0 936640 030001

93-66-40-03
(118,1)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Выход: 15:18
Вход: 15:20

Вариант №6 10 класс

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьёвы горы
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Гришина Ильи Дмитриевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«5» апреля 2024 года

Подпись участника

93-66-40-03 (118.1)

Чистовик №4: Чистовик

формула?

~~Во~~ Ответ: Отношение синусов углов падения и преломления равно отношению показателей преломления сред в которой идёт преломлённый луч к той, где он шёл до преломления.

Задача: По з-ну преломления: $\sin(\alpha)\cdot 1 = n_1\sin\beta \Rightarrow$ (т.к α мал, то и β мал ($\alpha<10^\circ$)) $\Rightarrow \beta = \frac{\alpha}{n_1}$. Из прямоугольных треугольников ABC и OBC $\Rightarrow \angle ACB = \frac{\pi}{2}-\varphi \Rightarrow \angle OBC = \frac{\pi}{2} - \angle ACB = \varphi$

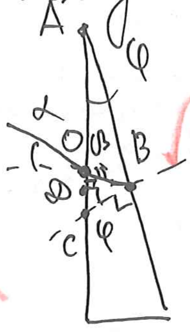


рис. 1

З-н преломления для 2-го преломления: $(\angle OBC)\cdot n_1 = n_2\gamma$ (с учётом малости углов) $(\angle OBC = \varphi + \beta)$

$$\gamma = \frac{n_1}{n_2}\left(\varphi+\frac{\alpha}{n_1}\right)$$

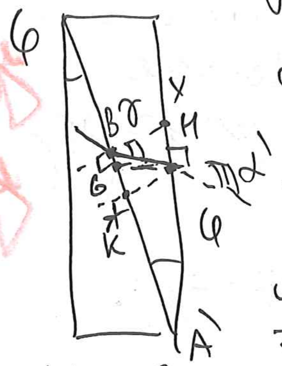


рис. 2.

Из прямоугольных треугольников $\Delta GHA'$, ΔBHK, ($KH \parallel BX$)

$\angle A'GH = \frac{\pi}{2}-\varphi \Rightarrow \angle GHK = \frac{\pi}{2} - \angle A'GH = \varphi$

т.к $KH \parallel BX$, то $\angle YBH = \angle BHK = \gamma$

$\Rightarrow \angle BHG = \gamma - \varphi$

По з-ну преломления для 3-го преломления (с учётом малости углов)

$(\gamma-\varphi)n_2 = \alpha'\cdot 1 \Rightarrow \alpha' = n_1\left(\varphi+\frac{\alpha}{n_1}\right) - \varphi n_2 = \alpha' \Rightarrow$

$\Rightarrow \alpha'-\alpha = \varphi(n_1-n_2)$

Видим, что $\alpha'-\alpha<0$ ($n_1-n_2<0$), но т.к просят найти отклонение от первонач. направления, то $\delta = |\alpha'-\alpha| = \varphi(n_2-n_1) = \varphi\Delta n$

$\delta = 3^\circ\cdot 0{,}5 = 1{,}5^\circ$ (Для проверки малости углов: $\beta<\alpha$, т.к $\beta=\frac{\alpha}{n_1}$, $n_1>1 \Rightarrow \beta \ll 1$ рад; $\gamma = \frac{n_1}{n_2}\varphi + \frac{\alpha}{n_2} \Rightarrow \gamma \ll 1$ рад) и т.д.)

Ответ: $\delta = 1{,}5^\circ$

N	1	2	3	4
Т	2	4	2	4
З	14	20	~~17~~	

83

№3. Чистовик

Ответ на вопрос: В случае, если расстояние между зарядами гораздо (хотя бы на порядок) больше, чем их размеры, то их взаимодействие можно считать потенциальным.

Решение задачи: Рассмотрим взаимодействие кольца и бусинки, когда кольцо на высоте H.

Выделим небольшой (бесконечно малый) кусочек кольца, зарядом dQ. По з-ну Кулона: $\frac{dQ \cdot qk}{r^2} = dF$ (будет считаться, что $dQ < 0$)

$\Rightarrow dF = \frac{qk}{a^2+H^2} \cdot dQ$ ($r^2 = a^2 + H^2$ по т. Пифагора)

т.к. все точки кольца равноудалена от бусинки, то все горизонтальные проекции сил скомпенсируют друг друга.

