

Työ 14

Lämmönjohtavuus

Työvuoro **51** pari **4**

Juho Salmi 80391C
Jukka Kemppainen

Selostuksen laati *Juho Salmi*

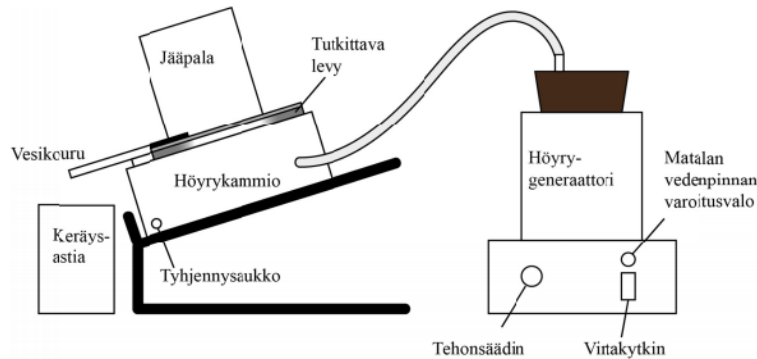
Mittaukset suoritettu **25.11.2013**
Selostus palautettu **2.12.2013**

1 Johdanto

Lämpöenergia on kineettistä energiaa hiukkastasolla. Lämmönjohtuminen tapahtuu, kun energia siirtyy hiukkaselta toiselle. Johtumista tapahtuu myös vapaasti hilassa liikkuvien elektronien diffuusion välityksellä. Eri aineilla on erilainen lämmönjohtavuus. Tässä työssä tutkitaan lämmönjohtavuutta erilaisissa materiaaleissa. [2]

2 Laitteisto ja menetelmät

Työssä käytetään kuvassa 1 esitettyä laitteistoa. Hörygeneraattorilla tuotetaan 100°C vesihöyryä, josta se johdetaan hörykammioon. Hörykammion päälle asetetaan levy, jonka lämmönjohtavuuden ominaisuuksia tutkitaan. Levyn päälle asetetaan jääpala, jonka sulamisesta päätellään levyn lämmönjohtavuus. Jääpalan pinta on 0°C , joten lämpötilaero levyn puolien välillä on 100K . Tässä työssä tehdään mittaukset polykarbonaattilevylle sekä kahdelle lasilevylle.



Kuva 1: Työssä käytetty laitteisto.

Lämpövirtaus on kääntäen verrannollinen lämpöä eristävän kerroksen paksuuteen

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{T_1 - T_2}{l}, \quad (1)$$

missä ΔQ on kerroksen läpi siirtynyt lämpömäärä ja, A pinta-ala $T_1 - T_2$ lämpötilaero, l paksuus ja k lämmönjohtavuuskerroin.

Useampaa päällekkäisen kerroksen tapauksessa lasketaan niiden yhteenlasketut ominaisuudet seuraavasti:

$$\Delta T_{tot} = \sum_{i=1}^N (T_i - T_{i-1}) \quad (2)$$

$$l_{tot} = \sum_{i=1}^N l_i \quad (3)$$

$$\frac{l_{tot}}{k_{tot}} = \sum_{i=1}^N \frac{l_i}{k_i} \quad (4)$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k_{tot} A \frac{\Delta T_{tot}}{l_{tot}}, \quad (5)$$

3 Tulokset

Mitataan työssä käytettävien levyjen paksuus.

Taulukko 1: Mittaukset levyjen paksuuksista.

Lasilevyn 1 paksuus (mm)	Lasilevyn 2 paksuus	Polykarbonaattilevyn paksuus (mm)
5,62	5,585	5,37
5,615	5,585	5,37
5,62	5,585	5,38
5,615	5,59	5,36
5,61	5,595	5,37
keskiarvo: 5,616	keskiarvo: 5,579	keskiarvo: 5,37

Tehdään mittaukset levyjen lämmönjohtavuuksien mittaamiseksi. Mitataan jääpalan halkaisija ennen ja jälkeen mittauksen, otetaan aika, jonka jääpala sulaa levyn päällä sekä mitataan sulamisveden massa.

