 \cdot (90 + 58)}{\frac{4}{2} h_1 - h_0} \end{aligned}$$



1) $F = F_x$ в силу симметрии

$$dF_x = \frac{kq|Q|dq}{x^2 + a^2} \cdot \frac{x}{\sqrt{x^2 + a^2}}$$

~~Z~~

$$F_x = \frac{kq|Q|x}{(x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}}$$

~~Z~~

$$F_x \leq mg$$

~~Z~~

~~$$\frac{dF_x}{dx} = \frac{kq|Q|}{(x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot \frac{(x^2 + a^2)^{\frac{1}{2}} \cdot 2x}{x^2 + a^2}$$~~

~~Z~~

$$\frac{dF_x}{dx} = \frac{kq|Q|}{(x^2 + a^2)^3} \left\{ (x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}} \cdot x \cdot \frac{3}{2} (x^2 + a^2)^{\frac{1}{2}} \cdot 2x \right\} =$$

~~Z~~

$$= \frac{kq|Q|(x^2 + a^2)^{\frac{1}{2}}}{(x^2 + a^2)^3} \left(2x^2 + a^2 - 3x^2 \right) =$$

~~Z~~

$$= \frac{kq|Q|(x^2 + a^2)^{\frac{1}{2}}}{(x^2 + a^2)^3} (a - \sqrt{2}x)(a + \sqrt{2}x)$$

~~Z~~

- + -

$$\frac{dF_x}{dx}$$

$$-\frac{a}{\sqrt{2}} \quad 0 \quad \frac{a}{\sqrt{2}}$$

$$x$$

$$F_x$$

\Rightarrow максимум при $x \geq 0$ будет при $x = \frac{a}{\sqrt{2}}$

~~lines~~

$$F_{x_{\max}} = \frac{k|Q|a}{\sqrt{2} \left(\frac{3a^2}{2}\right)^{\frac{3}{2}}} = \frac{k|Q|a}{\sqrt{2} \cdot \frac{3\sqrt{3}a^3}{2}} = \frac{2k|Q|a}{3\sqrt{3}a^2}$$