Значит $\sum \vec{dF_x} = 0$, а $dF_y = \frac{dQ\,qk}{a^2+H^2} \cdot \cos(\alpha)$

$dF_y = \frac{dQ\,qk}{a^2+H^2} \cdot \frac{H}{\sqrt{a^2+H^2}}$, т.к. Отсюда $F = F_y =$

$= \int_0^Q \frac{qkH}{(a^2+H^2)^{3/2}} dQ \Rightarrow F = \frac{qQkH}{(a^2+H^2)^{\frac{3}{2}}}$

Найдем Fmax взяв производную по dH

$\frac{d\left(\frac{qQkH}{(a^2+H^2)^{\frac{3}{2}}}\right)}{dH} = qQk \cdot \frac{(a^2+H_0^2)^{\frac{3}{2}} - \frac{3}{2} H_0 \sqrt{a^2+H_0^2} \cdot 2H_0}{(a^2+H_0^2)^3} = 0$

($H_0 = -\frac{a}{2}$ идентичен)

$\Rightarrow a^2 + H_0^2 - 3H_0^2 = 0 \Rightarrow H_0 = \frac{a}{2}$ (при H_0 $F \to F_{max}$)

$F_{max} = qQk \cdot \frac{\frac{a}{2}}{(a^2+\frac{a^2}{4})^{\frac{3}{2}}} = qQk \cdot \frac{\frac{a}{2}}{a^3 (\frac{5}{4})^{3/2}} = \frac{qQk}{a^2} \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2}$

$F_{max} = \frac{qQk}{2a^2} \cdot \frac{8}{5\sqrt{5}} = \frac{4qQk}{5\sqrt{5}}$

Бусинка не придёт в движение, если

93-66-40-03 (118.1)

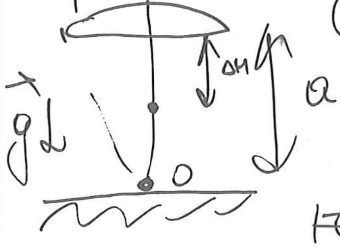
$mg \geq |F_{max}| \Rightarrow mg \geq \frac{4q|Q|k}{5\sqrt5} \Rightarrow |Q| \leq \frac{5\sqrt5\, mg}{4qk}$ Чистовик

По условию F при $H = a$: $F = mg$. $\Rightarrow$ $|Q| \leq \frac{5\sqrt5\, mg \pi \varepsilon_0}{q}$

$\Rightarrow \frac{q|Q|k\cdot a}{(2a^2)^{\frac32}} = \frac{q|Q|k}{a^2\cdot 2\sqrt2} = mg$ (1)

Проанализуем, что произойдёт далее

Найдём пот. энергию взаимодействия кольца и бусинки, также разбив его на малые кусочки:



$\cancel{dQ}$ $\frac{dQ\, q k}{r_a} = d\varphi_q = \frac{qk\, dQ}{\sqrt{a^2+H^2}} = dw \Rightarrow$

$dw \Rightarrow w = \frac{qk}{\sqrt{a^2+H^2}}\int_0^Q dQ = \frac{qQk}{\sqrt{a^2+H^2}}$.

Т.к. трения нет, запишем з-н сохранения энергии: $w_1 + \Pi_1 + k_1 = w_2 + \Pi_2 + k_2$.

(П - пот. энергия грав. взаимодействия) $w_1 = \frac{qQk}{\sqrt2 a}$; $\Pi_1 = 0$; $k_1 = 0$

(к - кин. энергия) В момент, когда $k_2 = 0$ $H = H_{max}$ (т.к сначала бусинка разгоняется, затем замедляется ~~поле~~ под действием силы тяжести и элект. сил (или бусинка будет выше кольца)

Отсюда: $-\frac{q|Q|k}{\sqrt2 a} + 0 + 0 = -\frac{q|Q|k}{\sqrt{a^2+\Delta H^2}} + mgH_{max} + 0$ (2)

Предположим $H_{max} = \Delta H + a$ (т.е бусинка пролетит кольцо)

Из (1) и (2) $-\frac{2\sqrt2\, mga^2}{\sqrt2 a} + 0 + 0 = -\frac{2\sqrt2\, mga^2}{\sqrt{a^2+(H_{max}-a)^2}} + mg(\cancel{\Delta H + a})^{H_{max}}$

$\Rightarrow -2a = -\frac{2\sqrt2\, a^2}{\sqrt{a^2+(H_{max}-a)^2}} + H_{max}$.

