
Ominaislämpökapasiteetti

Aada Majuri

Mittaukset tehty 27.2.2017
Palautettu 6.3.2017

Sisällysluettelo

1. Yhteenveto
2. Teoria
3. Mittauslaitteisto ja mittauksen suoritus
4. Mittausarvot
5. Kommentit
6. Lähteet
7. Liitteet

1. Yhteenveto

Tutkin kalorimetrin avulla lyijyn ja kuparin ominaislämpökapasiteettiä.

2. Teoria

Työ perustuu kalorimetrin käyttöön ja sen avulla ominaislämpökapasiteetin määrittämiseen.

Termodynamiikan nollaspääsääntö

Eristetyssä systeemissä lämpötilaerot tasoittuvat.

Aineen sitoma ta luovuttama lämpömäärä

$$Q = cm\Delta t \quad Q = C\Delta t$$

Ominaislämpökapasiteetti

$$c = Q / m\Delta t$$

Lämpökapasiteetti

$$C = Q / \Delta t$$

Q = sidottu/luovutettu lämpömäärä

c = ominaislämpökapasiteetti

m = aineen massa

Δt = lämpötilan muutos (lähtö- ja loppulämpötilan ero)

C = lämpökapasiteetti

3. Mittauslaitteisto ja mittauksen suoritus

Tarvittavat välineet:



Uuni



Vaaka, tarkkuus $\approx 0,01\text{g}$



Kalorimetri ja lämpömittari



250 ml dekantterilasi



600 ml dekantterilasi



Kuparipaloja



Lyijypaloja

Työn suoritusohjeet:

1. Määritä metallinpalojen painot, merkitse ylös ja laita palat 80 °C uuniin
 2. Määritä kalorimetrin lämpötila (oletetaan, että sama kuin ilman lämpötila huoneessa)
 3. Määritä kalorimetrin lämpökapasiteetti
 1. Ota hanasta vettä ja määritä sen massa ja lämpötila
 2. Kaada vesi kalorimetriin ja määritä lämpötilanmuutos
 3. Laske veden kalorimetrille luovuttama lämpömäärä
 4. Laske kalorimetrin lämpökapasiteetti
 5. Toista pari kertaa
 4. Määritä metallin ominaislämpökapasiteetti
 1. Ota hanasta vettä ja määritä sen massa
 2. Kaada vesi kalorimetriin ja määritä lämpötila
 3. Laita lämmitetty metallinpala veteen ja määritä lämpötilan muutos
 4. Laske veden ja kalorimetrin sitomat lämpömäärät ja laske ne yhteen
 5. Laske metallin ominaislämpökapasiteetti
 6. Toista erikokoisilla, erilämpöisillä tai eri metallinpaloilla
 5. Vertaile saamiasi arvoja MAOLista löytyviin arvoihin
-

4. Mittausarvot

Vesi

	1. Mittaus	2. Mittaus
Massa eli m_{vesi} (g)	209,27	199,38
Alkulämpötila eli $t_{\text{lähtö}}$ (°C)	41	42,5
Loppulämpötila eli t_{loppu} (°C)	40	41,3
Lämpötilanmuutos eli Δt (°C)	1	1,2
↑ Lasku $t_{\text{lähtö}} - t_{\text{loppu}}$	$41\text{ °C} - 40\text{ °C} = 1\text{ °C}$	$42,5\text{ °C} - 41,3\text{ °C} = 1,2\text{ °C}$
Vedestä vapautuva energia eli Q (kJ)	0,8768	1,00248
↑ Lasku eli $Q = cm\Delta t$	$4,19\text{ kJ/kg°C} * 0,20927\text{ kg} * 1\text{ °C} = 0,8768\text{ kJ}$	$4,19\text{ kJ/kg°C} * 0,19938\text{ kg} * 1,2\text{ °C} = 1,00248\text{ kJ}$

