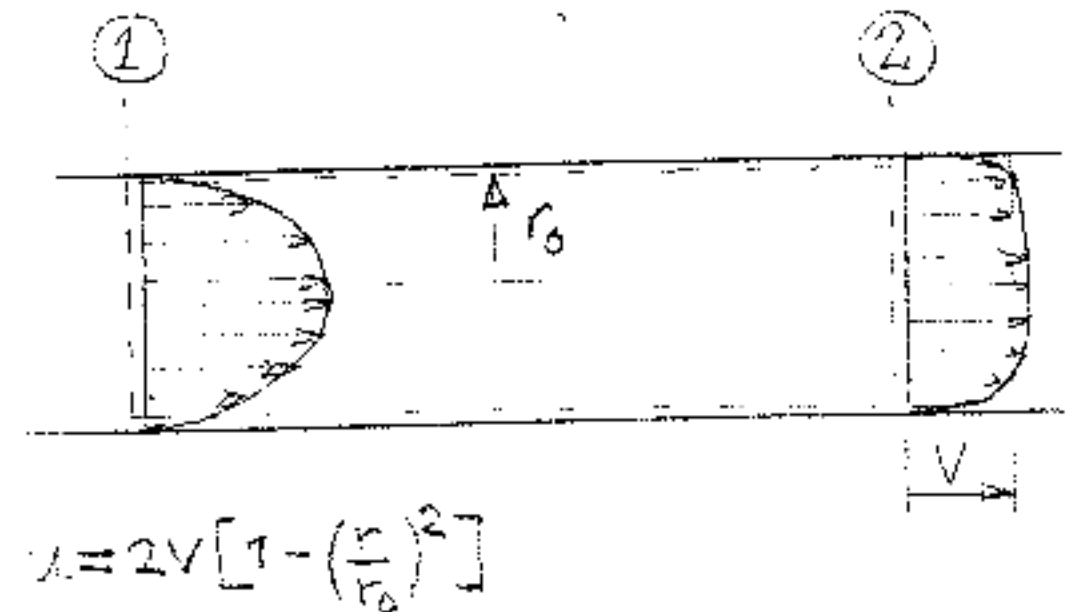
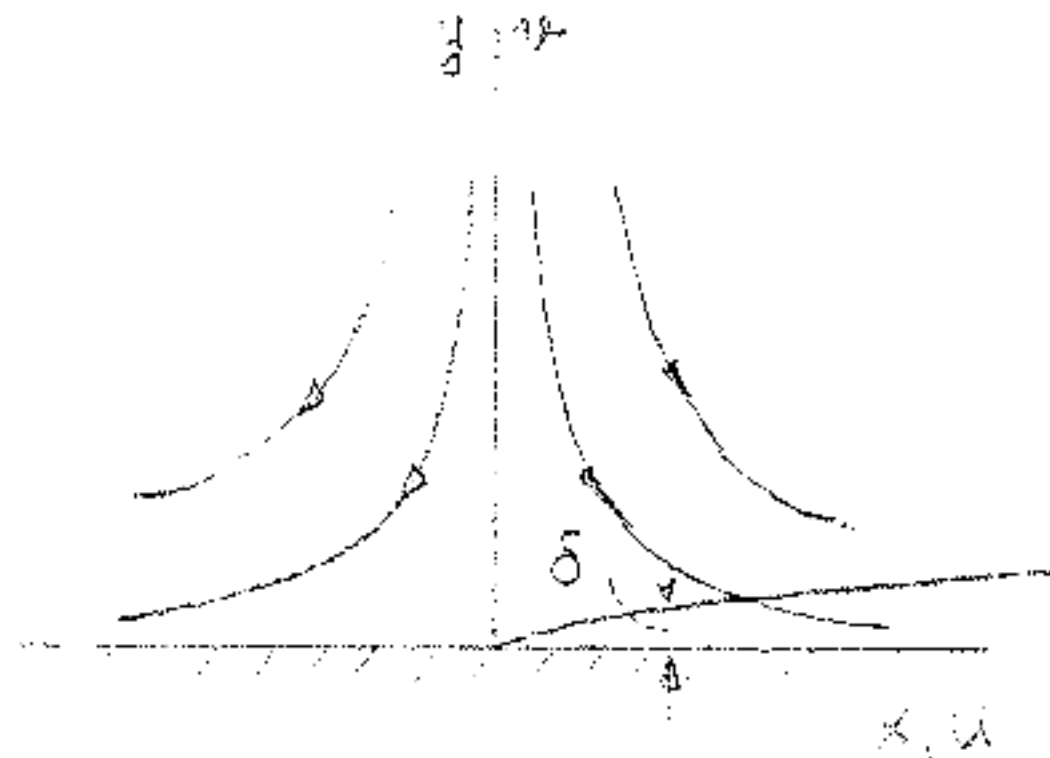


