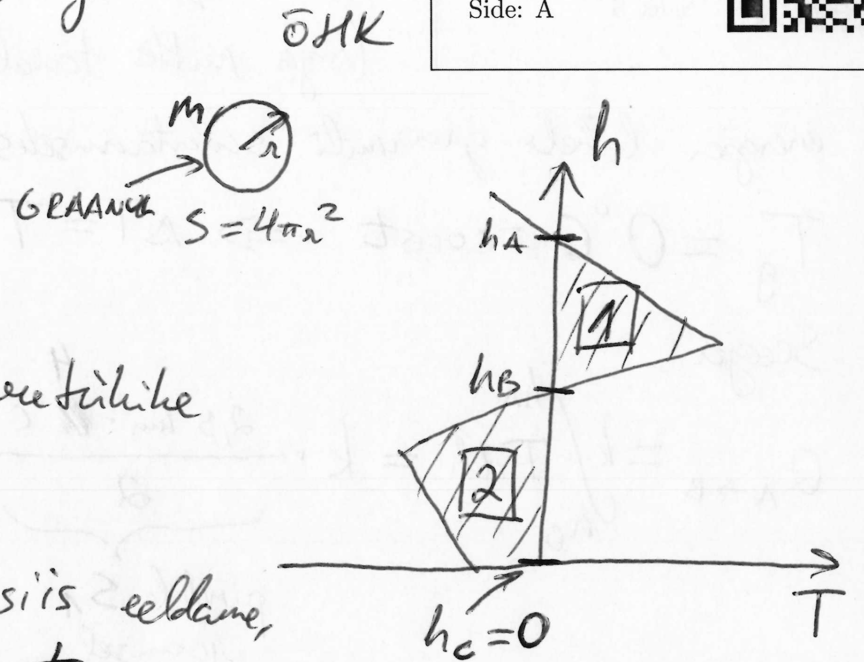
1. a) Kuna $\rho_{õhk} = const$ ja $r = const$, siis $v_{terminal} = const$ (terminaalkiirus).



Kuna väike jää/veetükike jõuab väga kiiresti terminaalkiiruseni, siis eeldame, et $v = \frac{-dh}{dt} = const$

(~~[illegible]~~ võime eeldada, sest kukkumised on 1km suurusjärgus).

Samuti, kuna õhu ~~[illegible]~~ omadused ja graanuli mõõtmed ei muutu ($\rho = const$, $r = const$), siis ~~[illegible]~~ graanulile üle antav soojushulk ajaühikus on võrdeline temperatuuride vahega $\Delta T = T_{õhk} - T_{graanul}$

$$\frac{dQ}{dt} \propto S\Delta T \Longrightarrow \frac{dQ}{dt} \propto \Delta T$$, kuna $\frac{-dh}{dt} = const$,

siis $$\frac{dQ}{dh} \propto -\Delta T \Longrightarrow dQ \propto -\Delta T\, dh \Longrightarrow$$

$$\Longrightarrow dQ = -k\Delta T\, dh \quad (k = const)$$

Seega kõrguste h_A ja h_B vahel kukkudes on saadav soojushulk:

$$Q_{A\to B} = \int_{Q_A}^{Q_B} dQ = -\int_{h_A}^{h_B} k\Delta T\, dh = \int_{h_B}^{h_A} k\Delta T\, dh$$

Student: EST-S5

Sheet: T-002

Side: B

(A→B jooksul)

Kuna graanul sulab peaaegu ära, (aga mitte täielikult), siis kogu energia läheb graanuli sulatamiseks ⇒ graanuli temp.

$T_g = 0\,°C = const \Rightarrow \Delta T = T$ (õhu temp).

Seega

$$Q_{A\to B} = k\int_{h_B}^{h_A} T\,dh = k\cdot\underbrace{\frac{2{,}5\,km\cdot 4\,°C}{2}}_{\text{pindala } S_1 \text{ joonisel}} = k\cdot 5\,km\cdot°C$$

Teisalt, kuna tükk sulab peaaegu täielikult ära, siis

$$Q_{A\to B}\approx Lm \Rightarrow \frac{k}{m} = \frac{L}{5\,km\,°C} = \frac{334\,kJ/kg}{5\,km\,°C} = \cancel{133{,}6}\ 66{,}8\,\frac{kJ}{kg\cdot km\cdot°C}$$

Ütleme, et enne maapinnale jõudmist külmub m_K graanuli massist.

Kuna B→C jaotusel toimub ainult külmumine ⇒

$Q_{B\to C} = -L m_K$ (miinusmärk, sest graanul kaotab soojust).

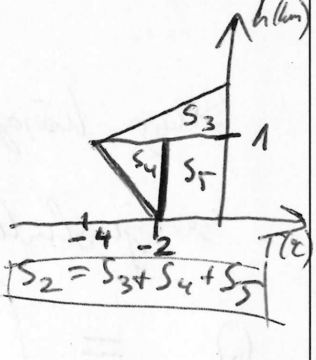
Analoogselt $T_g = 0\,°C = const$, sest toimub ainult vee jäätumine.

