0 519056 560005

51-90-56-56
(118.1)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 6 10 класс

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьевы горы
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Погребной Виктории Дмитриевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

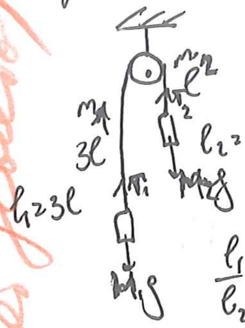
Дата

«05» апреля 2024 года

Подпись участника

51-90-56-56 (118.1)

Черновик.



$\Delta l = 1$ мм

масса $m_1 = m_2$

$k_1 = E \cdot \frac{S_1}{l_1}$ $\quad 3l \cdot S_1 \rho = l \cdot S_2 \rho$

$k_2 = E \cdot \frac{S_2}{l_2}$ $\quad 3S_1 = S_2 \quad \frac{S_1}{S_2} = \frac{1}{3}$

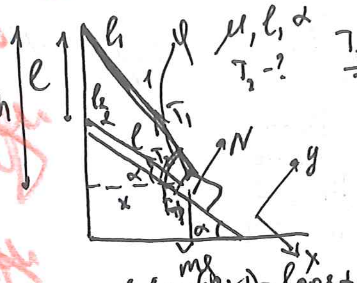
$\frac{l_1}{l_2} = 3 \quad \frac{k_1}{k_2} = \frac{S_1}{l_1} \cdot \frac{l_2}{S_2} = \frac{S_1}{S_2} \cdot \frac{l_2}{l_1} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{9}.$

$F_1 = k_1 \Delta l_1 = F$

$F_2 = k_2 \Delta l_2 = F \quad \Delta l_1 + \Delta l_2 = \Delta l \quad 10\Delta l_2 = \Delta l$

$k_1 \Delta l_1 = k_2 \Delta l_2 \quad \Delta l_2 = \frac{\Delta l}{10}$

$\frac{\Delta l_1}{\Delta l_2} = \frac{k_2}{k_1} = 9 \quad 9\Delta l_2 = \Delta l_1 \quad \Delta l_1 = \frac{9}{10}\Delta l$



μ, l, α $\quad T_2 - ?$ $\quad \frac{T_2 max}{T_2 min} - ?$ $\quad \varphi$ - угол между l_1 и плоскостью

II з. Ньютона:

Ox: $mg\sin\alpha - T_2 - T_1\cos\varphi - F_{тр} = 0$ (1)

Oy: $N - mg\cos\alpha + T_1\sin\varphi = 0$ (2) $\quad F_{тр} \leq \mu N$

$l_1(\cos(\varphi+\alpha)) = l\cos\alpha$

$\cancel{l_1 \cos\varphi = l\cos\alpha}$

$l\cos\alpha = l_1\cos\varphi \Rightarrow tg\varphi = \frac{1+\sin\alpha}{\cos\alpha}$

$l + l\sin\alpha = l_1\sin(\varphi+\alpha) \quad l(1+\sin\alpha) = l_1\sin\varphi$

$\cos\varphi = \sqrt{\frac{1}{1+tg^2\varphi}} = \sqrt{\frac{\cos^2\alpha}{\cos^2\alpha + 1 + \sin^2\alpha + 2\sin\alpha}} = \sqrt{\frac{\cos^2\alpha}{2\sin\alpha+1}}$

$\sin\varphi = \sqrt{1 - \frac{\cos^2\alpha}{2\sin\alpha+1}} = \sqrt{\frac{2\sin\alpha + 1 - \cos^2\alpha}{2\sin\alpha+1}}$

$T_1 = k_1 \Delta l_1 \quad T_2 = k_2\Delta l_2 \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{k_1\Delta l_1}{k_2\Delta l_2} \quad l_1 = \frac{l\cos\alpha}{\cos\varphi}$

