0 711561 650008

71-15-61-65
(118.1)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 06

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьевы Горы
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Чеботарёва Савелия Александровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«05» 04 2024 года

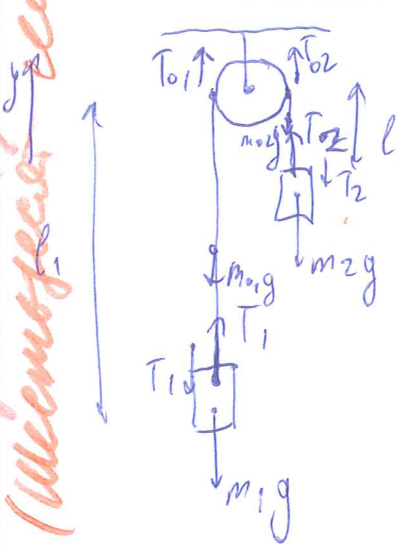
Подпись участника

71-15-61-65
(118.1)

Чистовик.

№1.

Ответ на вопрос:



$l_1 = 3l_2$.

2-й з. Ньютона: масса левой части лески

$$y: \begin{cases} 0 = T_{01} - T_1 - m_{01}g \\ 0 = T_{02} - T_2 - m_{02}g \end{cases} \quad (1)$$

← правой соотв.

Т.к. леска подчиняется закону Гука, то $\begin{cases} T_{01} - T_1 = k_1 \Delta l_1 \\ T_{02} - T_2 = k_2 \Delta l_2 \end{cases}$ (2)

k_1 и k_2 – жёстк. лесок лев. и прав. соотв.

Т.к. леска однородна! $\cancel{\rho = \frac{dm}{dl}}$.

$m_{01} = \frac{3}{4}M$

$m_{02} = \frac{M}{4}$ где M – общ. масса лев. и прав. части лесок.

Из (1) и (2) => $\begin{cases} k_1 \Delta l_1 = m_{01}g \\ k_2 \Delta l_2 = m_{02}g \end{cases}$ => $\frac{\Delta l_1}{\Delta l_2} = 3\frac{k_2}{k_1}$

Т.к. леска подч. зак. Гука, то она упруг. деформируется => $\frac{F}{S} = E\frac{\Delta l}{l}$ => $k = \frac{ES}{l}$. Для обоих лесок E – одинаков => $\frac{k_2}{k_1} = \frac{S_2 \cdot l_1}{S_1 l_2}$ А т.к. $S_2 = S_1$ (однородн. участки лески), то $\frac{k_2}{k_1} = \frac{l_1}{l_2} = 3$ => $\frac{\Delta l_1}{\Delta l_2} = 9$. =>

=> $\Delta l_1 = 0{,}9\Delta l$

$\Delta l_2 = 0{,}1\Delta l$ где Δl – полн. растяж. лески =>

=> $\Delta l_1 = 0{,}9$ мм

$\Delta l_2 = 0{,}1$ мм.

$\boxed{\text{Ответ: } \Delta l_1 = 0{,}9\Delta l,\ \Delta l_1 = 0{,}9 \text{ мм};\quad \Delta l_2 = 0{,}1\Delta l,\ \Delta l_2 = 0{,}1 \text{ мм.}}$

~~Задача Смотри решение в черновике~~

67

№	1	2	3	4
Т	5	4	4	4
З	8	7	15	20

(чертеж СИ) (Шестопалова ...)

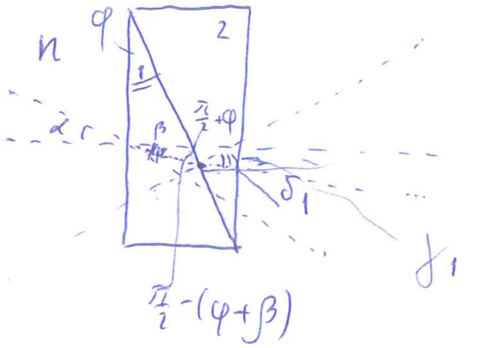
~~Черновик.~~ Чистовик

Условия для полного закона?

№4.