~~Z~~

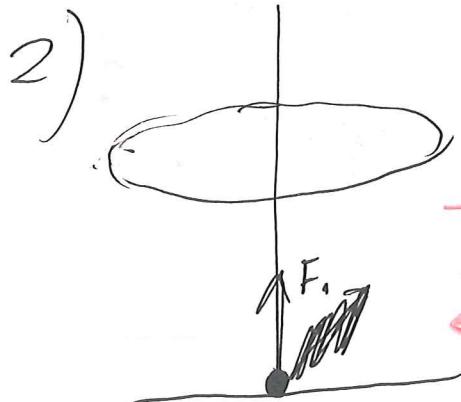
$$F_{x_{\max}} \leq mg$$

~~~~Z~~~~

$$\frac{2k|Q|a}{3\sqrt{3}a^2} \leq mg$$

~~Z~~

$$\frac{|Q|}{6\pi\sqrt{3}a^2\epsilon_0} \leq \frac{6\pi\sqrt{3}mg}{g} a^2 \epsilon_0$$



$$W_m = -\frac{k|Q|a}{\sqrt{2a^2+a^2}} m$$

$$W_1 = -\frac{k|Q|a}{\sqrt{2a^2}} a$$

$$W_2 = -\frac{k|Q|a}{\sqrt{(a-h_0)^2+a^2}}$$

~~Z~~

$$F_1 = mg = \frac{k|Q|a}{(2a^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{k|Q|a}{2\sqrt{2}a^2} \neq \frac{k|Q|a}{2\sqrt{2}a^2}$$

~~Z~~

$$mg h_0 = -\frac{k|Q|a}{\sqrt{2a^2}} + \frac{k|Q|a}{\sqrt{(a-h_0)^2+a^2}} =$$

$$= mg \cdot 2\sqrt{2}a^2 \left( \frac{1}{\sqrt{a^2+(a-h_0)^2}} - \frac{1}{\sqrt{2a^2}} \right)$$

~~Z~~

$$h_0 + 2a = \frac{2\sqrt{2}a^2}{\sqrt{a^2+(a-h_0)^2}}$$

$$(h_0+2a)^2(a^2+(a-h_0)^2) = 8a^4$$

$$(h_0^2 + 4h_0a + 4a^2)(2a^2 + h_0^2 + 2h_0a) = 8a^4$$

$$(h_0^2 + nh_0a + na^2)(2a^2 + h_0^2 - 2h_0a) = 8a^4$$

~~$$8a^4 = 2a^2h_0^2 + h_0^4 - 2h_0^3a + 8h_0^3a^3 + 4h_0^3a - 8h_0^2a^2 + 3a^2 + 4a^2h_0^2 - 8h_0^3a^3$$~~

~~$$h_0^4 + 2h_0^3a - 4h_0^2a^2 + 2h_0^2a^2 = 0$$~~

~~$$h_0^2 + 2h_0a - \cancel{2a^2} = 0$$~~

