

Työ 14

Lämmönjohtavuus

Työvuoro **51** pari **4**

Juho Salmi 80391C
Jukka Kemppainen

Selostuksen laati *Juho Salmi*

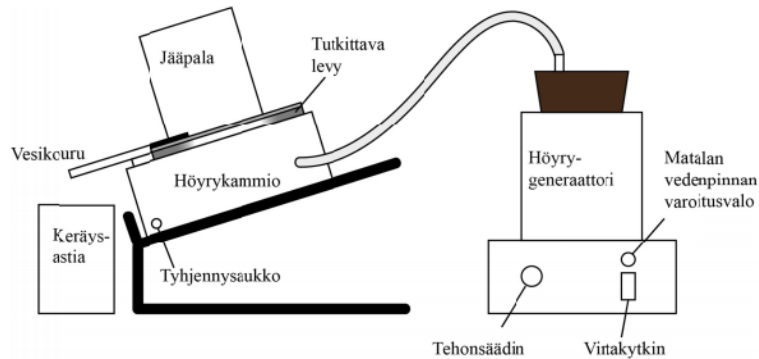
Mittaukset suoritettu **25.11.2013**
Selostus palautettu **2.12.2013**

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 alfalähteen säteilyn pulssitaajuus 5 mm etäisyydeltä vaimentamattomana sekä mylarkalvon kanssa.

Taulukko 1: Alfalähteen aiheuttama pulssitaajuus 5mm etäisyydeltä

vaimentumaton	$4000 \pm 200 Bq$
mylarkalvon kanssa	$0,25 \pm 0,25 Bq$

Mitataan alfasäteilyn kantama ilmassa siirtämällä alfalähde kauemmas detektorista. Saadaan, että $23 \pm 1 mm$ etäisyydellä detektori ei havaitse kuin satunnaisia hajoamisia, joten etäisyys voidaan katsoa alfasäteilyn kantamaksi.

Mitataan beetalähteen säteilyn pulssitaajuus 5mm etäisyydeltä vaimentamattomana, mylarkalvon ja pleksilevyn kanssa.

Taulukko 2: Beetalähteen aiheuttama pulssitaajuus 5mm etäisyydeltä

vaimentumaton	$350 \pm 50 Bq$
mylarkalvon kanssa	$350 \pm 50 Bq$
pleksilevyn kanssa	$125 \pm 25 Bq$

Mitataan beetasäteilyn vaimenemista siirtämällä beetalähde niin kauas detektorista kuin mittalaitteella on mahdollista. Saadaan maksimietäisyydellä $83 \pm 0,5 mm$ pulssitaajuudeksi $75 \pm 25 Bq$.

Kaavasta 15 saadaan laskettua alfasäteilyn mylarkalvoon aiheuttama annosnopeus: $0,02 J/kg \cdot s$

Beetasäteilyn pleksilevyyn aiheuttaman ekvivalenttiannoksen annosnopeus: $0,12 \mu J/kg \cdot s$

3.1 Gammasäteily

Mitataan gammalähteen pulssien lukumäärää eri etäisyyksiltä tasavälisesti $1/r^2$ suhteen kymmenen sekunnin ajan. Etäisyyden virheeksi arvioidaan $\pm 0,1\text{cm}$ ja pulssimäärän virheeksi \sqrt{n} .

Taulukko 3: Gammalähteestä mitattujen pulssien määrä eri etäisyyksiltä 10 s aikana

Etäisyys (cm)	Havaitut pulssit (kpl)
5.0	2704
5.3	2474
5.7	2061
6.1	1830
6.7	1552
7.4	1320
8.5	1005
10.3	743
14.1	523
40.0	319

Kuvaajasta saadaan kulmakertoimeksi $k = \frac{\Delta n}{\Delta \frac{1}{r^2}} = 62000\text{cm}^2$. Sen avulla voidaan ratkaista kaavasta 6 aktiivisuus, kun $\dot{n} = \frac{\Delta n}{\Delta t}$

$$A = \frac{\Delta n}{\Delta \frac{1}{r^2}} \frac{4\pi}{\epsilon \cdot n_A \cdot a_d \Delta t} = 0,021\text{MBq}, \quad (6)$$

Tarkistetaan saatu vastaus puoliintumisajan avulla. Lähteen aktiivisuus vuonna 1987 oli 0,62 MBq, joten sen aktiivisuus on ehtinyt puoliintua 4,93 kertaa.

$$A = 0,62\text{MBq} \cdot \frac{1}{2^{4,93}} = 0,020\text{MBq}, \quad (7)$$

Mitataan gammalähteen pulssien lukumäärä 20 cm etäisyydeltä 100 s ajan eri määrällä lyijylevyistä valmistettuja absorptiolevyjä.

Taulukko 4: Gammalähteestä mitattujen pulssien määrä 20 cm etäisyydeltä 100 s aikana eri lyijykerroksen paksuuksilla

Lyijyn määrä (mm)	Havaitut pulssit (kpl)
0	4000
2	3797
4	3801
6	3554
8	3535
12	3330
16	3315
20	3003
28	2809
36	2655
50	2576
80	2193

Kuvaajan perusteella voidaan päätellä, että intensiteetin puoliintumispaksuus on n. 25 mm. 10 %:iin intensiteetti laskee jossakin 60–70 mm tienoilla.

Mitataan dosimetrillä säteilyannosta työskentelypaikalta lyijytiilien kanssa, ilman lyijytiiliä sekä 5 cm päässä gammalähteestä.

Taulukko 5: Dosimetrin lukemat 5 cm etäisyydeltä

lyijytiilien kanssa	$0,18 \pm 0,01 \mu Sv/h$
ilman lyijytiiliä	$0,18 \pm 0,01 \mu Sv/h$
5 cm päässä lähteestä	$0,50 \pm 0,05 \mu Sv/h$

Dosimetrimittauksen perusteella säteilylähde ei juurikaan kasvata annosnopeutta taustasäteilyyn verrattuna.

4 Yhteenveto ja pohdinnat

Havaitaan, että alfasäteily pysähtyy ohueenkin väliaineeseen, siinä missä beetasäteily läpäisee vähän paksummankin väliaineen. Gammasäteily puolestaan läpäisee jopa paksumman lyijykerroksen. Samalla tavalla käyttäytyvät myös säteilytyyppien kantamat. Alfasäteilyltä on helppo suojautua, mutta siitä saa nopeasti suuren ekvivalenssiannoksen.

Mittauksia tehdessä, olivat tutkimuksen tekijät pääsääntöisesti suojattu säteilyltä, eikä lähelläkään säteilylähdettä ollut vaarallisia annosnopeuksia.

Ainoa elin, joka joutui lähelle säteilylähdettä oli käsi, ja sen efektiiviset painokertoimet ovat pieniä.

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