

Úloha 16: Stanovení měrné tepelné kapacity kovového vzorku

Pomůcky

Kalorimetr s míchačkou, digitální teploměr, dva kovové vzorky, háček na manipulaci se vzorky, termostatická lázeň pro ohřev vzorků, digitální váha (společná pro všechny úlohy; umístěna v zadní části laboratoře)

Úkol

Stanovte měrnou tepelnou kapacitu c kovových vzorků a porovnejte s tabulkovými hodnotami.

Dílní úkoly

1. Stanovte hmotnost obou kovových vzorků m , kalorimetru s míchačkou m_C a vody m_V .
2. Stanovte teplotní rozdíl vody Δt_1 i kovového vzorku Δt_2 .
3. Určete tepelnou kapacitu vody K_V a kalorimetru K_K .

Poznámky k měření

- Digitální váhu najdete na stole v zadní části laboratoře.
- Kovové vzorky i prázdný kalorimetr před vážením vysušte.
- Hmotnost vody m_V stanovte jako rozdíl hmotnosti vody s kalorimetrem a hmotnosti prázdného kalorimetru.
- Měrnou tepelnou kapacitu vody c_V stanovte jako průměr tabulkových hodnot, které odpovídají rozsahu teplot vody.
- Měrná tepelná kapacita mosazi je $c_m = (385 \pm 10) \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.
- Kapacitu digitálního teploměru lze zanedbat.
- Kovové vzorky zahřívejte v termostatické lázni přibližně 5 minut. Během této doby se měřené kovové vzorky prohřejí v celém svém objemu.

Matematický model pro výpočet nepřímo měřené veličiny

Měrná tepelná kapacita kovového vzorku c :

$$c = \frac{m_V c_V + m_K c_m}{m} \cdot \frac{t - t_1}{t_2 - t} = \frac{K_V + K_K}{m} \cdot \frac{t - t_1}{t_2 - t} = \frac{K_S}{m} \cdot \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} \quad (1)$$

m_V, m_K ... hmotnost vody (V) a kalorimetru s míchačkou (K)

c_V, c_m ... měrná tepelná kapacita vody (V) a mosazi (m)

t_1, t_2 ... počáteční teplota soustavy vody s kalorimetrem (1) a kovového vzorku (2)

t ... teplota po ustálení

m ... hmotnost kovového vzorku

K_V, K_K, K_S ... kapacita vody v kalorimetru (V), kalorimetru (K) a soustavy vody s kalorimetrem (S)

$\Delta t_1, \Delta t_2$... rozdíl teplot vody (1) a rozdíl teplot kovového vzorku (2)

Poznámky a návod k výpočtu nejistot

- Nejistoty se určují na základě vztahu (1). Vyjádření vpravo umožňuje využít výpočet pro relativní nejistoty.
- Všechna měření probíhají jednorázově. Pro všechny veličiny se tedy určuje pouze nejistota typu B, která je zároveň rovna kombinované nejistotě.
- Rozdíly teplot Δt_1 a Δt_2 jsou jednoduchou lineární kombinací.
- Kapacitu soustavy vody s kalorimetrem K_S lze vyjádřit jako prostý součet $K_S = K_V + K_K$, kde K_V je kapacita vody a K_K kapacita kalorimetru. Jednotlivé kapacity jsou pak prostým součinem hmotnosti a měrné tepelné kapacity.
- Při stanovení nejistoty hmotnosti vody m_V je třeba zohlednit, že byla stanovena jako rozdíl dvou hmotností.
- Maximální chyba měrné tepelné kapacity vody c_V se stanoví jako rozdíl tabulkových hodnot v rozsahu změřených teplot vody. Pokud je rozsah teplot menší než 5°C , nejistotu lze zanedbat.
- Z důvodu tepelných ztrát při přenosu kovového vzorku je maximální chyba měření jeho teploty $0,5^\circ\text{C}$.

Podněty k diskusi

- Měrná tepelná kapacita c je materiálová konstanta, kterou lze dohledat v tabulkách. Odhadněte materiál kovových vzorků a stanovte odchylky od tabulkových hodnot.
- Diskutujte vliv tepelných ztrát na přesnost měření.