$$h_0 = \frac{-fa + \sqrt{f^2a^2 + 28a^2}}{2} = \sqrt{3}a - a =$$

~~$$= (\sqrt{3}-1)a = (\sqrt{3}-1) \cdot 24 \text{ см} \approx 0,4 \cdot 24 \text{ см} \approx$$~~



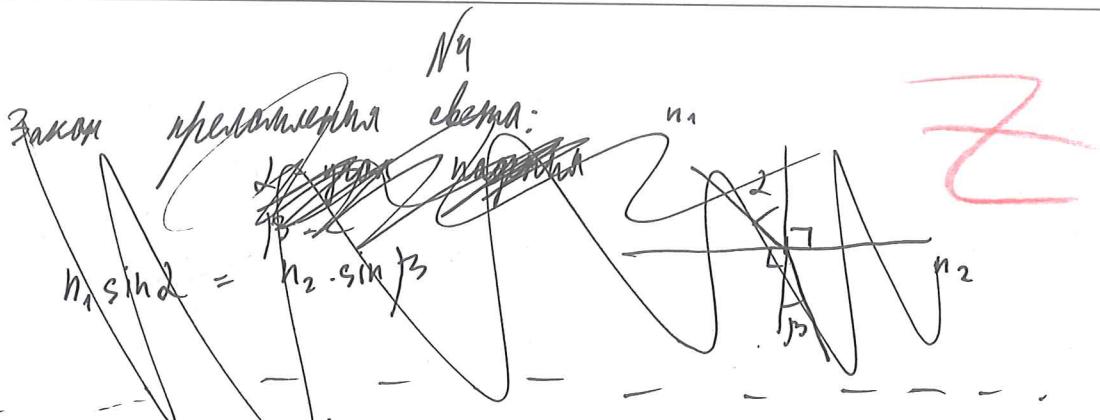
2  
24  
4  
1  
6  
8

~~24~~ ≈ 14 см

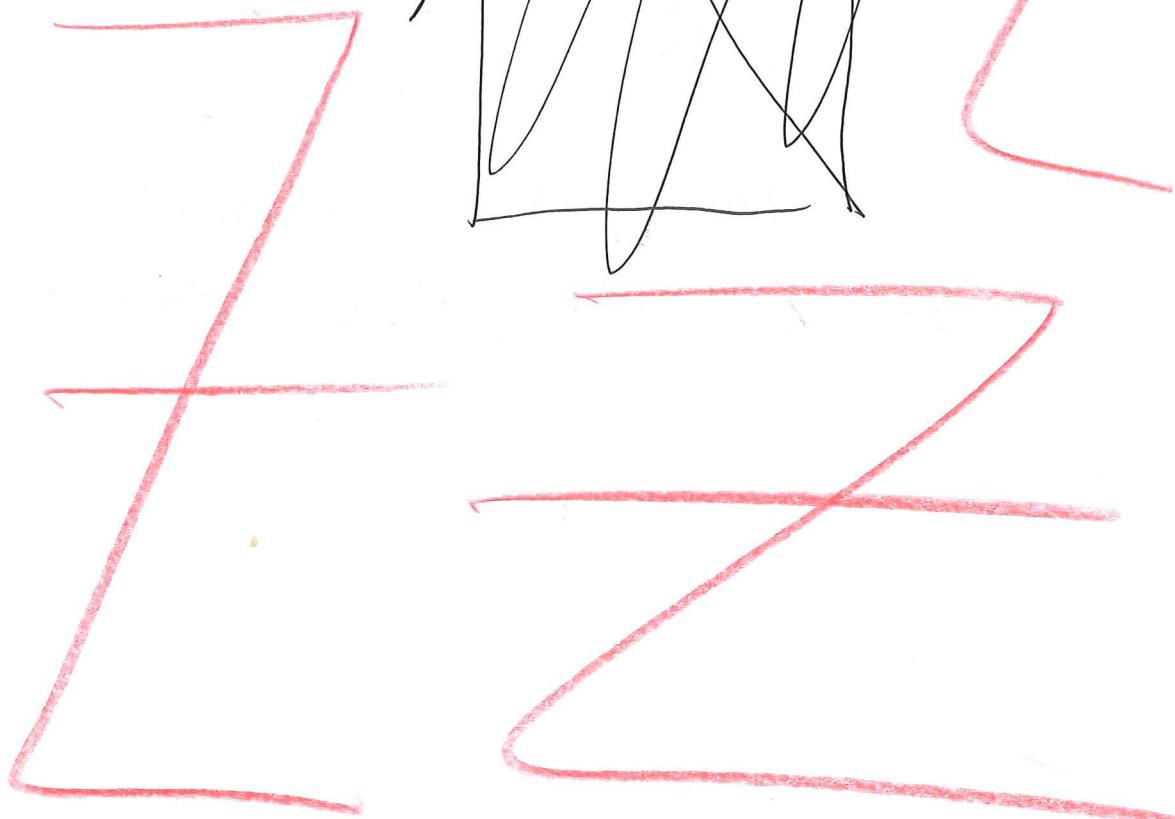
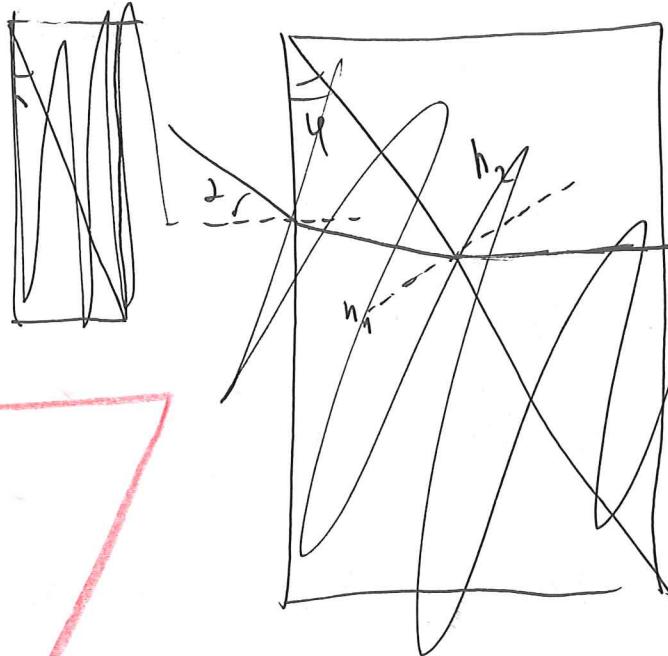
Ответ:

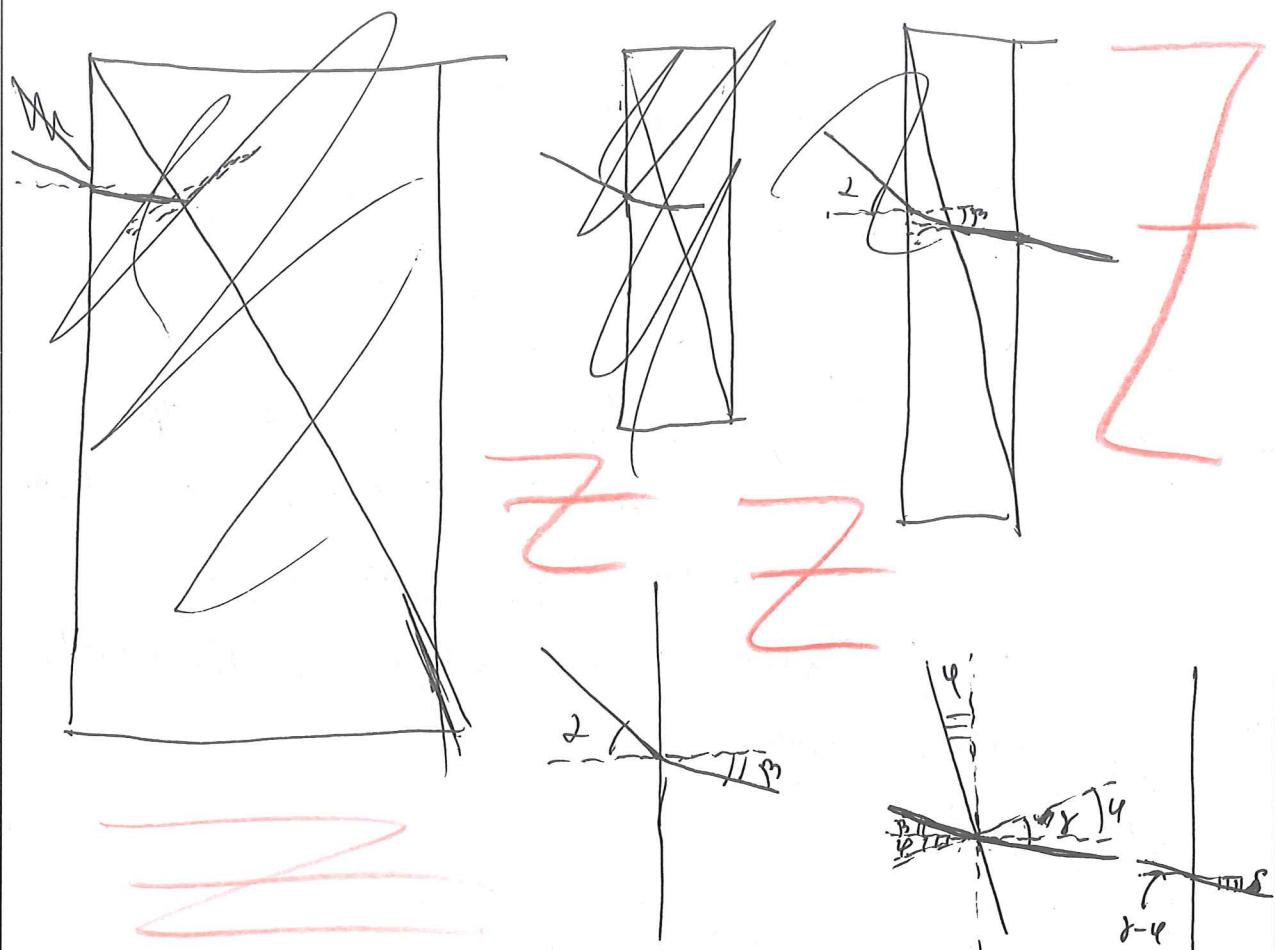
~~1)  $\frac{6\pi\sqrt{3}mg a^2 \omega_0}{g} \geq |Q|$~~

~~2)  $h_0 = (\sqrt{3}-1)a = \cancel{14} \text{ см}$~~



**Z** Синус угла падения  
установлен на показатель преломления  
направлено среды равен синусу  
угла преломления  
на показатель преломления  
конечной среды





$$\alpha \cdot n_1 = \beta n_1 \quad \checkmark$$

$$(\beta + \gamma) n_1 = \gamma n_2 \quad \checkmark$$

$$(\gamma - \beta) n_2 = \delta$$

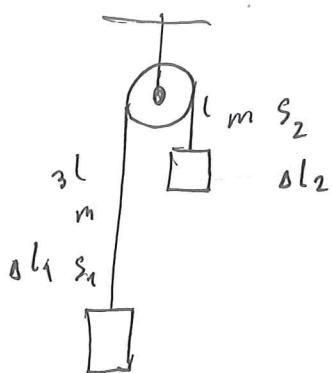
$$\delta = \beta n_1 + \gamma n_1 - \gamma n_2 = \alpha + \gamma(n_1 - n_2)$$

$$\alpha \Delta = |\delta - \alpha| = |\gamma(n_1 - n_2)| = \cancel{\text{знач}} \alpha \gamma =$$

$$= 1,5^\circ$$

Omkleem:  $\alpha \Delta = 1,5^\circ$

