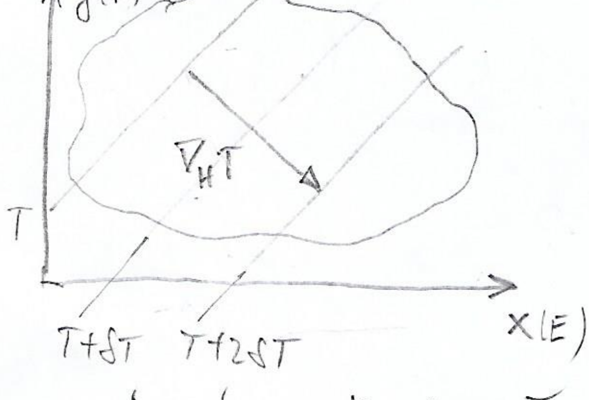
V. DIJAGNOZA ATMOSFERSKIH SUSTAVA I POLJA

- atmosferski sustavi ⇒ formacije u atmosferi okarakterizirani posebnim obilježjima polja meteoroloških elemenata
- sustavi kojima se mi ovdje bavimo su zračne mase (ZM), atmosferske fronte (AF), mlazne struje (MS), barički sustavi (BS; ciklone, anticiklone, doline, grebeni)
- ti svi sustavi zajedno čine opći cirkulacijski atmosferski sustav

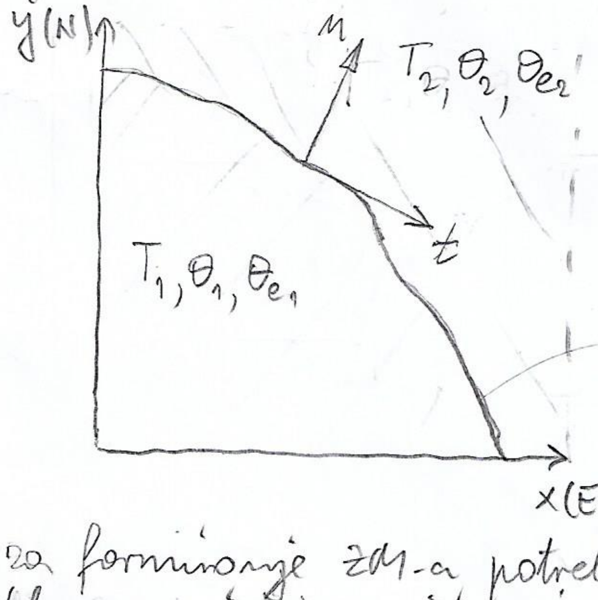
V.1. ZRAČNE MASE (ZM)

- definicija ⇒ zračne mase su oštro odvojena područja zraka različitih svojstava ⇒ $L \sim 1000$ km ; $H \sim 1$ km
- $\exists$ tople/hladne, suhe/vlažne, stabilne/nestabilne, pokretne/stacionarne zračne mase
- uniformnost ZM-a se određuje gradijentima meteoroloških elemenata, npr. ∇T
- BERGERONOV KRITERIJ ⇒ ZM se smatra uniformnom (kompaktnom) sve dok su hor. gradijenti temperature T, potencijalne temperature Θ i ekvivalentne potencijalne temperature Θ_e u granicama:



$$\boxed{0 \leq \nabla_H T,\ \nabla_H \Theta,\ \nabla_H \Theta_e \leq \frac{1°C}{100\ km}}$$

- granicu između 2 zračne mase zovemo FRONTALNOM ZONOM



frontalna zona

obično vrijedi:

$$\boxed{\frac{1°}{100\ km} \leq \frac{\partial T}{\partial n}, \frac{\partial \Theta}{\partial n}, \frac{\partial \Theta_e}{\partial n} \leq \frac{1°}{1\ km}}$$

- za formiranje ZM-a potreban je dulji boravak zraka nad uniformnim (homogenim) površinama poput oceana, leda ili pustinje, a to je najlakše ispunjeno u slabo pokretnim ciklonama ⇒ IZVORIŠTA ZM-a

