

# URČENIE HMOTNOSTNÉHO SKUPENSKÉHO TEPLA VARU KVAPALINY

doc. RNDr. Drahošlav Vajda, CSc.

### *Teoretický úvod:*

Hmotnostné skupenské teplo  $L$  danej látky je teplo, ktoré je potrebné dodať (odobrať) jednotke hmotnosti tejto látky, aby zmenila svoje skupenstvo pri stálej teplote. Ak je potrebné na zmenu skupenstva látky o hmotnosti  $m$  teplo  $Q$ , potom hmotnostné skupenské teplo tejto látky je určené vzťahom

$$L = \frac{Q}{m}. \quad (1)$$

Rozmer hmotnostného skupenského tepla je  $[L] = \text{Jkg}^{-1}$ .

Hmotnostné skupenské teplo pri prechode látky zo skupenstva kvapalného do skupenstva plynného nazývame hmotnostným skupenským teplom vyparovania. Je závislé od tlaku a teploty, a preto sa ním rozumie obyčajne teplo vyparovania pre bod varu kvapaliny a nazývame ho hmotnostným skupenským teplom varu  $l$  danej kvapaliny.

### *Metóda merania:*

Hmotnostné skupenské teplá varu kvapaliny môžeme merať priamo použitím zmiešavacieho kalorimetra. Táto metóda merania je založená na tom, že teplo spotrebované pri zmene skupenstva sa pri opačnej skupenskej premene uvoľní.

Kvapalinu, ktorej hmotnostné skupenské teplo varu  $l$  chceme zistiť, uvedieme do varu a vytvorenú paru privádzame do zmiešavacieho kalorimetra, v ktorom sa nachádza chladnejšia kvapalina. Para pri styku s kvapalinou v kalorimetri bude kondenzovať a teplo uvoľnené pri kondenzácii odovzdá jednak kvapaline a jednak kalorimetru s príslušenstvom.

Teplota, pri ktorej para skondenzuje, je rovná teplote varu  $T$  vyšetrovanej kvapaliny. Pri kondenzácii para hmotnosti  $m$  uvoľní teplo  $Q_1$

$$Q_1 = ml \quad (2)$$

a pri ochladení z teploty  $T$  na výslednú teplotu  $t$  kvapaliny v kalorimetri, uvoľní teplo  $Q_2$

$$Q_2 = mc(T - t), \quad (3)$$

kde  $c$  je hmotnostná tepelná kapacita kvapaliny, ktorej  $l$  určujeme.

Celkové uvoľnené teplo je  $Q = Q_1 + Q_2$ . Týmto teplom sa ohreje kvapalina v kalorimetri a kalorimeter s príslušenstvom. Označme teplo prijaté kvapalinou v kalorimetri  $Q'_1$  a teplo prijaté kalorimetrom s príslušenstvom  $Q'_2$ .

Ak je hmotnosť kvapaliny v kalorimetri  $m_1$ , jej počiatočná teplota  $t_1$  a hmotnostná tepelná kapacita  $c_1$ , množstvo tepla, ktoré príjme kvapalina a kalorimeter, ktorého tepelná kapacita je  $K$ , bude

$$Q'_1 = m_1 c_1 (t - t_1), \quad (4)$$

$$Q'_2 = K(t - t_1). \quad (5)$$

Podľa zákona zachovania energie uvoľnené teplo sa rovná teplu prijatému

$$Q_1 + Q_2 = Q'_1 + Q'_2 \quad (6)$$

a po dosadení do (6) zo vzťahov (2), (3), (4) a (5) dostávame

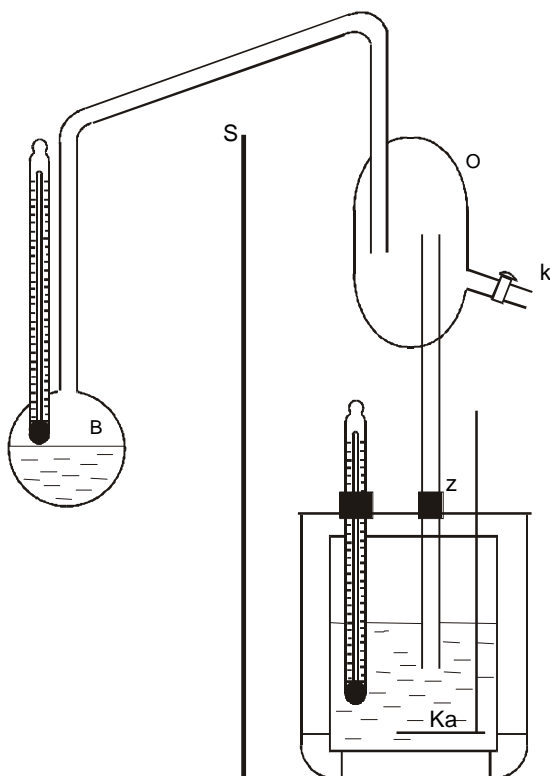
$$ml + mc(T - t) = m_1 c_1 (t - t_1) + K(t - t_1), \quad (7)$$

