

Tampereen yliopisto

KEB-40200 LÄMMÖNSIIRTO

Välikoe 2 ja tentti 15.5.2020 / Seppo Syrjälä

Sallittu kirjallisuus: kurssin kaavakokoelma

Ohjelmoitavan laskimen käyttö sallittu

Välikoe 2: tehtävät 1-5

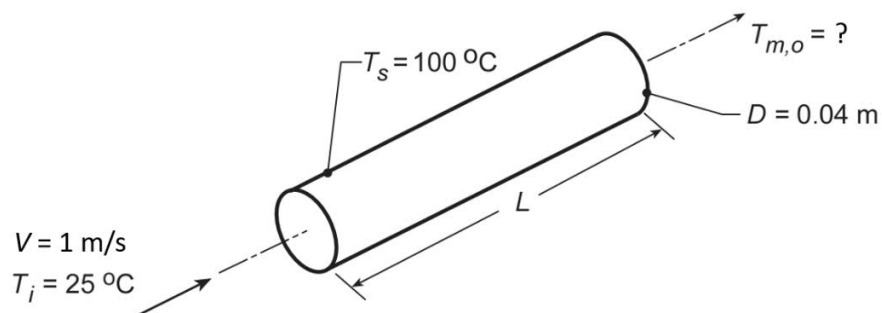
Tentti: tehtävät 3-7

Voit osallistua kumpaankin tahansa tai molempiin. Palauta vastauksesi Moodlessa oikeaan kansioon.

Merkitse myös paperiisi: vk2 TAI tentti TAI vk2+tentti.

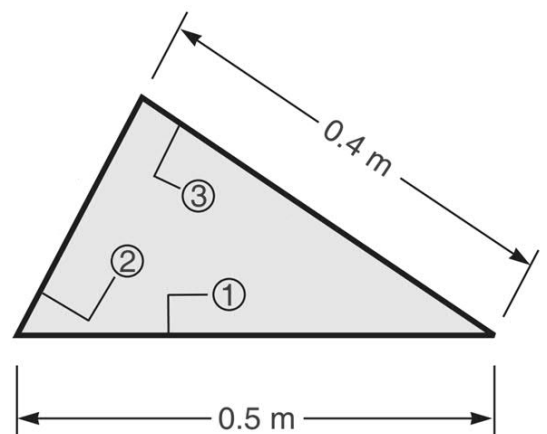
Jos palautus Moodleen ei jostakin syystä onnistu, palauta sähköpostilla: seppo.syrjala@tuni.fi

- Putkessa, jonka halkaisija $D = 0.04$ m ja pituus $L = 10$ m, virtaa nestettä keskinopeudella 1 m/s. Putken alussa nesteen lämpötila on vakio koko putken poikkileikkauksessa ($T_i = 25$ °C); putken pintalämpötila pidetään arvossa $T_s = 100$ °C. Määritä nesteen keskilämpötila putken lopussa seuraavissa tapauksissa:
 - Virtaava neste on vesi, jolle $\mu = 0.0006$ Ns/m²; $\rho = 990$ kg/m³; $k = 0.64$ W/(m °C); $c_p = 4200$ J/(kg °C).
 - Virtaava neste on öljy, jolle $\mu = 0.1$ Ns/m²; $\rho = 880$ kg/m³; $k = 0.14$ W/(m °C); $c_p = 1900$ J/(kg °C).

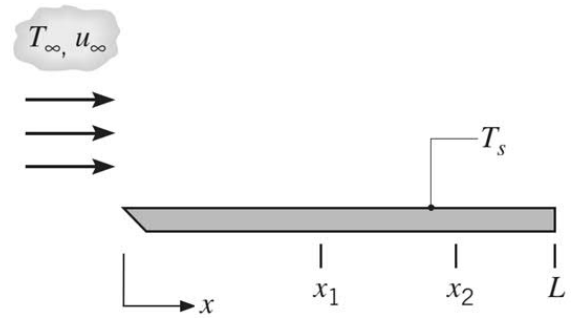


- Tarkastellaan "äärettömän" pitkää uunia, jonka poikkileikkaus on kuvan mukainen kolmio (sivujen 2 ja 3 välinen kulma on 90°). Pintojen lämpötilat $T_1 = 100$ °C; $T_2 = 500$ °C; $T_3 = 500$ °C ja emissiviteetit $\varepsilon_1 = 0.15$; $\varepsilon_2 = 0.5$; $\varepsilon_3 = 0.5$.

