SMG-4200 Sähkömagneettisten järjestelmien lämmönsiirto

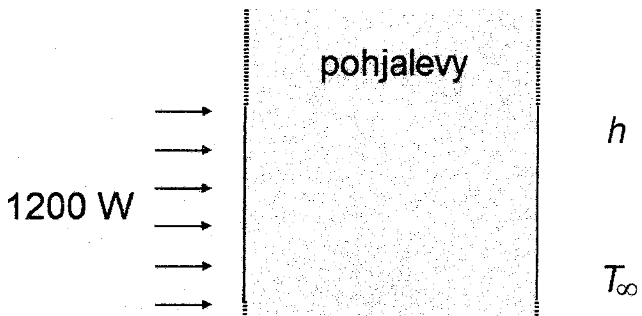
Tentti 11.12.2009 **Risto Mikkonen**

Oman ohjelmoitavan laskimen käyttö sallittu.

1. Vastaa lyhyesti seuraaviin kysymyksiin:

   a) Kuinka monta alkuehtoa tarvitaan 2D epästationäärisessä johtumisongelmassa?
   b) Miten määritellään terminen diffusiviteetti ja mikä on sen fysikaalinen merkitys?
   c) Miten eristetty pinta matemaattisesti mallinnetaan?
   d) Jäähdytysputki on lämpöeristetty tietyn paksuisella eristekerroksella. Mittaukset osoittavat, että putken lämpöhäviöt ovat suuremmat kuin ilman eristystä. Voiko mittaus pitää paikkaansa ja miksi?
   e) Tarkastellaan koristeellista hopeasta valmistettu omenaa ja todellista omenaa. Kummassa tapauksessa kiinteäparametrisen mallin käyttö on perustellumpaa ja miksi?
   f) Ratkaiset 2D epästationääristä johtumisongelmaa implisiittisesti differenssimenetelmällä. Minkälaisia rajoite-ehtoja sinun tulee asettaa aika-askeleen Δt valinnan suhteen stabiilisuuden näkökulmasta?

2. Silitysraudan lämmitysteho on 1200 W. Raudan pohjalevyn paksuus on 0.5 cm ja pinta-ala 300 cm^2, jolloin pohjalevyn sisäpintaan kohdistuu kuvan mukaisesti tasainen lämpövirta. Määritä pohjalevyn ulkopinnan lämpötila, kun ympäristön lämpötila T_∞ = 20 ^{0}C ja konvektiivinen lämmönsiirtymiskerroin h = 80 W/m^{2}K. Pohjalevyn lämmönjohtavuus λ = 15 W/mK. Käsittele tehtävää yhdessä dimensiossa.



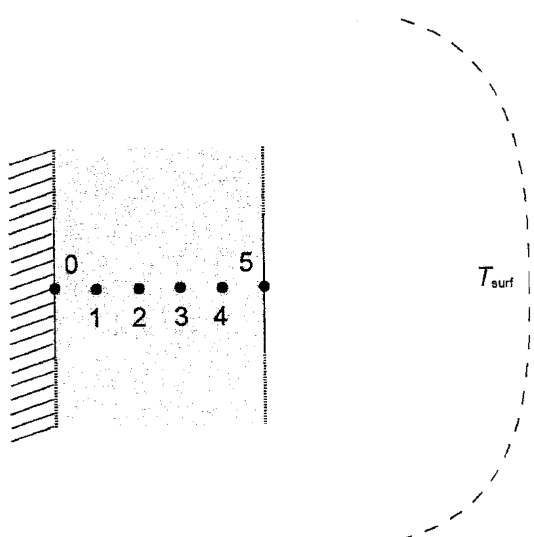
KÄÄNNÄ!

3. Ikkunapaneeli (korkeus 1.2 m, leveys 2 m) koostuu kahdesta 3 mm:n paksuisesta lasikeroksesta (λ = 0.78 W/mK), joiden välissä on paikallaan pysyvä 12 mm:n paksuinen ilmakerros (λ = 0.026 W/mK). Määritä jatkuvuustilassa lämpövirta paneelin läpi, kun huoneilman lämpötila on 24 °C ja ulkoilman lämpötila -5 °C. Konvektiivinen lämmönsiirtymiskerroin paneelin sisäpinnalla on 10 W/m^{2}K ja ulkopinnalla 25 W/m^{2}K. Määritä edelleen paneelin sisäpinnan lämpötila.

