

25210 KITKALLINEN VIRTAUS
 Tentti 21.12.1999

Tehtävään 1 vastataan **ilman** luentomonistetta, aikaa 30 min. Loput kysymykset jaetaan kaikille 30 minuutin jälkeen, jolloin kerätään pois ensimmäisen kysymyksen vastaukset. Tehtävissä 2-5 saa käyttää kurssin luentomonistetta (H. Ahlstedt: Kitkallinen virtaus, luentomoniste 1/99 tai aiempi versio). Harjoitustehtäviä ratkaisuneen ja muuta kirjallisuutta ei saa käyttää.

(5 pist./tehtävä)

1. Virtauksen liikemääräyhtälöt voidaan esittää muodossa:

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} + f_i$$

missä newtonisille nesteille

$$\sigma_{ij} = \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$$

- Mikä merkitys yhtälöiden eri termeillä on?
- Mitä yksinkertaistuksia yhtälöille voidaan tehdä eri tilanteissa ja miten nämä yksinkertaistukset vaikuttavat yhtälöiden ratkaisuun?
- Selvitä lyhyesti mitenkä yhtälöt muuttuvat, jos tarkastellaan turbulenttia virtausta aikakeskiarvotettuna?



Tentti 21.12.1999

2. a) Putkessa virtaa öljyä. Kaukana putken alkukohtasta nopeusprofiili on vain säteen r funktio $u = (C/\mu)(R^2 - r^2)$, missä C on vakio ja R on putken säde. Laske leikkausjännitys seinällä, jos $d_{putki} = 1$ cm ja $u_{max} = 30$ m/s.
- b) Rajakerroksessa paine on vakio ja nopeus on annettu kaavalla $u/u_e = (y/\delta)^{1/n}$. Osoita, että liikemäärän integraaliyhtälö voidaan esittää muodossa

$$u_e^2 \frac{d\delta}{dx} = (1+n) \left(1 + \frac{2}{n}\right) \frac{\tau_w}{\rho} \quad (1)$$

3. Laboratoriotuulitunnelissa on poikkileikkaukseltaan neliön muotoinen testiosa, jossa sivun pituus on 400 mm. Rajakerroksen nopeusprofiilit on mitattu kahdessa poikkileikkauksessa ja syrjäytyspaksuudet on arvioitu mitatuista profiileista. Kohdassa 1 syrjäytyspaksuus on 1,65 mm ja rajakerroksen ulkopuolinen nopeus 30 m/s. Kohdan 1 alavirran puolella sijaitsevassa kohdassa 2 syrjäytyspaksuus on 2,35 mm. Laske staattisen paineen muutos kohtien 1 ja 2 välillä. Ilmoita tulos suhteena rajakerroksen ulkopuoliseen dynaamiseen paineeseen kohdassa 1. Oletetaan normaali ilmakehän olosuhteet.
4. Tarkastele vakio-ominaisuuksista turbulenttia virtausta yhdensuuntaisten levyjen välissä. Oletetaan tarkastelukohdan olevan niin kaukana sisäänvirtauskohdasta, että on saavutettu täysin kehittynyt virtaus. Johda tarkka yhtälö $\overline{u'v'}$. (Lähde liikkeelle x - ja y -suunnan liikeyhtälöistä ja käytä hyväksesi rajakerrosyksinkertaistuksia.)



5. Esitä kuvassa olevan tilanteen turbulentin virtauksen nopeuskentän laskennassa tarvittava laskenta-alue ja kaikki tarvittavat yhtälöt x, y -koordinaatistossa ja yhtälöiden ratkaisussa tarvittavat reunaehdot käyttäessä standardi $k-\varepsilon$ turbulenssimallia. Esitä lisäksi pienen partikkelin liikkeen selvittämiseksi tarvittavat yhtälöt. Voit olettaa tilanteen kaksiulotteiseksi, isotermiseksi ja stationääriksi. Voidaanko $k-\varepsilon$ mallin olettaa antavan riittävän hyviä tuloksia vai onko tilanteessa seikkoja, jotka asettavat $k-\varepsilon$ mallin valinnan kyseenalaiseksi?

