

# Vaja 28, Specifična toplota trdne snovi

Jure Kos

4.11.2021

## 1 Uvod

Temperaturi dveh dotikajočih se in od okolice izoliranih teles s toplotnima kapacitetama  $C_1$  in  $C_2$  ter začetnima temperaturama  $T_1$  in  $T_2$  se po daljšem času izenačita. Telesi imata tedaj zmesno temperaturo  $T_z$ . Toplota, ki jo prvo telo odda, je enaka toploti, ki jo drugo telo prejme. Če med tem ne pride do fazne ali kemijske spremembe, lahko pri manjših temperaturnih razlikah računamo s sorazmernostjo, torej

$$C_1(T_1 - T_z) = C_2(T_z - T_2)$$

Če poznamo toplotno kapaciteto  $C_2$  enega od teles, lahko z izmerjenimi  $T_1, T_2, T_z$  izračunamo toplotno kapaciteto  $C_1$  drugega telesa:

$$C_1 = \frac{T_z - T_2}{T_1 - T_z} C_2$$

Pri homogenem telesu je  $C_1 = mc_p$ , kjer je  $m$  masa,  $c_p$  pa specifična toplota snovi. Izračunamo jo iz prejšnje enačbe

$$c_p = \frac{T_z - T_2}{T_1 - T_z} \frac{C_2}{m}$$

## 2 Naloga

Določiti specifično toploto 2 merjencev.

## 3 Potrebščine

1. Kalorimeter,
2. digitalni merilec temperature,
3. osebni računalnik,
4. tehtnica,
5. priprava za segrevanje merjenca,
6. merjenci.

## 4 Potek

Meritve te vrste opravimo po navadi z vodnim kalorimetrom. Ta je sestavljen iz kovinske kalorimetske posode, ki stoji na plutovinastih zamaških (zaradi toplotne izolacije) v večji kovinski posodi, vse skupaj pa obdaja stiroporni plašč. Posodi pokrijemo s pokrovom, ki slabo prevaja toploto, skozenj pa vtaknemo v kalorimetsko posodo še termometer. Plast zraka med posodama močno zmanjšuje toplotno izmenjavo med deli kalorimetra, stiroporni plašč pa preprečuje vplive okolice na meritev. V kalorimetsko posodo potopimo še s plastiko prevlečeni trajni magnet, ki ga obračamo vrteče se magnetno polje v podstavku pod stiropornim plaščem (magnetno mešalo). Za meritev napolnimo kalorimetsko posodo s stehtano količino vode. Posebej je treba določiti skupno toplotno kapaciteto kalorimetske posode s termometrom, mešalom in vodo  $C_2$ .

## 5 Meritve

Izmerili smo mase vseh 3 merjencev, posode, posode z vodo in mešala.

$m_m$	725,22g $\pm 0,01$ g
$m_z$	679,67g $\pm 0,01$ g
$m_a$	230,56g $\pm 0,01$ g
$m_{pos}$	291,43g $\pm 0,01$ g
$m_{mes}$	8,58g $\pm 0,01$ g
$m_{p+v1}$	932,55g $\pm 0,01$ g
$m_{p+v2}$	909,75g $\pm 0,01$ g
$m_{p+v3}$	906,27g $\pm 0,01$ g

Poleg tega poznamo specifične toplote vode, medenine, železa in aluminija ter tudi specifično toploto termometra in mešala, saj sta iz železa.

$c_v$	4200 J/kgK
$c_z$	494 J/kgK
$c_a$	900 J/kgK
$c_m$	360 J/kgK

Po 3 meritvah smo pridobili naslednje podatke:

1. Meritev (aluminij):

$T_m1$	367K $\pm 1$ K
$T_v1$	296,7K $\pm 0,1$ K
$T_z1$	301,6K $\pm 0,1$ K

2. Meritev (železo):

$T_m2$	365K $\pm 1$ K
$T_v2$	296,5K $\pm 0,1$ K
$T_z2$	303,7K $\pm 0,1$ K

3. Meritev (medenina):

$T_m3$	364K $\pm 1$ K
$T_v3$	293,1K $\pm 0,1$ K
$T_z3$	300,1K $\pm 0,1$ K

## 6 Računi

Iz izmerjenih dimenzij termometra, gostote železa in specifične toplote železa lahko izračunamo toplotno kapaciteto termometra. ( $\rho_z = 7,87 \text{ g/cm}^3$ )

$$C_t = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \pi l \rho_z c_z = \left(\frac{0,400 \cdot (1 \pm 0,025) \text{ cm}}{2}\right)^2 \pi \cdot 10,85 \cdot (1 \pm 0,002) \text{ cm} \cdot 7,87 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 0,494 \frac{\text{J}}{\text{gK}}$$

$$\approx 5,3 \cdot (1 \pm 0,052) \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Iz mase mešala in njegove specifične toplote lahko ponovimo postopek:

$$C_m = m_m c_z = 5,58 \cdot (1 \pm 0,002) \text{ g} \cdot 0,494 \frac{\text{J}}{\text{gK}} \approx 2,8 \cdot (1 \pm 0,002) \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Sedaj lahko izračunamo skupno toplotno kapaciteto posode z vodo, mešalcem in termometrom za 1. meritev. ( $c_m = c_{pos}$ )

$$C_{2a} = m_{pos} \cdot c_{pos} + m_{v1} \cdot c_v + C_t + C_m =$$

$$= \left((291,43 \text{ g} \pm 0,01 \text{ g}) \cdot 0,360 \frac{\text{J}}{\text{gK}}\right) + \left((641,12 \text{ g} \pm 0,01 \text{ g}) \cdot 4,200 \frac{\text{J}}{\text{gK}}\right)$$

$$+ \left(5,3 \frac{\text{J}}{\text{K}} \pm 0,28 \frac{\text{J}}{\text{K}}\right) + \left(2,8 \frac{\text{J}}{\text{K}} \pm 0,006 \frac{\text{J}}{\text{K}}\right)$$

$$\approx 2805,7 \frac{\text{J}}{\text{K}} \pm 0,306 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Za 2. in 3. meritev tako dobimo

$$C_{2z} \approx 2710,0 \frac{\text{J}}{\text{K}} \pm 0,306 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$C_{2m} \approx 2695,3 \frac{\text{J}}{\text{K}} \pm 0,306 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Sedaj lahko izračunamo specifično toploto merjencev.

$$\begin{aligned}
 c_a &= \frac{T_{z1} - T_{v1}}{T_{m1} - T_{z1}} \cdot \frac{C_2}{m_a} = \frac{301,6K \pm 0,1K - 296,7K \pm 0,1K}{367K \pm 1,0K - 301,6K \pm 0,1K} \cdot \frac{2805,7J \pm 0,306J}{0,23056kg \pm 0,00001kg \cdot K} = \\
 &= \frac{4,9K \pm 0,2K}{65,4K \pm 1,1K} \cdot \frac{2805,7J \pm 0,306J}{0,23056kg \pm 0,00001kg \cdot K} = \\
 &= \frac{4,9 \cdot (1 \pm 0,041)K}{65,4 \cdot (1 \pm 0,017)K} \cdot \frac{2805,7 \cdot (1 \pm 0,0001)J}{0,23056 \cdot (1 \pm 0,00004)kg \cdot K} = \\
 &\approx 911,7 \frac{J}{kgK} \pm 53,0 \frac{J}{kgK}
 \end{aligned}$$

Enako izračunamo za železo in medenino.

$$c_z \approx 468,3 \frac{J}{kgK} \pm 21,6 \frac{J}{kgK}$$

$$c_m \approx 407,1 \frac{J}{kgK} \pm 18,8 \frac{J}{kgK}$$

## 7 Analiza

Edina izmerjena vrednost, ki pade v območje napake, je specifična toplota aluminija. Kar pomeni, da so bile napake pri merjenju napačno ocenjene ali pa se je zgodila sistemska napaka, kar je privedlo do nepravilnih rezultatov.