№1



$$\underline{m} = 3(l s_1) P$$

$$\underline{m} = \cancel{(l s_2)} P$$

$$\Rightarrow s_2 = 3s_1 +$$

$$k_1 = E \frac{s_1}{l}$$

$$k_2 = E \frac{s_2}{l}$$

$$\frac{k_2}{k_1} = 3 \frac{s_2}{s_1} = 9$$

$$F_{y1} = F_{y2} = m_r g$$

$$F_{y1} = k_1 \Delta l_1$$

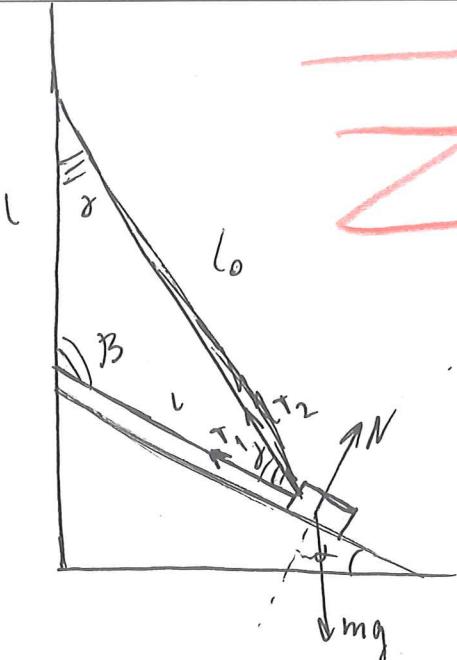
$$F_{y2} = k_2 \Delta l_2$$

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2$$

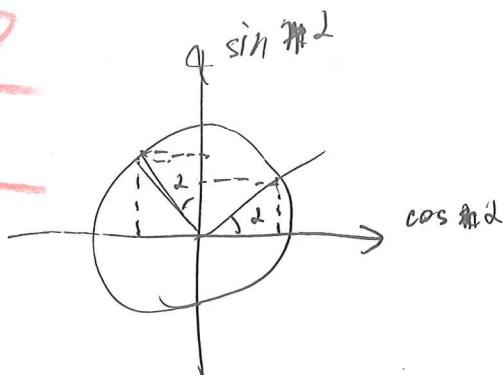
$$\Delta l = 10 \Delta l_2$$

$$\Delta l_2 = \frac{\Delta l}{10} = 0,1 \text{ mm} - \text{расстяжка хороткого участка}$$

$$\Delta l_1 = \frac{9 \Delta l}{10} = 0,9 \text{ mm} - \text{расстяжка длинного участка}$$



~~Z~~



$$\beta = 90^\circ + \alpha$$

$$\gamma \cos(90^\circ + \alpha) = -\sin \alpha$$

$$\gamma = \frac{180^\circ - \beta}{2} = \frac{90^\circ - \alpha}{2} = 45^\circ - \frac{\alpha}{2} \leq 30^\circ$$

$$l_0^2 = l^2 + l^2 - 2l^2 \cdot \cos \beta = 2l^2(1 + \sin \alpha)$$

~~Z~~  $l_0 = 2l(1 + \sin \alpha)$

~~Z~~  $\Delta l_0 = 2\alpha l(1 + \sin \alpha)$

~~Z~~  ~~$T_1 = k_{10} l = \frac{ES_A l}{l}$~~