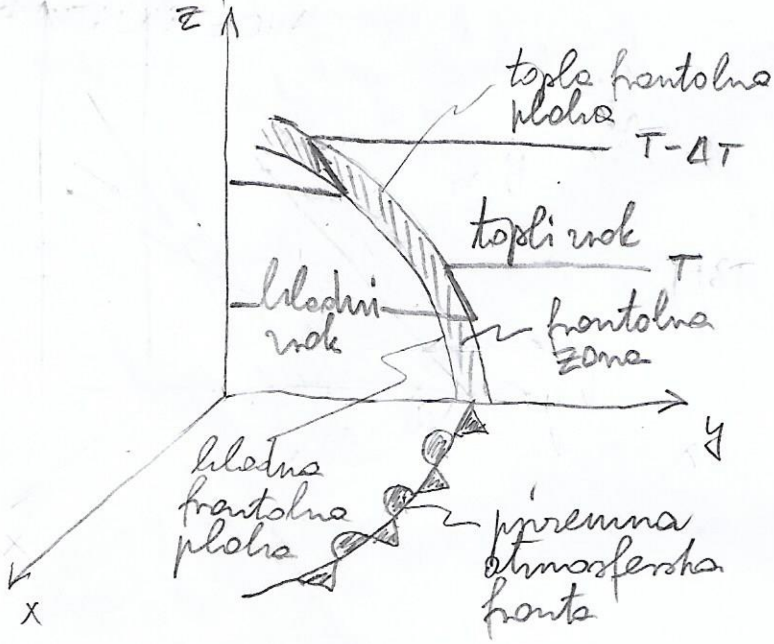
- kada ZM napusti izvorište, postupno se mijenjaju njena svojstva
- za procjenu njene transformacije promatraju se promjene njenih sporopromjenjivih (gotovo konzervativnih) svojstava: θ za suhoadijabatske i θ_e za mokroadijabatske procese

⇒ što su veće promjene tih svojstava, to je transformacija ZM-a jača npr. arktička ZM se može transformirati u tropsku ZM

- ZM su usko povezane s atmosferskim frontama
- u prošlosti se procjenom ZM-a davala subjektivna prognoza

V.2. ATMOSFERSKE FRONTE

- moramo razlikovati 3 pojma: frontalna zona, frontalna ploha i atmosferska fronta



① FRONTALNA ZONA ≡ relativno uska 3D prijelazna zona između 2 ZM-a s izraženim hor. gradijentima met. elemenata

② FRONTALNE PLOHE ≡ granice frontalne zone, ∃ 2, ona uz hladni i ona uz topli zrak

- frontalna zona se može prikazati 1 frontalnom plohom samo u idealiziranom slučaju kada ∃ vrlo skokovit prijelaz iz 1 ZM-a u drugi

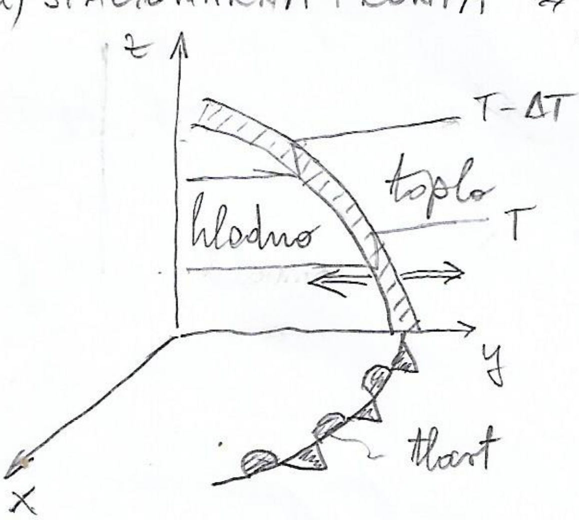
③ PRIZEMNA ATMOSFERSKA FRONTA

⇒ linija (pruga) presjeka frontalne zone sa Zemljinom površinom

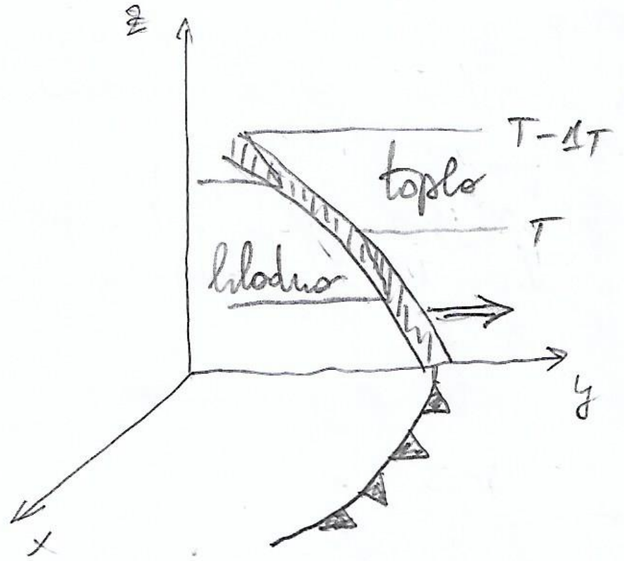
- VISINSKA ATM. FRONTA ⇒ linija presjeka f. zone i neke izobarne plohe
- tipovi atmosf. fronti

