

25210 KITKALLINEN VIRTAUS

Tentti 8.5.2001

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. Selitä seuraavissa kohdissa esitettyjen yhtälöiden käyttöalueet tai käyttöalueiden rajat ja mahdolliset rajoitukset (lyhyesti):

a)

$$\tilde{u}(x, y, z, t) = \bar{u}(x, y) + u'(x, y, z, t)$$

b)

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

c)

$$u^+ = \phi(y^+, k^+)$$

d)

$$\frac{d\theta}{dx} = \frac{\tau_w}{\rho u_e^2}$$

e)

$$\mu_t = 0,0168 \rho u_e \delta^*$$

f)

$$D = 3\pi d_p \mu |u - u_p|$$

g)

$$P_k = \varepsilon$$

h)

$$\tau_{xy} = \mu \frac{du}{dy}$$

2. 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.
3. Luentomonisteen yhtälön (5.11) erikoistapaus reunaehtoiheen on

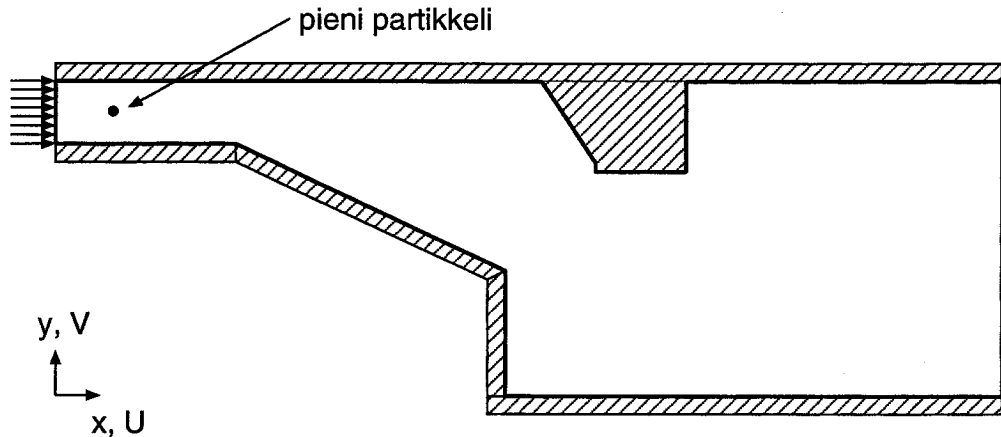
$$f''' + 0,8ff'' + 0,6[1 - (f')^2] = 0 \quad (1)$$

$$f(0) = f'(0) = 0$$

$$f'(\eta_\infty) = 1 \quad (2)$$

- a) Millaista virtaustilannetta yhtälö (1) kuvaa?
- b) Taulukossa 1 (s. 4) on annettu yhtälön (1) ratkaisu. Johda tulos liikemääräpaksuudelle θ käyttäen hyväksesi annettua ratkaisua.
- c) Laske edelleen käyttäen annettua ratkaisua nopeudet u ja v sekä leikkausjännitys τ kohdassa ($x = 0,2$ m, $y = 0,005$ m), jos $u_e(x = 0,1$ m) = 0,2 m/s, ($t = 20^\circ\text{C}$, virtausaine on ilma).
4. Tarkastele tasolevyn ohi nopeudella 11 m/s tapahtuvaa vesivirtausta. Määritä δ , δ^* , θ , c_f ja u_τ yhden metrin päässä levyn alkureunasta. Mikä on laminaarin alakerroksen paksuus? Mikä on pyörreviskositeetin arvo etäisyydellä $\delta/2$? Mikä on sekoituspituuden arvo samassa kohdassa?

5. Esitä kuvassa olevan tilanteen turbulentin virtauksen nopeuskentän laskennassa tarvittava laskenta-alue ja kaikki tarvittavat yhtälöt ja yhtälöiden ratkaisussa tarvittavat reunaehdot käyttäessä standardi $k - \varepsilon$ turbulenssimallia. Esitä lisäksi pienen partikkelin liikkeen selvittämiseksi tarvittavat yhtälöt. Voit olettaa tilanteen kaksulotteiseksi, isotermiseksi ja stationääriksi. Mihin kohtaan tarkastelualueen ulosvirtausreuna voidaan sijoittaa? Perustele valitsemasi sijaintikohta.



