

pereen teknillinen yliopisto

-40200 LÄMMÖNSIIRTO

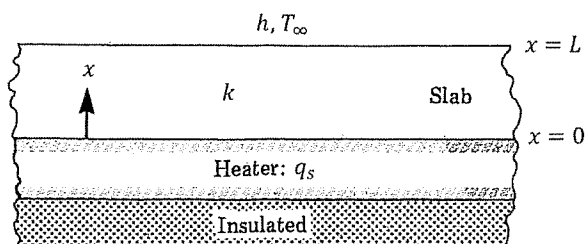
koe 1: 27.2.2018 / Seppo Syrjälä

ttu kirjallisuus: jaettava kaavakokoelma

uta kaavakokoelma tentin jälkeen; älä tee siihen merkintöjä

lmoitavan laskimen käyttö sallittu

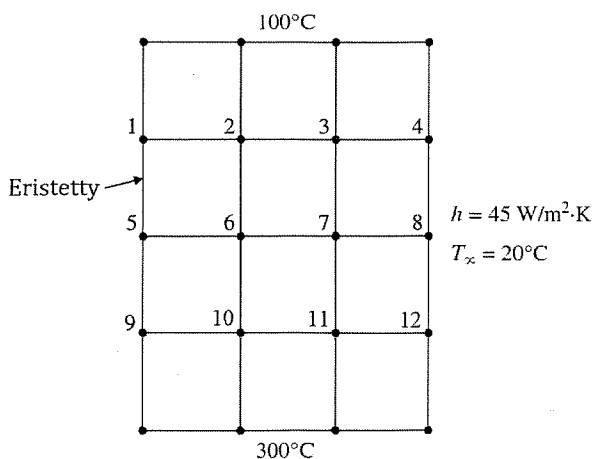
Kuvan mukaisessa tilanteessa levyn alapuolella on lämpövastus, joka kehittää lämpöä määrän q_s [W/m^2], joka kaikki siirtyy levyyn, koska lämpö-
vastus on alapuolelta eristetty. Levyn paksuus on L ja lämmönjohtavuus k . Levyn yläpinnalta lämpö siirtyy ympäristöön konvektiolla: lämmönsiirto-
kerroin on h ja ympäristön lämpötila T_∞ .



a) Kirjoita kuvan koordinaatistossa tilannetta hallitseva differentiaaliyhtälö ja reunaehdot, kun tilanne on stationääri ja johtuminen 1-ulotteista eli lämpötila muuttuu vain x -suunnassa (älä sijoita lukuarvoja tässä vaiheessa).

b) Määritä lämpötilajakauma levyssä sekä levyn ylä- ja alapinnan lämpötilat, jos $L = 5$ cm, $k = 5$ $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$, $q_s = 5$ kW/m^2 , $h = 25$ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ja $T_\infty = 20$ $^\circ\text{C}$.

Differenssimenetelmää käyttäen ratkaistaan stationääri lämpötilakenttä kuvan mukaisessa 2-ulotteisessa geometriassa (6 cm \times 8 cm). Reunaehtoina on annettu lämpötila ylä- ja alapinnoilla sekä konvektiivinen lämmönsiirto-
kerroin ja ympäristön lämpötila oikeanpuoleisella reunalla; vasemmanpuoleinen reuna on lämpöeristetty. Materiaalille $k = 1$ $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ ja $x = \Delta y = 2$ cm.

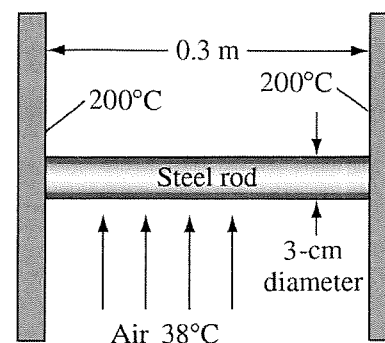


a) Kirjoita differenssiyhtälöt pisteille 3, 7 ja 11. Sievennä yhtälöt muotoon $T_3 = \dots$, $T_7 = \dots$, $T_{11} = \dots$ ja sijoita kaikki tunnetut lukuarvot (ei tarvitse ratkaista mitään).

b) Kirjoita differenssiyhtälöt pisteille 5 ja 8. Sievennä yhtälöt muotoon $T_5 = \dots$, $T_8 = \dots$ ja sijoita kaikki tunnetut lukuarvot (ei tarvitse ratkaista mitään).

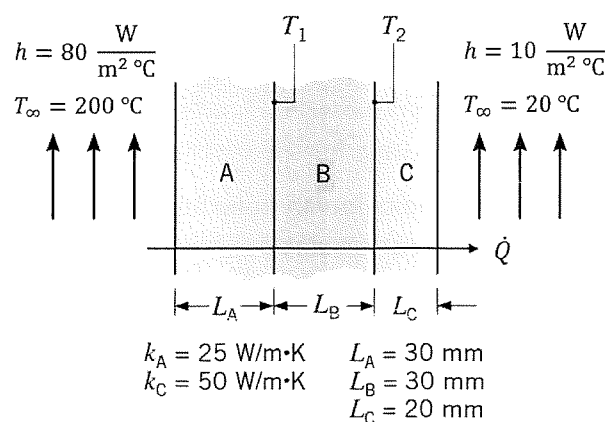
c) Stationäärin tehtävän numeerinen ratkaisu johtaa aina lopuksi lineaarisen yhtälöryhmän

3. Kahden kuuman seinän välissä on pyöreä terästanko, jonka pituus on 0.3 m ja halkaisija 3 cm. Molempien seinien lämpötila on 200 °C. Tangon ohi virtaa lämpötilassa 38 °C olevaa ilmaa; lämmönsiirtokerroin tangosta ilmaan on 20 W/(m² °C). Tangon lämmönjohtavuus on 45 W/(m °C).



- (a) Mihin yksinkertaistuksiin ripateoria perustuu?
 (b) Ripateoriaa hyödyntäen määritä tangon kautta virtaavaan ilmaan siirtyvä lämpövirta.
 (c) Mikä on lämpötila tangon keskipisteessä?

4. Kuvan mukaisen seinämän läpi menee lämpövirta $\dot{Q} = 10$ kW. Seinämien paksuudet ja lämmönjohtavuudet (paitsi kerrokselle B) on annettu kuvassa; kahdessa muussa suunnassa seinämän mitat ovat 2 m × 4 m. Lämmönsiirtokertoimet ja ympäristön lämpötilat molemmilla puolilla seinämää on myös annettu kuvassa. Tilanne on stationääri ja johtuminen 1-ulotteista.



- Määritä (a) keskimmäisen kerroksen lämmönjohtavuus k_B sekä (b) lämpötilat T_1 ja T_2 .

5. Laske, missä ajassa kiehuvässä vedessä olevan kananmunan keskipiste saavuttaa lämpötilan 75 °C, kun kananmunan alkulämpötila on 8 °C. Oletetaan, että veden lämpötila on 99 °C ja lämmönsiirtokerroin kiehuvästä vedestä kananmunaan 900 W/(m² °C). Kananmunan voi olettaa pallon muotoiseksi, halkaisija 4 cm, ja lämmönsiirto kananmunassa tapahtuu johtumalla (johtuminen 1-ulotteista). Paljonko kananmunaan on tässä ajassa siirtynyt lämpöä (jos et saanut määritettyä aikaa edellä, käytä tässä $t = 10$ min).

Kananmunalle $k = 0.6$ W/(m °C) ja $\alpha = 2 \cdot 10^{-7}$ m²/s.

