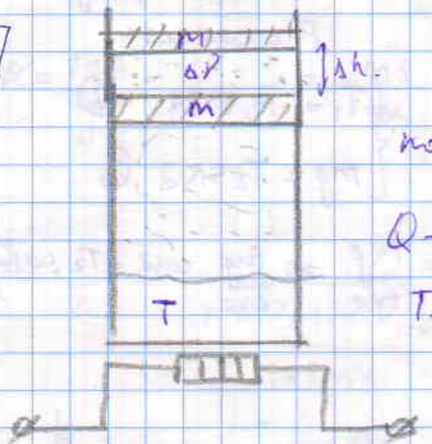
[redacted]

№1



При подводе тепла, по I-му закону термодинамики:

$Q = \Delta U + A'$

Температура изменяться не будет, т.к. при небольшом нагревании, жидкость начнет испаряться => охлаждаться => Изменение внутренней энергии равно энергии испарения $\Delta U = Q_{исп} = L\Delta m = L\Delta\nu\cdot\mu$ (0)

Запишем закон Менделеева-Клапейрона до нагр., и после. ($P = const$, т.к. груз давит один и тот же)

$PV = \nu RT$ (1)

$P(V+\Delta V) = (\nu+\Delta\nu)RT$ (2) $\Rightarrow$ (2)-(1): $P\Delta V = \Delta\nu RT$,

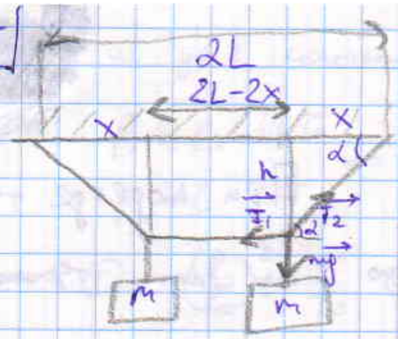
$\Delta V = S\Delta h$, $P = \frac{mg}{S}$ $\Rightarrow mg\Delta h = \Delta\nu RT$; $\Delta\nu = \frac{mg\Delta h}{RT}$

$\Rightarrow$ подставим в (0): $\Delta U = \frac{Lmg\Delta h\mu}{RT}$

Т.к. $P = const \Rightarrow F = const \Rightarrow$ $A = mg\Delta h$.

$$\eta = \frac{A'}{Q} = \frac{A'}{\Delta U + A'} = \frac{mg\Delta h}{\frac{Lmg\Delta h\mu}{RT} + mg\Delta h} = \frac{1}{\frac{L\mu}{RT} + 1}$$ – Ответ.

№5



Запишем условие равновесия:

$$\begin{cases} T_1 = T_2 \cos\alpha & (1) \\ mg = T_2 \sin\alpha & (2) \end{cases}$$

(2)/(1): $\operatorname{tg}\alpha = \frac{mg}{T_1}$; $T_1 = \frac{mg}{\operatorname{tg}\alpha} \Rightarrow \frac{mg}{\sin\alpha}\cdot\cos\alpha = T_2\cos\alpha$

$\Rightarrow T_2 = \frac{mg}{\sin\alpha}$

Наклонная нить имеет длину: $\frac{x}{\cos\alpha}$. Она растягивается

$\Rightarrow T_2 = k\left(\frac{x}{\cos\alpha} - L\right)$.