Taulukko 1. Yhtälön (1) ratkaisu.

η	f	f'	f''
0.000000	0.000000	0.000000	0.975309
0.200000	0.018708	0.183085	0.855803
0.400000	0.071653	0.342510	0.739128
0.600000	0.154182	0.479095	0.627784
0.800000	0.261848	0.594124	0.523879
1.000000	0.390501	0.689259	0.429086
1.200000	0.536353	0.766451	0.344591
1.400000	0.696026	0.827833	0.271064
1.600000	0.866580	0.875623	0.208654
1.800000	1.045517	0.912018	0.157025
2.000000	1.230769	0.939106	0.115434
2.200000	1.420668	0.958793	0.082829
2.400000	1.613907	0.972754	0.057971
2.600000	1.809486	0.982409	0.039550
2.800000	2.006664	0.988916	0.026288
3.000000	2.204906	0.993188	0.017014
3.200000	2.403838	0.995918	0.010718
3.400000	2.603206	0.997617	0.006569
3.600000	2.802841	0.998644	0.003916
3.800000	3.002636	0.999249	0.002270
4.000000	3.202524	0.999595	0.001279
4.200000	3.402464	0.999788	0.000700
4.400000	3.602433	0.999892	0.000372
4.600000	3.802418	0.999946	0.000192
4.800000	4.002410	0.999974	0.000096
5.000000	4.202406	0.999988	0.000047
5.200000	4.402405	0.999994	0.000022
5.400000	4.602404	0.999998	0.000010
5.600000	4.802403	0.999999	0.000004
5.800000	5.002403	1.000000	0.000002
6.000000	5.202403	1.000000	0.000001
6.200000	5.402403	1.000000	0.000000
6.400000	5.602403	1.000000	0.000000
6.600000	5.802403	1.000000	0.000000
6.800000	6.002403	1.000000	0.000000
7.000000	6.202403	1.000000	0.000000
7.200000	6.402403	1.000000	0.000000
7.400000	6.602403	1.000000	0.000000
7.600000	6.802403	1.000000	0.000000
7.800000	7.002403	1.000000	0.000000
8.000000	7.202403	1.000000	0.000000

Taulukko 1. Yhtälön (1) ratkaisu.

η	f	f'	f''
0.000000	0.000000	0.000000	0.975309
0.200000	0.018708	0.183085	0.855803
0.400000	0.071653	0.342510	0.739128
0.600000	0.154182	0.479095	0.627784
0.800000	0.261848	0.594124	0.523879
1.000000	0.390501	0.689259	0.429086
1.200000	0.536353	0.766451	0.344591
1.400000	0.696026	0.827833	0.271064
1.600000	0.866580	0.875623	0.208654
1.800000	1.045517	0.912018	0.157025
2.000000	1.230769	0.939106	0.115434
2.200000	1.420668	0.958793	0.082829
2.400000	1.613907	0.972754	0.057971
2.600000	1.809486	0.982409	0.039550
2.800000	2.006664	0.988916	0.026288
3.000000	2.204906	0.993188	0.017014
3.200000	2.403838	0.995918	0.010718
3.400000	2.603206	0.997617	0.006569
3.600000	2.802841	0.998644	0.003916
3.800000	3.002636	0.999249	0.002270
4.000000	3.202524	0.999595	0.001279
4.200000	3.402464	0.999788	0.000700
4.400000	3.602433	0.999892	0.000372
4.600000	3.802418	0.999946	0.000192
4.800000	4.002410	0.999974	0.000096
5.000000	4.202406	0.999988	0.000047
5.200000	4.402405	0.999994	0.000022
5.400000	4.602404	0.999998	0.000010
5.600000	4.802403	0.999999	0.000004
5.800000	5.002403	1.000000	0.000002
6.000000	5.202403	1.000000	0.000001
6.200000	5.402403	1.000000	0.000000
6.400000	5.602403	1.000000	0.000000
6.600000	5.802403	1.000000	0.000000
6.800000	6.002403	1.000000	0.000000
7.000000	6.202403	1.000000	0.000000
7.200000	6.402403	1.000000	0.000000
7.400000	6.602403	1.000000	0.000000
7.600000	6.802403	1.000000	0.000000
7.800000	7.002403	1.000000	0.000000
8.000000	7.202403	1.000000	0.000000