Зн Снеллиуса: $\sin\alpha\, n = \sin\beta \cdot n_1$

$n_1 \sin\left(\frac{\pi}{2} - \cancel{(\varphi+\beta)}\right) = \sin\gamma_1 \cdot n_2$



$\cancel{\sin\left(\frac{\pi}{2} - (\gamma_1+\varphi)\right) \cdot n_2 = \sin\delta_1 \cdot n}$

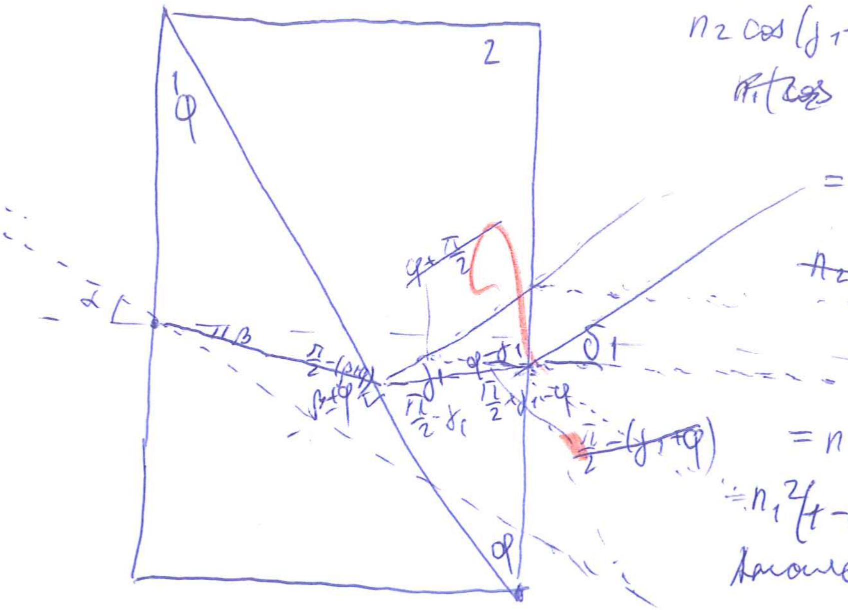
Т.к. α и $\varphi \ll 1$, то выполняется паракс. прибл: $\sin\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha \approx \alpha$.

$\alpha n = \beta n_1 \Rightarrow \beta = \frac{\alpha n}{n_1}$

$\cancel{n_1\cos(\varphi+\beta) = \gamma_1 n_2}$

$n_2 \cos(\gamma_1+\varphi) = \delta_1 \cdot n$

$n_1 \cos\left(\varphi + \frac{\alpha n}{n_1}\right) = \gamma_1 n_2 = n_1\sqrt{1 - \left(\varphi + \frac{\alpha n}{n_1}\right)^2}$



$\cancel{\gamma_1^2 n_2^2 = n_1^2\left(\frac{n_1^2 - (\varphi n_1 + \alpha n)^2}{n_1^2}\right) = n_1^2 - (\varphi n_1)^2 - 2\alpha\varphi n_1 n - (\alpha n)^2 = n_1^2(1-\varphi^2) + 2\alpha\varphi n_1 n - (\alpha n)^2.}$

~~Аналогично получим.~~

$\cancel{n_2^2(1 - \sin^2(\gamma_1+\varphi)) = \delta_1^2 n^2 \cdot \left(\frac{n}{n_2}\right)^2 \delta_1^2 = 1 - \gamma_1^2 - 2\gamma_1\varphi - \varphi^2}$

$\cancel{(\gamma_1 n_2)^2 = n_1^2(1-\varphi^2) + 2\varphi\beta n_1^2 - (\beta n_1)^2;}$ $\cancel{\left(\gamma_1 \frac{n_2}{n_1}\right)^2 = 1 - \varphi^2 + 2\varphi\beta - \beta^2.}$

$\cancel{\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^2 \delta_1^2 = 1 - \gamma_1^2 - \gamma_1\varphi - \varphi^2 \Rightarrow \beta}$

$\cancel{\left(\gamma_1 \frac{n_2}{n_1}\right)^2 = 1 - \varphi^2 + 2\varphi\alpha^2\left(\frac{n}{n_1}\right) - \alpha^2\left(\frac{n}{n_1}\right)^2}$

$\delta = \delta_1 + \alpha$

(1) $n_1(\varphi+\beta) = \gamma_1 \cdot n_2 = n_1\left(\varphi + \frac{\alpha n}{n_1}\right) \Rightarrow \gamma_1 = \frac{n_1}{n_2}\left(\varphi + \frac{\alpha n}{n_1}\right);$

$n_2 \sin(\varphi - \gamma_1) = n\delta_1$ по з. Снеллиуса:

(2) $n_2(\varphi - \gamma_1) = n\delta_1;$ $n_2\left(\varphi - \frac{n_1}{n_2}\varphi - \alpha\frac{n}{n_2}\right) = n\delta_1.$

$\delta = \delta_1 + \alpha = \alpha + \frac{n_2}{n}\left(\varphi - \frac{n_1}{n_2}\varphi - \frac{\alpha n}{n_2}\right) = \alpha + \frac{n_2}{n}\varphi - \frac{n}{n}\varphi - \alpha = \boxed{\frac{\varphi}{n}\Delta n = \delta}$

71-15-61-65 (118.1)

Чистовик — продолжение №4.

