

Rajakerroksen fysiikka I

Laskuharjoitus 2 (palautus ma 29.3.2010 klo 10, laskarit ti 30.3. klo 12.15 D112)

Tehtävä 1

Oletetaan, että k on vakio, $A = \bar{A} + A'$, $B = \bar{B} + B'$ ja $C = \bar{C} + C'$. Kirjoita seuraavat termit keskiarvostettuihin ja turbulentsisiin osiin. Käytä Reynoldsin sääntöjä apuna yksinkertaistamaan esitysmuotoa niin paljon kuin mahdollista.

- \overline{kAB}
- \overline{ABC}

Tehtävä 2

Tarkastellaan yleistä energiansiirtoyhtälöä

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho c_p \theta = - \left(\frac{\partial}{\partial x} \rho c_p u \theta + \frac{\partial}{\partial y} \rho c_p v \theta + \frac{\partial}{\partial z} \rho c_p w \theta \right) + k \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right).$$

Nimeä ja tunnista yhtälön eri termit ja muuttujat. Oleta ρ vakioksi, käytä Reynoldsin sääntöjä, tee aikakeskiarvoistus ja etsi turbulentsiset lämmönsiirto-termit.

Tehtävä 3

Taulukossa 3 on mitattuja hetkellisiä potentiaalilämpötilan (θ) ja pystynopeuden (w) arvoja.

- Täytä taulukkoon pyydytyt arvot.
- Mikä on muuttujien keskihajonta (σ), varianssi ja kovarianssi sekä muuttujien välinen korrelaatio ($r_{w\theta}$)? Kirjoita käyttämäsi yhtälöt näkyviin.
- Piirrä havainnoista aikasarjat. Vastaako kuvasi hyvin korrelaatiota?
- Mihin suuntaan lämmönvuo on suuntautunut ja onko ilmakehä stabiilisti, neutraalisti vai epästabiilisti kerrostunut?
- Totea havaintojen perusteella, että $\overline{w\theta} = \bar{w}\bar{\theta} + \overline{w'\theta'}$

Tehtävässä kannattaa käyttää apuna esimerkiksi Matlabia tai Exceliä. Matlabissa hyödyllisiä komentoja voivat olla mean ja std.

	Mittaukset		Lasketut arvot					
	w	θ	w'	θ'	$(w')^2$	$(\theta')^2$	$w\theta$	$w'\theta'$
	0.5	295						
	-0.5	293						
	1.0	295						
	0.8	298						
	0.9	292						
	-0.2	294						
	-0.5	292						
	0.0	289						
	-0.9	293						
	-0.1	299						
Keskiarvo								

Taulukko 1. Pystytuulen ja potentiaalilämpötilojen havainnot tehtävään 3.

Tehtävä 4

a) Turbulenttinen lämmönvuon pienenee lineaarisesti korkeuden funktiona yhtälön $\overline{w'\theta'} = a - bz$ mukaisesti. Yhtälön vakioilla on arvot $a = 0.25\text{Kms}^{-1}$ ja $b = 1.8 \cdot 10^{-4}\text{Ks}^{-1}$. Millainen potentiaalilämpötilan profiili on tuntia myöhemmin, jos profiili on alussa haluamasi muotoinen (siis valitse muoto)? Toisin sanoen: paljonko ilmakehä lämpeni eri korkeuksilla? Tilanne on horisontaalisesti homogeeninen ja latentti lämmitys, subsidenssi ja säteilylämmitys ovat mitättömän pieniä.

b) Alla on havaittuja tuulen komponenttien variansseja eri paikoissa eri aikoina. Missä, milloin ja minkä muuttujien perusteella turbulenssi on stationääristä, homogeenista tai isotrooppista?

mittauspaikat	mittauspaikka A		Mittauspaikka B	
mittausajat (klo)	10.00	11.00	10.00	11.00
$\overline{u'^2}$	0.50	0.50	0.70	0.50
$\overline{v'^2}$	0.25	0.50	0.25	0.25
$\overline{w'^2}$	0.70	0.50	0.70	0.25