

ENER-3010 LÄMMÖNSIIRRON PERUSTEET
Tentti 24.11.2008

Tentissä saa käyttää opintojakson oppikirjaa Mills, A. F., Basic Heat and Mass Transfer tai siitä otettuja kopioita.

(5 pist./tehtävä)

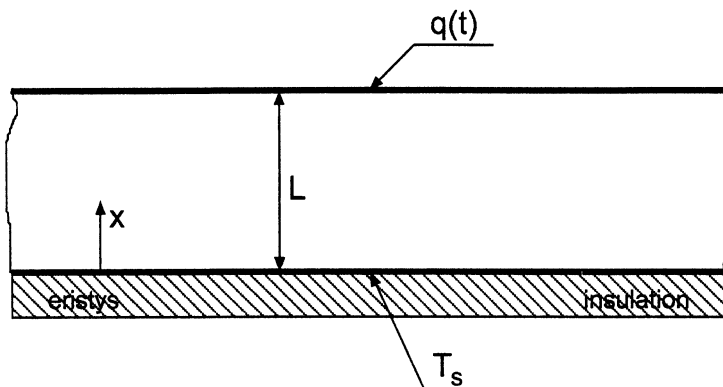
1. Selitä lyhyesti mitä tarkoittavat

- a) sähköpiirianalogia
- b) Besselin funktiot
- c) numeeristen ratkaisumenetelmien merkitys
- d) dimensioanalyysin merkitys
- e) muuttujien erottaminen
- f) lämpötilarajakерros
- g) harmaa pinta
- h) spektriset ominaisuudet
- i) siirtoyksiköiden lukumäärä
- j) likaantumisen vaikutus lämmönsiirtopintoihin

2. Ruostumattomasta teräksestä valmistettu sylinterimäinen kemiallinen reaktori on 2 m pitkä ja sisähalkaisija on 8 cm. Seinä (paksuus 2 cm) on eristetty ulkopuolelta lasivillaeristeellä (paksuus 10 cm, tiheys 28 kg/m^3). Seinän ulkopuolella lämpötila on 25°C ja ympäristö voidaan olettaa suureksi ja mustaksi. Jatkuvuustilassa eristeen pintalämpötilaksi mitattiin 35°C . Seinän ulkopinnan konvektiivisen lämmönsiirtokertoimen arvioidaan olevan $6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja eristeen emissiviteetiksi voidaan ottaa 0,8.

- a) Piirrä tilannetta esittävä lämpöpiiri
- b) Määritä teräseinän sisäpinnan lämpötila
(teräksen lämmönjohtavuus on annettu taulukossa A.1 ja lasivillan taulukossa A.3)

3. Kuvassa esitetyn levyn alapinta on eristetty. Alussa levyn lämpötila on vakio ($= T_0$) ja tietyllä hetkellä, $t = 0$, yläpintaa aletaan lämmittää. Pintaan tuleva lämpövirran tiheys vaihtelee ajan funktiona eli $q = q(L, t)$. Lämpötila $T_s(t)$ mitataan ja sen perusteella on selvitettävä $q(t)$
- a) Mikä on levyn lämpötilaa $T(x, t)$ hallitseva johtumisen osittaisdifferentiaaliyhtälö ratkaisussa tarvittavine alku- ja reunaehtoineen kuvan koordinaatistossa?
- b) Millä oppikirjassa esitettyllä menetelmällä(-illä) tehtävä on mahdollista ratkaista?



4. Pitkän uunin poikkileikkaus on neliömäinen $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$. Uunin katto pidetään 1500 K lämpötilassa kuumilla savukaasuilla ja pohjan lämpötila on 750 K . Sivuseinät on muurattu tulenkestävillä tiilillä. Laske säteilylämmönsiirto uunin pohjaan, jos katon ja sivuseinien emissiviteetti on $0,7$ ja pohjan $0,4$.
5. Kuumilla pakokaasuilla lämmitetään polttoöjyä vaippa-putkilämmönvaihtimessa. Teräspankien ulkohalkaisija on 42 mm ja paksuus $2,5 \text{ mm}$. Putkien lämmönsiirtokertoimien suunnittelu-arvot ovat sisäpinnassa $40 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja ulkopinnassa $100 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- a) Laske putken ulkohalkaisijaan perustuva kokonaislämmönsiirtokerroin
- b) Arvioi toiminnan aikana tapahtuvan likaantumisen aiheuttamaa kokonaislämmönsiirtokertoimen pienenemistä.