(a) STACIONARNA FRONTA ⇒ položaj fronte se ne mijenja u vremenu

⇒ hladniji i topliji zrak istovremeno potiskuju jedan drugog

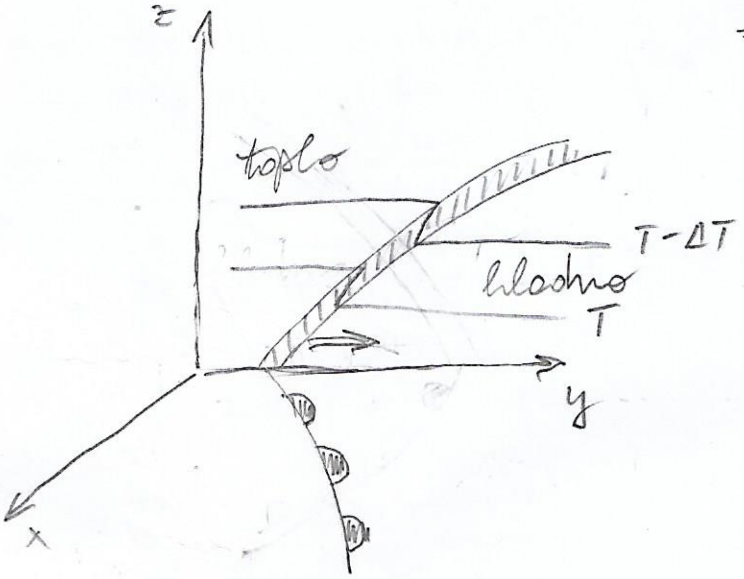


(b) HLADNA FRONTA



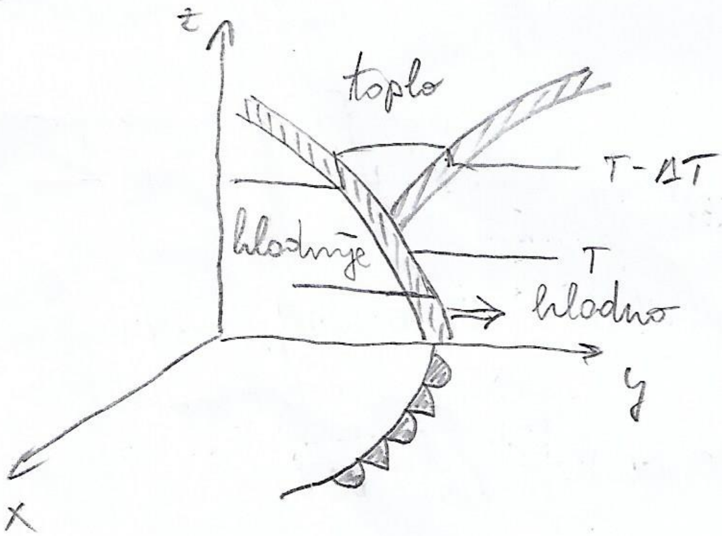
⇒ hladan zrak potiskuje topli zrak i fronta se kreće u smjeru "hladno ⟶ toplo"

(c) TOPLA FRONTA



⇒ topli zrak potiskuje hladni zrak i fronta se kreće u smjeru "toplo ⟶ hladno"

(d) FRONTA OKLUZIJE



⇒ javlja se se u ciklonama kao interakcija hladne i tople fronte

- ovo je primjer okluzije tipa hladne fronte jer je zrak iza hladne fronte hladniji od onog ispred tople fronte
- ∃ i okluzija tipa tople fronte

