

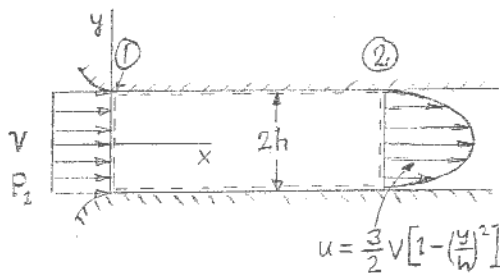
Sallittu kirjallisuus: kaavakokoelma.
 Palauta jaettu kaavakokoelma tentin jälkeen.
 Älä tee kaavakokoelmaan merkintöjä.

Graafisen laskimen käyttö sallittu
 Taulukkokirjan käyttö sallittu

1. Kuva esittää säiliöstä rakoon tapahtuvaa laminaaria virtausta, jolloin nopeusprofiili kehittyy.
- 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 $\vec{F} = \int \rho \vec{V} \vec{V} \cdot \vec{n} dA$ kuvan kontrollitilavuuteen.

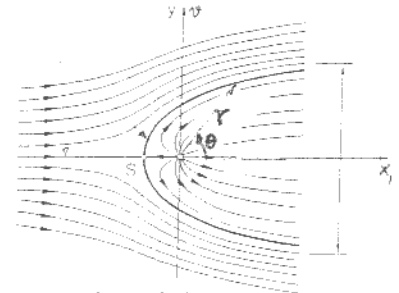
(Huom. joudut integroimaan $\int_0^h u^2 dy$.)

- Mikä on täysin kehittyneittä nopeusprofiilia $u(y)$ hallitseva diff. yhtälö?
- Ratkaise edellä saatu yhtälö kuvan koordinaatistossa.



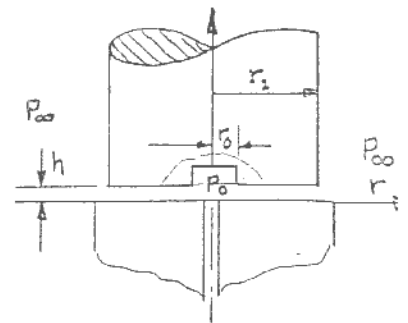
2. Ns. puolikappale voidaan toteuttaa sijoittamalla yhdensuuntaiseen virtaukseen lähde.

- Mikä on syntyneen virtauksen $w(z)$?
- Mikä on nopeuspotentiaali Φ ?
- Mikä olisi nopeuspotentiaali, jos lähde olisi origon sijasta kohdassa $x = \xi$?
- Mitkä ovat a-kohdan virtauksessa nopeuskomponentit u ja v ?
- Mikä on nopeus ja paine puolikappaleen pinnalla? Laske ensin kappaleen muoto esim. ehdosta, että patopisteessä nopeus = 0, jolloin saa arvon Ψ :lle.



3. Kuva esittää pyöreästä putkesta levyjen väliin tulevaa virtausta hydrostaattisessa laakerissa. Tavoitteena on selvittää painejakauma $p(r)$.

- Mikä on $p(r)$, jos virtaus oletetaan kitkattomaksi ja paine lasketaan Bernoullin yhtälöstä?
- Mikä on virtausta hallitseva yhtälö reunaehtoineen, jos nopeusprofiili oletetaan laminaariksi ja täysin kehittyneeksi. Lähde liikkeelle sylinterikoordinaatiston Navier-Stokes yhtälöistä ja yksinkertaista yhtälöitä olettaen, että $h \ll r_0$ ($u_\theta = \partial / \partial \theta = 0$). Kiinnitä koordinaatiston origo kuvaan. Ratkaako yhtälö analyttisesti?
- 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 ν_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.

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