

TTY / Kone- ja tuotantotekniikan laitos

MEI-02021 LÄMPÖTEKNIikka

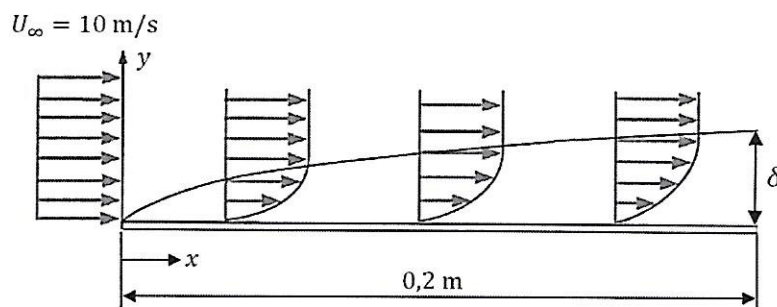
Välikoe 2 3.5.2016 / Seppo Syrjälä

Sallittu kirjallisuus: kaavakokoelma

Palauta kaavakokoelma tentin jälkeen; älä tee siihen merkintöjä

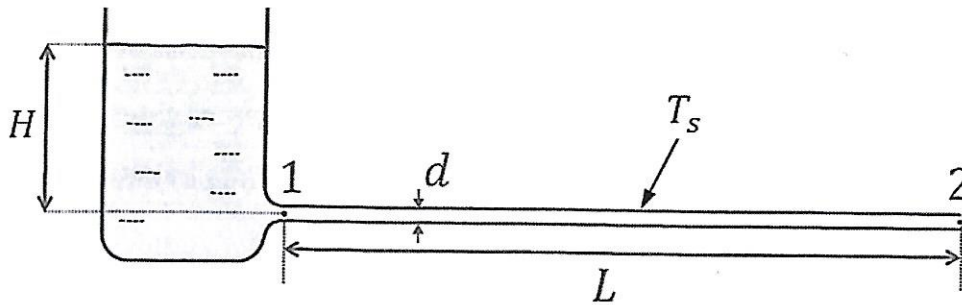
Graafisen laskimen käyttö sallittu

- Tasolevy (pituus 0,2 m) on ilmvirtauksessa, jonka nopeus $U_\infty = 10$ m/s. Ilmalle kinemaattinen viskositeetti $\nu = 1,6 \cdot 10^{-5}$ m²/s.
 - Mikä on nopeusrajakerroksen paksuus δ levyn lopussa, jos rajakerros on (koko matkalta) (i) laminaari, (ii) turbulenti
 - Mikä voima virtauksesta aiheutuu levyyn, jos rajakerros on (koko matkalta) (i) laminaari, (ii) turbulenti?
 - Onko rajakerros mielestäsi käytännössä laminaari vai turbulenti?



- Edellisen tehtävän levyssä kehittyi tasaisesti lämpöä $q_0 = 1000$ W/m². Tulevan virtauksen lämpötila $T_\infty = 20$ °C. Ilmalle lämmönjohtavuus $k = 0,026$ W/m K ja $Pr = 0,7$.
 - Mikä on levyn maksimilämpötila ja missä kohdassa se esiintyy. Levyssä ei tapahdu johtumista virtaussuunnassa (eli levyn lämmönjohtavuus on pieni). Oleta laminaari rajakerros.
 - Kuten a-kohta, mutta oleta turbulenti rajakerros.
 - Jos levyn lämmönjohtavuus on hyvin suuri, lämpö johtuu tehokkaasti levyä pitkin ja levyn lämpötila $T_s \approx$ vakio. Määritä T_s . Oleta laminaari rajakerros.
- Säiliöstä virtaa putken läpi vettä 2 kg/s. Putken pituus $L = 8$ m ja halkaisija $d = 30$ mm. Vedelle tiheys $\rho = 1000$ kg/m³ ja viskositeetti $\eta = 0,001$ Pa · s.
 - Onko virtaus laminaari vai turbulenti?
 - Mikä on paine putken alussa (kohta 1), jos ulosvirtauksessa (kohta 2) paine on 1 bar?
 - Laske H (kertahäviöitä ei tarvitse ottaa huomioon).

- (d) Mikä on veden keskilämpötila putken lopussa (kohta 2), jos putken pintalämpötila $T_s = 50\text{ °C}$ ja säiliössä olevan veden lämpötila on 15 °C ? Vedelle $k = 0,6\text{ W/m K}$ ja $Pr = 7$.



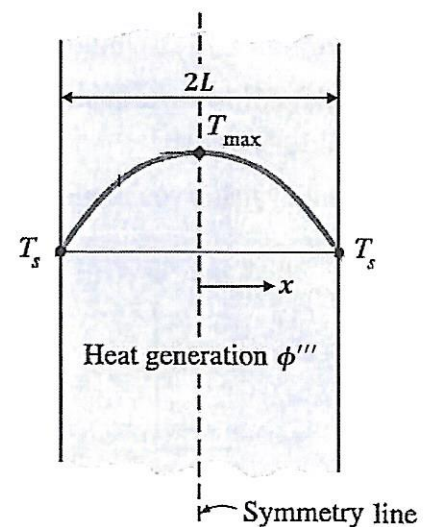
4. Metallilevyssä, paksuus $2L$, kehitty tasaisesti jakautunut lämpöteho ϕ''' . Levyn pintalämpötilat pidetään vakiona $T_s = 0$. Levyn lämmönjohtavuus on k .

- (a) Mikä on statiönäärissä (ajasta riippumattomassa) tilanteessa levyn lämpötilajakaumaa $T(x)$ hallitseva differentiaaliyhtälö reunaehtoineen (hyödynnä symmetria ja tarkastele aluetta $0 < x < L$)

- (b) Ratkaise $T(x)$.

- (c) Ratkaise T_{max} .

- (d) Mikä virtausopin tehtävä antaa muodoltaan analogisen yhtälön a-kohdan kanssa?



5. Tiiliseinän (korkeus $L = 1\text{ m}$, paksuus $s = 6\text{ cm}$) ulkopinnan lämpötila $T_2 = 75\text{ °C}$. Lämpö siirtyy ulkopinnalta säteilemällä ja luonnollisella konvektiolla. Määritä ulkopinnalle keskimääräinen konvektiivinen lämmönsiirtokerroin h_2 käyttämällä likimääräistä kaavaa $Nu = 0,59Ra^{1/4}$. Ilmalle $\nu = 1,8 \cdot 10^{-5}\text{ m}^2/\text{s}$, $k = 0,028\text{ W/m K}$, $Pr = 0,71$, $\beta = 1/T_\infty$. Tiilille $k = 1\text{ W/m K}$.

- (a) Laske lämpövirta ϕ ulkopinnasta sekä sisäpinnan lämpötila T_1 , kun ympäröivän ilman lämpötila $T_\infty = 25\text{ °C}$. Ota huomioon vain luonnollinen konvektio. $A = 1\text{ m}^2$.

- (b) Kuten a-kohta, mutta ota huomioon ulkopinnalla myös säteily (ympäröivän ilman ja seinien lämpötila $T_\infty = 25\text{ °C}$). Ulkopinnan emissiviteetti $\epsilon_2 = 0.8$.