Выразим γ_1 из (1) и (2): $\gamma_1 = \frac{n_1(\varphi+\beta)}{n_2}$; $\cancel{\gamma_1 = \frac{n_2}{n\delta_1}\varphi - 1}$

$$\gamma_1 = \varphi - \frac{n\delta_1}{n_2} = \frac{n_1}{n_2}\varphi + \beta\frac{n_1}{n_2} = \frac{n_1}{n_2}\varphi + \frac{\alpha n}{n_2};$$

$$\cancel{\frac{n}{n_2} = \frac{\varphi(1-\frac{n_1}{n_2})}{\alpha+\delta_1} =}$$

$$\delta = 3\cdot\frac{\pi}{180}\cdot 0{,}5 = \frac{3}{2}\cdot\frac{\pi}{180} = \frac{\pi}{120} = \frac{3{,}14}{120} = 1{,}5^\circ.$$

Ответ: $\delta = 1{,}5^\circ$ $\left(\delta = \varphi\frac{\alpha n}{n}\right)$.

рисунок (чертеж) не соответствует решению и ответу

Ответ на вопрос №4.

Закон преломл. света (закон Снеллиуса).

~~Для поверх~~ При падении ~~ровном~~ однонаправлено напр. тонкого пучка света на маленькую площадку существует зависимость угла ~~α~~ преломл. света от угла падения

$\sin\alpha \cdot n_\alpha = \sin_\beta \cdot n_\beta$, где α – угол пад,
β – угол преломл.
n_α – коэфф. преломл. 1-й среды
n_β – коэфф. преломл. 2-й среды.

При этом это возможно только тогда, когда среда, в которую „входит" луч не полностью отражает свет и если $\alpha \le \alpha_{max}$, где α_{max} – угол полного отраж. света от поверхн, на которую он падает: $\alpha_{max} = \frac{n_\beta}{n_\alpha}$.

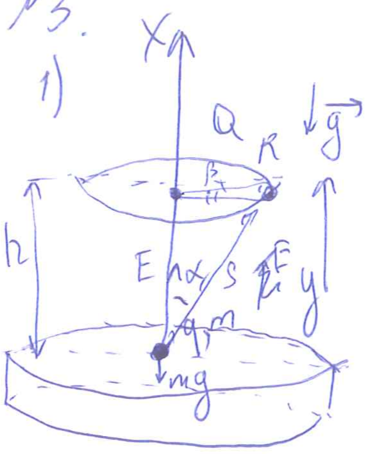
Для воздуха и вакуума $n \approx 1$

Как отсчитывают углы падения и преломления (относительно чего?)

Чистовик

№3.

1)



Найдём E:

Т.к. бусинка нах. на оси кольца Q, то напр. E в точке бусинки будет напр. строго вдоль этой оси (т.к. кольцо непров. а заряды равн-мерно по длине, напр., создав. составляющие ед. зарядом вдоль горизонт. оси компен. другими диаметр. противоп. зарядом).

$$dE_x = \frac{\rho R \cdot d\beta \cdot \cos\alpha}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon S^2} = \cancel{\frac{\rho R \cdot d\beta}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon S^2} \Rightarrow E_x = \sum_i dE_{xi} = \frac{\rho R \cdot 2\pi}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon S^2}}=$$

для возд. $\varepsilon \approx 1$

$$\cancel{= \frac{\rho R}{2\varepsilon_0 S^2} = \frac{QR}{2\pi R \cdot 2\varepsilon_0 S^2}} = \quad E_x = \sum_i dE_{xi} = \frac{\rho R \cdot 2\pi}{4\pi\varepsilon_0 S^2} \cos\alpha$$

$$= \frac{QR}{2\varepsilon_0 S^2 \cdot 2\pi R} \cdot \cos\alpha = \frac{Q\cos\alpha}{4\pi\varepsilon_0 S^2} = \frac{Q \cdot \cos^3\alpha}{4\pi\varepsilon_0 x^3}$$

$S = \frac{x}{\cos\alpha}$ $\quad S = (x^2+R^2)^{\frac{1}{2}} \Rightarrow E = \frac{Qx}{4\pi\varepsilon_0 (x^2+R^2)^{\frac{3}{2}}}$ ← если $Q>0$

На бусинку 2-й з.Н:

x: $E_x q + N - mg = 0$.