~~Z~~  $T_2 = k_{20} l_0 = \frac{ES_A l_0}{l_0} = \frac{ES_A l}{l}$

~~Z~~  $\Rightarrow T_1 = T_2$

~~Z~~  ~~$N = mg \cdot \cos \alpha - T_2 \cdot \sin \alpha$~~

~~Z~~  ~~$F_{rp_{max}} = \mu N = \mu mg \cdot \cos \alpha - \mu T_2 \cdot \sin \alpha$~~

~~Z~~  $T_{1max}(1 + \cos \alpha) = mg \cdot \sin \alpha + F_{rp_{max}} = \cancel{mg \cdot \sin \alpha + F_{rp_{max}}}$

~~Z~~  $T_{1min}(1 + \cos \alpha) = mg \cdot \sin \alpha - F_{rp_{max}}$  ~~разное направ.~~

~~(1 + cos alpha) T1max = mg \* sin alpha + mu mg cos alpha - mu T1max sin alpha~~

~~(1 + cos alpha) T1min = mg sin alpha - mu mg cos alpha + mu T1max sin alpha~~

$$T_{1\text{MAX}} = \frac{mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}{(1+\cos\alpha) + \mu \cdot \sin\alpha} = mg \frac{\left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,4\right)}{\left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2} \cdot 0,4\right)} = 0,8mg \frac{1+0,4\sqrt{3}}{2,4+\sqrt{3}}$$

$$T_{\min} = \frac{mg (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)}{(1 + \cos \alpha) \sqrt{m} |\sin \alpha|} = mg \frac{\left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,4\right)}{\left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} \cdot 0,4\right)} = mg \frac{1-0,4\sqrt{3}}{1,6+\sqrt{3}}$$