$\Rightarrow$ ~~$4a^2$ $2a\sqrt{a^2+(H_{max}}$~~

$-2a(a^2+(H_{max}-a)^2) = -2\sqrt2\, a^2\sqrt{a^2+(H_{max}-a)^2} + H_{max}(a^2 + (H_{max}-a)^2)$

$8a^4(a^2+(H_{max}-a)^2) = (2a+H_{max})^2(a^2+(H_{max}-a)^2)^2$

Много арифметических ошибок

$8a^4=(2a+H_{max})^2(a^2+(H_{max}-a)^2)$ Чистовик.

$8a^4=(4a^2+4aH_{max}+H_{max}^2)(a^2+a^2-2aH_{max}+H_{max}^2)$

$8a^4=(4a^2+4aH_{max}+H_{max}^2)(2a^2-2aH_{max}+H_{max}^2)$

$8a^4=8a^4-8a^3H_{max}+4a^2H_{max}^2+8a^3H_{max}-8a^2H_{max}^2$

$+4aH_{max}^3+2a^2H_{max}^2-2aH_{max}^3+H_{max}^4\Rightarrow$

$\Rightarrow \cancel{0=-16a^3+4a^2H_{max}-6aH_{max}^2+H_{max}^3}$

$\cancel{H_{max}^3-6aH_{max}^2+4a^2H_{max}-16a^3=0.}$

$0=0-2a^2H_{max}^2-2aH_{max}^3+H_{max}^4\Rightarrow$

$\Rightarrow H_{max}^2-2aH_{max}-2a^2=0$

$H_{max}=a(1\pm\sqrt{1+2})\Rightarrow a(1+\sqrt{3})=H_{max}.$

(Отрицательный корень не подходит по смыслу)

$H_{max}\approx 24см(1+1,73)=24см\cdot 2,73$

$$\begin{array}{r} 2,73 \\ \times\ 24 \\ \hline 1092 \\ 546\ \ \\ \hline 65,52 \end{array}$$

$H_{max}\approx 65,52см\approx 66см.$

(т.к $H_{max}>a$, то наше предположение верно)

Ответ: $|Q|\le\frac{5\sqrt{5}mg\pi\varepsilon_0}{q}$, $H_{max}=a(1+\sqrt{3})$ $H_{max}\approx 65,3см$

Задание 2.

Ответ на вопрос: идеальный газ может быть: одноатомным $C_V=\frac{3}{2}R$; $C_p=\frac{5}{2}R$; двухатомным ($C_V=\frac{5}{2}R$; $C_p=\frac{7}{2}R$), многоатомным ($C_V=3R$; $C_p=4R$) в зависимости от кол-ва степеней свободы: по определению $\gamma=\frac{C_p}{C_V}$

$\Rightarrow\gamma_1=\frac{5}{3};\ \gamma_2=\frac{7}{5};\ \gamma_3=\frac{4}{3}$

(одноатом) (двухатом) (многоатом)

Решение задачи: По условию все процессы можно считать квазиравновесными, а значит рассмотрим ситуацию, когда пружина достигает нижнего положения;

пусть масса поршня и гири M и m соответственно.

Условие равновесия поршня в том положении:

93-66-40-03
(118.1)

~~$mg = p_0 \cdot s$~~ $mg + p_a s = p_0 s$ (0) Чистовик.

Т.к. вся система теплоизолирована, $Q = 0$

Запишем з-н сохранения энергии:

$U_0 + \Pi_0 + A_{внеш_1} = U_1 + \Pi_1$. ($\Pi$ - пот. энергия грав. взаимодействия)

(1) $\frac{5}{2} p_0 s h_0 + (m+M) g h_0 + p_a s (h_0 - h_1) = (m+M) g h_1 + \frac{5}{2} p_1 s h_1$

(поршень с гирей достигнут h_1, тогда $K = 0$ (K - кин. энергия (поршня с гирей))

Запишем ЭСЭ для поршня, когда гирю убрали: $U_1 + \Pi_1 \frac{M}{m+M} = U_2 + \Pi_2 + A_{внеш_2}$

$\frac{5}{2} p_1 s h_1 + mgh_1 = \frac{5}{2} p_2 s h_2 + mgh_2 + p_a s (h_2 - h_1)$ (2)

Преобразуем (1) и (2) с учетом (0).

