

ENER-4041 KITKALLINEN VIRTAUS
Tentti 15.5.2012

Tehtävään 1 vastataan ilman luentomonistetta, aikaa max. 25 min

Tehtävissä 2...5 saa käyttää:

- opintojakson luentomoniste Ahlstedt, H.: Kitkallinen virtaus, luentomoniste 1/12 (tai aiempi versio)
- ohjelmoitava laskin

(5 pist./tehtävä)

1. Selitä lyhyesti, mitä tarkoittavat:

- a) viskositeetti
- b) pyörteisyys
- c) rajakerroksen paksuus
- d) integraalimuotoiset rajakerrosyhtälöt
- e) isotrooppinen turbulenssi
- f) dimensioanalyysin käyttö
- g) $k - \varepsilon$ -mallin vakioiden määrittäminen
- h) faasien väliset kytkennät
- i) partikkelin vasteaika ja
- j) mainitse jokin mahdollinen eroavuus epänewtonisen virtausaineen käyttäytymisessä verrattuna newtoniseen aineeseen ja mistä ero voi johtua

2. Käytä nopeusprofiilia

$$\frac{u}{u_e} = \frac{3}{2} \left(\frac{y}{\delta} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{y}{\delta} \right)^3$$

tasolevyn liikemäärän integraalitarkastelussa ja laske a) $(\theta/x)\sqrt{Re_x}$, b) $(\delta^*/x)\sqrt{Re_x}$, c) $(\delta/x)\sqrt{Re_x}$ ja d) $C_f\sqrt{Re_x}$. Vertaa a) ja b) kohdan tuloksia Blasiuksen ratkaisusta saatuihin arvoihin.

3. Sileässä putkessa ($d = 15$ cm) virtaa vettä ($t = 20^\circ\text{C}$) nopeusprofiilin ollessa turbulenti ja täysin kehittynyt. Leikkausjännitys putken seinällä on $1,0$ N/m².
- Mille etäisyydelle putken pinnasta ulottuu laminaari alakerros ($y^+ = 5$) ja mikä on nopeus tässä kohdassa?
 - Mikä on leikkausjännitys 1 cm etäisyydellä putken pinnasta ja mikä osuus tästä leikkausjännityksestä on turbulenssin aiheuttamaa?
4. Suureen vesisäiliöön tulee putki, jonka sisähalkaisija on 2 cm. Veden keskinopeus putkessa on 10 m/s. Mikä on suihkun maksiminopeus 1,0 m päässä purkautumisaukosta ja mikä on tällöin suihkun leveys? Jos yhden putken sijasta säiliön seinässä on lähekkäin useita suihkuja suorassa rivissä, niin millä tavalla nopeus pienee yhteensä suihkuun verrattuna (perustelu)?
5. Esitä kuvassa olevan tilanteen turbulentin virtauksen nopeuskentän laskennassa tarvittavat **kaikki** yhtälöt valitsemassasi koordinaatistossa (tensori- tai vektorimuodot eivät anna pisteitä) ja yhtälöiden ratkaisussa tarvittavat reunaehdot käytettäessä standardi $k - \varepsilon$ -turbulenssimallia. Voit olettaa tilanteen kaksiuotteiseksi, isotermiseksi ja stationääriksi. Mihin kohtaan tarkastelualueen ulosvirtausreuna voidaan sijoittaa? Perustele valitsemasi sijaintikohta.