$x^2 = l_1^2 - h^2 = l_2^2 - (h-l)^2 \quad k_1 = \frac{E \cdot S}{l_1}$

$\cancel{2}l_1\Delta l_1 = \cancel{2}l_2\Delta l_2 \quad \frac{l_1}{l_2} = \frac{\Delta l_2}{\Delta l_1} = \frac{\cos\alpha}{\cos\varphi} \quad k_2 = \frac{E \cdot S}{l_2}$

$\frac{T_1}{T_2} = \frac{ES}{l_1} \cdot \frac{l_2}{ES} \cdot \frac{\Delta l_1}{\Delta l_2} = \frac{\cos^2\varphi}{\cos^2\alpha} = \frac{\cos^2\alpha}{(2\sin\alpha+1)\cos^2\alpha} = \frac{1}{2\sin\alpha+1}$

$T_2 = T_1(2\sin\alpha+1) \Rightarrow T_1 = \frac{T_2}{2\sin\alpha+1}$

Из (2): $N = mg\cos\alpha - T_1\sin\varphi$ $\quad$ Из (1): $F_{тр} = mg\sin\alpha - T_2 - T_1\cos\varphi \leq \mu N$

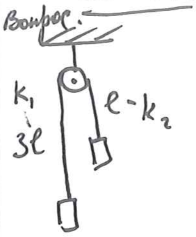
$mg\sin\alpha - T_2 - \frac{T_2}{2\sin\alpha+1}$.

69

N	1	2	3	4
П	5	4	4	4
З	13	6	17	16

$1 \leftrightarrow 2$

Черновик



№1.

$k_1 = \frac{E \cdot S_1}{3\ell}$ $k_2 = \frac{E \cdot S_2}{\ell}$

$F_{упр} = k_1 \Delta l_1 = k_2 \Delta l_2$

$m_1 = m_2$ (по условию) $\rho \cdot S_1 3\ell = \rho S_2 \cdot \ell$

$S_2 = 3 S_1$

$\frac{k_1}{k_2} = \frac{\Delta l_2}{\Delta l_1} = \frac{E S_1}{3\ell} \cdot \frac{\ell}{E S_2} = \frac{S_1}{3 S_2} = \frac{S_1}{9 S_1} = \frac{1}{9} \Rightarrow 9\Delta l_2 = \Delta l_1$

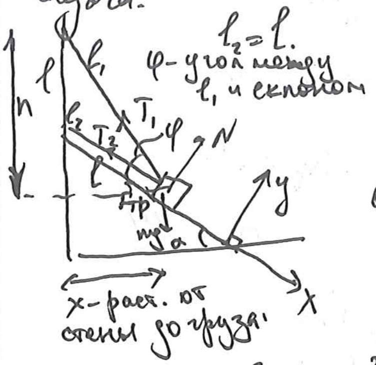
$\Delta l_1 + \Delta l_2 = \Delta \ell$

$10 \Delta l_2 = \Delta \ell \Rightarrow \Delta l_2 = \frac{\Delta \ell}{10}$

$\Delta l_1 = \frac{9 \Delta \ell}{10}$

Ответ: леска длины 3ℓ на $\Delta l_1 = \frac{9}{10}\Delta \ell$
леска длина ℓ на $\Delta l_2 = \frac{1}{10}\Delta \ell$

Задача.



Условия равновесия на оси:

ox: $mg\sin\alpha = T_1 \cos\varphi + T_2 + F_{тр}$ (1) $F_{тр} \le \mu N$

oy: $N + T_1 \sin\varphi = mg\cos\alpha$ (2) $\frac{T_1}{T_2} = \frac{k_1 \Delta l_1}{k_2 \Delta l_2}$

$T_1 = k_1 \Delta l_1$ $T_2 = k_2 \Delta l_2$

$k_1 = \frac{E \cdot S}{l_1}$ $k_2 = \frac{ES}{l_2} = \frac{ES}{\ell} \Rightarrow \frac{k_1}{k_2} = \frac{\ell}{l_1}$

$x^2 = l_1^2 - h^2 = l_2^2 - (h-\ell)^2$ т.к деформации слеш малы.

