

25210 KITKALLINEN VIRTAUS
Tentti 6.5.1999

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. Harjoitustehtäviä ratkaisuihin ja muuta kirjallisuutta ei saa käyttää.

(5 pist./tehtävä)

1. Ovatko seuraavat väittämät tosia, perustele vastauksesi lyhyesti.
 - a) Navier-Stokesin yhtälöt ovat voimassa kaikilla virtausaineilla.
 - b) Pyörteisyys-virtafuntioyhtälöiden käyttö helpottaa virtauskentän laskentaa.
 - c) Virtaus irtoaa seinästä vain kiihtyvissä rajakerrosvirtauksissa.
 - d) Jännitysyhtälöturbulenssimallit tuottavat aina parempia tuloksia kuin kaksiyhtälömallit.
 - e) Suurten pyörteiden simuloinnilla on mahdollista ratkaista myös käytännössä kiinnostavia virtaustilanteita.
 - f) Virtausten numeerisessa laskennassa konvektiotermin diskretointi on muita termejä hankalampaa.
 - g) Laskentaohjelmaa tehtäessä paine-nopeuskytkentä toteutuu ilman erityistoimenpiteitä.



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

Spatial stability parameters for the Falkner-Skan profiles

β	$Re_{\delta^*,crit}$	$Re_{\theta,crit}$	$c_{i,max}$	$\left(-\frac{\alpha\delta^*}{Re_{\delta^*}} \right)_{max} \times 10^7$
+ 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. Clauser (1954) käytti kokeissaan ilmaa $t = 24^\circ\text{C}$ ja $p = 1$ bar. Ensimmäisessä turbulentin rajakerroksen mittauskohdassaan $x = 2,11$ m hän sai seuraavat tulokset:

y [cm]	u [m/s]	y [cm]	u [m/s]
0,254	4,920	2,032	6,974
0,381	5,188	2,286	7,224
0,508	5,346	2,540	7,431
0,635	5,535	3,175	8,080
0,762	5,697	3,810	8,598
1,016	5,974	5,080	9,516
1,270	6,245	6,350	9,836
1,524	6,474	7,620	9,888
1,778	6,715	8,890	9,906

Rajakerroksen paksuus oli 8,89 cm ja paikallinen rajakerroksen ulkopuolisen virtauksen nopeusgradientti $du_e/dx \approx -1,06 \text{ s}^{-1}$. Määritä näillä tiedoilla a) leikkausnopeus, b) seinämäleikkausjännitys ja c) Clauserin parametri β .

5. Esitä kuvassa olevan tilanteen turbulentin virtauksen nopeuskentän laskennassa tarvittavat kaikki yhtälöt valitsemassasi koordinaatistossa ja yhtälöiden ratkaisussa tarvittavat reunaehdot käytettäessä standardi $k - \epsilon$ 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.