$\frac{5}{2} p_0 s h_0 + mg(h_0 - h_1) + p_0 s (h_0 - h_1) = \frac{5}{2} p_1 s h_1$ (3)

$\frac{5}{2} p_1 s h_1 = \frac{5}{2} p_2 s h_2 + p_0 s (h_2 - h_1)$ (4)

Для адиабатического процесса справедливо

$p_0 (sh_0)^{7/5} = p_1 (sh_1)^{7/5}$; $p_1 (sh_1)^{7/5} = p_2 (sh_2)^{7/5}$

$\Rightarrow p_1 = p_0 \left(\frac{h_0}{h_1}\right)^{7/5}$; $p_2 = p_0 \left(\frac{h_0}{h_2}\right)^{7/5}$. Отсюда:

$\frac{5}{2} h_1 p_0 \left(\frac{h_0}{h_1}\right)^{7/5} = \frac{5}{2} p_0 \left(\frac{h_0}{h_2}\right)^{7/5} h_2 + p_0 (h_2 - h_1) \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{5}{2} h_1 \left(\frac{h_0}{h_1}\right)^{7/5} = \frac{5}{2} h_2 \left(\frac{h_0}{h_2}\right)^{7/5} + (h_2 - h_1)$

~~$(h_2 - h_1) = \frac{5}{2} h_0^{7/5} \left(\frac{1}{h_1^{7/5}} - \frac{1}{h_2^{7/5}}\right)$~~

Пусть $h_1 = h_0 + \Delta h_1$; $h_2 = h_0 + \Delta h_2$. Будем считать, что Δh_1 и $\Delta h_2 << h_0$, тогда:

$\frac{5}{2} h_1 \left(1 + \frac{\Delta h_1}{h_0}\right)^{-\frac{7}{5}} = \frac{5}{2} h_2 \left(1 + \frac{\Delta h_2}{h_0}\right)^{-\frac{7}{5}} + (h_2 - h_1)$

$\frac{5}{2} h_1 \left(1 - \frac{7}{5} \frac{\Delta h_1}{h_0} + \left(\frac{\Delta h_1}{h_0}\right)^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{7}{5} \cdot \frac{12}{5}\right) = \frac{5}{2} h_2 \left(1 - \frac{7}{5} \frac{\Delta h_2}{h_0} + \right.$

$\left. + \left(\frac{\Delta h_2}{h_0}\right)^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{7}{5} \cdot \frac{12}{5}\right) + \Delta h_2 - \Delta h_1$

$\frac{5}{2} (h_0 + \Delta h_1) \left(1 - \frac{7}{5} \frac{\Delta h_1}{h_0} + \frac{84}{50} \left(\frac{\Delta h_1}{h_0}\right)^2\right) = \frac{5}{2} (h_0 + \Delta h_2) \left(1 - \frac{7}{5} \frac{\Delta h_2}{h_0} + \right.$

$\left. + \frac{84}{50} \left(\frac{\Delta h_2}{h_0}\right)^2\right) + \Delta h_2 - \Delta h_1$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

$\cancel{\frac{5}{2}h_0 - \frac{7}{2}\frac{\Delta h_1^2}{h_0}}$ Δh_1^3 пренебрегаем. Чистовик.

$$\frac{5}{2}h_0 - \frac{7}{2}\Delta h_1 + \frac{41}{10}\frac{\Delta h_1^2}{h_0} = \frac{5}{2}h_0 + \frac{5}{2}\Delta h_1 - \frac{7}{2}\frac{\Delta h^2}{h_0} =$$

$$= \frac{5}{2}h_0 - \frac{7}{2}\Delta h_2 + \frac{41}{10}\frac{\Delta h_2^2}{h_0} + \frac{5}{2}\Delta h_2 - \frac{7}{2}\Delta h_2^2 + \Delta h_2 - \Delta h_1$$

$$-\frac{7}{2}\Delta h_1 + \frac{21}{5}\frac{\Delta h_1^2}{h_0} + \frac{5}{2}\Delta h_1 - \frac{7}{2}\frac{\Delta h_1^2}{h_0} = -\frac{7}{2}\Delta h_2 + \frac{21}{5}\frac{\Delta h_2^2}{h_0}$$