~~Если $Q>0$:~~

$$E_x = \frac{-Qx}{4\pi\varepsilon_0 (x^2+R^2)^{\frac{3}{2}}}$$

~~Если $Q<0$:~~

$$E_x = \frac{Qx}{4\pi\varepsilon_0 (x^2+R^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

$N \geq 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow mg - E_x q \geq 0$.

$E_x \leq \frac{mg}{q} \Rightarrow$ Если $Q>0$:

$$\frac{-Qqx}{4\pi\varepsilon_0 (x^2+R^2)^{\frac{3}{2}}} \leq mg.$$

$$Q \geq -\frac{4\pi\varepsilon_0 (x^2+R^2)^{\frac{3}{2}} mg}{qx} = f(x).$$

$$f' = \frac{4\pi\varepsilon_0 mg}{q}\left(\frac{\frac{3}{2}(x^2+R^2)^{\frac{1}{2}} \cdot 2x}{x} - \frac{(x^2+R^2)^{\frac{3}{2}}}{x^2}\right) = 0.$$

$$3(x^2+R^2)^{\frac{1}{2}} - \frac{(x^2+R^2)^{\frac{3}{2}}}{x^2} = 0; \quad (x^2+R^2)^{\frac{1}{2}}\left(3 - \frac{x^2+R^2}{x^2}\right) = 0$$

$$\frac{(x^2+R^2)^{\frac{1}{2}}}{x^2}(2x^2-R^2) = 0. \Rightarrow 2x^2 = R^2 \Rightarrow x = \frac{R}{\sqrt{2}}.$$ - минимум ф-ции (ф-ция 2-й степени + погрф)

71-15-61-65 (118.1)

чистовик продолж. №3.

Аналогично получится, если $Q<0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow |Q| = \frac{4\pi\varepsilon_0\left(\frac{R^2}{2}+R^2\right)^{\frac{3}{2}}mg}{q\frac{R}{\sqrt{2}}} = \frac{4\pi\varepsilon_0 mgR^2\left(\frac{3}{2}\right)^{\frac{3}{2}}\cdot\sqrt{2}}{q}$$

По усл. $R=a \Rightarrow |Q| = \frac{4\pi\varepsilon_0 mga^2}{q} 3^{\frac{3}{2}} \cdot 2^{-\frac{3}{2}} \cdot 2^{\frac{1}{2}} =$

$$= \boxed{\frac{2\sqrt[3]{9}\,\pi\varepsilon_0 mga^2}{q} = |Q|}$$

арифметическая ошибка

2) $h = a = 24$ см.

$$E_x = \frac{-Qh}{4\pi\varepsilon_0(h^2+a^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{-Q}{4\pi\varepsilon_0 a^2 2^{\frac{3}{2}}}$$

y: Если бус. пришла в движ., то $v=0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow mg = E_x q \Rightarrow q = \frac{mg}{E_x} = \frac{-4\pi\varepsilon_0 a^2 2^{\frac{3}{2}}}{Q} mg$$

ЗИЭ:

$$W_n + \frac{mv^2}{2} + W_{вз} = const.$$

W_n – в поле Земли; $W_{вз}$ – взаим. бусинки с кольцом.

$$W_{вз\,1} = \sum_i \frac{kq\,dQ_i}{S} = \frac{kq}{S}\sum_i dQ_i = \frac{kqQ}{S} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 S} = \frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 l} + \frac{mv^2}{2} + mg(l+S)$$

А т.к. $v^2 = \dot{l}^2$ и l-max $\Rightarrow \dot{l}=0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 a\sqrt{2}} = \frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 l} + mgl + mga;$$

$$\frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 l} - \frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 a\sqrt{2}} + mgl + mga = 0.$$

$$\frac{Qqa\sqrt{2} - Qql + 4\pi\varepsilon_0 l^2 a\sqrt{2}\,mg + mg\,4\pi\varepsilon_0 l a^2\sqrt{2}}{4\pi\varepsilon_0 l S} = 0.$$

$$l^2 + lS - \frac{Qql}{4\pi\varepsilon_0 a mg\sqrt{2}} + \frac{Qqa}{4\pi\varepsilon_0 a mg\sqrt{2}} = 0.$$

$$l = \frac{\frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 a mg\sqrt{2}} - S + \sqrt{\left(\frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 a mg\sqrt{2}} - a\right)^2 - 4\frac{QqS}{4\pi\varepsilon_0 a mg\sqrt{2}}}}{2} =$$

Чистовик. продолж. №3.

~~$l = \frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 S m g}\left(1+\sqrt{1-\frac{16\pi\varepsilon_0 S m g}{Qq}}\right)-\frac{S}{2}$~~

Ответ

~~$L = l + S$~~ $\rightarrow$ $L = l + S = \dfrac{S+\frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 a m g \ell^2}+\sqrt{\left(\frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 m g a \ell^2}-a\right)^2-\frac{4QqS}{\pi\varepsilon_0 a \ell^2 m g}}}{2}.$

Черновик.

