

## 5 Hmotnostná tepelná kapacita pevnej látky

### Teória

Hmotnostnú tepelnú kapacitu  $c$  látky definujeme ako veličinu, ktorej číselná hodnota udáva v jouloch teplo potrebné na zohriatie 1 kg látky o 1 kelvin. Základom pre jej meranie je teda rovnica

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t, \quad (5.1)$$

z ktorej vidieť, že množstvo tepla  $Q$ , ktoré je potrebné dodať látke o hmotnosti  $m$ , aby sa jej teplota zvýšila o  $\Delta t$ , je týmto dvom veličinám priamo úmerné. Konštanta úmernosti  $c$  je práve hmotnostná tepelná kapacita príslušnej látky. Použitím tejto rovnice a zákona zachovania energie pri teplotnej výmene môžeme odvodiť vzťah pre hmotnostnú tepelnú kapacitu pevnej látky, ktorú určujeme v zmiešavacom kalorimetri.

Kalorimeter je zariadenie, zabraňujúce tepelným stratám do okolia. V najjednoduchšom vyhotovení sú to dve nádoby nerovnakého vnútorného priemeru. Vloženie jednej nádoby do druhej je medzi ich stenami vrstva tepelne izolujúceho vzduchu. Vrstva vzduchu je aj medzi dnami oboch nádob, vnútorná nádoba sa uzatvára vekom, ktoré môže byť dvojité alebo korkové. V našom prípade využívame korkové veko.

Do vnútornej nádoby kalorimetra s hmotnosťou  $m_k$ , ktorá je zhotovená z plechu so známou hmotnostnou tepelnou kapacitou  $c_k$ , nalejeme vodu s hmotnostnou tepelnou kapacitou  $c_v$ , s hmotnosťou  $m_v$  a počiatočnou teplotou  $t_1$ . Ak do nej potom vložíme teleso hmotnosti  $m$ , ktorého hmotnostnú tepelnú kapacitu  $c$  chceme určiť, zohriate predtým na vyššiu teplotu  $t_2$ , zohreje sa od neho voda v kalorimetri, vnútorná nádoba kalorimetra aj miešačka a ustáli sa na teplotu  $t$ . Súčasne sa vložené teleso tiež ochladí na ustálenú teplotu  $t$ . Označme  $Q_1$  množstvo tepla, ktoré prijme kalorimeter a voda od telesa a  $Q_2$  označme teplo, ktoré odovzdá teleso. Potom platí

$$\begin{aligned} Q_1 &= m_k \cdot c_k \cdot (t - t_1) + m_v \cdot c_v \cdot (t - t_1) \\ Q_2 &= m \cdot c \cdot (t_2 - t) \end{aligned} \quad (5.2)$$

Ak zanedbáme tepelné straty do okolia, potom podľa zákona zachovania energie pri teplotnej výmene musí platiť

$$Q_1 = Q_2 \quad (5.3)$$

Po dosadení a úprave dostávame pre hmotnostnú tepelnú kapacitu neznámej látky

$$c = \frac{(m_k \cdot c_k + m_v \cdot c_v) \cdot (t - t_1)}{m \cdot (t_2 - t)} \quad (5.4)$$

### Pomôcky

kalorimeter, 3 kovové telesá, hrniec, varič, stojan s držiakom na teleso, digitálny teplomer s 2 termočlánkami.

## Cieľ

### **Experimentálne určenie hmotnostnej tepelnej kapacity látok.**

#### **Pracovný postup**

1. Naplníme hrniec vodou a necháme ju zovrieť na variči.
2. Odvážením zistíme hmotnosti látok  $m$ , ktorých hmotnostnú tepelnú kapacitu meriame.
3. Odvážime vnútornú nádobu kalorimetra –  $m_k$ . Potom nalejeme do nej (do 3/4 objemu) studenú vodu a znovu odvážime. Rozdiel hmotností plnej a prázdnej nádoby je  $m_v$ . Následne vnútornú nádobu vložíme do vonkajšej, vložíme jeden termočlánok a uzavrieme.
4. Telesá z neznámych látok vložíme do vody v hrnci a zavesíme pomocou nitky na stojan tak, aby boli celé ponorené vo vode, a pritom sa nedotýkali dna hrnca. Do hrnca vložíme druhý termočlánok.
5. Predpokladáme, že počas váženia sa teploty kalorimetra a vody vyrovnali a vsunutý termočlánok indikuje počiatočnú teplotu  $t_1$ .
6. Keď voda na variči už vrije (termočlánok v hrnci ukazuje teplotu 98°C alebo vyššiu), necháme v nej telesá ešte aspoň 5 minút. Teplota telesa je rovná teplote, ktorú indikuje termočlánok, ktorý je ponorený vo vode v hrnci. Otvoríme veko kalorimetra, vyberieme prvé teleso z vriacej vody, vložíme ho do kalorimetra a veko uzavrieme. Premiešame vodu v kalorimetri. Pri prekladaní telesa z vriacej vody do kalorimetra pracujeme čo najrýchlejšie, aby nevznikla veľká chyba merania v dôsledku tepelných únikov.
7. Pozorujeme teplotu vody v kalorimetri, ktorá stúpa. Keď sa teplota, ktorú indikuje termočlánok v kalorimetri ustáli, určíme výslednú teplotu  $t$ .
8. Dosadením všetkých nameraných veličín do rovnice (5.4) vypočítame hmotnostnú tepelnú kapacitu neznámej látky.
9. Uvedený postup opakujeme pre zvyšné dve kovové telesá.

#### **Poznámka**

V prípade, že vnútorná nádoba kalorimetra je z hliníkového plechu, je  $c_k = 896 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . Hmotnostná tepelná kapacita vody je  $c_v = 4186 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . Súčin  $m_k.c_k$  je tzv. tepelná kapacita kalorimetra.

#### **Kontrolné otázky**

##### **A.**

1. Definujte hmotnostnú kapacitu pevnej látky
2. Ktorý zákon je východiskom pre meranie hmotnostnej tepelnej kapacity metódou kalorimetra?

##### **B.**

1. Ako sa dosahuje tepelná izolácia v zmiešavacom kalorimetri?
2. Pri ktorom kroku pracovného postupu môže vzniknúť najskôr chyba pri určovaní hmotnostnej tepelnej kapacity?

3. Porovnajzte vypočítané hodnoty hmotnostných tepelných kapacít všetkých telies  $c_E$  s odpovedajúcimi tabuľkovými hodnotami  $c_T$  pomocou vzťahu

$$PO = \frac{|c_E - c_T|}{c_T} \cdot 100\% \text{ a vyjadrite príslušné percentuálne odchýlky.}$$

### **Vyhodnotenie**