

Tampereen teknillinen yliopisto
Kone- ja tuotantotekniikan laitos

MEI-30400 LÄMMÖNSIIRTO

Tentti 9.12.2015 / Seppo Syrjälä

Kaavakokoelma jaetaan tentissä, muun kirjallisuuden käyttö kielletty

Palauta kaavakokoelma tentin jälkeen (älä tee siihen merkintöjä)

Laskimen (myös ohjelmoitavan) käyttö sallittu

1. Vastaa seuraaviin kysymyksiin (selitä myös sanallisesti; ei pelkkiä kaavoja)

a) Mitä tarkoittaa aurinkovakio

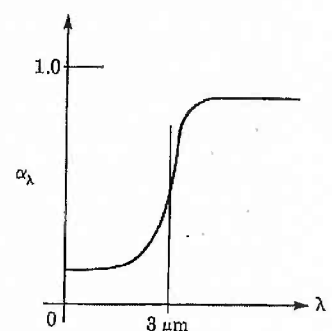
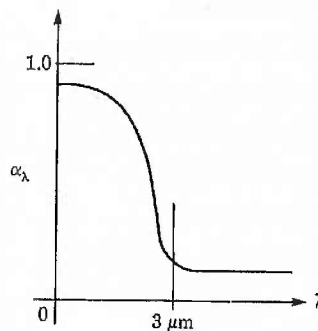
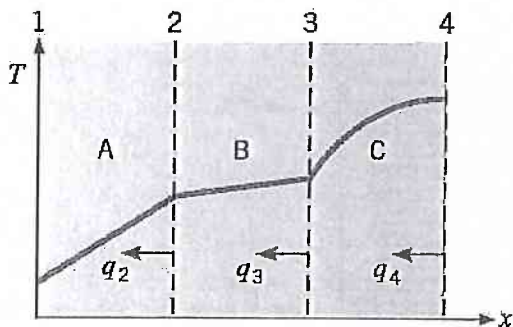
b) Mitä tarkoittaa ripahyötysuhde

c) Mitä tarkoittaa täysin kehittynyt putkivirtaus

d) Millaisia ristivirtalämmönvaihtimia on käytössä

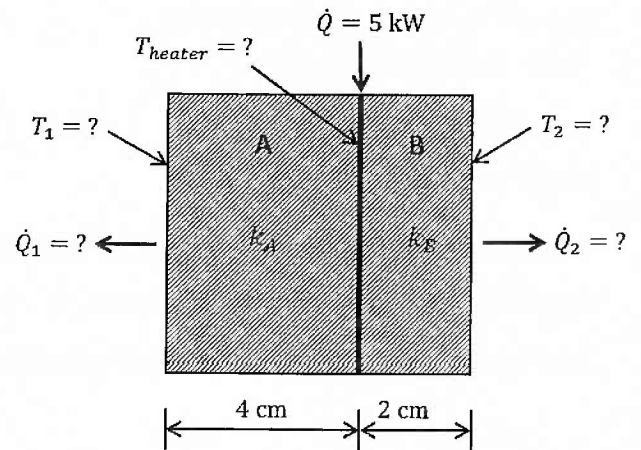
e) Alla vasemmanpuoleisessa kuvassa on esitetty lämpötilajakauma erään kerroksellisen tase rakenteen yli stationäärissä tapauksessa (johtuminen 1-ulotteista). Mitä voit kuvan perusteella sanoa eri kerrosten lämmönjohtavuuksista k_{1-2} , k_{2-3} ja k_{3-4} (esim. mikä on suuruusjärjestys). Laita myös kuvassa annetut lämpövuot q_2 , q_3 ja q_4 suuruusjärjestykseen.

f) Alla oikeanpuoleisessa kuvassa on annettu spektrinen absorptiosuhde α_λ kahdelle erilaiselle selektiiviselle pinnalle. Levyt, joissa on kyseisenlaiset pinnat, ovat auringonpaisteessa ulkona identtisissä olosuhteissa. Kumman levyn pintalämpötila on korkeampi (perustelee).

