

TTKK

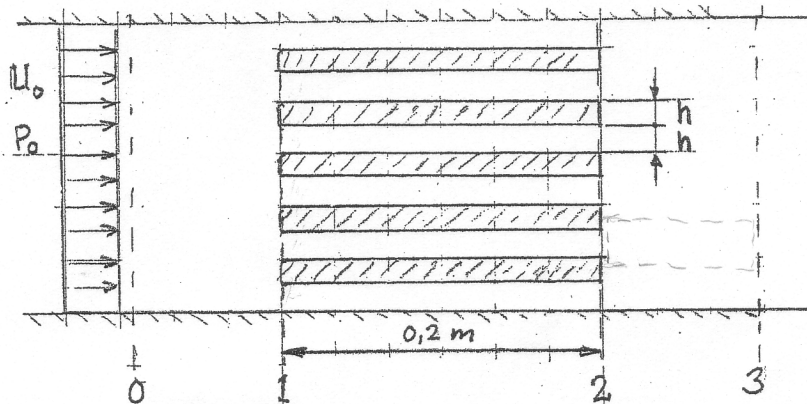
Ener

25200 Virtausoppi

Sallittu kirjallisuus: kaavakokoelma

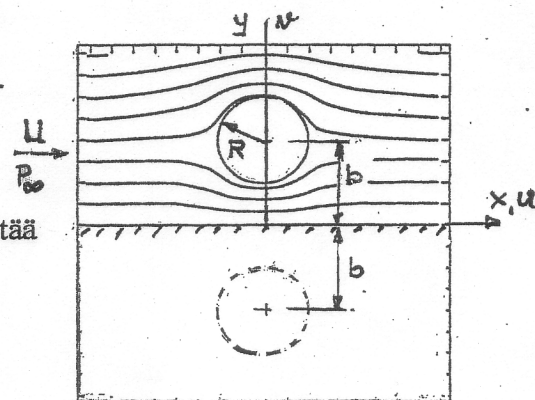
Tentti 14.1.2002

1. Kuva esittää ilmavirtauksessa olevia yhdensuuntaisia levyjä, joiden välissä ilma virtaa synnyttäen painehäviön. Käytännössä levyt esittävät piirikortteja tai elektroniikan jäähdytysriipoja. Levyjen paksuus ja etäisyys toisistaan  $h = 2 \text{ mm}$ . Paine ennen levyjä on  $p_0$  ja nopeus  $U_0 = 5 \text{ m/s}$ .
  - a) Mikä on paine raon alussa kohdassa 1, jos virtaus oletetaan kitkattomaksi?
  - b) Mikä on raossa välillä 1-2 syntyvä painehäviö, jos käytetään täysin kehittyneen turbulentin putkivirtauksen tuloksia sijoittamalla halkaisijan paikalle hydraulinen halkaisija  $d = 4 A/P$ ?
  - c) Välillä 2-3 tapahtuu myös painehäviö. Kirjoita näkyviin yhtälöt, joista se voidaan määrittää.
  - d) Jos paine-ero  $p_3 - p_0$  tiedetään, saadaan selville virtauksen ylläpitämiseen tarvittava teho. Mikä se on, jos puhaltimen hyötysuhde on  $\eta$ ?

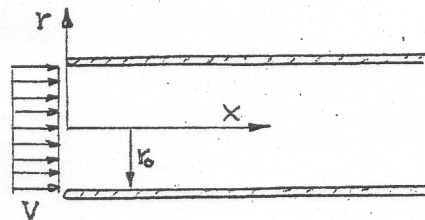


2. Kuva esittää yhdensuuntaisessa virtauksessa seinämän lähellä olevaa sylinteriä. Potentiaalivirtauksessa se voidaan toteuttaa kuvan järjestelyllä. (Samantapaisia tehtäviä on ratkaistu harjoituksissa)

- a) Mikä on virtauksen kompleksinen potentiaali, jos origossa olevan sylinterin potentiaali on  $UR/z$ .
- b) Mikä on kuvan virtauksen virtafunktio  $\psi$ ? Kannattaa käyttää karteesisista koordinaatistoa.
- c) Mikä on nopeus  $u(0,0)$  origossa, jos  $b = 2R$ ?
- d) Mikä on paine origossa, jos se kaukana sylinteristä on  $p_\infty$ ?



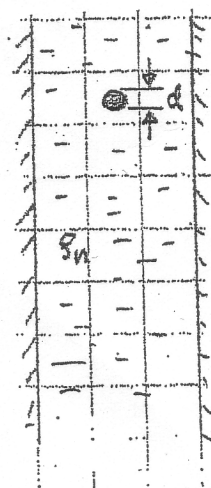
3. Kuva esittää akselinsa ympäri kulmanopeudella  $\omega$  pyörivää putkea, jolloin putken pinnassa  $u_\theta = r_0\omega$ . Virtaus tulee putkeen aksiaalisesti tasaisella nopeudella  $V$ .



- a) Kirjoita näkyviin stationaaria laminaaria virtausta hallitsevat yhtälöt, joista voidaan laskea nopeusprofiilin kehittyminen  $u(r, x)$ .
- b) Mitkä yhtälöt (tai yhtälö) hallitsevat täysin kehittynyttä nopeusprofiilia ja painejakautumaa kaukana putken alusta?

c) Onko luennoissa valmista ratkaisua täysin kehittyneelle virtaukselle b-kohtaan?

4. Kuva esittää nesteessä paikallaan olevaa palloa, jonka tiheys on  $\rho$ . Tietyllä hetkellä pallo irroitetaan, jolloin se alkaa liikkua alaspäin ( $\rho > \rho_n$ ). Tällainen koe on nähty kurssilla esitetyssä filmissä.



- a) Mikä on pallon nopeutta hallitseva yhtälö, jos pallon vastuskerroin  $C_D$  ( $Re$ ) tiedetään ja lisäksi noste otetaan huomioon (pallon tilavuus  $\pi d^3/6$ )
- b) Mikä on pallon lopullinen vajoamisnopeus riittävän pitkän ajan jälkeen irroituksen jälkeen?
- c) Mikä on lasipallon,  $d = 5 \text{ mm}$  ja  $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$  nopeus vedessä, jos  $C_D = 24/Re$ ,  $\nu = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $\rho_n = 1000 \text{ kg/m}^3$ .

5. 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?