

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

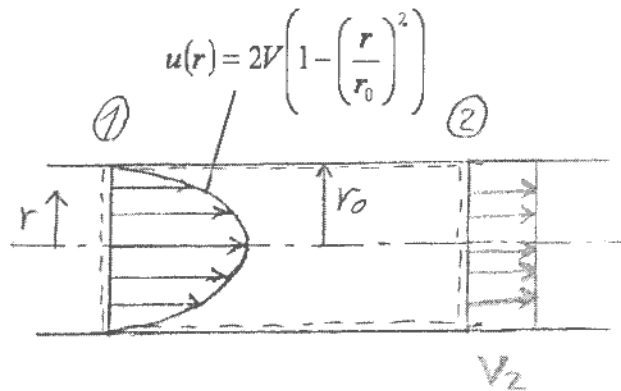
Graafisen laskimen käyttö sallittu
 Taulukkokirjan käyttö sallittu

1. Pyöreässä putkessa on tietyssä kohdassa (1) nopeusprofiili $u(r) = 2V \left(1 - \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \right)$. Häiriön

vaikutuksesta nopeusprofiili muuttuu tasaiseksi kohdassa (2).

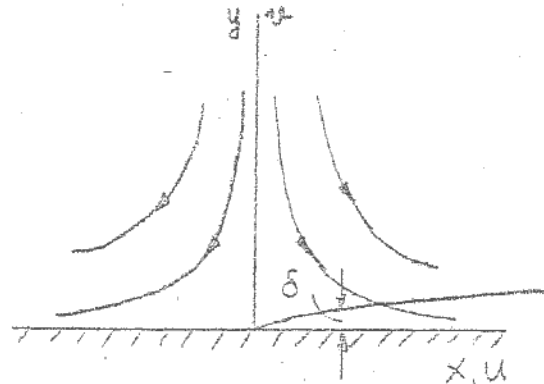
- Mikä on nopeus $V_2 = f(V)$
- Mikä on paine-ero $p_1 - p_2$, kun jätetään kitkan vaikutus huomioimatta.

$$\left(\sum \vec{F} = \int_A \rho \vec{V} \vec{V} \cdot \vec{n} dA \right)$$



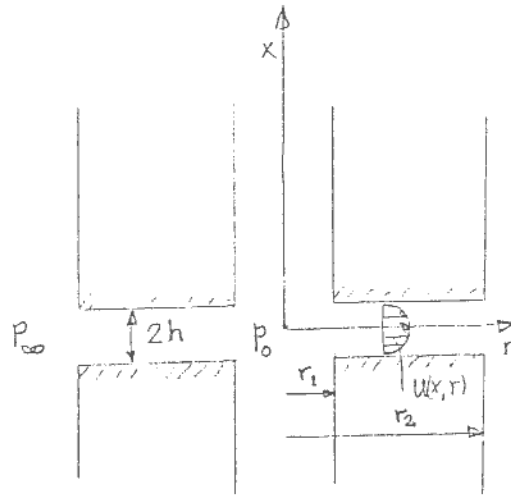
2. Kuva esittää kaksidimensioista patopistevirtausta, jossa virtaus törmäyköhtisuoraan seinään.

- Patopisteen virtaus voidaan käsitellä joko lähtemällä Navier-Stokesin yhtälöistä tai käyttämällä potentiaalivirtauksen teoriaa? Toteuttaako nopeuspotentiaali $w(z) = Uz^2$ patopisteen virtauksen? Pelkkä arvaus ei riitä, esitä perustelut esim. piirtämällä virtaviivat.
- Mikä on paine x-akselilla a-kohdan nopeuspotentiaalissa.
- Osoita, että rajakerroksen paksuus δ on vakio. Tuloksen saa kaavakokoelmasta. Osoita ensin, että rajakerroksen ulkopuolella on nopeus $\sim x$



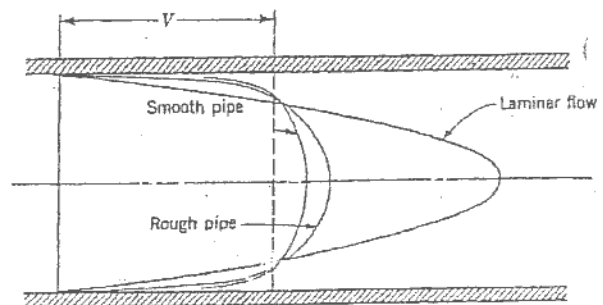
3. Kuva esittää paksuseinäisessä putkessa olevaa rakoa. Putken sisällä on paine p_0 ja ulkopuolella p_∞ . $p_\infty > p_0$

- Mitkä ovat laminaaria virtausta raossa hallitsevat yhtälöt?
- Mihin muotoon edellä saadut yhtälöt muuttuvat, jos $h \ll r$?
- Mitkä ovat b-kohdan tapauksessa virtausta hallitsevat yhtälöt, jos putki pyörii kulmanopeudella ω ?
- Mikä on c-kohdassa ω , jolloin raon läpi ei tapahdu virtausta?



4. 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

- virtaus on laminaari?
- Virtaus on turbulenti, jolle logaritminen nopeusjakauma on voimassa
Tarvittavat tulokset löytyvät sivulta 6.
 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $\nu = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.
- Millä etäisyydellä pinnasta b-kohdassa nopeus on puolet maksiminopeudesta?



5. Kuvassa on esitetty kahden levyn välinen virtaus, jossa levyjen pintaan muodostuu turbulentti rajakerros. Levyt ovat niin kaukana toisistaan, että rajakerrokset eivät kohta. Voidaan olettaa, että rajakerroksen ulkopuolella nopeus on U_∞ .

- Johda kaava keskimääräiselle kitkakertoimelle f .
- Vertaa edellä saatua tulosta sivun 8 käyrästä antamaan arvoon, kun $Re_x = 10^5$.
- Mikä on painehäviö $p_1 - p_2$ ilmalle, jos $U_\infty = 20 \text{ m/s}$ ja $L = 0,2 \text{ m}$?
 $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$, $\nu = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