1. Putkessa on tietyssä kohdassa laminaari nopeusprofiili. Se muuttuu jonkin häiriön johdosta turbulentiksi profiiliksi. Tarkastelemalla kuvan kontrollipintaa ja soveltamalla siihen yleisiä yhtälöitä, laske $p_1 - p_2$. Voidaan olettaa, että leikkauksessa (2) nopeusprofiili on tasainen $= V$, sillä turbulentille virtaukselle $\int_A \rho \bar{V} \bar{V} \cdot \bar{n} dA \approx 1$.



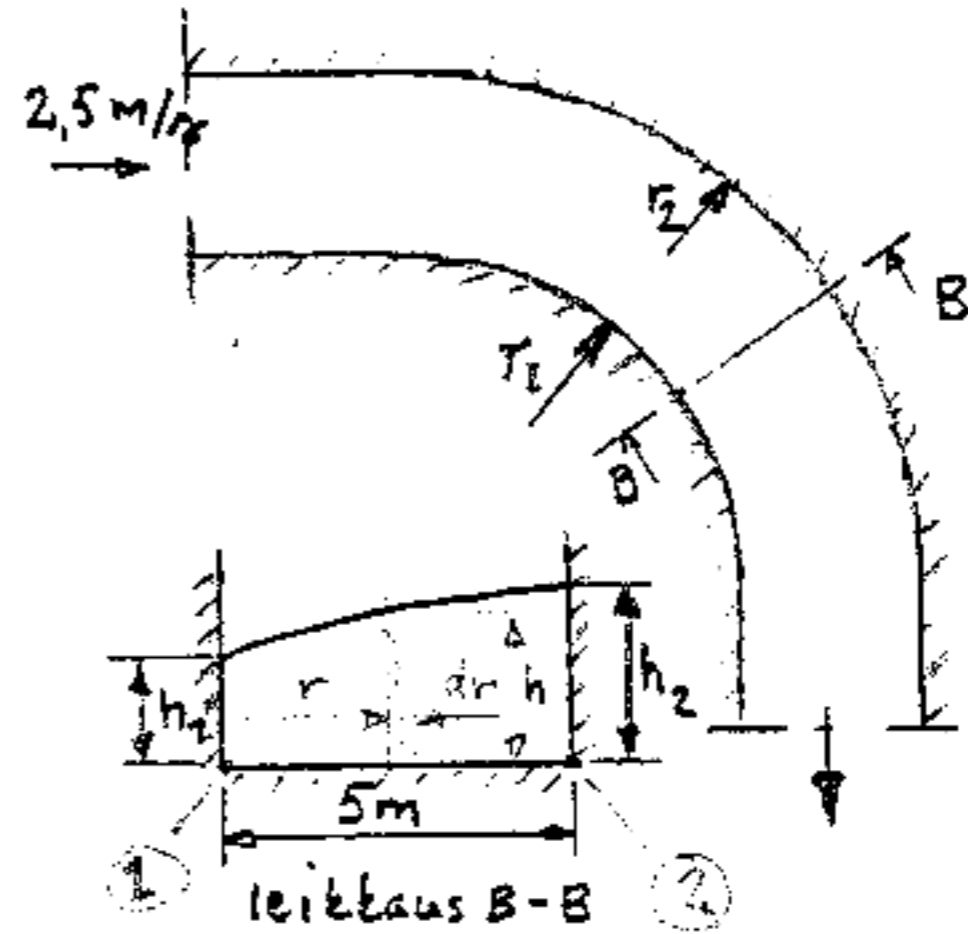
Jätä myös seinämäkitka huomioon ottamatta.