Taulukko 2: Mittaustulokset lämmönjohtavuuksien mittaamiseksi.

Mitattava levy	Veden keräysaika (s)	Kerätyn veden massa (g)	Jääpalan halkaisija aluksi (mm)	Jääpalan halkaisija lopuksi (mm)
Lasi 1	183	31	60 ± 5	57 ± 5
Polykarbonaatti	654	29,4	57 ± 5	53 ± 5
Lasi 2 + polykarbonaatti	1021	28,51	53 ± 5	50 ± 5

Arvioidaan virheet. Ajan virheeksi arvioidaan 1 s sillä pyöristimme ajan sekunnin tarkkuuteen. Massan virheeksi arvioidaan vaa'an hyvästä tarkkuudesta huolimatta 0,5 g, sillä osa vedestä menee hukkaan mittaus prosessissa.

Halkaisijan virheeksi arvioidaan 5 mm, sillä jääpala oli epämääräisen muotoinen ja sitä oli liukkauden takia vaikea mitata.

Johdetaan kaavasta 1 seuraava kaava, jolla voidaan laskea lasilevyn lämmönjohtavuuskerroin:

$$k = \frac{m \cdot C_s \cdot l}{t \cdot A \cdot (T_2 - T_1)}, \quad (6)$$

Missä m on kerätyn veden massa, C_s veden sulamislämpö, t keräysaika ja A jääpalan pohjan pinta-ala.

Määritetään lasilevy 1:n lämmönjohtavuus seuraavan taulukon avulla.

Taulukko 3: Lukuarvot lasilevy 1:n lämmönjohtavuuden määrittämiseksi.

Suure	Arvo	Virhe	Yksikkö
Jään halkaisija	60	± 5	mm
Levyn paksuus keskiarvona	5,616	$\pm 0,1$	mm
Lämpötilaero	100	± 1	K
Veden sulamislämpö	333		kJ/kg
Lasin lämmönjohtavuus	1,212	$\pm 0,018$	W/Km

Virhelähteitä vertailemalla huomataan, että veden massan virhe osuus kokonaisvirheestä on n. 99 %. Jään halkaisijan osuus virheestä on 1 % ja lasilevyn paksuuden sekä sulamisajan osuudet ovat edellisiin nähden merkityksettömiä.

Määritetään vastaavasti polykarbonaattilevyn sekä kerrosrakenteen lämmönjohtavuus. Saadaan polykarbonaattilevyn lämmönjohtavuudeksi 0,345 W/Km ja kerrosrakenteen lämmönjohtavuudeksi 0,482 W/Km.

Kaavasta ?? johdettuna tulokseksi olisi pitänyt tulla 0,520 W/Km. Tulokset ovat samaa suuruusluokkaa, ja eroa selittää levyjen väliin jäänyt ohut ilmakerros.

4 Yhteenveto ja pohdinnat

Mittausmenetelmä ei sovellu tarkkaan lämmönjohtavuuden mittaukseen, mutta antaa suuntaa siitä, kuinka hyvin eri materiaalit lämpöä eristävät.

Virheitä mittauksissa vältettäisiin parhaiten eristämällä mittaus paremmin. Pitää estää, että vettä haihtuu ja kuluu siirroissa astiasta toiseen. Veden voisi johtaa esim. paremmin suljettuun pulloon, jota punnitaan suoraan vaa'alla.

Samoin jääpala pitäisi eristää paremmin, sillä siihen tulee lämpöä myös muualta ympäristöstä. Tämä aiheuttaa sen, että saadut lämmönjohtavuudet ovat suurempia kuin levyjen todelliset lämmönjohtavuudet.

Viitteet

- [1] Harjoitustyöohje: Työ 14 Lämmönjohtavuus,
<http://physics.aalto.fi/pub/kurssit/Tfy-3.15xx/materiaali/14.pdf>
[Viitattu 18.11.2013]
- [2] Wikipedia-artikkeli lämmönjohtavuudesta,
http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_conduction [Viitattu 2.12.2013]

Liitteet

1. Mittauspöytäkirja