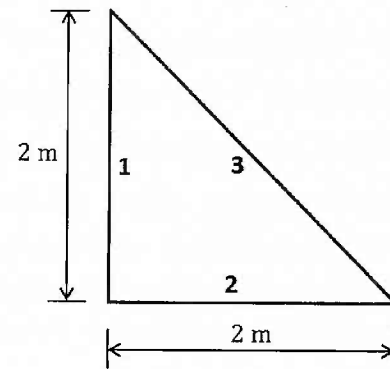


2. Lämpötilassa $100\text{ }^\circ\text{C}$ oleva iso muovilevy (paksuus 20 mm) upotetaan kokonaan veteen, jonka lämpötila on $20\text{ }^\circ\text{C}$ (voidaan olettaa, että lämmönsiirtokerroin levystä veteen $h_c \rightarrow \infty$). Määritä lämpötilat levyn keskiviivalla sekä 3 mm :n päässä levyn pinnasta ajan hetkillä $t = 0.5\text{ min}$ ja 10 min . Paljonko levystä on poistunut lämpöä hetkeen $t = 10\text{ min}$ mennessä. Johtuminen levyssä voidaan käsitellä 1-ulotteisena. Muovilevyllä: $k = 0.25\text{ W/(m }^\circ\text{C)}$, $\alpha = 1.3 \cdot 10^{-7}\text{ m}^2/\text{s}$.

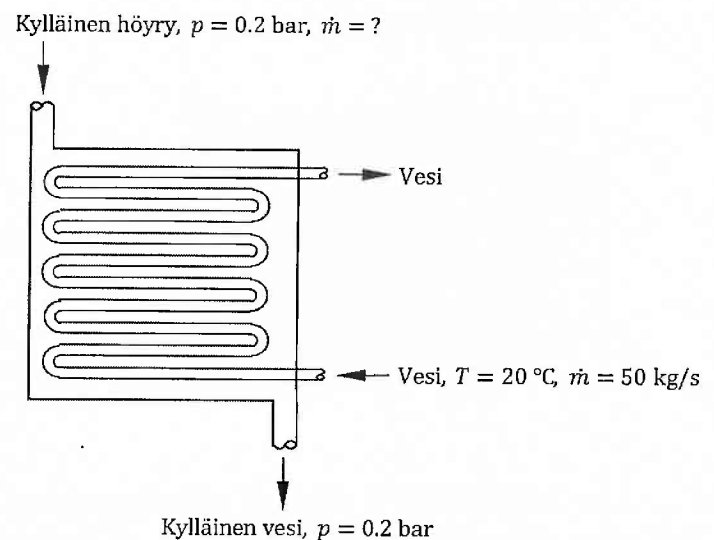
3. Kahden levyn (paksuudet 4 cm ja 2 cm) välissä on ohut vastus, jolla tuodaan lämpövirta 5 kW. Molempien levyjen pinnassa lämmönsiirtokerroin on $20 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ ja ympäröivän ilman lämpötila $20 \text{ } ^\circ\text{C}$. Määritä stationäärissä tilanteessa lämpövirrat levyjen pinnoilta, levyjen pinta- lämpötilat sekä vastuksen lämpötila. Levyjen lämmönjohtavuudet: $k_A = 0.4 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{C})$; $k_B = 0.2 \text{ W}/(\text{m } ^\circ\text{C})$. Levyjen pinta-ala on 2 m^2 . Voidaan olettaa, että lämpötila muuttuu ainoastaan levyjen paksuussuunnassa.



4. Pitkän uunin ($L \rightarrow \infty$) poikkileikkaus on annettu oheisessa kuvassa. Määritä kaikki geometriaan liittyvät näkyvyyskertoimet (9 kpl). Laske myös pinnoille nettosäteilyvirrat (\dot{Q}_1 , \dot{Q}_2 ja \dot{Q}_3), kun $T_1 = 500 \text{ K}$, $T_2 = 600 \text{ K}$, $T_3 = 800 \text{ K}$, $\varepsilon_1 = 1.0$, $\varepsilon_2 = 0.6$ ja $\varepsilon_3 = 0.8$.



5. Vesihöyry lauhtuu kuvan mukaisessa vaippaputki-lämmönvaihtimessa. Lähtötiedot on annettu kuvassa. Paljonko höyryä saadaan korkeintaan (teoriassa) lauhdutettua (kg/s). Mikä on lauhtuva höyry määrä, jos vaihtimen tehokkuus $\varepsilon = 0.7$. Mikä on tällöin tarvittava lämmönsiirtopinta-ala, kun kokonaislämmönsiirtokerroin $U = 2500 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ (vedelle $c_p = 4180 \text{ J}/(\text{kg } ^\circ\text{C})$).



Korjaus kaavakokoelmaan

Keskitetyn lämpökapasiteetin malli (lumped thermal capacity model); voimassa, kun $Bi < 0.1$:

$$\frac{T - T_e}{T_0 - T_e} = e^{-t/t_c}; \quad t_c = \frac{\rho V c}{\bar{h}_c A}; \quad Bi = \frac{\bar{h}_c L_{char}}{k_s}; \quad L_{char} = \frac{V}{A}$$