

TYÖ 23. OMINAISLÄMPÖKAPASITEETIN MÄÄRITTÄMINEN VESIKALORIMETRILLÄ

Tehtävä	Tehtävänä on määrittää vesikalorimetrillä metallin ominaislämpökapasiteetti määrittämällä ensin kalorimetrin lämpökapasiteetti.
Välineet	Kalorimetri 280006 (styrokasiastia), lämpömittari, digitaalivaaka (38011) tai analyysivaaka, kaasupoltin (nestekaasukuumennin), kolmijalka, keraaminen verkko, keitinlasi 250 ml, vettä, tutkittava metallikappale (esim. kuparikuutio sarjassa 28005), ripustuslankaa tms. (Huom! Kaasupolttimen sijaan kuumennuksessa voi käyttää myös uppokuumenninta).

Taustatietoja

1. Kalorimetrin lämpökapasiteetti

Lämpötilaerot tasoittuvat, kun kaksi erilämpöistä kappaletta joutuu kosketuksiin toistensa kanssa: kuumempi kappale luovuttaa lämpöä kylmemmälle. Eristetyssä systeemissä lämpöenergia säilyy: kappaleiden yhteensä luovuttama lämpömäärä on yhtä suuri kuin toisten kappaleiden vastaanottama ($Q_{\text{luov}} = Q_{\text{vast}}$). Ks. F3 s. 80-82 (178-180). Merkitään kalorimetrin loppulämpötilaksi t_2 . Tällöin veden luovuttama lämpömäärä on $Q_{\text{luov}} = m_v c_v \Delta t_{\text{vesi}}$. Kalorimetrin vastaanottama lämpömäärä on $Q_{\text{vast}} = C_k \Delta t_{\text{kal}}$, missä C_k on kalorimetrin lämpökapasiteetti. Merkitsemällä $Q_{\text{luov}} = Q_{\text{vast}}$ ja ratkaisemalla C_k saadaan

$$C_k = \frac{m_v c_v \Delta t_{\text{vesi}}}{\Delta t_{\text{kal}}},$$

missä m_v = veden massa kalorimetrissä (kg),

$$c_v = \text{veden ominaislämpökapasiteetti } 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}},$$

Δt_{vesi} = veden lämpötilan nousu kalorimetrissä ($^\circ\text{C}$),

Δt_{kal} = kalorimetrin lämpötilan nousu ($^\circ\text{C}$),

C_{kal} = kalorimetrin lämpökapasiteetti (kJ/ $^\circ\text{C}$).

2. Metallin ominaislämpökapasiteetti

Kun vesikalorimetriin viedään kuumennettu metallikappale, niin energian säilymislain mukaan eristetyssä systeemissä pätee:

metallin luovuttama lämpömäärä = veden + kalorimetrin vastaanottama lämpömäärä eli $Q_{\text{met}} = Q_{\text{vesi}} + Q_{\text{kal}}$. Saadaan edelleen siis

$c_{\text{met}} m_{\text{met}} \Delta t_{\text{met}} = c_v m_v \Delta t_{\text{vesi}} + C_{\text{kal}} \Delta t_{\text{kal}}$, josta metallin ominaislämpökapasiteetille c_{met} saadaan lauseke

$$c_{\text{met}} = \frac{c_v m_v \Delta t_{\text{vesi}} + C_{\text{kal}} \Delta t_{\text{kal}}}{m_{\text{met}} \Delta t_{\text{met}}}$$

missä c_{met} = tutkittavan metallin ominaislämpökapasiteetti ($\frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$),

c_v = veden ominaislämpökapasiteetti $4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$,

m_v = veden massa kalorimetrissä (kg),

Δt_{vesi} = veden lämpötilan nousu kalorimetrissä ($^\circ\text{C}$),

C_{kal} = kalorimetrin lämpökapasiteetti ($\text{kJ}/^\circ\text{C}$),

Δt_{kal} = kalorimetrin lämpötilan nousu ($^\circ\text{C}$),

m_{met} = tutkittavan metallin massa (kg),

Δt_{met} = tutkittavan metallin lämpötilan nousu ($^\circ\text{C}$).

(ks. F3 s. 82-86 (180-184)).

Suoritusohjeita

Tarvittaessa voidaan suorittaa *lämpömittarin peruspisteiden tarkistus* seuraavasti: Aseta jääpaloja pieneen vesimäärään ja aseta mittari jääveteen. Tarkista mittarin lukema. Aseta mittari keittopullossa kiehuvan vedenpinnan yläpuolelle. Tarkista mittarin lukema. Odota molemmissa tapauksissa jonkin aikaa, että lämpömittarineste asettuu paikalleen. Ota huomioon lämpömittarin mahdollinen virhenäyttämä.

1. Kalorimetrin lämpökapasiteetti

Aloitetaan työ määrittämällä kalorimetrin lämpökapasiteetti käyttämällä hyväksi tietoa, että veden ominaislämpökapasiteetti

$c_v = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$ (ks. MAOL s. 78 (78)).