$$+\frac{5}{2}\Delta h_2 - \frac{7}{2}\frac{\Delta h_1^2}{h_0} + \Delta h_2 - \Delta h_1$$

$$\frac{7}{10}\frac{\Delta h_2^2}{h_0} = \frac{7}{10}\frac{\Delta h_1^2}{h_0} - \Delta h_1 \Rightarrow \Delta h_2 = \sqrt{h_0\left(\frac{\Delta h_1^2}{h_0} - \frac{10}{7}\Delta h_1\right)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_2 = h_0 + \sqrt{h_0\left(\frac{(h_1-h_0)^2}{h_0} - \frac{10}{7}(h_1-h_0)\right)}$$

$$h_2 = h_0 + \sqrt{h_0\left(\frac{h_1^2+h_0^2-2h_1h_0}{h_0} + \frac{10}{7}(h_0-h_1)\right)}$$

$$h_2 = h_0 + \sqrt{h_0\left(\frac{h_1^2}{h_0} + \frac{17}{7}h_0 - \frac{24}{7}h_1\right)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_2 = h_0\left(1+\sqrt{\left(\frac{h_1}{h_0}\right)^2 + \frac{17}{7} - \frac{24}{7}\frac{h_1}{h_0}}\right)$$

$$h_2 = 30см\cdot\left(1+\sqrt{\left(\frac{29}{30}\right)^2+\frac{17}{7}-\frac{24}{7}\cdot\frac{29}{30}}\right)$$

Отсюда: $\Delta h_1^2 = \Delta h_2^2$. Очевидно $\Delta h_1 < 0$, а $\Delta h_2 > 0$ $\Rightarrow \Delta h_2 = -\Delta h_1 \Rightarrow h_2 = h_0 + (h_0 - h_1) = 2h_0 - h_1$

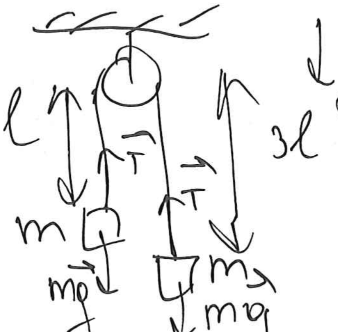
$h_2 = 60см - 29см = 31см$.

Ответ: $h_2 = 2h_0 - h_1 = 31см$

P.S. Заметим, что если не пренебречь слагаемыми Δh_1^3 порядка Δh_1^3, то ответ не изменится.

Задача 1.

Ответ на вопрос: $T = mg$ (из ур. равновесия)



$\downarrow g$ т.к. ~~общее удлинение Δl~~ = 1мм, а ~~напряжённость~~ σ везде ~~одинакова, то~~

$\frac{\Delta l_1}{\Delta l_2} \neq$ т.к. ~~веревка~~ нить однородна, то $E\cdot\frac{S}{l} = k \Rightarrow$

$\Rightarrow k_1 = \frac{ES}{l_1};\ k_2 = \frac{ES}{l_2}$. ($l_1 = l$; $l_2 = 3l$)

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

По з-ну Гука: $T = k_1 \Delta l_1$; $T = k_2 \Delta l_2$ (для равных участков). Чистовик

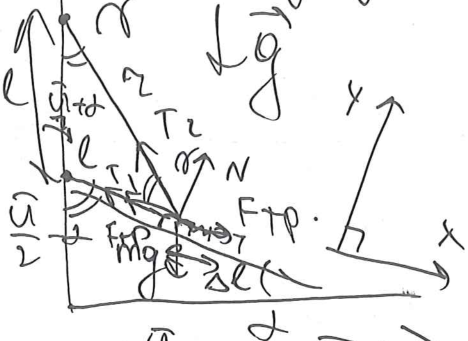
7

Отсюда: $\frac{\Delta l_1}{\Delta l_2} = \frac{k_2}{k_1} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{1}{3}$

$\Rightarrow \Delta l_1 + \Delta l_2 = \Delta l \Rightarrow \Delta l_1 = \frac{\Delta l}{4}$; $\Delta l_2 = \frac{3}{4}\Delta l$

$\Delta l_1 = 0{,}25$ мм $\Delta l_2 = 0{,}75$ мм.

