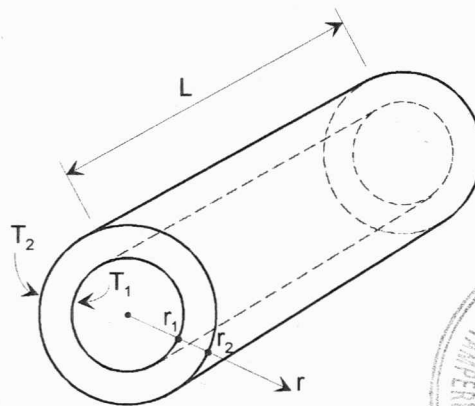


Oman ohjelmoitavan laskimen käyttö sallittu.

1. Vastaa seuraaviin kysymyksiin lyhyesti ja käyttämättä kaavoja tai symboleita.
  - a) Biotin luku on kahden samantyyppisen asian suhde. Mitä ne ovat?
  - b) Mistä kolmesta kohdasta a-kohdan suhteessa osoittajana oleva asia riippuu ja millä tavoin?
  - c) Mistä kahdesta ominaisuudesta nimittäjänä oleva asia riippuu ja millä tavoin?
  
2. Yksidimensioinen, epästationääri, lähteellinen lämmönjohtumisyhtälö voidaan esittää muodossa

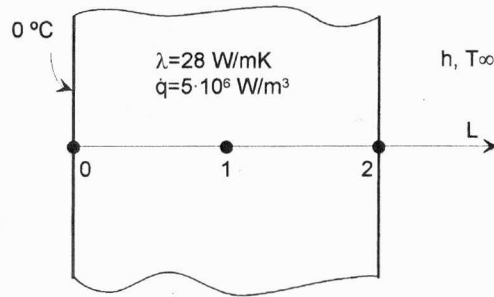
$$\frac{1}{r^n} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^n \lambda \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \dot{q} = \rho C \frac{\partial T}{\partial t} \quad \left( \frac{W}{m^3} \right)$$

Levyllä indeksin  $n$  arvo on nolla, sylinterille  $n = 1$  ja pallolle  $n = 2$ . Tarkastellaan oheisen kuvan mukaista höyryputkea, jonka pituus  $L = 20$  m, sisäsäde  $r_1 = 6$  cm, ulkosäde  $r_2 = 8$  cm ja lämmönjohtavuus  $\lambda = 20$  W/mK. Putken sisäpinnan lämpötila  $T_1 = 150$  °C ja ulkopinnan lämpötila  $T_2 = 60$  °C. Määritä jatkuvuustilassa putken läpi syntyvä lämpöhäviö.

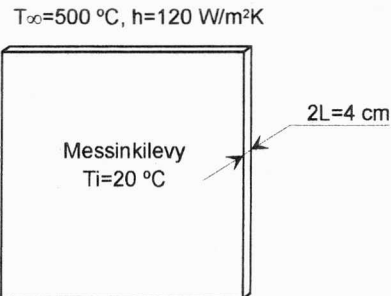


**KÄÄNNÄ!**

3. Tarkastellaan oheisen kuvan mukaista uraanilevyä, jonka paksuus  $L = 4$  cm ja lämmönjohtavuus  $\lambda = 28$  W/mK. Levyssä generoituu tasaisesti lämpöteho  $\dot{q} = 5 \times 10^6$  W/m<sup>3</sup>. Levyn toinen reuna pidetään jääveden avulla lämpötilassa  $0$  °C. Levyn toista reunaa jäähdytetään konvektiivisesti väliaineella, jonka lämpötila  $T_\infty = 30$  °C ja konvektiivinen lämmönsiirtymiskerroin  $h = 45$  W/m<sup>2</sup>K. Määritä differenssimenetelmällä jatkuvuustilassa solmun 2 lämpötila.



4. Oheisen kuvan mukainen suuri messinkilevy, jonka paksuus on 4 cm, on alkujaan  $20$  °C:een lämpötilassa. Levy lämmitetään uunissa, jonka lämpötila pidetään  $500$  °C lämpötilassa. Määritä levyn lämpötila 7 minuutin kuluttua, mikäli konvektiivinen lämmönsiirtokerroin  $h = 120$  W/m<sup>2</sup>K. Messingin tiheys  $\rho = 8530$  kg/m<sup>3</sup>, ominaislämpö  $C = 380$  J/kgK ja termien diffusiviteetti  $\alpha = 33.9 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s.



5. Oheisen levyn (pinta-ala  $A$ ) epästationääriä lämmänsiirtoa ratkaistaan eksplisiittisesti differenssimenetelmällä. Levyn reunaa jäähdytetään konvektiivisesti. Tarkastele stabiilisuusehtoa levyn reunan lämpötilan  $T_0$  suhteen ja määritä maksimaalinen aika-askel, kun Biotin luku  $Bi = 0.5$ , levyn termien diffusiviteetti  $\alpha = 6 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s ja etäisyys  $\Delta x = 6$  mm.