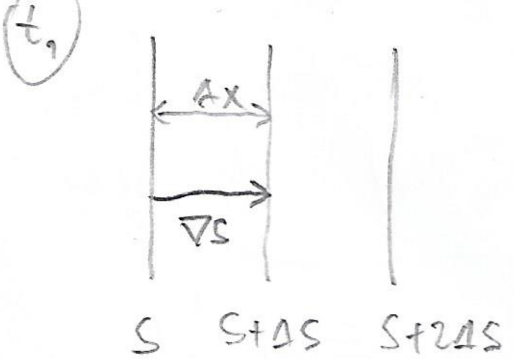
FRONTOGENEZA / FRONTOLIZA

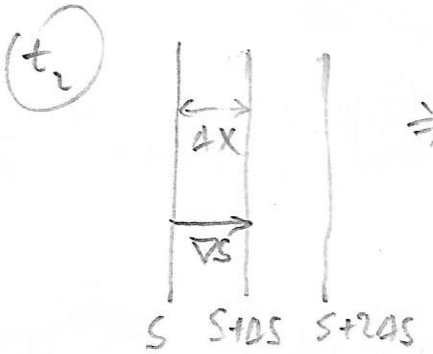
- FRONTOGENEZA ≡ proces stvaranja i jačanja fronti
- FRONTOLIZA ≡ proces slabljenja i raspada fronti
- što su gradijenti met. elemenata na fronti veći, to je ona jača
- da bismo mogli opisati mehanizme frontogeneze/lize, def. frontogenetičku fji F za skalarno svojstvo S kao totalnu promjenu apsolutne vrijednosti gradijenta tog svojstva:

$$F = \frac{d}{dt}|\nabla S| \quad ; \quad \nabla S = \frac{\partial S}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial S}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial S}{\partial z}\vec{k}$$

$$\Rightarrow F \begin{cases} > 0 & \Rightarrow \text{frontogeneza} \\ < 0 & \Rightarrow \text{frontoliza} \end{cases}$$

- Pr: imamo mjerenja svojstva S u 2 raz. termina





$$\Rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial x}\right)_{t_1} < \left(\frac{\partial S}{\partial x}\right)_{t_2}$$

$$\Rightarrow \frac{d}{dt}|\nabla S| > 0 \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ FG!

- S može biti $\rho, T, \theta, \ldots$, a zbog adijabatske aproksimacije najčešće se gleda θ!

- raspišimo sada FG f-ju F

- prije svega pogledajmo izraz $\frac{d}{dt}(\nabla\theta\cdot\nabla\theta)$:

$$\frac{d}{dt}(\nabla\theta\cdot\nabla\theta)=\frac{d}{dt}(\nabla\theta)^2=\frac{d}{dt}|\nabla\theta|^2=2|\nabla\theta|\underbrace{\frac{d}{dt}|\nabla\theta|}_{F}\quad /:2|\nabla\theta|$$

$$\Rightarrow F=\frac{d}{dt}|\nabla\theta|=\frac{1}{2|\nabla\theta|}\frac{d}{dt}(\nabla\theta\cdot\nabla\theta)=\frac{1}{\cancel{2}|\nabla\theta|}\cancel{2}\nabla\theta\cdot\frac{d}{dt}(\nabla\theta)=$$

$$=\frac{\nabla\theta}{|\nabla\theta|}\cdot\frac{d}{dt}(\nabla\theta)$$

- def. jedinični vektor $\vec{n}_\theta$ u smjeru gradijenta t.d. je

$$\nabla\theta=|\nabla\theta|\vec{n}_\theta \Rightarrow \vec{n}_\theta=\frac{\nabla\theta}{|\nabla\theta|}$$

$$\Rightarrow \boxed{F=\vec{n}_\theta\cdot\frac{d}{dt}(\nabla\theta)} \sim (1)$$

- pogledajmo tot. diferencijal gradijenta: komutativni operatori

$$\frac{d}{dt}(\nabla\theta)=\frac{\partial}{\partial t}(\nabla\theta)+u\frac{\partial}{\partial x}(\nabla\theta)+v\frac{\partial}{\partial y}(\nabla\theta)+w\frac{\partial}{\partial z}(\nabla\theta)=$$

$$=\frac{\partial}{\partial t}(\nabla\theta)+u\nabla\left(\frac{\partial\theta}{\partial x}\right)+v\nabla\left(\frac{\partial\theta}{\partial y}\right)+w\nabla\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)=$$