odkiaľ pre  $l$  dostávame

$$l = \frac{(m_1 c_1 + K)(t - t_1)}{m} - c(T - t). \quad (8)$$

### Postup merania:

K určeniu hmotnostného skupenského tepla varu kvapaliny použijeme zariadenie znázornené na nasledovnom obrázku.



Vyšetrovanú kvapalinu varíme v nádobe *B*. Získanú paru z nádoby *B* vedieme trubicou cez odlučovač pary *O* do zmiešavacieho kalorimetra *Ka*, kde para prebubláva chladnou kvapalinou a kondenzuje. Medzi kalorimeter a varič s nádobou *B* je vhodné umiestniť izolačnú prepážku *S*, aby sme zabránili ohrievaniu kalorimetra vyžarovaným teplom z variča a nádoby *B*. Po uvedení kvapaliny v nádobe *B* do varu, necháme nejakú dobu kohút *k* odlučovača otvorený. Až keď je odlučovač dobre ohriaty, uzavrieme kohút *k* a tým začne para z nádoby prúdiť priamo do kvapaliny v kalorimetri. Najčastejší postup merania volíme taký, že vyšetrovaná kvapalina a kvapalina nachádzajúca sa v kalorimetri sú rovnaké.

K výpočtu potrebujeme poznať tepelnú kapacitu kalorimetra *K*, teplotu varu *T* kvapaliny (meriame teplomerom, nachádzajúcim sa v banke *B*), počiatočnú teplotu *t*<sub>1</sub> a výslednú teplotu *t* kvapaliny v kalorimetri, hmotnosť kvapaliny v kalorimetri *m*<sub>1</sub> a hmotnosť skondenzovanej pary *m*.

Hmotnosti *m*<sub>1</sub> a *m* a tepelnú kapacitu *K* kalorimetra určíme postupom popísaným v úlohe „Hmotnostná tepelná kapacita tuhých látok“, str. 79.

### Úlohy:

1. Určte hmotnostné skupenské teplo varu vody, jej hmotnostná tepelná kapacita  $c = 4186 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .
2. Určte tepelnú kapacitu kalorimetra *K*.
3. Vážením zistíte hmotnosti *m*<sub>1</sub> a *m*.

### Spracovanie výsledkov:

1. Z nameraných údajov vypočítajte hmotnostné skupenské teplovaru vody *I* podľa vzťahu (8).
2. Odhadnite chyby merania hmotností *m*, *m*<sub>1</sub>, teplôt *t*<sub>1</sub>, *t*, *T* a tepelnej kapacity kalorimetra *K* ( $\Delta m$ ,  $\Delta m_1$ ,  $\Delta t_1$ ,  $\Delta t$ ,  $\Delta T$  a  $\Delta K$ )
3. Podľa pokynov vyučujúceho vypočítajte chybu merania.
4. Výsledok uveďte v tvare:  $I = \bar{I} \pm \text{chyba merania}$ , kde  $\bar{I}$  je vami vypočítaná hodnota podľa vzťahu (8).

### Kontrolné otázky:

1. Objasnite pojmy: skupenské teplo, hmotnostné skupenské teplo, hmotnostná tepelná kapacita, teplota varu a teplota kondenzácie.
2. Objasnite pojem teplo a teplota.
3. Odvodte vzťah pre tepelnú kapacitu *K* kalorimetra a vysvetlite postup jej určenia.

4. Odvodte vzťah (8) pre výpočet  $I$ .

**Úloha je prevzatá, doplnená a opravená, zo skrípt:**

Doc. RNDr. Drahošlav Vajda, CSc., Doc. Ing. Július Štelina, CSc., RNDr. Jaroslav Kovár, Ing. Ctibor Musil, CSc., RNDr. Ivan Bellan, Doc. Ing. Igor Jamnický, CSc. „*Návody k laboratórnym cvičeniam z fyziky*“, vydala Žilinská univerzita vo vydavateľstve EDIS, 2. nezmenené vydanie, rok 2003.