TTY / Energia- ja prosessitekniikan laitos

# ENER-4010 Virtausoppi

Tentti 29.3.2010

Sallittu kirjallisuus: kaavakokoelma.
Palauta jaettu kaavakokoelma tentin jälkeen.
Älä tee kaavakokoelmaan merkintöjä.

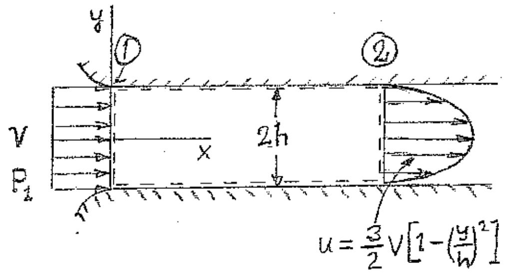
Graafisen laskimen käyttö sallittu
Taulukkokirjan käyttö sallittu

1. Kuva esittää säiliöstä rakoon tapahtuvaa laminaaria virtausta, jolloin nopeusprofiili kehittyy.
   a) Jos oletetaan, että alussa painehäviö aiheutuisi pelkästään nopeusprofiilin muuttamiseen tarvittavasta energiasta, niin mikä on tällöin paineen muutos $p_1 - p_2$ ? Sovella 1- dim. liikeyhtälöä $\overline{F} = \int \rho \, \overline{V} \, \overline{V} \cdot \overline{n} \, dA$ kuvan kontrollitilavuuteen.

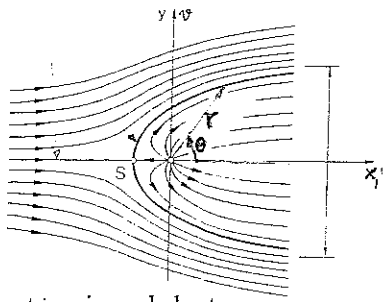
   (Huom. joudut integroimaan $\int_0^h u^2 dy$.)

   b) **Mikä on täysin kehittynyttä nopeusprofiilia u(y) hallitseva diff. yhtälö?**

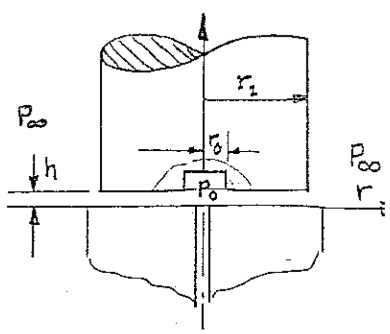
   c ) **Ratkaise edellä saatu yhtälö kuvan koordinaatistossa.**




2. Ns. puolikappale voidaan toteuttaa sijoittamalla yhdensuuntaiseen virtaukseen lähde.
   a) Mikä on syntyneen virtauksen w(z)?
   b) Mikä on nopeuspotentiaali $\Phi$ ?
   c) Mikä olisi nopeuspotentiaali, jos lähde olisi origon sijasta kohdassa $x=\xi$ ?
   d) Mitkä ovat a-kohdan virtauksessa nopeuskomponentit u ja v?
   e) Mikä on nopeus ja paine puolikappaleen pinnalla? Laske ensin kappaleen muoto esim. ehdosta, että patopisteessä nopeus =0, jolloin saa arvon $\Psi$ :lle.




3. Kuva esittää pyöreästä putkesta levyjen väliin tulevaa virtausta hydrostaattisessa laakerissa. Tavoitteena on selvittää painejakauma p(r).
   a) Mikä on p(r), jos virtaus oletetaan kitkattomaksi ja paine lasketaan Bernoullin yhtälöstä?
   b) Mikä on virtausta hallitseva yhtälö reunaehtoineen, jos nopeusprofiili oletetaan laminaariksi ja täysin kehittyneeksi. Lähde liikkeelle sylinterikoordinaatiston Navier-Stokes yhtälöistä ja yksinkertaista yhtälöitä olettaen, että $h << r_o \left(u_\theta = \partial / \partial\theta = 0\right)$. Kiinnitä koordinaatiston origo kuvaan. Ratkeaako yhtälö analyyttisesti?
   c) Miten voi päätellä sen, että noudattaako virtaus a- vai b-kohdan ratkaisua?



4. Turbulentissa virtauksessa pinnan lähellä nopeusprofiili on samanlainen sekä sisä- että ulkopuolisessa virtauksessa. Jos turbulenssi otetaan huomioon näennäisellä viskositeetilla $\nu_t$, voidaan leikkausjännitys esittää kaavalla $\tau = \rho\nu_t\, \partial u/\partial y$.

a) Mikä on nopeusprofiilia hallitseva diff. yhtälö, jos oletetaan, että $\nu_t = (ky)^2 \partial u/\partial y$, jossa k on vakio. Lisäksi oletetaan $\tau = \tau_s$.

b) Minkä muodon a-kohdan yhtälö saa, jos käytetään dimensiottomia muuttujia $u^+$ ja $y^+$.

c) Ratkaise b-kohdan yhtälö.

d) Miten lähellä pintaa c-kohdan tulos on voimassa?

5. a) Ohut hyvin sileäpintainen levy, pituus 1 m, on ilmavirrassa, jonka nopeus on 30 m/s. Mikä voima **virtauksesta** kohdistuu levyyn, jos rajakerros on kaikkialla laminaari?

b) Mikä on voima, jos rajakerros on turbulentti?

c) Edellisen kohdan levy vaihdetaan ohueksi langaksi. Mikä on sellaisen langan halkaisija d, johon virtaus vaikuttaa samalla voimalla kuin a- ja b-kohdan levyyn?

Kannattaa käyttää sivun 8 kuvaa.

$$c_D = \frac{F'}{\frac{1}{2}\rho U_\infty^2 d} = 1{,}0\,;\ \rho = 1{,}2\ \mathrm{kg/m^3}\,;\ \nu = 1{,}6\cdot 10^{-5}\ \mathrm{m^2/s}$$