$2 l_1 \Delta l_1 = 2 l_2 \Delta l_2 \Rightarrow \frac{l_1}{l_2} = \frac{\Delta l_2}{\Delta l_1} = \frac{l_1}{\ell}$

$\frac{T_1}{T_2} = \frac{k_1 \Delta l_1}{k_2 \Delta l_2} = \frac{\ell^2}{l_1^2}$. Из (1) $F_{тр} = mg\sin\alpha - T_2 - T_1\cos\varphi$

Из (2): $N = mg\cos\alpha - T_1 \sin\varphi$

$T_1 = T_2 \cdot \frac{\ell^2}{l_1^2}$

~~$\mu mg\sin\alpha - \mu T_2 - \mu T_1 \cos\varphi \le$~~

$\mu mg\cos\alpha - \mu T_1 \sin\varphi \le mg\sin\alpha - T_2 - T_1\cos\varphi$

$l_1 \sin(\varphi + \alpha) = \ell + \ell\sin\alpha$ $l_1^2(\sin^2(\alpha+\varphi) + \cos^2(\alpha+\varphi)) = \ell^2(1+\sin\alpha)^2 + \ell^2\cos^2\alpha$

$l_1 \cos(\varphi + \alpha) = \ell\cos\alpha$ $l_1^2 = \ell^2(\sin^2\alpha + \cos^2\alpha + 2\sin\alpha + 1) = 2\ell^2(1+\sin\alpha)$

$\mu mg\cos\alpha - \mu T_2 \sin\varphi \cdot \frac{\ell^2}{l_1^2} \le mg\sin\alpha - T_2 - T_2 \frac{\ell^2}{l_1^2}\cos\varphi$

$T_2\left(1 + \frac{\ell^2}{l_1^2}\cos\varphi - \mu\sin\varphi \frac{\ell^2}{l_1^2}\right) \le mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha$

$l_1^2 = 2\ell^2(1+\sin\alpha)$ $T_2\left(1 + \frac{\ell^2}{2\ell^2(1+\sin\alpha)}\cos\varphi - \mu\sin\varphi\frac{\ell^2}{2\ell^2(1+\sin\alpha)}\right) \le mg(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$

$T_2\left(1 + \frac{\cos\varphi}{2(1+\sin\alpha)} - \frac{\mu\sin\varphi}{2(1+\sin\alpha)}\right) \le mg(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$

№3 черновик.

Вопрос: $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{\frac{i+2}{2}}{\frac{i}{2}} = \frac{i+2}{i}$

$pV^{\gamma} = const$

ур. адиабаты

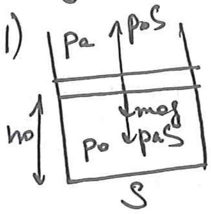
$\gamma \to i=3 \quad \gamma = \frac{5}{3}$

$\to i=5 \quad \gamma = \frac{7}{5}$

$\to i=6 \quad \gamma = \frac{8}{6} = \frac{4}{3}$

Ответ: $\left[\begin{array}{l} \gamma = \frac{5}{3} \\ \gamma = \frac{7}{5} \\ \gamma = \frac{4}{3} \end{array}\right.$

Задача!

1) 

p_a - атмосфер. давл.

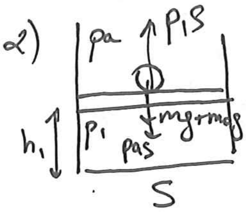
В начальном положении:

Поршень в равновесии, пусть его масса m_0

$p_a + \frac{m_0 g}{S} = p_0$ Ур. Менделеева - Клапейрона:

$p_0 h_0 S = \nu R T_0$

$\left(p_a + \frac{m_0 g}{S}\right) h_0 S = \nu R T_0$

2) 

Усл. равновесия: $p_a + \frac{m_0 g}{S} + \frac{m_2 g}{S} = p_1$

Ур. Менделеева - Клапейрона

$p_1 h_1 S = \nu R T_1 \qquad \left(p_a + \frac{m_0 g + m_2 g}{S}\right) = \nu R T_1$

