

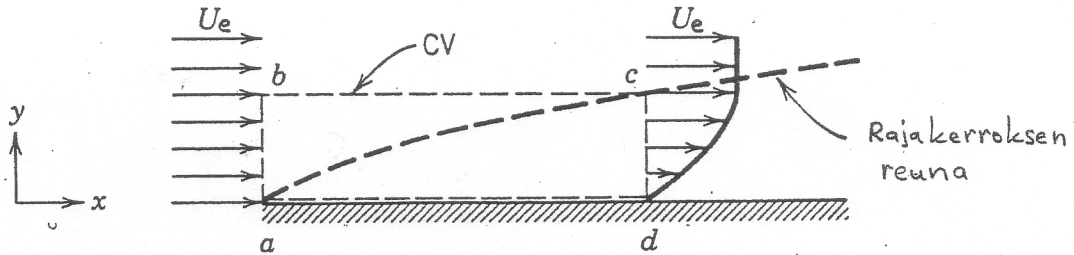
25210 KITKALLINEN VIRTAUS
Tentti 1.10.2001

Tehtävään 1 vastataan ilman luentomonistetta, aikaa 25 min. Loput kysymykset jaetaan kaikille 25 minuutin jälkeen, jolloin kerätään pois ensimmäisen kysymyksen vastaukset. Tehtävissä 2-5 saa käyttää kurssin luentomonistetta (H. Ahlstedt: Kitkallinen virtaus, luentomoniste 1/00 tai aiempi versio). Harjoitustehtäviä ratkaisuihin ja muuta kirjallisuutta ei saa käyttää.

(5 pist./tehtävä)

1. Vastaa lyhyesti seuraaviin kysymyksiin
 - a) Millä eri liike- tai muodonmuutostavoilla neste-elementin liike voidaan kuvata?
 - b) Mitä rajoituksia liittyy Navier-Stokesin yhtälöihin?
 - c) Miten luotettavasti ja millä menetelmillä rajakerroksen muutoskohta laminaarista turbulentiksi voidaan laskea?
 - d) Miksi tarvitaan turbulenssimalleja?
 - e) Mikä tai mitkä termit aiheuttavat eniten ongelmia ratkaistaessa virtausyhtälöitä numeerisesti?

2. Paikallaan olevalla kiinteällä pinnalla on kuvan mukainen rajakerrosvirtaus. Rajakerroksen ulkopuolisen virtauksen nopeus $u_e = 30$ m/s. Rajakerroksen kohdassa cd ($0 \leq y \leq \delta$) nopeusjakautumaa voidaan arvioida yhtälöllä $u/u_e = 2(y/\delta) - (y/\delta)^2$. Rajakerroksen paksuus on tässä kohdassa 5 mm. Virtaava aine on ilma, $t = 20^\circ\text{C}$. Levyn leveys on 0,6 m. Laske kontrollitilavuuden $abcd$ pinnan bc läpi menevä massavirta.



3. Irtoavalla Falkner-Skan-rajakerrosvirtauksella $\beta = -0,19884$. Arvioi kohtaa Re_x , missä alkaa esiintyä epästabiilisuuksia.

Spatial stability parameters for the Falkner-Skan profiles

β	$Re_{\delta^*, \text{crit}}$	$Re_{\theta, \text{crit}}$	$c_{i, \text{max}}$	$\left(-\frac{\alpha \delta^*}{Re_{\delta^*}}\right)_{\text{max}} \times 10^7$
+ 1.0	12,490	5,636	0.0065	1.14
0.8	10,920	4,874	0.0070	1.35
0.6	8,890	3,909	0.0075	1.67
0.5	7,680	3,344	0.0080	1.92
0.4	6,230	2,679	0.0085	2.42
0.3	4,550	1,927	0.0095	3.45
0.2	2,830	1,174	0.0104	6.0
0.1	1,380	556	0.0129	15.7
0.05	865	342	0.0154	32
0.0	520	201	0.0196	74
-0.05	318	119	0.0275	186
-0.1	199	71	0.0388	450
-0.14	138	47	0.0525	963
-0.1988	67	17	0.12	5,600

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 tarvittavat kaikki yhtälöt valitsemassasi koordinaatistossa ja yhtälöiden ratkaisussa tarvittavat reunaehdot käytettäessä standardi $k - \varepsilon$ turbulenssimallia. Esitä lisäksi pienen partikkelin liikkeen selvittämiseksi tarvittavat yhtälöt. Voit olettaa tilanteen kaksiulotteiseksi, isotermiseksi ja stationääriksi. Mihin kohtaan tarkastelualueen ulosvirtausreuna voidaan sijoittaa? Perustele valitsemasi sijaintikohta.