$$=\nabla\left(\frac{\partial\theta}{\partial t}\right)+\nabla\left(u\frac{\partial\theta}{\partial x}\right)+\nabla\left(v\frac{\partial\theta}{\partial y}\right)+\nabla\left(w\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)-\frac{\partial\theta}{\partial x}\nabla u-\frac{\partial\theta}{\partial y}\nabla v-\frac{\partial\theta}{\partial z}\nabla w$$

$$=\nabla\Big(\underbrace{\frac{\partial\theta}{\partial t}+u\frac{\partial\theta}{\partial x}+v\frac{\partial\theta}{\partial y}+w\frac{\partial\theta}{\partial z}}_{\frac{d\theta}{dt}}\Big)-\left(\frac{\partial\theta}{\partial x}\nabla u+\frac{\partial\theta}{\partial y}\nabla v+\frac{\partial\theta}{\partial z}\nabla w\right)$$

$$\Rightarrow \frac{d}{dt}(\nabla\theta)=\nabla\left(\frac{d\theta}{dt}\right)-\left(\frac{\partial\theta}{\partial x}\nabla u+\frac{\partial\theta}{\partial y}\nabla v+\frac{\partial\theta}{\partial z}\nabla w\right)\ \dots \text{ to u } (1)$$

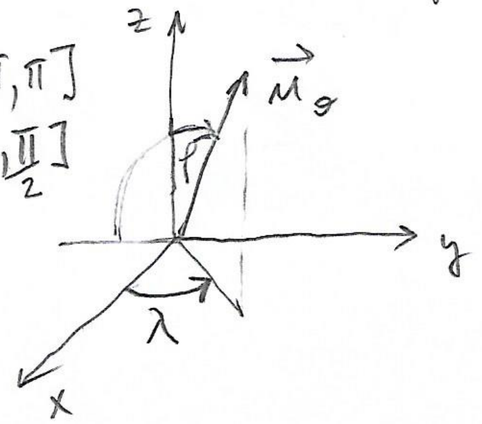
$$\Rightarrow \boxed{F=\vec{n}_\theta\cdot\nabla\left(\frac{d\theta}{dt}\right)-\vec{n}_\theta\cdot\left(\frac{\partial\theta}{\partial x}\nabla u+\frac{\partial\theta}{\partial y}\nabla v+\frac{\partial\theta}{\partial z}\nabla w\right)} \sim (2)$$

↳ općeniti 3D oblik FG f-je pogodan za kinematičko procjenjivanje frontogeneze

- izentropske plohe u prostoru mogu zauzeti bilo kakav položaj t.d. i jedinični vektor $\vec{n}_\theta$ u prostoru može zauzeti bilo kakvu orijentaciju

$\lambda \in [-\pi, \pi]$

$\varphi \in [0, \frac{\pi}{2}]$



- ako iskoristimo sferne koordinate za opis $\vec{n}_\theta$ u KKS-u:

$$\Rightarrow \vec{n}_\theta = \sin\varphi\cos\lambda\,\vec{i} + \sin\varphi\sin\lambda\,\vec{j} + \cos\varphi\,\vec{k}$$

- uz ~~pp~~ adijabatičnosti $\Rightarrow \frac{d\theta}{dt} = 0$

$$\Rightarrow F = -(\sin\varphi\cos\lambda\,\vec{i} + \sin\varphi\sin\lambda\,\vec{j} + \cos\varphi\,\vec{k}) \cdot \left[\frac{\partial\theta}{\partial x}\left(\frac{\partial u}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial u}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial u}{\partial z}\vec{k}\right) + \right.$$

$$\left. + \frac{\partial\theta}{\partial y}\left(\frac{\partial v}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial v}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial v}{\partial z}\vec{k}\right) + \frac{\partial\theta}{\partial z}\left(\frac{\partial w}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial w}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial w}{\partial z}\vec{k}\right)\right]$$

$$\Rightarrow F = -\sin\varphi\cos\lambda\left(\frac{\partial\theta}{\partial x}\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial\theta}{\partial y}\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial\theta}{\partial z}\frac{\partial w}{\partial x}\right) -$$

$$- \sin\varphi\sin\lambda\left(\frac{\partial\theta}{\partial x}\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial\theta}{\partial y}\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial\theta}{\partial z}\frac{\partial w}{\partial y}\right) -$$

$$- \cos\varphi\left(\frac{\partial\theta}{\partial x}\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial\theta}{\partial y}\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial\theta}{\partial z}\frac{\partial w}{\partial z}\right)$$