Ответ на вопр. 3

Взаимодействие точечных эл. зарядов можно считать потенциальным в том случае, если источник заряда в рассм. СО покоится, при этом это поле опис. ф-цией $\vec{E}=f(\vec{r}, t)$, где $\vec{r}$ – радиус-вектор от ист. заряда до рассм. точки, t – время.

Обычно рассм. случай $\vec{E}=f(\vec{r})$

Нуж Работа по перемещению заряда в поле не зависит от формы траектории, а только от ~~...~~ в начале и конце пути.

продолжение Чистовик.

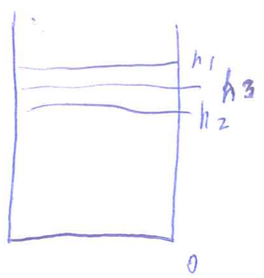
~~продолжение~~ ответа на вопр 2.

~~Од~~ Адиаб. квазиравновесный процесс явл. частным случаем политропного процесса.

Для ид. газа: $c_p = \frac{i+2}{2}R$, $c_v = \frac{i}{2}R$, где i-степ. свободы мол-мы ид газа. R-ун. газ. пост. $\Rightarrow$ $\boxed{\gamma = \frac{i+2}{i}}$

Для одноатомн мол-лы $i=3$, для 2-х атомн $i=5$, для 3-х и более: $i=6$. Но бывает исключения.

~~Черновик~~ Чистовик продолж. №2.



$$A = p_0 S(h_3-h_2) + m_n g(h_3-h_2)$$

$$A = -\frac{\alpha V^{1-\gamma}}{1-\gamma}\Big|_{V_1}^{V_2} = -\frac{\alpha}{1-\gamma} S^{1-\gamma}\left(h_3^{1-\gamma} - h_2^{1-\gamma}\right) =$$

$$= p_0 S(h_3-h_2) + m_n g(h_3-h_2);$$

$$\frac{-\frac{\alpha S^{1-\gamma}}{1-\gamma}\left(h_3^{-\gamma}-h_2^{-\gamma}\right)}{-\frac{\alpha S^{1-\gamma}}{1-\gamma}\left(h_2^{-\gamma}-h_1^{-\gamma}\right)} = \frac{p_0 S + m_n g}{p_0 S + m_n g + m_2 g} \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{h_3^{-\gamma}-h_2^{-\gamma}}{h_2^{-\gamma}-h_1^{-\gamma}}$$

Т.к. $pV^\gamma = const$ (квазиравн. процесс), то $\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma =$

$$= \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^\gamma \Rightarrow \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^\gamma = \frac{h_3^{-\gamma}-h_2^{-\gamma}}{h_2^{-\gamma}-h_1^{-\gamma}} \Rightarrow h_3^{-\gamma} = \left(h_2^{-\gamma}-h_1^{-\gamma}\right)\left(\frac{h_2}{h_1}\right)^\gamma + h_2^{-\gamma} =$$

$$= \left(\frac{1}{h_2^\gamma} - \frac{1}{h_1^\gamma}\right)\left(\frac{h_2}{h_1}\right)^\gamma + \frac{1}{h_2^\gamma} = \frac{h_1^\gamma - h_2^\gamma}{(h_1h_2)^\gamma}\left(\frac{h_2}{h_1}\right)^\gamma + \frac{1}{h_2^\gamma} = \frac{h_1^\gamma - h_2^\gamma}{h_1^{2\gamma}} + \frac{1}{h_2^\gamma} =$$

$$= \frac{(h_1h_2)^\gamma - h_2^{2\gamma} + h_1^{2\gamma}}{h_1^{2\gamma} h_2^\gamma} = \frac{1}{h_3^\gamma} \Rightarrow h_3 = \sqrt[\gamma]{\frac{h_1^{2\gamma} h_2^\gamma}{(h_1h_2)^\gamma - h_2^{2\gamma} + h_1^{2\gamma}}} =$$

$$= \frac{h_1^2 h_2}{\sqrt[\gamma]{\left(h_1^\gamma + h_2^\gamma\right)^2 - 2h_2^{2\gamma} - (h_1h_2)^\gamma}} \quad A\ т.к.\ \gamma = \frac{7}{5}, \quad \cancel{29}$$

$$\cancel{h_3 = \frac{29^2 \cdot 30}{\sqrt[7/5]{\left(29^{\frac{7}{5}} + 30^{\frac{7}{5}}\right)^2 - 2\cdot 30^{\frac{7}{5}} - (29\cdot 30)^{\frac{7}{5}}}}} =$$

~~Отв~~

Ответ: $h_3 = \dfrac{h_1^2 h_2}{\sqrt[7/5]{(h_1h_2)^{\frac{7}{5}} - h_2^{\frac{14}{5}} + h_1^{\frac{14}{5}}}}$ где $\gamma = \frac{7}{5}$.

