

STANOVENÍ MĚRNÉHO SKUPENSKÉHO TEPLA TÁNÍ LEDU

Pracovní úkol:

1. Stanovte hodnotu měrného skupenského tepla tání ledu.
2. Proveďte rozbor přesnosti a stanovte chybu měření.
3. Odhadněte největší zdroje systematických chyb.

Pomůcky: kalorimetr s míchačkou, teploměr, laboratorní váhy, destilovaná voda, led

Teorie:

Fázové přechody I. druhu, mezi které patří změny skupenství, se vyznačují tzv. latentním teplem. Latentním teplem označujeme teplo, které je nutno dodat nebo odebrat zkoumané látce, aby při teplotě rovné teplotě fázového přechodu přešla z jedné fáze do druhé. Toto teplo nepůsobí změnu teploty látky, ale pouze změnu fáze, resp. skupenství. Latentní teplo se v případě změn skupenství nazývá skupenským teplem. V případě tání se jedná o skupenské teplo tání. Z praktických důvodů je vhodné skupenské teplo udávat vztahem na jednotku hmotnosti dané látky, pak hovoříme o měrném skupenském teple:

$$l_t = \frac{Q_t}{m}, \quad (1)$$

kde l_t představuje měrné skupenské teplo tání, Q_t skupenské teplo tání a m hmotnost zkoumané látky.

Měrné skupenské teplo tání ledu lze určit pomocí kalorimetru. V horké vodě o hmotnosti m_2 a teplotě t_2 rozpustíme led o hmotnosti m_1 a teplotě t_i .

Proces lze popsat následující kalorimetrickou rovnicí:

$$m_2 \cdot c \cdot (t_2 - t) = m_1 \cdot c \cdot (t - t_i) + m_1 \cdot l_t, \quad (2)$$

kde t je výsledná teplota vody v kalorimetru po rozpuštění veškerého ledu a c měrná tepelná kapacita vody. V reálném případě musíme do kalorimetrické rovnice započítat tepelnou kapacitu samotného kalorimetru, protože i on je zdrojem tepla pro tání ledu. Přesnější kalorimetrická rovnice má pak tvar:

$$(m_2 \cdot c + K) \cdot (t_2 - t) = m_1 \cdot c \cdot (t - t_i) + m_1 \cdot l_t, \quad (3)$$

kde K představuje tepelnou kapacitu kalorimetru.

Úpravou rovnice (3) lze dospět k výslednému vztahu pro stanovení měrného skupenského tepla tání ledu:

$$l_t = \frac{(m_2 \cdot c + K) \cdot (t_2 - t)}{m_1} - c \cdot (t - t_i). \quad (4)$$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tepelnou kapacitu kalorimetru K určíme následující metodou:

Kalorimetr o hledané tepelné kapacitě K naplníme vodou o hmotnosti m_A . Počkáme dostatečně dlouhou dobu, aby se teploty vody a kalorimetru vyrovnaly na hodnotě t_A . Do kalorimetru přidáme vodu o hmotnosti m_B a teplotě t_B ($t_B > t_A$). Promícháme a počkáme na ustálení teploty na hodnotě t_v . Proces popisuje rovnice:

$$m_B \cdot c \cdot (t_B - t_v) = (m_A \cdot c + K) \cdot (t_v - t_A), \quad (5)$$

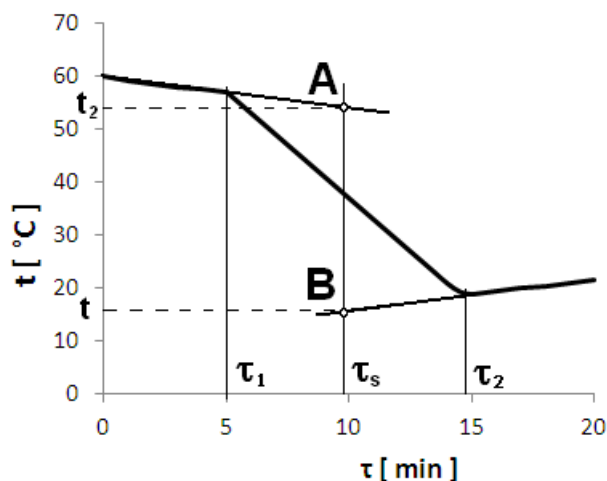
kde c je měrná tepelná kapacita vody.