Т.к поршень теплоизолирующий $Q = 0$ работа газа

Первое начало термодинамики $\Delta U + A = 0$

Процесс адиабатический $\Rightarrow$ $pV^{\gamma} = const$ $\quad i=5 \Rightarrow \gamma = \frac{7}{5}$

$p_0 (h_0 S)^{\frac{7}{5}} = p_1 (h_1 S)^{\frac{7}{5}} \qquad p_0 h_0^{\frac{7}{5}} = p_1 h_1^{\frac{7}{5}}$

$p_0 h_0 S = \nu R T_0 \quad p_1 h_1 S = \nu R T_1 \qquad \frac{p_0}{p_1} = \frac{h_1^{\frac{7}{5}}}{h_0^{\frac{7}{5}}}$

$\frac{p_0 h_0}{p_1 h_1} = \frac{T_0}{T_1} = \frac{h_1^{\frac{7}{5}}}{h_0^{\frac{7}{5}}} \cdot \frac{h_0}{h_1} = \frac{h_1^{\frac{2}{5}}}{h_0^{\frac{2}{5}}} = \frac{T_0}{T_1}$

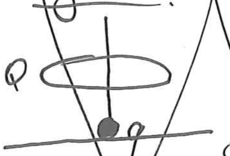
Чистовик

№3.

Вопрос: ~~система из~~ взаимодействие стационарной системы зарядов потенциально. ~~Но если~~ ~~При этом нужно учитывать, что переходя в подвижную систему отсчёта связанную с одним из зарядов на заряд становится непотенциальным~~

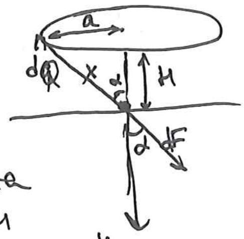
Или если мы можем перейти в СО в которой заряд будет двигаться в поле неподвижных в этой СО зарядов.

~~Задача.~~



~~При приближении кольца к бусинке, сила действующая на бусинку со стороны кольца увеличивается, т.к уменьшается расстояние. Значит бусинка не при гарантировано не придёт в движение, когда при максимал силе Fэл оно максимальную силу $\vec{F}_{эл}$ действующую на бусинку будет уравновешивать сила тяжести. $F_{эл\,max}$, когда кольцо максимально близко к бусинке.~~

Задача.



Из симметрии кольцо будет действовать на бусинку вдоль оси y. Рассмотрим действие малого заряда dQ на бусинку.

$$dF_y = dF\cos\alpha = \frac{k\,dQ\,q}{x^2}\cdot\cos\alpha = \frac{k\,dQ\,q}{x^2}\frac{H}{x}$$

H — высота бусинки над кольцом

$$x^2 = a^2+H^2 \Rightarrow x = \sqrt{a^2+H^2}$$

$$dF_y = \frac{k\,dQ\,q\cdot H}{(\sqrt{a^2+H^2})^3} \qquad F_{эл} = \int dF_y = \frac{kQqH}{(a^2+H^2)^{\frac{3}{2}}}$$

Чтобы бусинка гарантировано не поднялась сила тяжести должна суметь уравновесить максимальную $F_{эл}$.

$$F'_{эл} = kQq\cdot\left(\frac{H}{(a^2+H^2)^{\frac{3}{2}}}\right)' = kQq\cdot\frac{(a^2+H^2)^{\frac{3}{2}} - H\cdot\frac{3}{2}(a^2+H^2)^{\frac{1}{2}}\cdot 2H}{(a^2+H^2)^3}$$

$F'_{эл} = 0$

$$(a^2+H_0^2)^{\frac{3}{2}} - 3H_0^2(a^2+H_0^2)^{\frac{1}{2}} = 0$$

$$(a^2+H_0^2) - 3H_0^2 = 0$$

$$a^2+H_0^2-3H_0^2 = 0 \Rightarrow 2H_0^2 = a^2 \Rightarrow H_0 = \frac{a}{\sqrt{2}}$$

При $H_0 = \frac{a}{\sqrt{2}}$ макс $F_{эл}$.

