

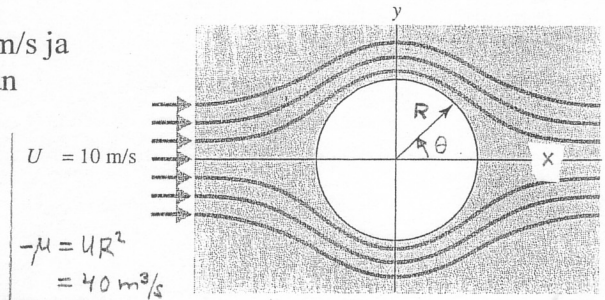
1. Säiliöstä, pinta-ala $0,01 \text{ m}^2$, lähtee vaakasuora putki, jonka sisähalkaisija on 1 mm ja pituus 10 m. Tietyllä hetkellä säiliössä olevan vedenpinnan ja putken korkeusero on 0,4 m.

- a) Mikä on tällöin veden keskinopeus putkessa?
b) Missä ajassa veden pinta laskee 0,2 m?

Käytä laminaarin täysin kehittyneen virtauksen tulosta painehäviön laskentaan. $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

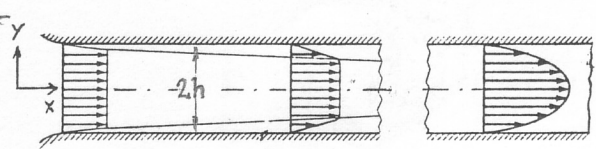
2. Potentiaalivirtauksessa x-akselin suuntainen nopeus on 10m/s ja kaksoislähteen voimakkuus $40 \text{ m}^3/\text{s}$, jolloin muodostuu kuvan mukainen virtaus.

- a) Mikä on virtauksen kompleksinen potentiaali?
b) Mikä on nopeus $u(0,y)$? $y > R$.
c) Mikä on nopeus sylinterin pinnalla osassa $\pi > \theta > \pi/2$?
d) Mikä on sylinterin vastusvoimakerroin, jos oletetaan, että alueella $\pi/2 > \theta > 0$ paine on sama kuin kohdassa $\pi/2$? Vastaako saatu tulos mielestäsi käytännön havaintoja? $C_D = F' / (\frac{1}{2} \rho U^2 \cdot 2R)$



3. Kuva esittää laminaarin virtauksen kehittymistä kahden levyn välisessä raossa.

- a) Mitkä ovat nopeusjakautuman kehittymistä hallitsevat diff.yhtälöt? Tee Navier-Stokesin yhtälöihin tarvittavat yksinkertaistukset.



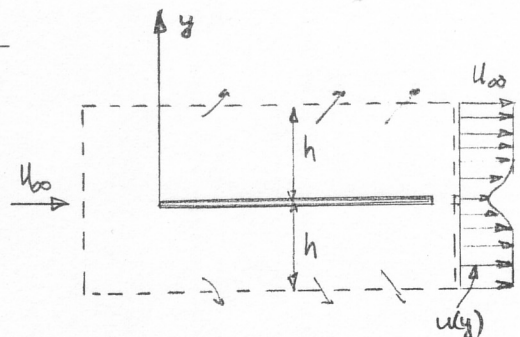
- b) Mikä on täysin kehittyneellä profiililla hallitseva diff.yhtälö reunaehtoineen?
c) Ratkaise täysin kehittyneen nopeusjakautuma $u(y)$ kuvan koordinaatistossa.

4. Sileässä putkessa, halkaisija $d = 0,1 \text{ m}$, virtaa vettä. Mittauksissa on todettu, että leikkausjännitys seinällä $= 125 \text{ N/m}^2$. $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

- a) Mikä on virtauksen keskinopeus? (Se saadaan painehäviön kaavasta). Käytä sivuun 6 käyrästä.
b) Mikä on maksiminopeus putken keskellä, jos se lasketaan logaritmisesta nopeusjakaumasta?
c) Mikä on nopeus etäisyydellä 0,1 mm seinästä?

5. a) Virtauksessa olevan tasolevyn vastusvoima saadaan selville, jos tiedetään nopeusjakautuma $u(y)$ heti levyn takana. Johda yleistä jatkuvuus- ja liikeyhtälöä kontrollipintaan soveltamalla levyyn vaikuttavan voiman lauseke

$$F' = \int_{-h}^h \rho u (u_{\infty} - u) dy$$



- b) Tasolevyn tapauksessa tulos saadaan myös toisin kuin edellä, koska leikkausjännitys pinnassa pystytään laskemaan rajakerrosteorian avulla. Mikä on F' , jos rajakerros on laminaari? Anna kaikki tarvittavat kaavat myös kitkakertoimelle tai selitä mistä kitkakerroin saadaan.
c) Mikä on F' , jos rajakerros on turbulenti?