Решение задачи: Расставим силы в произвольном случае. Заметим, что сила трения может быть направлена вдоль наклонной плоскости в обе стороны.



Из геометрии рисунка

$2\gamma + \frac{\pi}{2} + \alpha = \pi \Rightarrow \gamma = \frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2}$.

По условию нить натягивается одновременно. Тогда ~~Fл~~ $T_1 = k_1 \Delta l$; $T_2 = k_2 \Delta l \cos\gamma$ (Δl — малый сдвиг груза). т.к. нить однородна $k_1 = E\frac{S}{l}$; $k_2 = E\frac{S}{r}$; По т. косинусов

$r = \sqrt{l^2 + l^2 - 2l^2 \cdot \cos(\frac{\pi}{2}+\alpha)} = l\sqrt{2+2\sin\alpha}$

$\Rightarrow k_2 = E\frac{S}{l \cdot \sqrt{2+2\sin\alpha}} = \frac{k_1}{\sqrt{2}(\sqrt{1+\sin\alpha})}$. Таким образом, мы можем найти $\frac{T_2}{T_1} \Rightarrow T_2 = T_1 \frac{k_2 \cos\gamma}{k_1}$

$T_2 = T_1 \frac{1}{\sqrt{2+2\sin\alpha}} \cdot (\cos(\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2}))$ ($\frac{T_2}{T_1} = a$)

Запишем 2-ой з-н Ньютона на Ox и Oy.

Ox: $mg\sin\alpha - F_{тр} - T_1 - T_2 = 0$

Oy: $-mg\cos\alpha + N + T_2\sin\gamma = 0$ При этом $F_{тр} \in [-\mu N; \mu N]$

Минимальная сила натяжения T_1 будет достигаться, когда $F_{тр} = \mu N$ (заметим, что т.к. $tg\alpha > \mu$, то $T_1 > 0$)

$mg\sin\alpha - T_1(1+a) = F_{тр}$; $N = mg\cos\alpha - T_2$.

~~$mg\sin\alpha - T_1(1+a)$ Отсюда $-\mu(mg\cos\alpha - T_2) <$~~

Отсюда ~~$mg\sin\alpha - T_1(1+a)$~~

$-\mu(mg\cos\alpha - T_1 a) \le mg\sin\alpha - T_1(1+a) \le \mu(mg\cos\alpha - T_1 a)$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Отсюда: $T_1(1+a+\mu a) \leq mg(\sin\alpha+\mu\cos\alpha)$ и аналогично

$$T_1 \leq mg\frac{\sin\alpha+\mu\cos\alpha}{1+a(1+\mu)}$$

$$T_1(1+a-\mu a) \geq mg(\sin\alpha-\mu\cos\alpha) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_1 \geq \frac{mg(\sin\alpha-\mu\cos\alpha)}{1+a(1-\mu)}$$

$$a=\frac{\cos(\frac{\pi}{4}-\frac{\alpha}{2})}{\sqrt{2+2\sin\alpha}}=\frac{\frac{\sqrt3}{2}}{\sqrt3}=\frac{1}{2};\ \mu=0{,}4;$$

Значит $T_1 \leq mg\dfrac{\frac{1}{2}+0{,}4\frac{\sqrt3}{2}}{1+\frac{1}{2}(1+0{,}4)}=\dfrac{1+\sqrt3\cdot0{,}4}{3+0{,}4}mg=\dfrac{1+0{,}4\sqrt3}{3{,}4}mg$

$$T_1 \leq mg\frac{1+0{,}4\sqrt3}{3{,}4};\ T_1 \geq mg\cdot\frac{\frac{1}{2}-0{,}4\cdot\frac{\sqrt3}{2}}{1+\frac{1}{2}(1-0{,}4)}$$

$$T_1 \geq \frac{1-0{,}4\sqrt3}{2{,}6}mg$$

Значит: $\dfrac{T_{max}}{T_{min}}=\dfrac{\sin\alpha+\mu\cos\alpha}{1+\frac{\cos(\frac{\pi}{4}-\frac{\alpha}{2})}{\sqrt{2+2\sin\alpha}}(1+\mu)}\cdot\dfrac{1+\frac{\cos(\frac{\pi}{4}-\frac{\alpha}{2})}{\sqrt{2+2\sin\alpha}}(1-\mu)}{\sin\alpha-\mu\cos\alpha}$