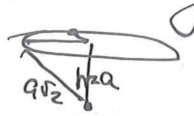
$$mg = \frac{kQq\cdot\frac{a}{\sqrt{2}}}{\left(a^2+\frac{a^2}{2}\right)^{\frac{3}{2}}} = kQq\frac{a}{\sqrt{2}\left(\frac{3}{2}a^2\right)^{\frac{3}{2}}} = \frac{kQq\,a}{\sqrt{2}\cdot\left(\frac{3}{2}\right)^{\frac{3}{2}}\cdot a^3} = \frac{2^{\frac{3}{2}}kQq}{\sqrt{2}\cdot(3)^{\frac{3}{2}}\cdot a^2} = \frac{2kQq}{3^{\frac{3}{2}}a^2}$$

$\Rightarrow Q = \frac{3^{\frac{3}{2}}mga^2}{2kq}$ При $Q < \frac{\sqrt{3^3}mga^2}{2kq}$ бусинка также не придёт в движ. т.к $mg > F_{эл}$.

Ответ: $Q \leq \frac{\sqrt{3^3}mga^2}{2kq} = \frac{\sqrt{3^3}mga^2}{2\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}q} = \frac{2\pi\varepsilon_0\sqrt{3^3}mga^2}{q}$

№3 (Продолжение) чистовик

2) ~~Бусинка будет подниматься~~



$F_{эл} = \frac{kQq\,H}{(a^2+H^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{kQq\cdot a}{\sqrt{2^3}\,a^3} = \frac{kqQ}{\sqrt{2^3}\,a^2} = mg$ т.к бусинка начала подниматься

W_1 – энергия взаимодействия бусинки и кольца, когда бусинка начала подниматься

$W_1 = \frac{kQq}{a\sqrt{2}}$

~~бусинка будет подниматься до; а сила, с которой кольцо действует на бусинку будет сначала расти, а потом убывать. Бусинка начнёт падать, когда сила, с которой кольцо на неё действует, снова станет mg.~~

~~$F_{эл} = m$~~ ~~$F_{эл} = mg = \frac{kQqH_{max}}{(a^2+H_{max}^2)^{\frac{3}{2}}} = mg \Rightarrow \frac{\sqrt{2^3}\,mg\,a^2 H_{max}}{(a^2+H_{max}^2)^{\frac{3}{2}}} = mg$~~

~~$H_{max} = L$~~

~~$(a^2+L^2)^{\frac{3}{2}} = \sqrt{2^3}\,a^2 L$~~

$H_{max} = L$

W_2 – энерг. взаимод. во втором случае $W_2 = \frac{kQq}{(L^2+a^2)}$

$W_1 = W_2 + mgL$ (т.к бусинка остановилась и у неё нет кин. энергии)

$\frac{kQq}{a\sqrt{2}} = \frac{kQq}{\sqrt{L^2+a^2}} + mgL$

Т.к кольцо движется медленно, будем считать, что его энергия не меняется

$kqQ = mg\cdot\sqrt{2^3}\,a^2$

$\frac{\sqrt{2^3}\,mg\cdot a^2}{a\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2^3}\,mga^2}{\sqrt{L^2+a^2}} + mgL$

$\sqrt{L^2+a^2}\,\sqrt{2^3}\,a = \sqrt{2^4}\,a^2 + \sqrt{2}\cdot\sqrt{L^2+a^2}\cdot L$

$2a\sqrt{L^2+a^2} = \sqrt{2^3}\,a^2 + L\sqrt{L^2+a^2}$

$2a^2(L^2+a^2) = 8a^4 + L^2(L^2+a^2) + 4a^2L\sqrt{L^2+a^2}$

$4a^4 + 2a^2L^2 = 8a^4 + L^4 + a^2L^2 + 4a^2L\sqrt{L^2+a^2}$

$a^2L^2 - L^4 - 4a^4 = 4a^2L\sqrt{L^2+a^2}$

Чистовик

№4.

