

Ilmakehän virtausrakenteiden dynamiikka. Toinen välikoe 15.12.2006

1. Kaksitasomallin barokliinisen aallon vaihenopeuden lauseke on

$$c = U_m - \frac{\beta(k^2 + \lambda^2)}{k^2(k^2 + 2\lambda^2)} \pm \left(\frac{\beta^2 \lambda^4}{k^4(k^2 + 2\lambda^2)^2} - \frac{U_T^2(2\lambda^2 - k^2)}{(k^2 + 2\lambda^2)} \right)^{1/2} \quad \text{missä } \lambda^2 \equiv \frac{f_0^2}{\sigma(\delta p)^2}$$

- a) Miten selvittäisit lausekkeen avulla, onko aalto, jonka aallonpituus on L , barokliinisesti instabiili? Jos aalto on instabiili, miten laskisit sen amplitudin kaksinkertaistumisajan? Selitä myös, mitä ovat laskelmissa tarvittavat suureet U_m , U_T ja β .
- b) Osoita, että tiettyä raja-aallonpituutta lyhyemmät aallot ovat aina stabiileja perustilan tuulijakaumasta riippumatta (**Vihje:** mieti eri termien etumerkkejä!). Mikä on tämä raja-aallonpituus leveyspiirillä 45°N tilanteessa, jossa $\sigma = 1.5 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{Pa}^{-2}\text{s}^{-2}$ ($\delta p = 500 \text{ hPa}$)?
2. Millainen on keskitroposfäärin pystyliikkeiden jakauma kaksitasomallin mukaisessa voimistuvassa barokliinisessä häiriössä? Miten pystyliikkeiden jakauman perusteella voidaan ymmärtää se, ettei (a) ylätroposfäärin korkeuskentän aalto saa alatroposfäärin aaltoa nopeasti kiinni vaikka länsivirtaus onkin paljon kovempi ylhäällä kuin alhaalla, ja että (b) häiriön liike-energia kasvaa?
3. Olkoon liike-energian spektrijakauma alla olevan taulukon mukainen (n kuvaa pallofunktion ensimmäistä indeksistä)

N	2	4	7
e_n (yksikkö mv.)	30	60	10

- a) Miten enstrofia on jakautunut taulukon kolmen aallon kesken (ilmaise kunkin aallon enstrofia esimerkiksi prosentteina kaikkien kolmen aallon yhteisestä enstrofiamäärästä)?
- b) Oletetaan, että barotrooppiset prosessit pudottavat aallon $n = 4$ liike-energian 40 yksikköön. Miten paljon liike-energiaa olisi tämän jälkeen aalloilla $n = 2$ ja $n = 7$? Oletetaan, että siirtymiä esiintyy vain mainittujen aaltojen välillä.
4. Horisontaalisen tuulen liikeyhtälö voidaan kirjoittaa z^* -koordinaatistossa muodossa

$$\underbrace{\frac{\partial \vec{V}}{\partial t}}_I + \underbrace{\vec{V} \cdot \nabla \vec{V}}_{II} + \underbrace{w^* \frac{\partial \vec{V}}{\partial z^*}}_{III} + \underbrace{f \hat{k} \times \vec{V}}_{IV} = -\nabla \Phi$$

- a) Arvioi vasemman puolen termien I, II ja IV tyypilliset suuruusluokat (yksikkö m/s) päiväntasaajan lähellä, missä coriolis-parametri on $f \sim 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ sekä keskileveysasteilla, missä $f \sim 10^{-4} \text{ s}^{-1}$. Tuulenopeuden suuruusluokka on molemmilla alueilla $U \sim 10 \text{ m/s}$, häiriöiden vaakasuuntainen mittakaava $L \sim 1000 \text{ km}$ ja niiden aikaskaala $T \sim 10^5 \text{ s}$.
- b) Arvioi a-kohdan tulosten perusteella korkeuskentän (Z) vaihteluiden suuruusluokka toisaalta päiväntasaajan lähellä, toisaalta keskileveysasteilla. Voit olettaa, ettei termi III ole ainakaan suurempi kuin termit I ja II.
- c) Miksi b-kohdan tuloksista seuraa, että lämpötilan vaihtelut ovat päiväntasaajan seudulla paljon pienempiä kuin keskileveysasteilla?
5. Kuvaa lyhyesti seuraavia asioita:
- Intertrooppinen konvergenssivyöhyke (ITCZ)
 - Pohjois-Afrikan aaltohäiriöt
 - Kelvin-aallot.