№2. Ответ на вопрос:

Показателем адиабаты называется отношение мол. тепл. ид. газа в изобар. проце. к мол. тепл. в изохор. проц.:
сист. у

$\gamma = \frac{C_p}{C_V}$ при квазиравн. процессе, равнох. с газом и при $C = \cancel{const}$ $C = 0$, где C – мол. тепл. сист. из ид. газа.

~~Черновик~~. Чистовик

$T_б = T_м \cos\beta \frac{l}{l_0}$

② если $F_{тр\,x} < 0$

$\mu mg\cos\alpha - \mu T_м \frac{\cancel{x_и}}{\cos\beta}\frac{l}{l_0}\cancel{\frac{\cos\alpha}{\sin\beta}} = mg\sin\alpha - T_н - T_б\cos\beta$

$\mu mg\cos\alpha - \mu T_м \cos\beta \frac{l}{l_0} = mg\sin\alpha - T_н - T_м \cancel{\cos\alpha}\cdot\cos^2\beta\frac{l}{l_0}$.

$$T_м = \frac{mg(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}{1 + \frac{l}{l_0}\cos^2\beta - \mu\cos\beta\frac{l}{l_0}}$$

Дифф:

$$\frac{dT_м}{d\beta} = -\frac{mg(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}{\left(1+\frac{l}{l_0}\cos^2\beta - \mu\cos\beta\frac{l}{l_0}\right)^2}\left(-2\frac{l}{l_0}\cos\beta\cdot\sin\beta + \mu\sin\beta\frac{l}{l_0}\right) = 0$$

$\cancel{\sin\beta(\mu \cdot l}\ \sin\beta(\mu - 2\cos\beta) = 0.$

$\cos\beta = \boxed{\frac{\mu}{2}} = 0{,}2.$

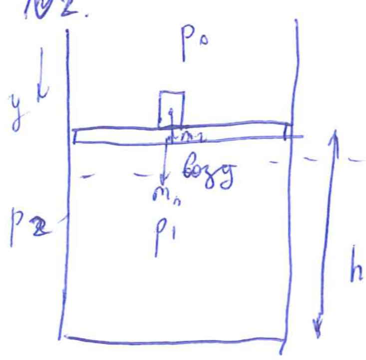
$$T_м = \frac{mg\left(\frac{1}{2} - 0{,}4\frac{\sqrt{3}}{2}\right)}{1 + \frac{1}{\sqrt{3}}0{,}04 - 0{,}4\cdot 0{,}2\frac{1}{\sqrt{3}}} = \frac{mg}{2}\frac{(1-0{,}4\sqrt{3})\sqrt{3}}{\sqrt{3}+0{,}04-0{,}08} =$$

$$= \frac{mg}{2}\frac{(1-0{,}4\cdot1{,}7)\cdot1{,}7}{1{,}7-0{,}04} = \frac{mg\cdot0{,}32\cdot1{,}7}{2\cdot1{,}68} \approx \boxed{0{,}36mg}$$

Ответ: $T_1 = 0{,}36mg$ если $F_{тр}$ напр. вверх и

$T_2 = \frac{mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}{1 + \cos\beta\frac{l}{l_0} + \mu\sin\beta\cdot\cos\beta\frac{l}{l_0}}$ где $\cos\beta \approx \frac{3}{16}$, $\frac{l}{l_0} = \frac{1}{\sqrt{3}}$.

№2.



$i = 5$. y: $0 = p_0S - p_1S + m_1g$

$0 = p_0S - p_2S + (m_1 + m_2)g.$

$pV^\gamma = const = \alpha$ $\quad \gamma = \frac{\frac{5}{2}+1}{\frac{5}{2}} = \boxed{\frac{7}{5}}$.