Вопрос: $n_1 \sin\alpha = n_2 \cdot \sin\beta$, α - угол, ~~падения~~ под которым луч падает в среду, n_1 - показатель преломления среды, из которой он падает. β - угол, под которым луч преломился. n_2 - показатель преломления среды, в которую зашёл луч.

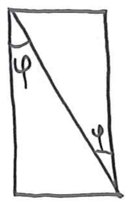
~~Оптический путь луча минимален.~~

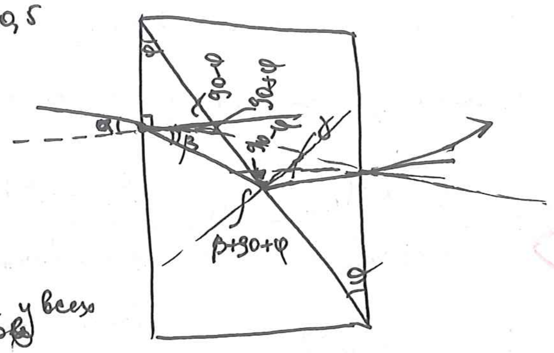
Луч после преломления идёт так, чтобы его оптический путь был минимальным.

как отсчитываются углы β и α. Характеристики 1 и 2 среды

Задача

$\Delta n = n_2 - n_1 = 0,5$
$\varphi = 3^\circ$
$\alpha = 4^\circ$



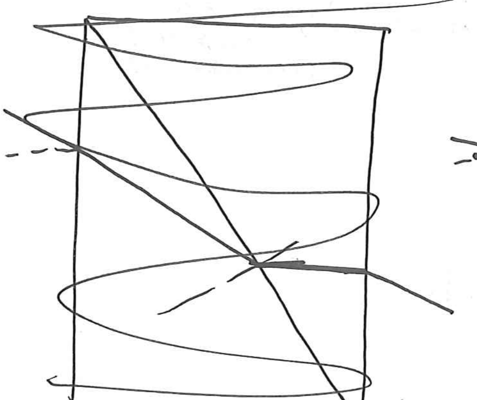


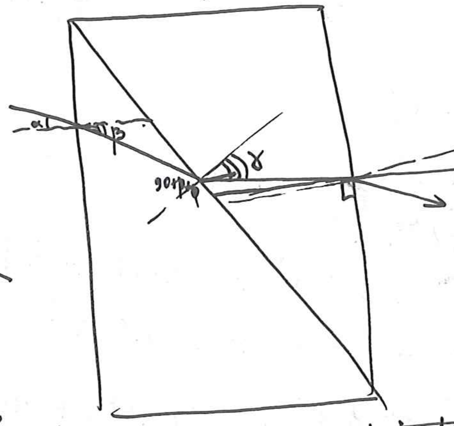
$\sin\alpha \approx \alpha$ - Так у всех углов

Первое преломл.: $\alpha = \beta \cdot n_1$

Второе преломление: ~~β~~ $\sin(\underbrace{90^\circ + \beta + \alpha}_{\approx \sin 90^\circ}) n_1 = n_2 \cdot \sin\gamma$

$n_1 = n_2 \gamma$





$\delta_1 = \varphi(n_1 - 1)$ — отклонение после первого клина

~~$\delta_2 = \varphi(n_2 - n_1$~~ $(\delta_1 + \alpha) n_1 = \varepsilon \cdot n_2$ ~~угол во второй среде~~ $\delta = \alpha - \varepsilon$

~~$\delta_2 = \varphi$~~ ~~$\delta n_2 =$~~ ~~угол под которым луч выйдет~~

~~$(\alpha + \delta_1) n_2 = \varepsilon \cdot n_2$~~

~~$(\alpha + \varphi(n_1 - \varphi)) n_2 = \varepsilon$~~

δ_2 - ~~ку~~ отклонение после второго клина

$\delta_2 = \varphi(n_2 - 1)$? Полное отклонение $\delta = \alpha - (\delta_2 - \delta_1) =$

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

$= 4^\circ - 3^\circ \cdot 0,5 = 2,5^\circ$ Ответ.

Ответ!

