

MĚŘENÍ MĚRNÉ TEPELNÉ KAPACITY LÁTEK

ZADÁNÍ ÚLOHY

Určete tepelnou kapacitu kalorimetru a měrnou tepelnou kapacitu třech vybraných vzorků.

DOPORUČENÁ LITERATURA

- [1] Toman J., Semerák P., *Fyzika 10 – Praktická cvičení*, Vydavatelství ČVUT, 2001.
- [2] Horák Z., *Praktická fyzika*, SNTL, 1958.
- [3] Brož J. a kol., *Základy fyzikálních měření I-III*, Státní pedagogické nakladatelství, 1967.

Teoretický úvod naleznete v **úloze 33** skript [1], případně v [2] nebo [3].

METODY MĚŘENÍ

Určení měrné tepelné kapacity směšovacím kalorimetrem

Měrná tepelná kapacita je materiálová konstanta. Číselně je rovna množství tepla, které musíme dodat 1 kg látky, aby se její teplota zvýšila o 1 K [1-3]. Podrobnější informace může student nalézt např. v [1-3]. Jedna z metod určení hodnoty měrné tepelné kapacity je s použitím směšovacího kalorimetru. Směšovací kalorimetr je nádoba, která zprostředkovává pokud možno co nejlepší izolaci od okolního prostředí. Předpokládáme tedy, že kalorimetr představuje izolovanou soustavu, ve které probíhá tepelná výměna. V důsledku zákona zachování energie poté odvodíme kalorimetrickou rovnici [1-3] použitou pro konkrétní výpočty.

Konkrétní postup určení měřené tepelné kapacity vzorku je založen na tom, že vložíme-li do známého množství kapaliny určité teploty a měrné tepelné kapacity jiný vzorek známé hmotnosti a teploty, můžeme ze směšovací (kalorimetrické) rovnice [1-3] určit hledanou hodnotu měrné tepelné kapacity vzorku. Jelikož je ale kalorimetr také složen z určitých materiálů, přijme množství tepla, které je charakterizované tzv. tepelnou kapacitou kalorimetru. Z definice je tepelná kapacita vzorku číselně rovna teplu, které musíme dodat vzorku o hmotnosti m , aby se jeho teplota zvýšila o 1 K [1-3]. Proto je následující úloha určena do dvou částí: 1) určení tepelné kapacity použitého kalorimetru, 2) určení měrné tepelné kapacity vybraných vzorků.

Pro výpočet nejistot uvažujte pouze nejistoty z rozlišení vah a teploměru. Výsledné nejistoty uvádějte pro 95%ní interval spolehlivosti.

POSTUP MĚŘENÍ

Upozornění: Vzorky spouštějte do kalorimetru opatrně pomocí háčku, aby nedošlo k poškození kalorimetru. Dbejte zvýšené opatrnosti při manipulaci s horkými předměty.

Poznámky k měření: Hmotnosti vody určujte vážením kalorimetru (bez vody, s vodou) a výsledky určete jako rozdíl. Proměřované vzorky zvažte samostatně.

Určení tepelné kapacity kalorimetru:

1. Zvažte samotný kalorimetr a poté do něj vlijte cca 100 ml chladné vody. Poté zvažte kalorimetr s vodou a rozdílem určete hmotnost vody m_1 .
2. Na vaříč dejte mezitím ohřívat cca 100 ml vody.
3. Po ustálení teploty vody v kalorimetru (míchejte asi 1 minutu) odečtěte hodnotu t_1 na teploměru.
4. Ohřívejte vodu do cca 60 °C, sundejte nádobu z vaříče a odečtěte teploměrem hodnotu t_2 . Ihned teplou vodu přilijte do kalorimetru a určete její hmotnost m_2 vážením kalorimetru (rozdílem).
5. Po ustálení (za stálého míchání) určete výslednou teplotu t .
6. Z kalorimetrické rovnice vypočtete tepelnou kapacitu kalorimetru K , jestliže je měrná tepelná kapacita vody $c = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, a odhad její nejistoty.

