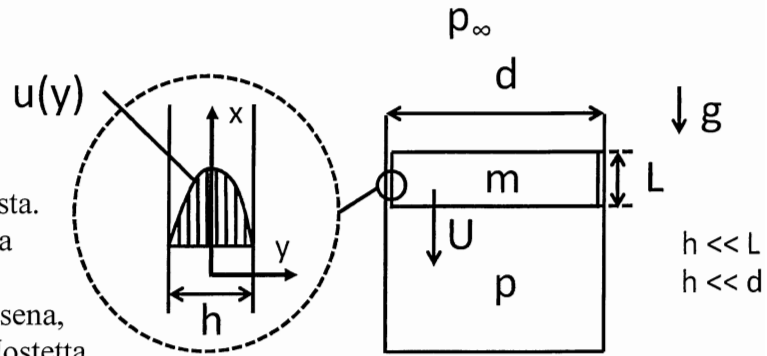


Sallittu kirjallisuus: kaavakokoelma.
 Palauta jaettu kaavakokoelma tentin jälkeen.
 Älä tee kaavakokoelmaan merkintöjä.

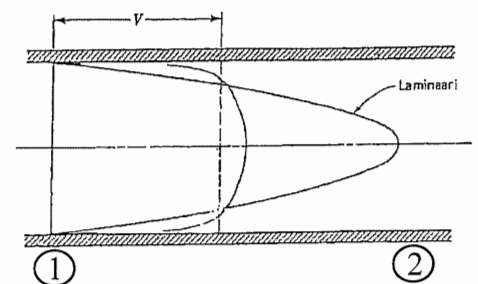
Graafisen laskimen käyttö sallittu
 Taulukkokirjan käyttö sallittu

1. Kuva esittää nesteen täyttämää sylinteriä, jossa mäntä (massaltaan m) vajoaa hitaasti oman painonsa ansiosta alaspäin nopeudella U , koska männän ja sylinterin välisessä raossa tapahtuu virtausta. Jos raon leveys h on pieni halkaisijaan d ja männän korkeuteen L verrattuna, voidaan virtausta käsitellä tasojen välisenä virtauksena, jossa molemmat pinnat ovat paikallaan. Nostetta ei tarvitse huomioida.



- a) Mikä on painegradientti raossa?
 b) Mikä on rakovirtausta hallitseva diff. yhtälö reunaehtoineen? (Lähde karteesisen koordinaatiston Navier-Stokes yhtälöistä ja tee tarvittavat yksinkertaistukset)
 c) Ratkaise nopeusprofiili.
 d) Mikä on sylinterin vajoamisnopeus U ?

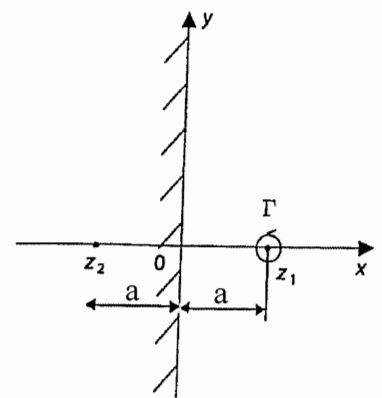
2. Vesi virtaa sileässä, pyöreässä putkessa, jonka halkaisija on 5 mm sellaisella nopeudella, että $Re = 5000$. Mikä on maksiminopeus putken keskellä sekä leikkausjännitys putken seinällä, jos



- a) virtaus on laminaari?
 b) virtaus on turbulenti, jolle log. nopeusjakauma on voimassa?
 Tarvittavat tulokset löytyvät sivulta 6. $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ja $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.
 c) Mikä on paineen muutos $p_1 - p_2$, jos kohdassa 1 oleva laminaari profiili muuttuu turbulentiksi kohdassa 2, ja kitkan vaikutus jätetään huomioon ottamatta. Sovella yleistä 1D liikeyhtälöä $\sum F = \int_A \rho \vec{V} \vec{V} \cdot \vec{n} dA$

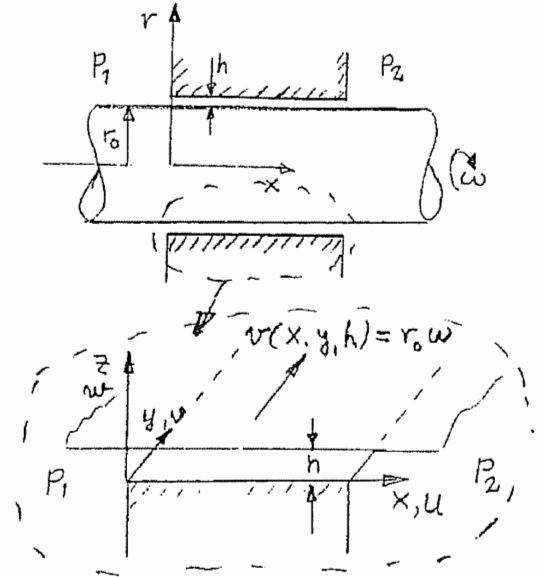
3. Kuva esittää tapausta, jossa on kiertovirtaus seinämän läheisyydessä. Seinämän voi muodostaa virtaukseen käyttämällä hyväksi peilausta akselin suhteen. (Luennoilla ja harjoituksissa on käyty läpi samankaltaisia tehtäviä)

- a) Mikä on kompleksinen nopeuspotentiaali $w(z)$?
 b) Mitkä ovat ϕ ja ψ ?
 c) Ratkaise nopeusjakautuma $v(0, y)$.
 d) Ratkaise painejakautuma $p(0, y)$.



4. Kuva esittää akselia, joka pyörii kulmanopeudella ω samankeskisessä raossa. Raon yli vallitsee paine-ero $p_1 - p_2$. Koska $h \ll r_0$, $p = p(x)$ ja tehtävä voidaan ratkaista karteesisessa koordinaatistossa. (Tapaus esittää vuotovirtausta pumpeissa tai puhaltimissa)

- Mitkä ovat raossa täysin kehittynyttä laminaaria virtausta hallitsevat diff. yhtälöt reunaehtoineen karteesisessa x, y, z -koordinaatistossa?
- Ratkaise nopeusprofiilit a-kohdan yhtälöistä.
- Mikä on vuodosta aiheutuva tilavuusvirta?



5. Tasolevyn ohi virtaa ilmaa nopeudella 10 m/s.
 $\nu = 1,6 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$.

- Laske nopeudet kohdassa $x = 1 \text{ m}$ ja $y = 1 \text{ mm}$, jos rajakerros on laminaari.
- Laske nopeus u , samassa kohdassa, jos virtaus on turbulenti levyn alusta lähtien. (Potenssikaava $u \sim y^{1/7}$ ei välttämättä pidä paikkaansa)
- Mikä on b-kohdan tapauksessa nopeus v rajakerroksen reunalla $y = \delta$. Käytä hyväksesi $\nabla \cdot \vec{V} = 0$.