Черновик

$p_0 h_0 S = \nu R T_0$ $\quad p_0 h_0 S = \nu R T$

$p_0 = p_a + \frac{m_0 g}{S}$

$p_1 h_1 S = \nu R T_1$

$p_a + \frac{mg}{S} = p_1$

$\left(p_a + \frac{m_0 g}{S}\right) h_1 S = \nu R T_1$

$\left(p_a + \frac{m_0 g}{S}\right) h_0 = \left(p_a + \frac{m_0 g}{S} + \frac{mg}{S}\right) h_1$

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

~~$A = \int p\,dV$~~

$\frac{kQqH}{(a^2+H^2)^{\frac{3}{2}}} = mg$

$H = \frac{a}{\sqrt{2}}$

$\frac{\alpha^{\frac{3}{2}}}{\alpha^{\frac{1}{2}}}$ $\quad \frac{3}{2} - \frac{1}{2} = 1$ $\quad \frac{a}{\sqrt{2}}$

$\frac{\sqrt{2^3}\, mg\, a^2 \cdot H}{(a^2+H^2)^{\frac{3}{2}}} = mg$

$F_{эл} = \frac{kQq \cdot a}{(a^2+a^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{kQq\, a}{\sqrt{2^3}\, a^3} = \frac{kQq}{\sqrt{2^3}\, a^2} = mg$

$W = \frac{k\,dQ\,q}{x}$ $\quad \frac{kQq}{a\sqrt{2}} = mgl +$ $\quad \frac{\sqrt{2^3}\cdot a^2 H}{(a^2+H^2)^{\frac{3}{2}}} = 1$

$H < a$

$(a^2+H^2)^{\frac{3}{2}} = Ha^2\sqrt{2^3}$

$\left(\frac{3}{2}a^2\right)^{\frac{3}{2}} = \frac{a}{\sqrt{2}} \cdot a^2 \sqrt{2^3}$ $\quad \sqrt{\frac{1}{2}}\, a$

$\frac{\sqrt{3^3}}{\sqrt{2^3}}\, a^3 = \frac{a^3}{2}$

$(a^2+H^2)^3 = H^2 a^4 2^3$ $\quad \frac{a^2}{2}$

$\left(\frac{2+\sqrt{2}}{2}\, a^2\right)^{\frac{3}{2}}$

$\varphi = \frac{kQ}{x}$

$\varphi \cdot q$ $\quad E \cdot x$ $\quad E = \frac{\varphi}{x}$

$\varphi =$

~~$F_{эл} = E \cdot q = E \cdot x \cdot q$~~ $\quad F_{эл} = \frac{\varphi}{x} \cdot q = mg$

$\varphi(n_1 - 1)$ $\quad \varphi(n_2 - 1)$

$\varphi n_2 - \cancel{\varphi} - \varphi n_1 + \cancel{\varphi}$

$\varphi(n_2 - n_1)$

$\alpha -$

Черновик

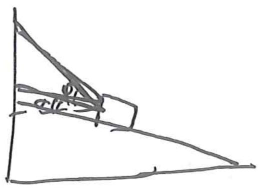
$tg\frac{\alpha}{2} = \frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2}} = \frac{\sin\alpha}{2\cos^2\frac{\alpha}{2}-1+1} = \frac{\sin\alpha}{}$

$tg\frac{\alpha}{2} = \frac{1-\cos\alpha}{1+\cos\alpha} =$

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

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

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



$l_1\cos(\varphi+\alpha) = l\cos\alpha$

$l_1\sin(\varphi+\alpha) = l + l\sin\alpha$

$\frac{\sin(\varphi+\alpha)}{\cos(\varphi+\alpha)} = \frac{\cos\alpha}{1+\sin\alpha}$

$\left(\frac{1+\sin\alpha}{\cos\alpha}\right)^2 = \frac{\sin^2\alpha+2\sin\alpha+1}{1-\sin^2\alpha}$

