

Měrné skupenské teplo tání ledu

Mirek Kubera

Výstup RVP: žák měří vybrané veličiny vhodnými metodami, zpracuje a vyhodnotí výsledky měření, objasní souvislost mezi vlastnostmi látek různých skupenství a jejich vnitřní strukturou

Klíčová slova: led, skupenství, změna skupenství, měrné skupenské teplo tání, teplo, tání

Laboratorní práce

Doba na přípravu:

10 min

Doba na provedení:

90 min

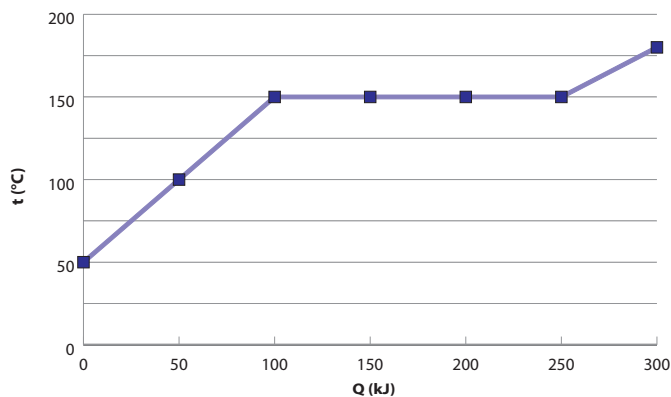
Obtížnost:

nízká

Úkol Určete na základě experimentu měrné skupenské teplo tání ledu. Výslednou hodnotu porovnejte s tabulkovou. Odhadněte přesnost měření a navrhnete, jak postup zpřesnit.

Pomůcky Bodové teplotní čidlo, LabQuest, varná konvice, ledové kostky, směšovací kalorimetr, váhy, odměrný válec, utěrka

Teoretický úvod Až doposud jsme studovali pouze tepelnou výměnu mezi tělesy, která nemění své skupenství. Dobře však víme, že např. při varu vody se nárůst teploty zastaví, i když dále probíhá přenos energie ve formě tepla směrem k ohřívané vodě. Jak to vysvětlit, když tvrdíme, že přenos tepla je vždy spojen se změnou teploty?



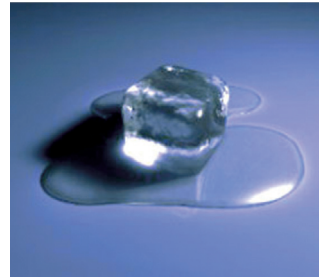
Není tomu tak právě při změnách skupenství, jako jsou tání a tuhnutí, vypařování a kondenzace, sublimace a desublimace. Při změnách skupenství je látce teplo dodáváno, nebo odebíráno bez změny teploty (viz obrázek). Nelze tedy použít teoretický vztah pro velikost přijatého nebo odebraného tepla $Q = c \cdot m \cdot \Delta t$, ale musíme toto teplo potřebné ke změně skupenství vyjádřit např. vztahem $L_t = m \cdot l_t$, kde m je hmotnost dané látky a l_t je její měrné skupenské teplo fázové změny (teplo potřebné k tomu, aby 1 kg dané látky při teplotě změny skupenství zcela své skupenství změnil). Tuto hodnotu se pokusíme našim experimentem určit.

Vypracování a) Určení tepelné kapacity kalorimetru

Nejprve je nutné určit tepelnou kapacitu kalorimetru. V tomto přípravném experimentu smíchejte v kalorimetru studenou a horkou vodu o známé hmotnosti i teplotě a měřte výslednou teplotu po ustálení tepelné rovnováhy. Z kalorimetrické rovnice určete výpočtem tepelnou kapacitu kalorimetru (viz experiment *Určení měrné tepelné kapacity pevného tělesa*).

b) Určení měrného skupenského tepla tání ledu

Provedte následující experiment: do kalorimetru nalijte vhodné množství teplé vody a změřte přímo v kalorimetru její teplotu. Vhodte několik kostek ledu o teplotě 0 °C, kalorimetr uzavřete a za stálého měření teploty vody v kalorimetru vodu míchejte. Jakmile všechny led roztaje a teplota se již nemění, odečtěte výslednou teplotu. Sestavte kalorimetrickou rovnici a vypočítejte měrné skupenské teplo tání ledu.



Závěr Výsledek porovnejte s tabulkovou hodnotou a určete odchylku od teoretické hodnoty.

Měrné skupenské teplo tání ledu

Mirek Kubera

Zpracování Velmi důležitou aktivitou v tomto experimentu je experimentální určení tepelné kapacity kalorimetru. Pokud ji nechcete určovat pokusně se studenty a znáte její správnou hodnotu, pak je možné bez problémů realizovat druhý experiment za 45 minut, a to včetně několika opakovaní měření. Postup měření tepelné kapacity kalorimetru je podrobně zpracován v úloze *Určení měrné tepelné kapacity pevného tělesa*.

Zpracujme výsledky druhého měření. Sestavíme kalorimetrickou rovnici. Horká voda a zahřátý kalorimetr odevzdávají tepla Q_1 a Q_c . Tato tepla jsou přijata ledem, aby roztál (teplo L_t), a studenou vodou vzniklou roztátím ledu, aby se ohřála na výslednou teplotu (teplo Q_2).

Kalorimetrická rovnice má tedy tvar $Q_1 + Q_c = L_t + Q_2$. Dosadíme-li obvyklé výrazy, získáme rovnici $c \cdot m_1 \cdot (t_1 - t) + C \cdot (t_1 - t) = m_2 \cdot l_t + c \cdot m_2 \cdot (t_2 - t)$, kde c značí měrnou tepelnou kapacitu vody, C tepelnou kapacitu kalorimetru, m_1 hmotnost horké vody v kalorimetru, t_1 její teplotu, t výslednou teplotu, m_2 hmotnost přidaného ledu a vody z něj vzniklé, t_2 pak teplota tání ledu.

Výsledný vzorec pro výpočet měrného skupenského tepla tání má tvar

$$l_t = \frac{c[m_1(t_1 - t) - m_2(t_2 - t)] + C \cdot (t_1 - t)}{m_2}$$

Příklad naměřených hodnot (pro výpočet používáme tepelnou kapacitu kalorimetru $C = 50 \text{ J/}^\circ\text{C}$, měrnou tepelnou kapacitu vody $c = 4186 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$).

horká voda		led		výsledná teplota	měrné skup. teplo tání
m_1 (g)	t_1 ($^\circ\text{C}$)	m_2 (g)	t_2 ($^\circ\text{C}$)	t ($^\circ\text{C}$)	l_t (kJ/kg)
62	62,2	21	0,0	31,2	326
56	60,0	32	0,0	17,1	310

Průměrná hodnota 318 kJ/kg se liší o přibližně 5 % od tabulkové hodnoty 334 kJ/kg, což lze považovat za dobrý výsledek.

Další poznámky Je důležité několik minut před začátkem hodiny umístit kostky ledu do vody a vytvořit směs vody a ledu o teplotě tání $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Po vložení ledu do kalorimetru musí led ihned odtávat.

Kostky ledu před vložení do kalorimetru osušíme utěrkou.

Při měření můžeme také použít časovou závislost. Není potřeba nic nastavovat; měření proběhne přibližně za 90 s, záleží, jaké množství a jak horkou vodu máme v kalorimetru. Původní teplotu horké vody i teplotu výslednou lze jednoduše odečíst v jednom grafu.

Tání ledu v kalorimetru

