

Maksimipistemäärät tehtävittäin: 6, 8, 6, 4 ja 6.

1. Kirjoita kvasigeostrofinen pyörteisyysyhtälö. Millainen on sen eri termien tyypillinen vaikutus ylöspäin voimistuvaan länsivirtaukseen syntyvän, voimistuvan, 3000 km:n pituisen barokliinisen aallon eri osissa 300 hPa:n tasolla? Osoita myös, että pystyliikkeet ovat välttämättömiä aallon voimistumiselle.
2. Ovatko seuraavat väitteet kvasigeostrofisen teorian yhtälöiden valossa oikein vai väärin?
  - a) Kerrokseen 700-850 hPa keskittyvä lämmin advektio pyrkii nostamaan pintapainetta
  - b) Pitkät ylätroposfäärin aallot liikkuvat nopeammin itään kuin hitaat
  - c) Pohjoistuulen puhaltaessa on melko usein selkeää
  - d) Ylätroposfäärin pyörteisyysadvektio voi vaikuttaa pintamatalan voimakkuuteen

Perustele hyvin – jos väite on väärin, selitä myös todellinen asiantila. Kohdissa, joissa mainitaan lämpötilan advektio, voidaan jättää mahdollinen pyörteisyysadvektio tarkastelun ulkopuolelle ja päinvastoin.

3. Barotrooppinen pyörteisyysyhtälö voidaan kirjoittaa virtafunktion  $\psi$  avulla muodossa

$$\left( \frac{\partial}{\partial t} - \frac{\partial \psi}{\partial y} \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial \psi}{\partial x} \frac{\partial}{\partial y} \right) (\nabla^2 \psi + f) = 0$$

Linearisoi yhtälö perustilan  $\bar{\psi} = -\bar{u}y$  ympärille ja johda Rossby-aaltojen kulmataajuus

$$v = \bar{u}k - \frac{\beta k}{k^2 + l^2}$$

missä  $k$  ja  $l$  ovat aallon zonaalinen ja meridionaalinen aaltoluku. Osoita edelleen, että Rossby-aaltojen vaihenopeuden ( $c_x$ ) ja ryhmänopeuden ( $c_{gx}$ )  $x$ -komponenteille pätee aina  $c_{gx} > c_x$ .

4. Voimakkaissa matalapaineissa suhteellinen pyörteisyys on melko usein planetaarista pyörteisyyttä suurempi (eli pohjoisella pallonpuoliskolla  $\zeta > f$ ) mutta kuitenkin korkeapaineissa vain hyvin harvoin  $\zeta < -f$ . Mistä moinen epäsymmetria?
5. Selosta lyhyesti (0.5 – 1 sivua per kohta) seuraavia asioita
  - a) kvasigeostrofisen potentiaalipyörteisyyden säilymlaki
  - b) matalan veden gravitaatioaallot