

1. Vastaa lyhyesti seuraaviin kysymyksiin:
  - a) Matemaattisesti, mitä kahta tyyppiä olevia reunaehtoja lämmönsiirron tehtävissä on?
  - b) Mikä on lämmönsiirron tehtävissä ns. alkuehto? Montako alkuehtoa tarvitaan kaksidimensioisessa lämmönsiirto-ongelmassa?
  - c) Miten lämmönsiirron tehtävissä mallinnetaan symmetriaa kuvaava reunaehto?
  - d) Miten lämmönsiirron tehtävissä mallinnetaan eristettyä pintaa kuvaava reunaehto?
  - e) Mitä ymmärretään ripateorialla?
  - f) Mitä tarkoittaa suure terminen diffusiviteetti?
2. Levyssä kehittyvä sähkövirran vaikutuksesta homogeenisesti jakautunut lämpövirran tiheys  $Q$  ( $W/m^3$ ). Levyn pinnat pidetään vakio­lämpötiloissa  $T_1$  ja  $T_2$ . Määritä levyn maksimilämpötilan lauseke, kun levyn pituus on  $L$  ja lämmönjohtavuus  $\lambda$  on vakio. Käsittele tapausta yhdessä dimensiossa.
3. Nestetyyppiä ( $T = 77$  K) säilytetään pallonmuotoisessa astiassa, jonka halkaisija on 0.5 m. Astia on eristetty 25 mm:n paksuisella pulverieristeellä, jonka lämmönjohtavuus  $\lambda = 0.0017$  W/mK. Ympäristön lämpötila on 300 K ja konvektiivinen lämmönsiirtymiskerroin 20 W/m<sup>2</sup>K. Kuinka paljon nestettä vuorokaudessa kiehuu, kun tyypin höyrystymislämpö on  $2 \times 10^5$  J/kg ja tiheys 804 kg/m<sup>3</sup>. Astian seinämän lämpövastus voidaan jättää huomiotta. Käytä lämpöverkkomallia. Mitä voit todeta, jos samassa astiassa säilytettäisiin nesteheliumia, jonka höyrystymislämpötila on 4.2 K, höyrystymislämpö  $2 \times 10^4$  J/kg ja tiheys 125 kg/m<sup>3</sup>?
4. Selitä verbaalisesti ja matemaattisesti, mikä on lämmönsiirtoa kuvaavan Biotin luvun fyysikaalinen merkitys. Onko kiinteäparametrisen mallin käyttö todennäköisimmin käytettävissä, kun väliaineena on joko ilma tai vesi?
5. Tarkastellaan johdinlevyn epästationääriä, yksidimensioista lämmönjohtumisongelmaa, jota ratkaistaan eksplisiittisesti differenssimenetelmällä. Levyn molempiin päihin kohdistuu ympäristöstä lämpövirrantiheys  $q''$ . Formuloi ongelman stabiilisuusehto.

1. Ydinreaktorin polttoaine-elementti on uraanista valmistettu umpinainen sylinteri, jonka halkaisija on 1 cm. Sylinterissä generoitunut lämpö on  $4 \times 10^7 \text{ W/m}^3$ . Sylinterin pintalämpötila pidetään vakiona. Määritä lämpötilaero sylinterin keskustan ja pinnan välillä. Uraanin lämmönjohtavuus on  $27.6 \text{ W/mK}$ .
2. Levyssä, jonka paksuus on 0.1 m ja lämmönjohtavuus  $25 \text{ W/mK}$ , generoituu sähkövirran vaikutuksesta lämpöteho  $0.3 \text{ MW/m}^3$ . Levyn toinen reuna on eristetty ja toista reunaa jäähdytetään konvektiivisesti väliaineella, jonka lämpötila on 300 K. Määritä levyn maksimilämpötila, kun konvektiivinen lämmönsiirtymiskerroin on  $500 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Käsittele tapausta 1D johtumisongelmana.
3. Sähköjohdin (pituus  $L = 5 \text{ m}$  ja halkaisija  $D = 3 \text{ mm}$ ) on eristetty 2 mm paksulla lakkaeristeellä, jonka lämmönjohtavuus  $\lambda = 0.15 \text{ W/mK}$ . Kun johtimeen syötetään 10 A:n virta, on johtimen yli oleva jännite 8 V. Eristettyä johdinta jäähdytetään väliaineella, jonka lämpötila on  $T_\infty = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Konvektiivinen lämmönsiirtokerroin johtimen eristetystä ulkopinnasta väliaineeseen on  $h = 12 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Määritä jatkuvuustilassa lämpötila johtimen ja lakkaeristekerroksen rajapinnassa. Käytä lämpöverkkomallia.
4. Silitysraudan lämpövastusten teho on 1000 W. Silitysraudan pohjalevy on tehty 0.5 cm:n paksuisesta alumiinilevystä (tiheys  $\rho = 2770 \text{ kg/m}^3$ , ominaislämpö  $C_p = 875 \text{ J/kgK}$  ja termien diffusiviteetti  $\alpha = 7.3 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ), jonka pinta-ala on  $0.03 \text{ m}^2$ . Pohjalevy on alkujaan ympäristön lämpötilassa  $22 \text{ }^\circ\text{C}$ . Mikäli 85 %:a lämpövastusten generoimasta lämmöstä siirtyy pohjalevyyn, kuinka kauan sen lämpeäminen kestää  $140 \text{ }^\circ\text{C}$ :een, kun konvektiivinen lämmönsiirtymiskerroin pohjalevystä ympäristöön on  $12 \text{ W/m}^2\text{K}$ ?
5. Tarkastellaan johdinlevyn epästationääriä, yksidimensioista lämmönjohtumisongelmaa, jota ratkaistaan eksplisiittisesti differenssimenetelmällä. Levyn molempiin päihin kohdistuu ympäristöstä lämpövirrantiheys  $q''$ . Formuloi ongelman stabiilisuusehto.