- Määritä geometrialle kaikki näkyvyyskertoimet F_{ij} (3×3 kpl).
- Määritä nettosäteilyvirta pinnalle 1 (laske \dot{Q}_1 uunin pituusmetriä kohden).



3. Ilmaa virtaa kuvan mukaisesti tasolevyn toiselta puolelta siten, että $U_\infty = 10 \text{ m/s}$ ja $T_\infty = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; levyn pituus $L = 90 \text{ cm}$ ja leveys 1.5 m . Levyn pintalämpötila $T_s = 80 \text{ }^\circ\text{C}$.



(a) Määritä lämpövirta koko levystä. Oleta laminaari virtaus. Onko perusteltua olettaa laminaari virtaus (perustele vastauksesi)?

(b) Millä eri tavoilla on mahdollista määrittää lämpövirta (tarkasti tai likimääräisesti), joka levystä siirtyy väliltä $x_1 < x < x_2$? Anna tarvittavat yhtälöt ja selitä ratkaisuperiaatteet lyhyesti; ei tarvitse kuitenkaan määrittää lämpövirtaa.

(c) Määritä jollakin menetelmällä (joko tarkasti tai likimääräisesti) väliltä $x_1 < x < x_2$ siirtyvä lämpövirta, kun $x_1 = 40 \text{ cm}$ ja $x_2 = 70 \text{ cm}$ (oletta laminaari virtaus).

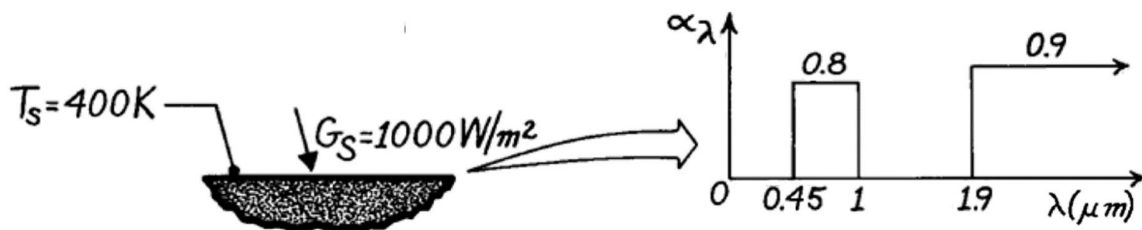
Ilmalle $\nu = 1.5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$; $k = 0.027 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{C})$; $\text{Pr} = 0.7$.

4. Läpinäkymättömän kappaleen pintaan kohdistuu auringon säteily, $G_s = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$. Pinnan spektrin absorptiosuhde on seuraava: $\alpha_\lambda = 0.8$ kun $0.45 < \lambda < 1 \text{ } \mu\text{m}$ ja $\alpha_\lambda = 0.9$ kun $\lambda > 1.9 \text{ } \mu\text{m}$; muilla aallonpituuksilla $\alpha_\lambda = 0$ (annettu myös kuvassa). Kappaleen pintalämpötila on 400 K . Auringon pintalämpötilaksi voi olettaa 5800 K .

(a) Määritä paljonko auringon säteilyä absorboituu pintaan, W/m^2

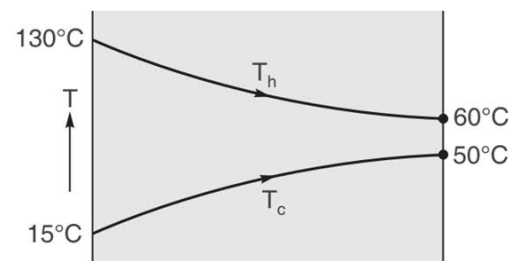
(b) Määritä paljonko pinta emittoi säteilyä ympäristöön, W/m^2