Горизонтальная нить имеет длину $2L-2x$ и тоже растягивается $\Rightarrow T_1 = k(2L-2x-L)$;

$T_1 = k(L-2x)$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{mg}{\sin\alpha} = k\left(\frac{x}{\cos\alpha} - L\right) & (3) \\ \frac{mg}{\operatorname{tg}\alpha} = k(L-2x) & (4) \end{cases}$$

(3)/(4): $\frac{\sin\alpha}{\sin\alpha\cdot\cos\alpha} = \frac{\frac{x}{\cos\alpha} - L}{L-2x}$;

$L - 2x = \frac{x}{\cos^2\alpha} - \frac{L}{\cos\alpha}$,

$x\left(\frac{1}{\cos^2\alpha} + 2\right) = L\left(1 + \frac{1}{\cos\alpha}\right) \Rightarrow x = L\cdot\frac{1+\frac{1}{\cos\alpha}}{\frac{1}{\cos^2\alpha}+2}$

$\Rightarrow h = x\operatorname{tg}\alpha = L\cdot\frac{\operatorname{tg}\alpha\left(1+\frac{1}{\cos\alpha}\right)}{\frac{1}{\cos^2\alpha}+2}$

№5 (продолж.)

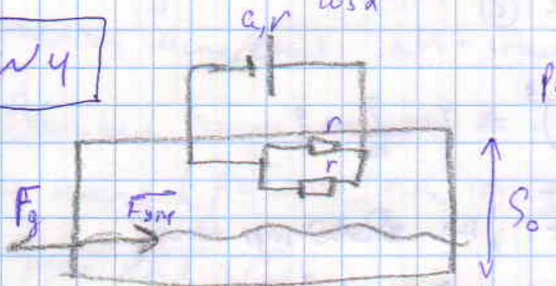
~~из (4):~~ $\cancel{\frac{mg}{k\,tg\alpha} = L - 2x \Rightarrow 2x = L - \frac{mg}{k\,tg\alpha}}$

$\Rightarrow k = \frac{mg}{tg\alpha}\cdot\frac{1}{L-2x} = \frac{mg}{tg\alpha}\cdot\frac{1}{L\left(1-\frac{2\left(1+\frac{1}{\cos\alpha}\right)}{\frac{1}{\cos^2\alpha}+2}\right)}$

$= \frac{mg}{tg\alpha}\cdot\frac{1}{L}\cdot\frac{1}{1-\frac{2(1+\cos\alpha)\cos\alpha}{1+2\cos^2\alpha}} = \frac{mg}{tg\alpha\cdot L}\cdot\frac{1+2\cos^2\alpha}{1-2\cos\alpha}$

Ответ: $x = L\cdot\frac{1+\frac{1}{\cos\alpha}\cdot tg\alpha}{\frac{1}{\cos^2\alpha}+2}$; $k = \frac{mg}{tg\alpha\cdot L}\cdot\frac{1+2\cos^2\alpha}{1-2\cos\alpha}$

№4



Рассчитаем тепловую мощность в 1 и 2-м случаях:

1) $R = \frac{r}{2}$, $I = \frac{2\varepsilon}{3r} \Rightarrow P = I^2\cdot\frac{r}{2} = \frac{4\varepsilon^2}{9r^2}\cdot\frac{r}{2} = \frac{2\varepsilon^2}{9r}$

2) $R = r$, $I = \frac{\varepsilon}{2r} \Rightarrow P = I^2\cdot r = \frac{\varepsilon^2}{4r^2}\cdot r = \frac{\varepsilon^2}{4r}$

~~Условие равновесия: $F_д = F_{упр}$~~

$\Rightarrow \frac{P}{P_0} = \frac{\varepsilon^2}{4r}\cdot\frac{9r}{2\varepsilon^2} = \frac{9}{8}$

Условие равновесия цилиндра: $F_д = F_{упр}$, $F_{упр} = k\ell$ (т.к. $\ell_0 \ll \ell$)

$F_д = pS_0 \Rightarrow pS_0 = k\ell \Rightarrow \frac{p}{p_0} = \frac{\ell}{\ell_0}$ (1)

№4 (продолж.)

Также из ур-я состояния, учитывая, что $V = l \cdot S_0$

$$p_0 S_0 l_0 = \nu R T_0, \quad p S_0 l = \nu R T \Rightarrow \frac{p}{p_0} \cdot \frac{l}{l_0} = \frac{T}{T_0}$$

Подставим ①: $\left(\frac{l}{l_0}\right)^2 = \frac{T}{T_0}$ ②.