Kalorimetri

	1. Mittaus	2. Mittaus
Alkulämpötila eli $t_{\text{lähtö}}$ (°C)	23	23
Loppulämpötila eli t_{loppu} (°C)	40	41,3
Lämpötilanmuutos eli Δt (°C)	17	18,3
↑ Lasku $t_{\text{loppu}} - t_{\text{lähtö}}$	$40\text{ °C} - 23\text{ °C} = 17\text{ °C}$	$41,3\text{ °C} - 23\text{ °C} = 18,3\text{ °C}$
Lämpökapasiteetti eli C (kJ/°C)	0,0516	0,0548
↑ Lasku eli $C = Q / \Delta t$	$0,8768\text{ kJ} / 17\text{ °C} = 0,0516\text{ kJ/°C}$	$1,00248\text{ kJ} / 18,3\text{ °C} = 0,0548\text{ kJ/°C}$

Lyijyn ominaislämpökapasiteetti

	Lyijy	Vesi	Kalorimetri
Massa eli m (g)	100,76	192,52	
Lämpötila erikseen eli $t_{\text{lähtö}}$ (°C)	80	24,2	24,2
Tasoittunut lämpötila eli t_{loppu} (°C)	25	25	25
Lämpötilan muutos eli Δt (°C)	55	0,8	0,8
↑ Lasku $t_{\text{loppu}} - t_{\text{lähtö}}$ tai $t_{\text{lähtö}} - t_{\text{loppu}}$	$80\text{ °C} - 25\text{ °C} = 55\text{ °C}$	$25\text{ °C} - 24,2\text{ °C} = 0,8\text{ °C}$	$25\text{ °C} - 24,2\text{ °C} = 0,8\text{ °C}$
Sidottu tai luovutettu energia eli Q (kJ)	0,689 (luovutettu)	0,645 (sidottu)	0,044 (sidottu)
↑ Laskut	$Q_l = Q_{\text{vesi}} + Q_{\text{styrokksi}} = 0,645\text{ kJ} + 0,044\text{ kJ} = 0,689\text{ kJ}$	$Q_v = cm\Delta t = 4,19\text{ kJ/°C} * 0,19252\text{ kg} * 0,8\text{ °C} = 0,645\text{ kJ}$	$Q_k = C\Delta t = 0,0548\text{ kJ/°C} * 0,8\text{ °C} = 0,044\text{ kJ}$
ominaislämpökapasiteetti eli c (kJ/kg°C)	0,124		
Lasku $c = Q / m\Delta t$	$0,689\text{ kJ} / (0,10076\text{ kg} * 55\text{ °C}) = 0,124\text{ kJ/kg°C}$		
Taulukkokirjan arvo ominaislämpökapasiteetille (kJ/kg°C)	0,128	4,19	Itse laskettu arvo 0,0548
Ero eli Δc (kJ/kg°C)	0,004		

Vastaus:

0,124 kJ/kg°C

Kuparin ominaislämpökapasiteetti

	Kupari	Vesi	Kalorimetri
Massa eli m (g)	27,3	192,35	
Lämpötila erikseen eli $t_{\text{lähtö}}$ (°C)	80	25	25
Tasoittunut lämpötila eli t_{loppu} (°C)	25,4	25,4	25,4
Lämpötilan muutos eli Δt (°C)	54,6	0,4	0,4
↑ Lasku $t_{\text{loppu}} - t_{\text{lähtö}}$ tai $t_{\text{lähtö}} - t_{\text{loppu}}$	$80\text{ °C} - 25,4\text{ °C} = 54,6\text{ °C}$	$25,4\text{ °C} - 25\text{ °C} = 0,4\text{ °C}$	$25,4\text{ °C} - 25\text{ °C} = 0,4\text{ °C}$
Sidottu tai luovutettu energia eli Q (kJ)	0,344 (luovutettu)	0,322 (sidottu)	0,022 (sidottu)
↑ Laskut	$Q_l = Q_{\text{vesi}} + Q_{\text{styroksi}} = 0,322\text{ kJ} + 0,022\text{ kJ} = 0,344\text{ kJ}$	$Q_v = cm\Delta t = 4,19\text{ kJ/°C} * 0,19235\text{ kg} * 0,4\text{ °C} = 0,322\text{ kJ}$	$Q_k = C\Delta t = 0,0548\text{ kJ/°C} * 0,4\text{ °C} = 0,022\text{ kJ}$
ominaislämpökapasiteetti eli c (kJ/kg°C)	0,246		
Lasku $c = Q / m\Delta t$	$0,344\text{ kJ} / (0,0273\text{ kg} * 54,6\text{ °C}) = 0,246\text{ kJ/kg°C}$		
Taulukkokirjan arvo ominaislämpökapasiteetille (kJ/kg°C)	0,387	4,19	Itse laskettu arvo 0,0548
Ero eli Δc (kJ/kg°C)	0,141		

Vastaus:

0,246 kJ/kg°C

5. Kommentit

Lyijyn ominaislämpökapasiteetin laskeminen onnistui hyvin, sillä vastaukseksi tuli $0,124 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ ja taulukkokirjan vastaava arvo oli $0,128 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$.