Hledanou tepelnou kapacitu lze vypočítat z rovnice (5) upravené na tvar:

$$K = \frac{m_B \cdot c \cdot (t_B - t)}{t - t_A} - m_A \cdot c. \quad (4)$$

Oprava tepelných ztrát:

I přes dobrou tepelnou izolaci kalorimetru není možné zcela zabránit tepelné výměně mezi látkou uvnitř kalorimetru a okolím vně kalorimetru. Tento efekt je však možné částečně kompenzovat. Obrázek 1 zachycuje možný průběh teploty během celého měření.



Obrázek č. 1: Závislost teploty uvnitř kalorimetru během měření. (Mezi časy τ_1 a τ_2 probíhá tání.)

V čase $\tau=0$ s jsme začali měřit teplotu horké vody v kalorimetru. V čase τ_1 jsme nasypali do kalorimetru led a teplota uvnitř kalorimetru klesala až do doby τ_2 , kdy všechny led roztál. Od času τ_2 díky ohřevu z okolí začala teplota vody v kalorimetru opět stoupat. Proces tání ledu trvá určitou dobu, po kterou probíhá také tepelná výměna stěnami kalorimetru s okolím.

Kompenzace je založena na modelu, kdy by led roztál okamžitě. V čase τ_s ležícím v polovině mezi časy τ_1 a τ_2 bychom přidali do kalorimetru led (bod A) a teplota v kalorimetru by okamžitě klesla do bodu B. Bod A představuje teplotu, kterou by měla voda v kalorimetru v čase τ_s , pokud bychom led



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

do kalorimetru nepřidávali. Bod B představuje teplotu vody v kalorimetru v čase τ_s , která se postupně ohřívá od okolí a teplota roste podle námi změřené křivky. Body A a B nalezneme extrapolací. Křivku v rozmezí časů $\tau=0s$ a τ_1 extrapolujeme až do doby τ_s , tím získáme bod A. Extrapolací závislosti teploty od času τ_2 do konce měření získáme bod B.

Pokyny pro měření:

- 1) Stanovte tepelnou kapacitu kalorimetru K včetně její chyby.
- 2) Zvažte prázdný kalorimetr, jeho hmotnost označte M_K .
- 3) Do kalorimetru odměřte množství vody 200 ml. Kalorimetr s vodou zvažte, změřenou hmotnost označte jako m_{20} . Hmotnost vody m_2 určíme z rozdílu této hmotnosti a hmotnosti prázdného kalorimetru ($m_2 = m_{20} - M_K$).
- 4) Vodu v kalorimetru ohřejte ponorným vařičem na 60°C .
- 5) Spusťte stopky a po celou dobu měření je nezastavujte! Kalorimetr uzavřete a v minutových intervalech měřte teplotu uvnitř kalorimetru. Hodnoty spolu s časem si zapisujte do tabulky.
- 6) Hadříkem osušte několik kousků tajícího ledu o celkové hmotnosti cca 100 g a o teplotě t_l . Bezprostředně poté led vsypte do kalorimetru. Doby vsypání ledu do kalorimetru označte τ_1 .
- 7) Za neustálého míchání zapisujte v intervalu 30 sekund teplotu uvnitř kalorimetru, dokud neustane její rychlý pokles a všechny led neroztaje. Tuto dobu označte τ_2 .
- 8) Dále po dobu 10 minut zapisujte v minutových intervalech změnu teploty v kalorimetru.
- 9) Zvažte kalorimetr, hmotnost označte m_{21} . Hmotnost přispaného ledu m_l stanovte ze vztahu: $m_l = m_{21} - m_{20}$
- 10) Sestrojte graf závislosti teploty uvnitř kalorimetru na čase.
- 11) Proveďte opravu na tepelné ztráty kalorimetru a stanovte počáteční teplotu teplé vody t_2 (bod A) a koncovou teplotu vody t (bod B).
- 12) S použitím vztahu (4) určete měrné skupenské teplo tání ledu.
- 13) Stanovte chybu měření.

Literatura:

Kolektiv autorů *Úvod do fyzikálních měření*, TUL, Liberec, 2012, ISBN 978-80-7372-819-9

Kazda, V., Soška, F. *Laboratorní cvičení z fyziky*, TUL, Liberec, 1976

Čmelík, M., Machonský, L., Šíma, Z. *Fyzikální tabulky*, TUL, Liberec, 2001. ISBN 80-7083-511-X.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