Т.к. для тепл. равновесия необходимо, чтобы поглощаемая и отдаваемая энергии были равны $\Rightarrow$

$$P_0 = \alpha S_0' T_0^4, \quad P = \alpha S T^4 \Rightarrow \frac{P}{P_0} = \frac{S}{S_0'}\left(\frac{T}{T_0}\right)^4,$$ но $\frac{S}{S_0} = \frac{l}{l_0}$, т.к. основание не меняется

$$\Rightarrow \frac{P}{P_0} = \frac{l}{l_0}\left(\frac{T}{T_0}\right)^4.$$ Из ②:

$$\frac{P}{P_0} = \left(\frac{l}{l_0}\right)\left(\frac{l}{l_0}\right)^8 \Rightarrow \frac{P}{P_0} = \left(\frac{l}{l_0}\right)^9 \Rightarrow \text{Т.к. } \frac{P}{P_0} = \frac{9}{8}$$

$\Rightarrow \frac{9}{8} = \left(\frac{l}{l_0}\right)^9 \Rightarrow \frac{l}{l_0} = \sqrt[9]{\frac{9}{8}}$, но площадь основания $= const \Rightarrow V \sim l \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \sqrt[9]{\frac{9}{8}}$

По формуле для приближенных вычислений

$(1+x)^n \approx nx$, $x \ll 1 \Rightarrow \left(1 + \frac{1}{8}\right)^{\frac{1}{9}} \approx 1 + \frac{1}{72} \approx 1{,}014$.

Ответ: $\sqrt[9]{\frac{9}{8}} \approx 1{,}014$.

$\boxed{№2}$

Поймем, как связаны расход топлива и сила тяги:

Т.к. $m >> \Delta m$ => масса ракеты $= m$.

Мы находимся в системе отсчета ракеты, которая испускает топливо со скоростью u, относительно себя => по ЗСИ: $\Delta m\, u = m \Delta v$

$\Delta m\, u = m\Delta v \;\Big|\, :\Delta t$

$\frac{\Delta m}{\Delta t} u = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$, пусть $\frac{\Delta m}{\Delta t} = \mu$ — массовый расход.

$\frac{\Delta v}{\Delta t} = a$ — ускорение

$\Rightarrow \mu u = ma \Rightarrow F = \mu u.$

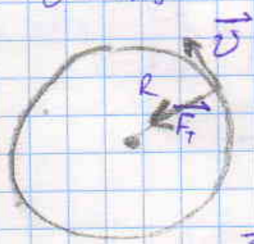
~~Итак~~ А сила сопротивления: $F_c = k n v$, где k — пост. коэф.

$\Rightarrow$ условие сохр. орбиты $\vec{F} = 0 \Rightarrow k n v = \mu u.$

Логично, что $u = const$ =>

$$\Rightarrow \begin{cases} \mu_1 u = k n_1 v_1 \\ \mu_2 u = k n_2 v_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{n_1 v_1}{n_2 v_2} \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2} \cdot \frac{v_2}{v_1}$$

v — круговая скорость на орбите радиуса R



$$\left.\begin{aligned} F_T &= \frac{GmM}{R^2} \\ F_T &= m a_ц = \frac{mv^2}{R} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{GM}{R} = v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

$$\Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2} \cdot \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} = \cancel{\frac{2{,}8}{0{,}5} \cdot \sqrt{2} = 5{,}6\sqrt{2} \approx 7{,}84}$$

$$= \frac{0{,}5}{2{,}8}\sqrt{2} = \frac{\sqrt{2}}{5{,}6} \approx 0{,}25.$$

№2 (продолж)

Теперь посчитаем, как зависит уменьшение орбиты от высоты.