Určení měrné tepelné kapacity vzorků:

Postup je obdobný určení tepelné kapacity kalorimetru s tím rozdílem, že místo teplé vody přidáme zahřátý vzorek, který po vhodnou dobu vaříme ve vodě (předpokládáme, že vzorek bude zahřátý na stejnou teplotu, jako vroucí voda).

1. Před měřením vyplachujte kalorimetr chladnou vodou, aby nebyl zahřátý v důsledku předchozích měření.
2. Pro každý vzorek opakujte body 1 a 3 z části A) a určete tak hmotnost m_1 a teplotu t_1 chladné vody.
3. Měřené vzorky postupně zvažte a určete hmotnosti m_2 .
4. Vzorky dejte vařit na vařiči do vody po dobu asi 5 minut, dokud nezískají stejnou teplotu jako vroucí voda, tuto teplotu t_2 změřte teploměrem.
5. Opatrně s pomocí háčku vložte jeden vzorek do kalorimetru a po ustálení teploty (za stálého míchání) odečtěte výslednou teplotu t .
6. Pomocí kalorimetrické rovnice vypočtete měrnou tepelnou kapacitu vzorku (s uvažování tepelné kapacity kalorimetru) a odhad její nejistoty.
7. Pro měření každého dalšího vzorku opakujte bod 1 (určete hmotnost a teplotu chladné kapaliny), bod 3 (změřte teplotu zahřátého vzorku (vroucí vody po sundání nádoby z vařiče)), a poté opakujte body 4 a 5 (vložte s pomocí háčku vzorek do kalorimetru a za stálého míchání po ustálení odečtěte výslednou teplotu, vypočtete měrnou tepelnou kapacitu a odhad její nejistoty).

PŘÍKLADY

1. Měrná tepelná kapacita mosazi byla měřena v kalorimetru (s tepelnou kapacitou $K = 190 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$) vložení zahřátého vzorku do chladné vody (s měrnou tepelnou kapacitou $c = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$). Během měření byly zaznamenány následující hodnoty: počáteční hmotnost vody v kalorimetru $m_1 = 250 \text{ g}$, počáteční teplota vody v kalorimetru $t_1 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$, hmotnost vkládaného vzorku mosazi $m_2 = 100 \text{ g}$, teplota vkládaného vzorku $t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, výsledná teplota směsi vody a mosazi $t = 8,2 \text{ }^\circ\text{C}$. S jakou přesností by musely být měřeny teploty, jestliže je požadováno určení výsledné měrné tepelné kapacity s maximální nejistotou $10 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$? Nejistoty ostatních měřených veličin vstupujících do výpočtu zanedbejte, počítejte s kombinovanými nejistotami bez rozšíření (interval spolehlivosti 68 %).
2. Ocelové tyči délky $l_0 = 1 \text{ m}$ a hmotnosti $m = 2,5 \text{ kg}$ dodáme teplo $Q = 1 \text{ MJ}$. Jakou výslednou délku bude tyč mít, jestliže koeficient teplotní délkové roztažnosti oceli je $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ a měrná tepelná kapacita oceli je $c = 450 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

POŽADOVANÉ VÝSTUPY

- Do přehledných tabulek postupně zpracujte měřené hodnoty, jejich nejistoty, výsledné hodnoty tepelné kapacity kalorimetru a měrné tepelné kapacity vzorků společně s odhady jejich nejistot pro 95%ní intervalu spolehlivosti.
- Srovnajte vypočtené hodnoty s tabulkovými, diskutujte případný důvod rozdílu, které překračují volený interval spolehlivosti.
- Vypracujte příklady.

POMŮCKY

Kalorimetr, elektrický vařič, nádoba, teploměr, odměrný válec, váhy, proměřované vzorky, led