$p_0V_0^\gamma = p_1V_1^\gamma.$ $\quad dpV^\gamma + \gamma pV^{\gamma-1}dV = 0$

$\delta A = pdV = \cancel{-\frac{pdpV}{\gamma}} =$ $\quad \cancel{dp = -\gamma p\frac{dV}{V}}$

$= -\frac{dpV}{\gamma} = \frac{\alpha}{V^\gamma}dV$ $\quad \cancel{dV = -\frac{dpV}{\gamma p}}$

$(p_0S + (m_1+m_2)g)\Delta h = -\frac{\alpha V^{1-\gamma}}{1-\gamma}\Big|_{V_0} = -\frac{\alpha S}{1-\gamma}\left(h_1^{1-\gamma} - h_0^{1-\gamma}\right)$

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

$\mu mg\cos\alpha - \mu T_H \sin\beta\cdot\cos\beta\frac{l}{l_0} = T_H + T_H\cos^2\beta\frac{l}{l_0} - mg\sin\alpha$. ~~Черновик~~. Чистовик.

$mg(\sin\alpha+\mu\cos\alpha) = T_H\left(1+\cos^2\beta\frac{l}{l_0}+\mu\sin\beta\cdot\cos\beta\frac{l}{l_0}\right)$

$$T_H = \frac{mg(\sin\alpha+\mu\cos\alpha)}{1+\cos^2\beta\frac{l}{l_0}+\mu\sin\beta\cdot\cos\beta\frac{l}{l_0}}$$ $\sin\beta = \frac{l\cos\alpha}{l_2}$

продиф. ур-е:

$$\frac{dT_H}{d\beta} = \frac{-mg(\sin\alpha+\mu\cos\alpha)\left(2\cos\beta\frac{l}{l_0} - \mu\frac{l}{l_0}\sin^2\beta + \mu\frac{l}{l_0}\cos^2\beta\right)}{\left(1+\cos^2\beta\frac{l}{l_0}+\mu\sin\beta\cdot\cos\beta\frac{l}{l_0}\right)^2} = 0$$

находим точки экстремума $T_H(\beta)$

$2\cos\beta\frac{l}{l_0} + \frac{\mu l}{l_0}(\cos^2\beta - \sin^2\beta) = 0.$

$2\cos\beta\frac{l}{l_0} = -\frac{\mu l}{l_0}\cos 2\beta = \frac{l}{l_0}\frac{\sin 2\beta}{\sin\beta} \Rightarrow \operatorname{tg}2\beta = -\mu\sin\beta. =$

$= \frac{2\sin\beta\cdot\cos\beta}{2\cos^2\beta-1} = -\mu\sin\beta$; $\cancel{\frac{\sin\beta(2\cos\beta+\mu)}{2\cos^2\beta-1}=0}$

$\frac{\sin\beta(2\cos\beta+2\mu\cos^2\beta-\mu)}{2\cos^2\beta-1} = 0.$ $\beta = 0$ – не подх.. $\cos^2\beta \neq \frac{1}{2}$

$2\mu\cos^2\beta + 2\cos\beta - \mu = 0.$

$\cos^2\beta + \frac{1}{\mu}\cos\beta - \frac{1}{2} = 0.$

$\cos\beta = \frac{-\frac{1}{\mu}\pm\sqrt{\left(\frac{1}{\mu}\right)^2+2}}{2} = \frac{1}{2\mu}\left(\sqrt{1+2\mu^2}-1\right) =$

только корень >0

$= \frac{1}{0{,}8}\left(\sqrt{1+2\cdot 0{,}16}-1\right) = \frac{1}{0{,}8}\left(\sqrt{1{,}32}-1\right) \approx \frac{1}{0{,}8}(1{,}15-1) =$

$= \frac{15}{80} = \frac{3}{16}$ $\cancel{\approx 0{,}25}$.

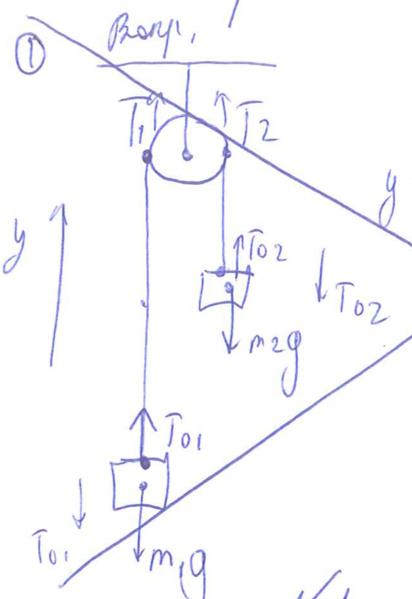
чуть меньше $\frac{1}{4} \Rightarrow$ подх.

