

Laboratórne cvičenie č. 2

Dátum: 3.11.2025

Autor: Boris Christian Mavrodiev

Spolupracovníci: Marcus Marinica, Peter Šichula

Názov: Určenie mernej tepelnej kapacity pevnej látky použitím zmiešavacieho kalorimetra

Úloha/y: Určte mernú tepelnú kapacitu daného kovu

Pomôcky: zmiešavací kalorimeter, dva teplomery, váhy, ohrievač s vodným kúpeľom, kovový predmet, odmerný valec

Teória: Keď medzi teplejším telesom a chladnejšou kvapalinou prebieha v kalorimetri tepelná výmena, platí kalorimetrická rovnica v tvare

$$m_1 c_1 (t_1 - t_v) = m_2 c_v (t_v - t_2) + C (t_v - t_2)$$

kde m_1 je hmotnosť teplejšieho telesa, c_1 merná tepelná kapacita teplejšej látky, t_1 začiatočná teplota teplejšieho telesa, m_2 hmotnosť kvapaliny v kalorimetri, c_v merná tepelná kapacita vody, t_2 začiatočná teplota vody, t_v výsledná teplota sústavy po dosiahnutí rovnovážneho stavu a C tepelná kapacita kalorimetra. Z tohto vzťahu možno určiť mernú tepelnú kapacitu c_1 daného kovu, ak poznáme mernú tepelnú kapacitu vody c_v , tepelnú kapacitu kalorimetra C a ak odmeriame ostatné veličiny. Tepelnú kapacitu kalorimetra určíme zo vzťahu:

$$C = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{m_k c_k \Delta t}{\Delta t} = m_k c_k$$

kde m_k je hmotnosť vnútornej nádoby kalorimetra s miešačkou a c_k merná tepelná kapacita kovu, z ktorého je kalorimeter zhotovený.

Schéma zapojenia:



Postup:

1. V odmernom valci odmeriame množstvo vody potrebné na ponorenie telesa, odmeriame jej teplotu a vylejeme ju do kalorimetra
2. Ponoríme teleso do vodného kúpeľa s teplotou bodu varu vody a počkáme, kým dôjde k vyrovnaniu teplôt kúpeľa a telesa
3. Zohriate teleso ponoríme do vody v kalorimetri
4. Počkáme, kým sa teplota v kalorimetri ustáli, a namerané hodnoty zapíšeme

Zápis:

$$\begin{aligned}m_1 &= 42g = 0,042kg \\m_2 &= 278g = 0,278kg \\m_k &= 83g = 0,083kg \\t_1 &= 100^\circ C \\t_2 &= 18^\circ C \\t_k &= 18^\circ C \\t_v &= 23^\circ C \\c_1 &= ? \left[\frac{J}{kg * K} \right] \\c_v &= 4180 \frac{J}{kg * K} \\c_k &= 896 \frac{J}{kg * K} \\h_1 &= 3,52cm \\d_1 &= 2,39cm \Rightarrow r = 1,195cm\end{aligned}$$

Výsledky:

$$\begin{aligned}S_t &= \pi r^2 = \pi * 1,195^2 = \pi * 1,428 \doteq 4,5cm^2 \\V_t &= Sh = 4,5cm^2 * 3,52cm = 15,84cm^3 \\m_t &= \rho_t V_t \Rightarrow \rho = \frac{m_t}{V_t} = \frac{42g}{15,85cm^3} \doteq 2,65 \frac{g}{cm^3} \approx 2,7 \frac{g}{cm^3} \text{ (hliník)} \\m_1 c_1 (t_1 - t_v) &= m_2 c_v (t_v - t_2) + m_k c_k (t_v - t_2) \Rightarrow \\c_1 &= \frac{m_2 c_v (t_v - t_2) + m_k c_k (t_v - t_2)}{m_1 (t_1 - t_v)} = \frac{0,278kg * 4180 * 5^\circ C + 0,083kg * 896 * 5^\circ C}{0,042kg * 77^\circ C} = \\ \frac{5810,2 + 371,84}{3,234} &= \frac{6182,04}{3,234} = 1911,58 \frac{J}{kg * K} \text{ (malo vyjsť 896 - hliník)}\end{aligned}$$

Záver:

V tomto pokuse sme na základe zistenia mernej tepelnej kapacity zahriateho telesa mali zistiť, z akého materiálu je teleso. Tento pokus nám výpočtovo nevyšiel, pretože teleso bolo v skutočnosti z hliníka, avšak výpočtom nám vyšlo, že by malo byť z dreva alebo plastu s mernou tepelnou kapacitou $1911,58 \frac{J}{kg * K}$. Chyba je najpravdepodobnejšie v nesprávne predpokladanej počiatkovej teplote telesa ($100^\circ C$). Teleso malo vyššiu teplotu ako $100^\circ C$, pretože pri zohrievaní malo priamy kontakt na dno nádoby a prijímalo teplo aj priamo od dna hrnca, ktoré bolo v priamom kontakte s platničkou variča.

Vysvetlenie:

Energia prijatá vodou Q_v a vnútornou nádobou kalorimetra Q_k :

$$Q_v = m_2 c_v (t_v - t_2) = 0,278kg * 4180 * 5 = 5810,2J$$

$$Q_k = m_k c_k (t_v - t_2) = 0,083kg * 896 * 5 = 371,84J$$

Celková energia prijatá systémom kalorimeter + voda teda bola:

$$Q = Q_v + Q_k = 5810,2 + 371,84 = 6182,04J$$

Preto energia odovzdaná telesom musela byť $6182,04J$. Podľa výpočtu hustoty telesa predpokladáme, že teleso je z hliníka ($\rho_t = 2,7 \frac{g}{cm^3} \Rightarrow c_{Al} = 896 \frac{J}{kg * K}$). Po výpočte z rovnice pre energiu vychádza počiatková teplota telesa t_1 :

$$\Delta t = \frac{Q}{m_1 c_{Al}} = \frac{6182,04}{0,042 * 896} = \frac{6182,04}{37,632} = 164,28^\circ C$$

$$t_1 = \Delta t + t_v = 164,28^\circ C + 23^\circ C = \mathbf{187,28^\circ C}$$

Kontrola výpočtu:

$$c_1 = \frac{m_2 c_v (t_v - t_2) + m_k c_k (t_v - t_2)}{m_1 (t_1 - t_v)} = \frac{0,278 \text{ kg} * 4180 * 5^\circ\text{C} + 0,083 \text{ kg} * 896 * 5^\circ\text{C}}{0,042 \text{ kg} * 164,28^\circ\text{C}} =$$
$$\frac{5810,2 + 371,84}{6,89976} = \frac{6182,04}{6,89976} \doteq 895,97 \frac{\text{J}}{\text{kg} * \text{K}} \text{ (hliník)}$$