2. Kuva esittää kaksidimensioista patopistevirtausta, jossa virtaus törmää kohtisuoraan seinään.



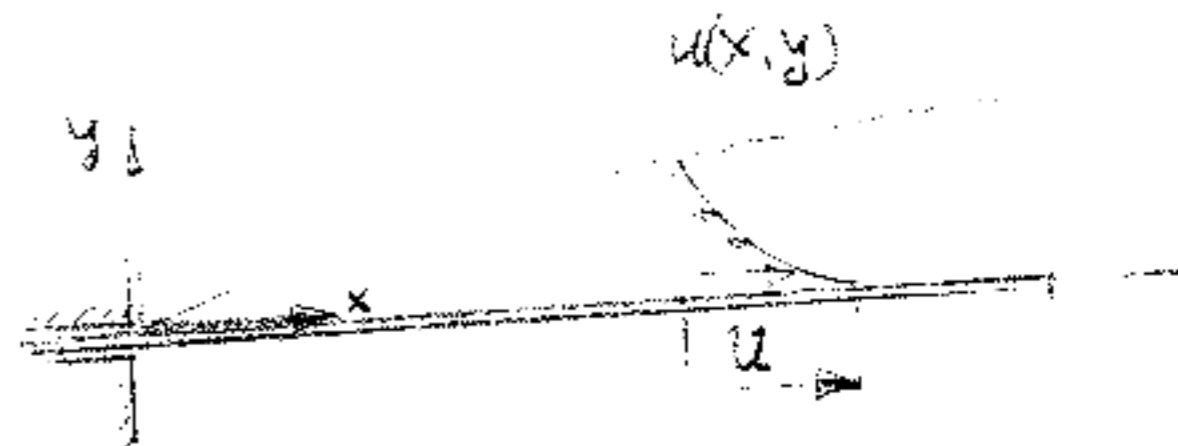
- a. Patopisteen virtaus voidaan käsitellä joko lähtemällä Navier-Stokesin yhtälöistä tai käyttämällä potentiaalivirtauksen teoriaa? Toteuttaako nopeuspotentiaali $w(z) = Uz^2$ patopisteen virtauksen? Pelkkä arvaus ei riitä, esitä perustelut esim. piirtämällä virtaviivat.
- b. Laske nopeus u x -akselilla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

3. Kuva esittää joen mutkaa, missä veden pinta ei pysy vaakasuorana. Jos virtaus oletetaan kitkattomaksi, voidaan veden pinnan muoto laskea.



- a. Oletetaan, että joen poikkileikkaus on ennen mutkaa suorakaide, jonka leveys on 5 m, veden korkeus 1,5 m sekä veden virtanopeus tasainen = 2,5 m/s. Mikä on tällöin veden korkeus h_1 ja h_2 mutkassa leikkauksessa B-B, jos nopeusjakautuma noudattaa potentiaalivirtausta $V = c/r$, jossa $c = 56,3 \text{ m}^2/\text{s}$? Sisäsäde $r_1 = 20 \text{ m}$ ja ulkosäde $r_2 = 25$. Laske nopeus pisteissä ① ja ② ja sovelta Bernoullin yhtälöä.
- b. Edellisessä kohdassa on annettu c :n arvo. Miten sen saa määriteltyä? Kannattanee käyttää jatkuvuusyhtälöä $d\dot{V} = Vh dr$.
- c. Miten selität tehtävän tuloksen perusteella sen, että tasaisella maalla joet eivät virtaa suoraan vaan mutkittelevat?

4. Kuva esittää levyä tai kalvoa, jota vedetään nopeudella U raon läpi paikallaan olevassa nesteessä tai kaasussa? Kitkan vaikutuksesta pinnan lähelle syntyy rajakerros.



- a. Mitkä ovat laminaarin rajakerroksen nopeusjakautumaa hallitsevat $u(x, y)$ hallitsevat osittais.differentiaali yhtälöt?
- b. Mitkä ovat yhtälöiden ratkaisemisessa tarvittavat reunaehdot?
- c. Millä tavalla ratkaisisit yllä olevat yhtälöt? Esitä vain ratkaisun pääpiirteet.

5. Ilma virtaa putkessa, jonka halkaisija on 0,1 m, keskinopeudella 20 m/s. $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$, $\nu = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$.

- a) Mikä on virtauksen synnyttämä leikkausjännitys τ_s seinällä?
- b) Mikä on pinnan karheuden suurin arvo, jolla putken pinta on virtauksen kannalta sileä, jos karheuden pitää olla $< y^+ = 5$.
- c) Mikä on virtausnopeus putken keskiviivalla, jos se noudattaa logaritmista nopeusjakautumaa?
- d) Mikä "turbulenti nopeus" $\sqrt{u'^2}$ keskiviivalla, jos turbulenssin intensiteetti on 4 %?