Teisalt

$$Q_{B\to C} = k\int_{h_C}^{h_B} T\,dh = k\cdot\left(\underbrace{\frac{0{,}5\,km\cdot(-4\,°C)}{2}}_{-S_3} + \underbrace{\frac{1\,km\cdot(-2\,°C)}{2}}_{-S_4} + \underbrace{1\,km\cdot(-2\,°C)}_{-S_5}\right)$$

$= k\cdot -4\,km\,°C$, seega

$-L m_K = k\cdot -4\,km\,°C$



$\boxed{S_2 = S_3 + S_4 + S_5}$

1.) a) cont.

Seega $m = \frac{5\,km\,°C \cdot k}{L}$ ning

$$m_k = \frac{4\,km\,°C \cdot k}{L}, \text{ seega}$$

$\frac{m_k}{m} = \frac{4\,km\,°C}{5\,km\,°C} = \frac{4}{5} \Rightarrow$ külmub $\boxed{80\%}$ tüki massist.

1.) b) Kõrgusel h_B on jäätükk juba kindlasti sulanud (tegelikult juba millalgi enne), ning seejärel läheb kogu soojushulk vee temperatuuri tõstmiseks. Seega (T – õhu temp, T_g – vee temp):

$-k\Delta T\, dh = dQ = c\, m\, dT_g$, kus $c = 4,2 \frac{kJ}{kg \cdot °C}$ on vee erisoojus.

Seega $dT_g = \frac{-k}{cm}(T-T_g)\,dh$

Paneme tähele, et $-\frac{k}{cm} = \frac{-66,8 \frac{kJ}{kg \cdot km \cdot °C}}{4,2 \frac{kJ}{kg \cdot °C}} \approx -15,9\ km^{-1}$ on väga suur, seega integreerides $\frac{\Delta T_g}{\langle T-T_g \rangle} = 15,9$ iga km kohta, ning kuna $15,9 \gg 1$, siis T_g kasvab kiiresti T väärtusega lähedaseks.

Student: EST-S5

Sheet: T-003

Side: B

Et aga $\left(\frac{dT}{dh} = \frac{-2°C}{1\,km}\right) \Rightarrow$

$$-d(T-T_g) = \frac{-k}{cm}(T-T_g)\,dh + \frac{2°C}{1\,km}\,dh =$$

$$= -\left(\frac{k}{cm}(T-T_g) - \frac{2°C}{1\,km}\right)dh, \text{ siis}$$

$$(T-T_g) > \frac{2°C}{1\,km}\cdot\frac{cm}{k} = \frac{2°C}{1\,km}\cdot\frac{1}{15{,}9\,km^{-1}} \approx 0{,}13°C,$$

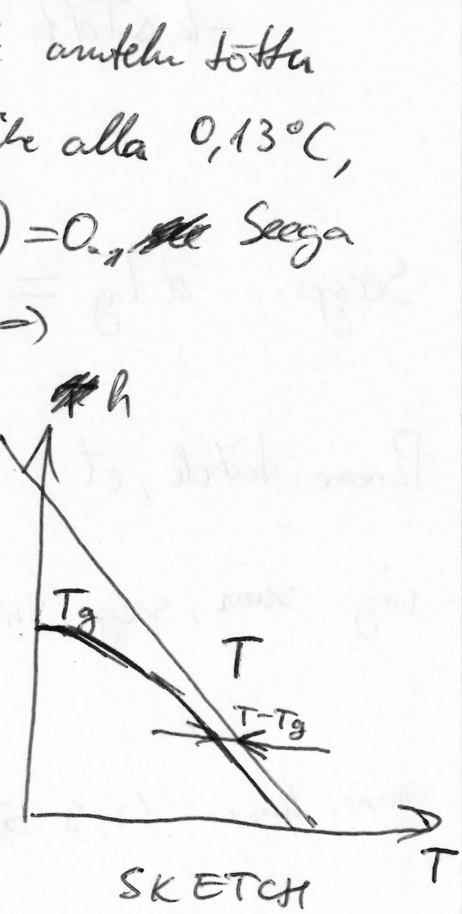
siis : $\frac{d(T-T_g)}{dh} > 0 \Rightarrow$ h langedes $T-T_g$ väheneb

$$T-T_g = \frac{2°C}{1\,km}\cdot\frac{cm}{k},$$

siis : $\frac{d(T-T_g)}{dh} = 0 \Rightarrow T-T_g = const.$

Seega $T-T_g$ muutub küll eelmise lk arutelu tõttu $(15{,}9 \gg 1)$ kiiresti väikseks, kuid ei lähe alla $0{,}13°C$, sest siis on tasakaaluolek ja $d(T-T_g)=0$. Seega maapinnale jõudes $T-T_g \approx 0{,}13°C \Rightarrow$

$$\Rightarrow T_g \approx 8°C - 0{,}13°C = \boxed{7{,}87°C}$$



SKETCH