$$\frac{T_{max}}{T_{min}}=\frac{\sin\alpha+\mu\cos\alpha}{\sin\alpha-\mu\cos\alpha}\cdot\frac{1+\frac{\cos\frac{\alpha}{2}+\sin\frac{\alpha}{2}}{2\sqrt{1+\sin\alpha}}(1-\mu)}{1+\frac{\cos\frac{\alpha}{2}+\sin\frac{\alpha}{2}}{2\sqrt{1+\sin\alpha}}(1+\mu)}$$

$$\frac{T_{max}}{T_{min}}=\frac{1+0{,}4\sqrt3}{3{,}4}\cdot\frac{2{,}6}{1-0{,}4\sqrt3}=\frac{13}{17}\cdot\frac{1+0{,}4\sqrt3}{1-0{,}4\sqrt3}=\frac{13}{17}\cdot\frac{5+2\sqrt3}{5-2\sqrt3}$$

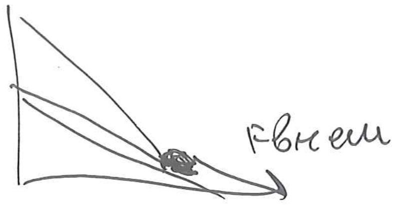
$$\frac{T_{max}}{T_{min}}\approx\frac{13}{17}\cdot\frac{5+2\cdot1{,}7}{5-2\cdot1{,}7}=\frac{13}{17}\cdot\frac{5+3{,}4}{5-3{,}4}=\frac{13}{17}\cdot\frac{8{,}4}{1{,}6}=\frac{13}{17}\cdot\frac{21}{4}$$

$$\frac{T_{max}}{T_{min}}=\frac{273}{68}\approx4{,}00$$

Систему можно привести в состояние равновесия, где $T_1=T_{max}$ так: ~~будем очень медленно двигать~~ груз сначала отодвинем груз вниз, так чтобы требовалась сила для удержания его.

$17\cdot4=68$; $13\cdot21=273$; $273:68\approx4{,}01$

Чистовик



Затем очень медленно будем перемещать груз вверх, ~~пока внешняя сила~~ до того момента, когда груз будет сам держаться.

В этом положении сила T_1 и будет минимальна.

$\alpha n_0 = \beta n_1$

$(\varphi + \alpha \frac{n_0}{n_1}) n_1 = n_2 \gamma$

Черновик.

$(\gamma - \varphi) n_2 = \alpha'$

$(\varphi + \alpha (\frac{\varphi n_1 + \alpha}{n_2} - \varphi) n_2 = \alpha'$

$\varphi n_1 - \varphi n_2 + \alpha = \alpha'$

$\delta = \varphi \Delta n$

$x^3 - 6a^2 + 14a - 16 = 0$

$16: \pm 1; \pm 2; \pm 4; \pm 8; \pm 16$

40

$6 \cdot 16$

$120 - 112.$

$8 - 24 + 28 - 16$

$64 - 96 + 56 - 16$

$x^3 - 6x^2 + 14x - 16 = 0$

$64 \cdot 8 = 512$, $64 \cdot 6 = 384$, $14 \cdot 8 = 112$, 16

$\frac{q}{2\sqrt{2}a}$. $\frac{qQh}{2\sqrt{2}a^2} = mg$

$A_{внеш} = p_0 S (h_0 - h_1)$

qQ

$(p_0 S + (M+m) g)$

$U_1 - A_{внеш} = U_2$

$U_1 - (p_0 S + (M+m)g)$

$U_2 - U_1 - A_{внеш} = 0$

$\frac{5}{2} p_1 S h_1 - \frac{5}{2} p_0 S h_0 - S(h_0 - h_1)(mg + p_0 S)$

$\frac{5}{2} p_2 S h_2 - \frac{5}{2} p_1 S h_1 + S(h_1 - h_2) p_0 S = 0$

$\frac{5}{2} \cdot h_2 \cdot p_0 \left(\frac{h_0}{h_2}\right)^{7/5} + p_0 (h_2 - h_1) = \frac{5}{2} p_0 h_1 \left(\frac{h_0}{h_1}\right)^{7/5}$

$\frac{5}{2} h_0$