$\frac{1}{1+tg\,\alpha} = tg\,x$

$\frac{\sin\varphi\cos\alpha+\cos\varphi\cdot\sin\alpha}{\cos\varphi\cos\alpha-\sin\varphi\cdot\sin\alpha} = \frac{\cos\alpha}{1+\sin\alpha}$

$tg\,\varphi = \frac{1+2\sin\frac{\alpha}{2}\cos\frac{\alpha}{2}}{\cos^2\frac{\alpha}{2}-\sin^2\frac{\alpha}{2}} =$

$n\sin(90-\alpha) = \sin\delta$

$\gamma = \frac{c_p - c}{c_v - c} = \frac{c_p}{c_v}$

$\Delta n = n_2 - n_1 = 0{,}6$

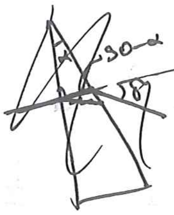
$\delta_1 = \alpha(n-1)$

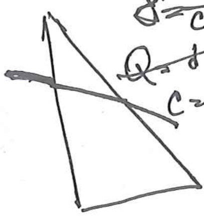
$\delta_1 = \varphi(n_1-1)$

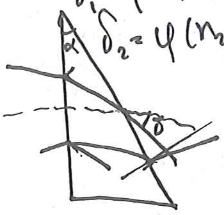
$\delta_2 = \varphi(n_2-1)$

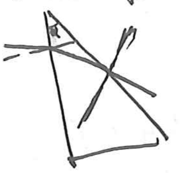
$Q = 0$

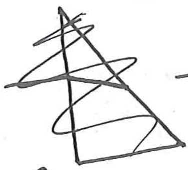
$c = \frac{dQ}{dT} = 0$

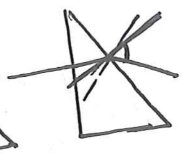


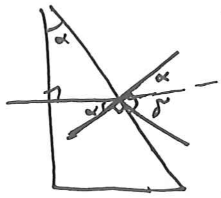






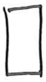






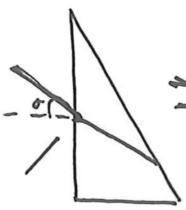
$\alpha n = \alpha + \delta$

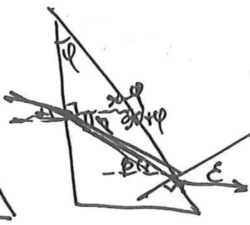
$\delta = \alpha(n-1)$

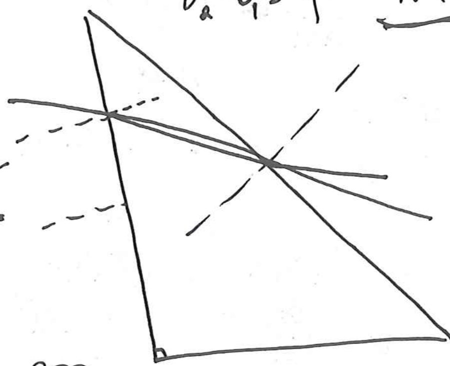


$\delta_2 - \delta_1 = \varphi$

kQq







$\frac{h_1^{\frac{7}{5}}}{h_1} = h_1^{\frac{2}{5}}$

$\frac{T_0}{T_1}$

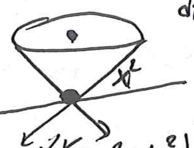
$p_2 h_2 S = \nu R T_0$

$p_2 h_2^{\frac{7}{5}} = p_0 h_0^{\frac{7}{5}} = p_1 h_1^{\frac{7}{5}}$

$dF = \frac{k\,dq}{x^2}$

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

$p_2 = p_0$



$\frac{H}{(a^2+H^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{(a^2+H^2)^{\frac{3}{2}} - H\cdot\frac{3}{2}(a^2+H^2)^{\frac{1}{2}}\cdot 2H}{(a^2+H^2)^3} =$

$= \frac{(a^2+H^2)^{\frac{3}{2}} - 3H^2(a^2+H^2)^{\frac{1}{2}}}{(a^2+H^2)} = 0.$

$(a^2+H^2) - 3H^2$