Kuparista saatu arvo heitti enemmän, sillä vastaukseksi tuli $0,246 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, kun taulukkokirjan arvo oli $0,87 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ eli ero oli $141 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$.

Lyijyn mittaaminen onnistui paremmin kuin kuparin, koska palat olivat painavampia. Osa kuparipaloista oli liian isoja, eivätkä ne mahtuneet kalorimetrin sisälle, joten niitä ei voinut käyttää. Olisi ollut parempi, jos metallinpalat olisivat yksittäin pystyneet lisäämään veden lämpötilaa tarpeeksi, eikä olisi pitänyt käyttää montaa pientä palaa yhdessä mittauksessa.

Mittausten tarkkuutta heikensi lämpömittarin huono luettavuus.

Vaaka pystyi punnitsemaan vain 200 grammaan asti, joten kalorimetriin laitettava vesi piti punnita osissa, dekanterilasi vei suuren osan vaa'an kapasiteetista.

Ominaislämpökapasiteetin oikea yksikkö olisi kJ/kgK , mutta käytin laskuissa celsiusta kelvinien tilalla. Tämä ei vaikuta lopputuloksiin, sillä $1 \text{ } \Delta\text{K} = 1 \text{ } \Delta^\circ\text{C}$ ja kaikki lämpötila-arvot olivat positiivisia.

Testasin muuttamalla kuparin lämpötilanmuutosta laskuissa, paljonko sen olisi pitänyt olla, että vastaus olisi ollut lähempänä taulukkokirjan arvoa. Testasin lämpötilan muutoksen muuttamista, koska lämpömittari oli epätarkin työväline koko projektissa. Jos metallin lämpötilamuutosta pienensi ja veden ja kalorimetrin suurensi, saatiin vastaus lähemmäksi oikeaa.

	Oikea lasku	Muunneltu tapaus
Lämpötilanmuutos (kupari)	54,6	54,8
Lämpötilanmuutos (vesi ja kalorimetri)	0,4	0,6
Laskettu ominaislämpökapasiteetti	0,246	0,346
Taulukkokirja	0,387	0,387
Ero	0,141	0,041

6. Lähteet

Kristiina Majuri

Fy2 Lämpö, SanomaPro 2016, Heikki Lehto yms.

Fysiikan muistiinpanot, 2017, Pynnönen Antti

MAOL -taulukot, Otava

Kuvat otettu itse

7. Liitteet

Mittauspöytäkirja

-glyseroli 25 °C
 vitakolasi 28,71 g

matalalämpötila -sekoituskammiossa 80 °C

1. kerta
 1. 49,36 g
 2. 51,20 g } 100,56 g
 $\Delta T = 30^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 5^\circ\text{C}$
 25°C
 $\frac{Q}{m \cdot \Delta T} = 0,24 \text{ J/g}^\circ\text{C}$

2. kerta
 1. 6,25 g
 2. 11,05 g
 3. 12,34 g
 4. 20,88 g } 44,24 g
 $\Delta T = 40^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 15^\circ\text{C}$
 25°C
 $\frac{Q}{m \cdot \Delta T} = 0,24 \text{ J/g}^\circ\text{C}$

3. kerta
 1. 209,27 g
 2. 133,88 g } 343,15 g
 $41^\circ\text{C} \rightarrow 40^\circ\text{C}$
 $42,5^\circ\text{C} \rightarrow 41,8^\circ\text{C}$
 $Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 40510 \text{ J}$
 $0,0598 \text{ J/g}^\circ\text{C}$

3. (24,8 °C)

1. vesi 11,2 g + 98,07 g
 2. vesi 156,66 g + 131,14 g (-22,11 g, 2)
 3. vesi 57,65 g + 31,87 g

100,30 g - 100,76 g = 0,12 g Vähänsä vesiä panna