$\cancel{T_H = \frac{mg\left(\frac{1}{2}+0{,}4\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}\right)}{1+\frac{9}{256}}}$ $l_0 = l\sqrt{2(1-\cos(\alpha+\frac{\pi}{2}))} =$

$= l\sqrt{2(1+\sin\alpha)} = l\sqrt{3}.$

$$T_H \approx \frac{mg\left(\frac{1}{2}+0{,}4\frac{\sqrt{3}}{2}\right)}{1+\frac{9}{256}\frac{1}{\sqrt{3}}+0{,}4\cdot\frac{12}{16}\cdot\frac{9}{16}\frac{1}{\sqrt{3}}} = \frac{mg(1+0{,}4\sqrt{3})\cdot 256\sqrt{3}}{2(256\sqrt{3}+9+0{,}4\cdot 108)}$$

~~Черновик~~ Чистовик



$\Delta l = 1$ см $\quad \rho = \frac{dm}{dl}$. M,

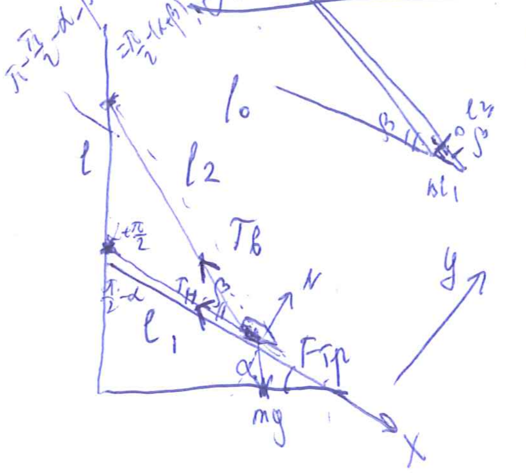
$y: \ 0 = T_1 - T_{01} - \frac{3}{4}Mg$,

$0 = T_2 - T_{02} - \frac{Mg}{4}$.

$\frac{Mg}{4} = k\Delta l_1$.

$\frac{3}{4}Mg = k\Delta l_2 \Rightarrow$

Задача N1



$x: \ 0 = mg\sin\alpha - T_H - T_B\cdot\cos\beta + F_{Tp\,x}$

$y: \ 0 = N - mg\cos\alpha + T_B\cdot\sin\beta$.

$\frac{l_2}{\sin(\alpha+\frac{\pi}{2})} = \frac{l}{\sin\beta} \Rightarrow \sin\beta = \frac{l\cdot\cos\alpha}{l_2}$

$\cancel{l_1 =}\ T_H = k_H(l_1 - l)$; $\quad T_B = T_H\frac{l_2 - l_0}{l_1 - l}\frac{k_B}{k_H} = T_H\left(\frac{l_2 - l_0}{l_1 - l}\right)\frac{l}{l_0}$

$T_B = k_B(l_2 - l_0)$,

$N = mg\cos\alpha - k_B(l_2 - l_0)\sin\beta =$

$= mg\cos\alpha - k_B(l_2 - l_0)\frac{l\cos\alpha}{l_2}$. $\quad \left(\frac{l_1}{\cos(\alpha+\beta)} = \frac{l_2}{\cos\alpha} \Rightarrow\right.$

$F_{Tp\,x} = k_H(l_1 - l) + k_B(l_2 - l_0)\cdot\cos\beta - mg\sin\alpha$.

$k_H = \frac{ES}{l} = \frac{\alpha}{l}$

$k_B = \frac{ES}{l_0} = \frac{\alpha}{l_0}$. $\Rightarrow N = mg\cos\alpha - \frac{\alpha(l_2 - l_0)l\cos\alpha}{l_0 l_2}$.

$F_{Tp\,x} = \alpha\left[\frac{l_2 - l}{l} + \frac{l_2 - l_0}{l_0}\cdot\cos\beta\right] - mg\sin\alpha$.

① $F_{Tp\,x} > 0$.

$\mu(mg\cos\alpha - T_B\sin\beta) = T_H + T_B\cos\beta - mg\sin\alpha$

$\mu mg\cos\alpha - \mu T_H\left(\frac{l_2 - l_0}{l_1 - l}\right)\frac{l}{l_0}\frac{l\cdot\cos\alpha}{l_2} = T_H + T_H\frac{(l_2 - l_0)k_B}{(l_1 - l)k_H}\cos\beta - mg\sin\alpha$.

$\Rightarrow$ ~~$l_1 = \frac{l_2\cos(\alpha+\beta)}{\cos\alpha} = l_2(\cos\beta - \operatorname{tg}\alpha\cdot\sin\beta)$~~,

~~$\Delta l_1 = \Delta l_2(\cos\beta - \operatorname{tg}\alpha\cdot\sin\beta) + l_2(-\sin\beta - \operatorname{tg}\alpha\cdot\cos\beta)$~~

$\Delta l_1 = \Delta l_2\cdot\cos\beta$; $\quad T_B = T_H\cos\beta\frac{l}{l_0}$.