Kalorimetrin lämpötila t_{kal} on sama kuin huoneen lämpötila t_1 .

Huoneen lämpötila $t_1 =$ _____ $^\circ\text{C}$.

Kalorimetrissä ei ole vettä.

Mittaa keitinlasiin esimerkiksi 50,0 ml *vettä* (massa 50,0 g) ja kuumenna se *kiehuvaksi*. Kaada kiehuva vesi sitten styroksilla eristettyyn tyhjään kalorimetriin ja sekoita lämpömittarilla. Mittaa *kalorimetrin tasoittumislämpötila t_2* ja laske kalorimetrin lämpökapasiteetti.

$m_{\text{vesi}} =$ _____ kg.

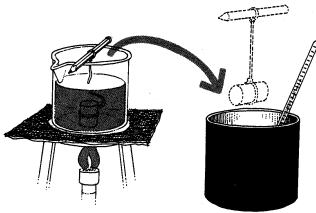
$\Delta t_{\text{vesi}} = 100^\circ\text{C} - t_2 = 100^\circ\text{C} -$ _____ $^\circ\text{C} =$ _____ $^\circ\text{C}$.

$t_2 =$ _____ $^\circ\text{C}$.

$\Delta t_{\text{kal}} = t_2 - t_1 =$ _____ $^\circ\text{C}$.

LASKE KALORIMETRIN LÄMPÖKAPASITEETTI C_{kal} :

Voit myös tarvittaessa määrittää kalorimetrin lämpökapasiteetin kaatamalla kuumaa vettä mitattu määrä kalorimetriin, jossa on esim. 50,0 ml vettä. Tällöin kuumen veden luovuttama lämpöenergia = kalorimetrin veden ja kalorimetrin itsensä vastaanottama lämpöenergia eli $Q_{\text{kuuma vesi}} = Q_{\text{Kal}} + Q_{\text{Kal-vesi}}$. Vertaa saamiasi tuloksia. Kumpi tapa on tarkempi? Perustelut.



2. Metallin ominaislämpökapasiteetti

Punnitse tutkittavan metallikappaleen massa m_{met} . Punnitse kalorimetriin likimain sama määrä huoneenlämpöistä vettä m_v .

$$m_{\text{met}} = \text{_____ kg.}$$

$$m_v = \text{_____ kg.}$$

Mittaa kalorimetrin ja veden yhteinen lämpötila t_1 .

Kalorimetrin ja sen sisällä olevan veden alkulämpötila t_1 on sama kuin huoneen lämpötila.

$$t_1 = \text{_____ } ^\circ\text{C.}$$

Kuumenna keitinlasissa vettä kiehuvaaksi. Ripusta metallikappale langan varassa lasiin niin, että se ei ota kiinni lasin reunoihin eikä pohjaan (ks. kuva). Anna metallikappaleen olla riittävän kauan, useita minutteja, kiehuvaassa vedessä. Kun metallikappale on saavuttanut kiehuvan veden lämpötilan, siirrä se nopeasti kalorimetriin. Sekoita kalorimetrissä olevaa vettä kalorimetrin kannessa olevasta reiästä lämpömittarin avulla, kunnes lämpötilaerot ovat tasoittuneet. Mittaa loppulämpötila t_2 .

$$\text{Loppulämpötila } t_2 = \text{_____ } ^\circ\text{C.}$$

Laske metallikappaleen ominaislämpökapasiteetti c_{met} käyttäen alussa (kohdassa 1) määrittämääsi kalorimetrin lämpökapasiteettiä C_{kal} .

Ota tarvittaessa huomioon lämpömittarin lukemalle mahdollisesti tehty korjaus. Vertaa saamaasi arvoa taulukkokirjassa olevaan arvoon.

$$c_v = \text{veden ominaislämpökapasiteetti } 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}.$$

$$\Delta t_{\text{vesi}} = t_2 - t_1 = \text{_____ } ^\circ\text{C.}$$

$$C_{\text{kal}} = \text{_____ kJ/}^\circ\text{C.}$$

$$\Delta t_{\text{kal}} = t_2 - t_1 = \text{_____ } ^\circ\text{C.}$$

$$\Delta t_{\text{met}} = 100^\circ\text{C} - t_2 = 100^\circ\text{C} - \text{_____ } ^\circ\text{C} = \text{_____ } ^\circ\text{C.}$$

LASKE METALLIN OMINAISLÄMPÖKAPASITEETTI c_{met} :

Taulukkokirjassa (MAOL) on sivuilla 72-79 (72-79) ominaislämpökapasiteettien arvoja eri aineille.

Taulukkokirjan arvo ko. metallin ominaislämpökapasiteetille on: _____.

Miksi ominaislämpökapasiteetin kokeellinen arvo ja kirjallisuusarvo poikkeavat toisistaan?

Laske poikkeaman suuruus kirjallisuusarvosta prosentteina.

Pohdi, mitkä tekijät tutkimuksessa aiheuttivat tulokseen virhettä?