4. Laakerointiin tarkoitettuja teräskuulia (halkaisija D = 1.2 cm, lämmönjohtavuus λ = 15.1 W/mK, terminen diffusiviteetti α = 3.91 x 10^{-6} m^2/s) lämpökäsitellään uunissa. Uunista poistuessaan ne tuodaan huoneilmaan (T = 30 °C), jolloin kuulat ovat 900 °C:n tasalämpötilassa. Kuulat karkaistaan pudottamalla ne vesikylpyyn, ennen kuin niiden lämpötila alittaa 850 °C. Kuinka kauan kuulat voivat olla huoneen lämpötilassa ennen veteen upottamista, kun konvektiivinen lämmönsiirtymiskerroin h kuulista ilmaan on 125 W/m^{2}K? (Pallon pinta-ala $A = \pi D^2$ ja tilavuus $V = \dfrac{\pi D^3}{6}$)

5a) Tarkastellaan levylle transienttia 2D johtumisongelmaa, joka ratkaistaan eksplisiittisesti. Levyn kaksi samansuuntaista reunaa ovat vakiolämpötilassa, kahta muuta reunaa jäähdytetään konvektiivisesti. Tarkastele tehtävän stabiilisuusehtoja levyn reunojen keskellä.

5b) Tarkastellaan stationääriä yksidimensioista johtumisongelmaa levylle, jossa generoituu Joule-lämpöä. Levyn lämmönjohtavuus on vakio ja levy on diskretoitu solmupisteisiin 0, 1, 2, 3, 4 ja 5 tasavälein, kahden vierekkäisen solmun välisen etäisyyden ollessa vakio Δx. Muodosta differenssiyhtälöt levyn reunoilla oleville solmuille, kun vasen reuna (solmu 0) on eristetty ja oikean reunan (solmu 5) reunaehtona on lämpösäteily levyn ja kuvan mukaisen, lämpötilassa T_{surf} olevan, seinämän välillä. Emissiviteetti levyn oikealla reunalla on ε.



SMG-4200 Sähkömagneettisten järjestelmien lämmönsiirto

Tentti 21.1.2008 Risto Mikkonen

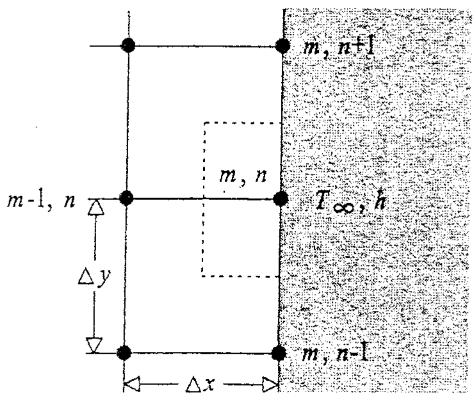
---

1. Mitä tarkoittavat seuraavat lämmönsiirtoon kytkeytyvät käsitteet
   a) terminen diffusiviteetti
   b) Biotin luku
   c) Fourier'n luku

2. Sähköuunin erottaa huoneenlämpötilasta suorakaiteen (30 x 50 cm^2) muotoinen komposiitti-ikkuna, joka koostuu kahdesta korkean lämpötilan muovista (muovit A ja B, $L_A = 3L_B$, L_B = 1 mm, λ_A = 0.02 W/mK). Mikä on muovin B lämmönjohtavuus, kun uunin sisä- ja ulkopinnan lämpötilat ovat 200 °C ja 25 °C sekä uunista huoneenlämpötilaan siirtyvä teho on 100 W?

3. Levyssä, jonka paksuus on L = 0.1 m ja lämmönjohtavuus λ = 25 W/mK, generoituu sähkövirran vaikutuksesta lämpöteho 0.3 MW/m^3. Levyn toinen reuna on eristetty ja toista reunaa jäähdytetään konvektiivisesti väliaineella, jonka lämpötila on 300 K. Määritä levyn maksimilämpötila, kun konvektiivinen lämmönsiirtokerroin h = 500 W/m^2K. Oletetaan levy äärettömän pitkäksi, jolloin tapausta voi käsitellä yhdessä dimensiossa.

4. Johda oheisen kuvan mukaiselle tilanteelle lämpödifferenssiyhtälö solmun *(m, n)* suhteen.



5. Sähkölevy, A = 0.05 m^2, massa m = 1.6 kg on aluksi ympäristön lämpötilassa T_∞ = 20 °C. Kuinka pitkän ajan kuluttua levyn lämpötila on 120 °C ? Levyn lämmitysteho on 500 W, lämmönsiirtokerroin h = 18 W/m^2K, tiheys ρ = 7700 kg/m^3, lämmönjohtavuus λ = 22.6 W/mK ja ominaislämpö C = 460 J/kgK.