(c) Määritä pinnasta lähtevä säteily J (radiosity), W/m^2



5. Kun öljyä jäähdytetään myötävirtalämmönvaihtimessa vedellä, virtausten alku- ja loppulämpötilat ovat kuvan mukaiset.

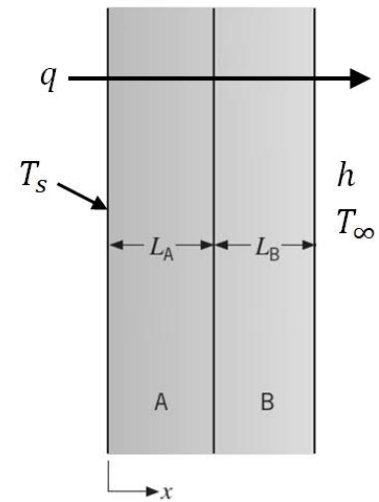
(a) Määritä vaihtimelle kapasiteettivirtojen suhde R_c ($= C_{\min}/C_{\max}$). Mikä on alin lämpötila, johon öljy on myötävirtavaihtimessa teoriassa mahdollista jäähdyttää kasvattamalla vaihtimen lämmönsiirtopinta-alaa A ?



(b) Myötävirtavaihtimessa öljy jäähtyy lämpötilaan $60 \text{ }^\circ\text{C}$.

Mikä on öljyn loppulämpötila, jos myötävirtavaihtimen asemesta käytetäänkin vastavirtavaihdinta (kaikki muut arvot pysyvät ennallaan: massavirrat, ominaislämmöt, U ja A).

6. Tarkastellaan kuvan mukaista seinämää, jossa kerrosten A ja B paksuudet ovat: $L_A = 12$ cm ja $L_B = 10$ cm. Lämmönjohtavuudet ja termiset diffusiviteetit ovat vastaavasti: $k_A = 1$ W/(m K), $k_B = 0.25$ W/(m K), $\alpha_A = 5 \cdot 10^{-7}$ m²/s ja $\alpha_B = 2 \cdot 10^{-7}$ m²/s. Alkutilanteessa seinämä on kauttaaltaan lämpötilassa 20 °C. Tietyllä hetkellä ($t = 0$) seinämän vasemman reunan, $x = 0$, lämpötila muuttuu arvoon $T_s = 300$ °C. Oikealta reunalta lämpö siirtyy ympäristöön konvektiolla; ympäröivän ilman lämpötila $T_\infty = 20$ °C. Johtuminen seinämässä voidaan olettaa 1-ulotteiseksi (x -suunta).



- (a) Määritä lämpötila kerroksen A keskikohdassa (siis kohdassa $x = 6$ cm) ajan hetkellä $t = 10$ min.
- (b) Kun $t \rightarrow \infty$, tilanne tulee ajasta riippumattomaksi eli stationääriksi. Määritä ulkopinnan lämmönsiirtokerroin h , kun stationäärissä tilanteessa lämpövirran tiheys seinämän läpi $q = 450$ W/m².

7. Jotta elektronisen komponentin pintalämpötila saadaan rajoitettua 75 °C:een, sen pintaan asennetaan jäähdytystä tehostamaan kuvan mukaisia poikkileikkaukseltaan neliön muotoisia (3 mm \times 3 mm) ripoja, joiden pituus on 27 mm. Lämmönsiirtokerroin rivasta ja komponentin pinnalta ympäristöön $h = 125$ W/(m² °C); ympäristön lämpötila on 25 °C. Ripamateriaalin (alumiiniseos) lämmönjohtavuus $k = 175$ W/(m °C).

- (a) Määritä lämpövirta yhden rivin kautta olettamalla rivin kärki eristetyksi. Arvioi, paljonko lämpövirta muuttuu, jos konvektio rivin kärjestä otetaan huomioon.
- (b) Elektronisen komponentin koko on kuvan mukaisesti 53 mm \times 57 mm ja se kehittää lämpöä yhteensä 120 W. Alla olevassa kuvassa komponentin pinnassa on 54 ripaa, mutta tämä määrä ei kuitenkaan riitä. Määritä, montako ripaa tarvitaan (oleta tässä ripojen kärjet eristetyiksi). Esitä myös tarvittavat kaavat; ei pelkkää lopputulosta.

