

TTY / Teknisen suunnittelun laitos

ENER-4010 Virtausoppi

Tentti ~~8.2.2013~~  
12.2.2013

Sallittu kirjallisuus: kaavakokoelma.

Palauta jaettu kaavakokoelma tentin jälkeen.

Älä tee kaavakokoelmaan merkintöjä.

Graafisen laskimen käyttö sallittu

Taulukkokirjan käyttö sallittu

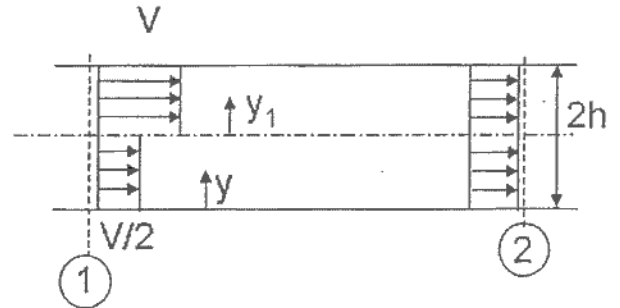
1. Kaksi virtausta, joissa on tasainen nopeusjakauma, sekoittuu levyjen välissä.

a) Soveltamalla kuvan kontrollipintaan jatkuvuus- ja liikeyhtälöitä laske paine leikkauksessa 2, jos se leikkauksessa 1 on  $p_\infty$ . Jätä seinämäkitka huomioonottamatta.

b) Sama kuin a-kohta, mutta leikkauksessa 2 on täysin kehittynyt laminaari profiili

$$u = \frac{3}{2}V \left[ 1 - \left( \frac{y_1}{h} \right)^2 \right]$$

c) Mikä on painehäviö/metri täysin kehittyneessä virtauksessa?



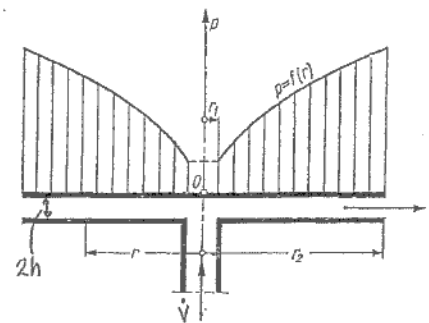
2. Kuva esittää putkesta levyjen väliin tulevaa virtausta. Tavoitteena on selvittää painejakautuma.

a) Mikä on  $p(r)$ , jos virtaus oletetaan kitkattomaksi? (Käytä Bernoullin yhtälöä)

b) Mikä on virtausta hallitseva yhtälö reunaehtoineen, jos nopeusprofiili oletetaan laminaariksi ja täysin kehittyneeksi? Lähde liikkeelle N-S-yhtälöistä ja olet  $h \ll r$  ja  $r \gg r_1$ . ( $u_\theta = \partial/\partial\theta = 0$ )

c) Mikä on levyjen välinen tilavuusvirta?

d) Mikä on b-kohdan painejakautuma?



3. Pallo, halkaisija  $d$  ja tiheys  $\rho$ , on nesteessä ja vajoaa maan vetovoimakentässä. Nesteen tiheys on  $\rho_n$ .

a) Mikä on pallon vajoamisnopeus  $U$ , jos vain pallon paino ja virtauksesta aiheutuva vastusvoima otetaan huomioon? (Pallon  $V = \pi d^3/6$ )

$$F = C_d \frac{1}{2} \rho U^2 \frac{\pi d^2}{4}$$

b) Mikä on vajoamisnopeus, jos myös neste huomioidaan?

c) Mikä on lasipallon nopeus vedessä, jos  $d = 5\text{mm}$ ,  $\rho = 3000\text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_n = 1000\text{ kg/m}^3$ ,  $\nu = 1,0 \cdot 10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}$  ja  $C_d = 24/Re$ ?

d) Onko c-kohdan tulos mielestäsi oikein? Miten sen voi tarkistaa?

4. Turbulentissa virtauksessa pinnan lähellä nopeusprofiili on samanlainen sekä sisä- että ulkopuolisessa virtauksessa. Nopeuden ja leikkausjännityksen välinen riippuvuus esitetään  $\tau = \rho(\nu + \nu_t)\partial u/\partial y$ , jossa  $\nu_t$  on turbulenssin aiheuttama näennäinen viskositeetti. Pinnan lähellä lisäksi  $\tau \approx \tau_s$ .
- Jos käytetään turbulentin virtauksen merkintöjä  $u^+$  ja  $y^+$ , minkä muodon nopeutta hallitseva yhtälö saa laminaarille virtaukselle  $\tau \cong \tau_s = \rho\nu \partial u/\partial y$ ?
  - Mikä on nopeusprofiilia hallitseva yhtälö  $u^+ = f(y^+)$ , jos oletetaan että  $\nu_t = (ky)^2 \partial u/\partial y$  ja  $\nu = 0$ .
  - Ratkaise b-kohdan yhtälö.
  - Millä etäisyydellä pinnasta nopeus on 5 m/s, jos ilma virtaa keskinopeudella 10 m/s putkessa, jonka halkaisija on 0,1 m?  $\nu = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ .

5. Virtaus kohtaa ohuista levyistä muodostuvan levypaketin. Levyjen pituus on  $L$  ja niiden välinen etäisyys on  $h$ .

- Mikä on kitkasta aiheutuva painehäviö, jos virtaus on turbulentti ja  $h/L$  on suuri, jolloin rajakerrokset eivät kohtaa toisiaan?
- Mikä on painehäviö  $p_1 - p_2$ , jos rajakerros on laminaari?
- Tee arvio levyjen välisestä etäisyydestä, jolloin a ja b kohtien tulos on oikein eli  $h > 2\delta$ .

$$L = 0,2 \text{ m}, U_\infty = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \nu = 1,6 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

ja  $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ .

