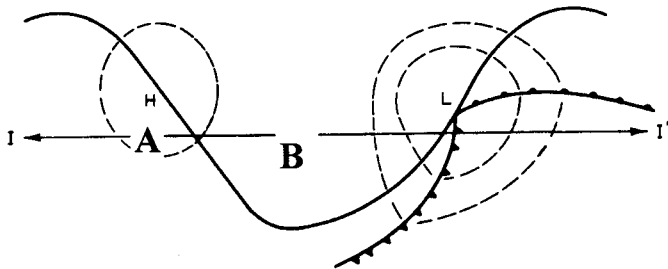


**Maksimipisteet tehtävittäin:** 6, 8, 4, 6 ja 6

**Huom:** tehtävät 4 ja 5 ovat paperin kääntöpuolella.

1. Kirjoita kvasigeostrofinen pyörteisyysyhtälö ja kvasigeostrofinen termodynamiikan yhtälö. Mitkä tekijät voivat näiden yhtälöiden mukaan aiheuttaa (i) pyörteisyyden kasvua, (ii) pyörteisyyden pienenemistä, (iii) ilman lämpenemistä ja (iv) ilman jäähtymistä? Näytä lisäksi, että pyörteisyyden pystyjakauma ja lämpötilan horisontaalinen jakauma riippuvat geostrofisen ja hydrostaattisen tasapainon vallitessa toisistaan.
2. Alla on esitetty pintapainekentän (katkoviivat) ja 500 hPa:n korkeuskentän (yhtenäinen viiva) tyypillinen horisontaalinen jakauma voimistuvassa, lyhyehkössä barokliinisessä aallossa. Pisteet



A ja B edustavat pintakorkean keskusta ja 500 hPa:n solan pohjaa. Täytä alla oleva taulukko (vastauskonseptille, ei tälle tehtäväpaperille). Anna fysikaaliset selitykset kvasigeostrofisen termodynamiikan yhtälön, pyörteisyysyhtälön, tendenssiyhtälön ja omegayhtälön avulla (esim. 'Pisteessä \* on nousevaa liikettä koska \*\*\*troposfäärissä on \*\*\*\*\* advektiota'). **Huom:** kolme neljäsosaa pisteistä tulee selityksistä, vain yksi neljäsosa etumerkeistä.

	A (Pintakorkean keskus)		B (500 hPa:n solan pohja)	
	Etumerkki	Fysikaalinen Selitys	Etumerkki	Fysikaalinen Selitys
Lämpötilatendensi alatriposfäärissä (500-1000 hPa)				
Pystyliike (700 hPa)				
Korkeustendensi (500 hPa)				
Pyörteisyystendensi (1000 hPa)				

3. Ääniaaltojen teoriaa käsiteltäessä päädytään yhtälöön

$$\left( \frac{\partial}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial}{\partial x} \right)^2 p' - \frac{\gamma \bar{p}}{\bar{\rho}} \frac{\partial^2 p'}{\partial x^2} = 0$$

Sijoita tähän yhtälöön  $p'$ :lle sopiva aaltomainen yrite ja johda sen avulla ääniaaltojen vaihe- ja ryhmänopeus. Ovatko ääniaallot dispersiivisiä vai eivät (tähän kohtaan kelpaa myös arkijärkeen perustuva selitys)?

4. Vastavirtaan etenevien sisäisten gravitaatioaaltojen kulmataajuudelle voidaan johtaa lauseke

$$v = \bar{u}k - \frac{Nk}{(k^2 + m^2)^{1/2}}$$

missä  $k$  ja  $m$  ovat aaltoluvut  $x$ - ja  $z$ -akselien suunnissa. Millä ehdolla vuoristo voi synnyttää stationäärisiä vuoristoaaltoja, joiden rakenne on aaltomainen myös pystysuunnassa? Syntyykö tällaisia aaltoja helpommin kapean vai leveän vuoriston ympäristöön? Osoita myös, että ylöspäin energiaa siirtävien aaltojen vaihenopeuden pystykomponentti suuntautuu alaspäin (ainakin kun valitaan perusvirtauksen mukana liikkuva koordinaatisto, jossa siis  $\bar{u} = 0$ ).

5. Selosta lyhyesti (0.5 – 1 sivua per kohta) seuraavia asioita
- kvasigeostrofisen potentiaalipyörteisyyden säilymlaki
  - vapaat, barotrooppiset Rossby-aallot

**HUOM: Vastaa kaikkiin tehtäviin!** Heiveröinenkin vastaus tuottaa keskimäärin enemmän pisteitä kuin ei vastausta ollenkaan.