

Rajakerroksen fysiikka I

Harjoitus 1 (palautus ma 8.9.2008 klo 14, laskaritulaisuus ke 10.9.2008 klo 12:15 E205)

Tehtävä 1

Osoita, että kahden levyn välissä oleva painegradientista johtuva vakaa (steady-state), laminaarinen, pienikokoinen ja horisontaalisesti homogeeninen laboratoriovirtaus noudattaa hetkellistä yhtälöä

$$\mu \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\partial p}{\partial x},$$

missä $\mu = \nu\rho$ on nesteen dynaaminen vakioviskositeetti. Painovoima on merkityksemättömän pieni. (Vihje: lähde liikkeelle Navier-Stokesin liikeyhtälöstä.)

Tehtävä 2

a) Ratkaise virtausprofiili kahden äärettömän laajan levyn välissä olevassa nesteessä käyttäen edellisen tehtävän yhtälöä. Alempi levy pysyy paikallaan (ts. $|\mathbf{V}(0)|=0$) ja ylempi liikkuu x-akselin suuntaan nopeudella $|\mathbf{V}(h)|=u_h$. Painegradientti $\frac{\partial p}{\partial x}$ on vakio ja sen vaikutus virtaukseen on samansuuntainen kuin liikkuvan levyn.

b) Mikä on Reynoldsin luku vedelle ja ilmalle, jos levyjen välinen etäisyys on 10cm ja $V_x=10\text{cms}^{-1}$? Onko virtaus turbulენტista vai laminaarista?

Tehtävä 3

Taulukossa 1 on mitattuja hetkellisiä potentiaalilämpötilan (θ) ja pystynopeuden (w) arvoja.

a) Täytä taulukkoon pyydetyt arvot.

b) Mikä on muuttujien keskihajonta (σ), varianssi ja kovarianssi sekä muuttujien välinen korrelaatio ($r_{w\theta}$)? Kirjoita käyttämäsi yhtälöt näkyviin.

c) Piirrä havainnoista aikasarjat. Vastaako kuvasi hyvin korrelaatiota?

d) Mihin suuntaan lämmönvuo on suuntautunut ja onko ilmakehä stabiilisti, neutraalisti vai epästabiilisti kerrostunut?

e) Totea havaintojen perusteella, että $\overline{w\theta} = \overline{w}\overline{\theta} + \overline{w'\theta'}$.

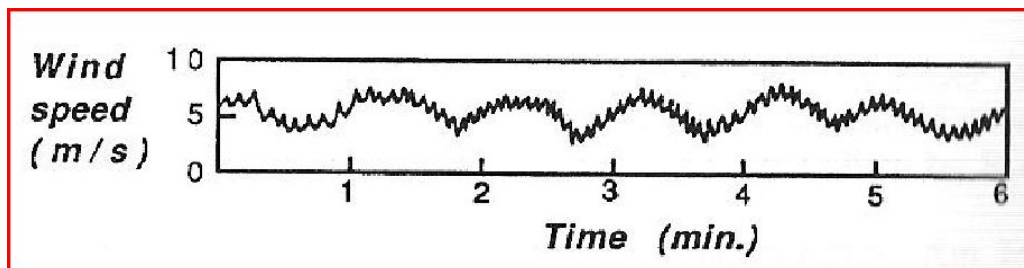
Tehtävässä kannattaa käyttää apuna esimerkiksi Matlabia tai Exceliä. Matlabissa hyödyllisiä komentoja voivat olla mean ja std.

	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 potentiaalilämpötilan havaintoja tehtävään 3.

Tehtävä 4

- a) Olet mitannut tuulen nopeutta Physicumin pihalla ja tulokset ovat kuvassa 1. Mikä on dominoivien pyörteiden koko?
- b) Kuvittele planeetta, jolla on ilmakehä ja jonka pinnalla ei ole nettosäteilyn vuorokausivaihtelua. Olisiko tällaisella planeetalla rajakerros? Perustele ja ole luova!



Kuva 1: Tuulen nopeuden aikasarja tehtävään 4a.

Jokaisen tehtävän maksimipistemäärä on 3.

Jos tulee kysyttävää, ota toki yhteyttä assistenttiin: annika.nordbo@helsinki.fi.