$$\text{Diagram shows a vertical string with a mass } m \text{ attached at the bottom. The angle between the string and the vertical is } 45^\circ - \frac{\alpha}{2}.$$

~~Diagram shows a vertical string with a mass  $m$  attached at the bottom. The angle between the string and the vertical is  $45^\circ - \frac{\alpha}{2}$ .~~

$$T_{1\min} \leq T_1 \leq T_{1\max}$$

$$mg \frac{10 - 4\sqrt{3}}{16 + 10\sqrt{3}} \leq T_1 \leq mg \frac{10 + 4\sqrt{3}}{24 + 10\sqrt{3}}$$

$$\frac{T_{1\max}}{T_{1\min}} = \frac{(1 + 0,4\sqrt{3}) \cdot (1,6 + \sqrt{3})}{(2,4 + \sqrt{3}) \cdot (1 - 0,4\sqrt{3})} =$$

$$= \frac{1,6 + \sqrt{3} + 0,64\sqrt{3} + 1,2}{2,4 + \sqrt{3} - 0,96\sqrt{3} - 1,2} =$$

$$= \frac{2,8 + 1,64\sqrt{3}}{1,2 + 0,04\sqrt{3}} \approx 2,1 + 1,23\sqrt{3} \approx$$

$$\frac{T_{\text{max}}}{T_{\text{min}}} \approx 4,2$$

Тока чрез динамик введо теламентом из  
аккуратно придерживайт, чтобы он не разогнался  
и боялся заморозки.