Пусть удельная энергия вначале и в конце (т.к. скорость круговая $\Rightarrow v=\sqrt{\frac{GM}{R}}$)

$$\cancel{E_0 = -\frac{GM}{R} + \frac{v^2}{2}}$$

$$E = -\frac{GM}{R} + \frac{v^2}{2} = -\frac{GM}{R} + \frac{GM}{2R} = -\frac{GM}{2R}$$

$$\Rightarrow E_0 = -\frac{GM}{2R}, \quad E' = -\frac{GM}{2(R-\Delta R)} = -\frac{GM}{2R(1-\frac{\Delta R}{R})}.$$

По ф-ле приближенных вычислений: $\frac{1}{1-x} \approx 1+x, \ x<<1$.

$$\Rightarrow E' = -\frac{GM}{2R}\left(1+\frac{\Delta R}{R}\right).$$

$$\Rightarrow \Delta E = E_0 - E' = \frac{GM}{2R^2}\Delta R \quad (1)$$

Также, если S – путь, то $\Delta E = F_c \cdot S$, т.к. орбита изменяется немного $\Rightarrow v=const \Rightarrow S = v \cdot t$

$$\Rightarrow \Delta E = k n v^2 t = \frac{GM}{R} k n t \quad (2)$$

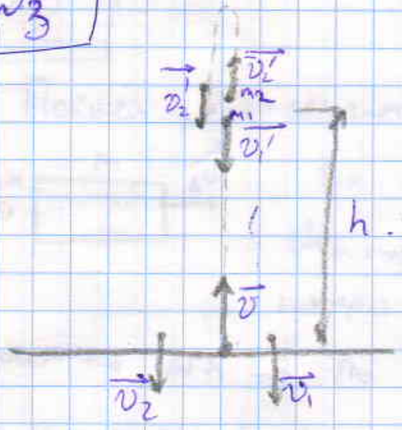
$\Rightarrow$ из ур-ий (1) и (2): $\frac{GM}{2R^2}\Delta R = \frac{GM}{R} k n t \Rightarrow \frac{\Delta R}{2R} = k n t.$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{\Delta R_1}{2R_1} = k n_1 t \\ \frac{\Delta R_2}{2R_2} = k n_2 t \end{cases} \Rightarrow \frac{\Delta R_1}{\Delta R_2} \cdot \frac{R_2}{R_1} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta R_1}{\Delta R_2} = \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \Delta R_2 = \Delta R_1 \cdot \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{n_2}{n_1} =$$

$$= 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot 4 = 2\left(\frac{км}{сек}\right) \Rightarrow$$ Ответ: 2км/сек.

$\boxed{№3}$



По ЗСИ, т.к. v в верхней точке $= 0$ =>

$m_1 v_1' = m_2 v_2'$ =>

=> $\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2'}{v_1'}$

=> найдем $\frac{v_2'}{v_1'}$ — ?

Т.к. 2-й шарик сначала летит вверх, а потом вниз, то ~~на~~ высоте разрыва у него будет такая же скорость v_2', т.к. такая же потенц. энергия.

По ЗСЭ 1) $\frac{v_1^2}{2} = \frac{v_1'^2}{2} + gh$ => $v_1^2 = v_1'^2 + 2gh$.

2) $\frac{v_2^2}{2} = \frac{v_2'^2}{2} + gh$ => $v_2^2 = v_2'^2 + 2gh$

Но h — максимальная высота => $v^2 = 2gh$.

=> $v_1^2 = v_1'^2 + v^2$, $v_2^2 = v_2'^2 + v^2$ => $v_1'^2 = v_1^2 - v^2$, $v_2'^2 = v_2^2 - v^2$ =>

=> $\frac{v_2'}{v_1'} = \sqrt{\frac{v_2^2 - v^2}{v_1^2 - v^2}}$ => $\frac{m_1}{m_2} = \sqrt{\frac{v_2^2 - v^2}{v_1^2 - v^2}}$ — Ответ