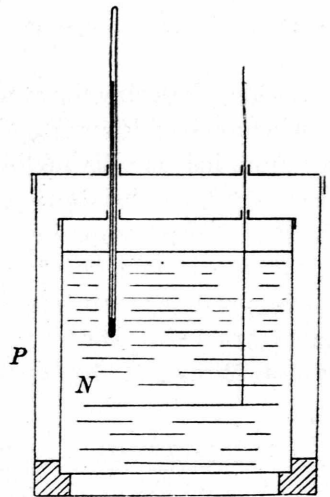


Podľa tejto rovnice, keď na začiatku boli teploty stýkajúcich sa látok rôzne a keď sme počkali, kým sa vyrovnali na teplotu t , pre túto konečnú teplotu t platí $\sum_i m_i c_i (t - t_i) = 0$, alebo

$$t = \frac{\sum m_i c_i t_i}{\sum m_i c_i} \quad (5)$$

11.2. Kalorimetre. Prístroje na meranie tepelných množstiev sa volajú *kalorimetre*. Pre bežné merania v okolí obyčajnej teploty sa najčastejšie používa tzv. *kalorimeter zmiešavací*.

Kalorimeter zmiešavací (obr. 11.1) pozostáva z tepelne izolovanej nádoby N , ktorá obsahuje odvážené množstvo vody (alebo inej vhodnej kvapaliny). Obyčajne je to mosadzná valcovitá nádoba, vložená do inej, väčšej nádoby P (plášťa), pričom vrstva vzduchu medzi stenami oboch nádob slúži ako tepelná izolácia. Keď do kvapaliny vo vnútornej nádobe kalorimetra vložíme nejaké pevné teleso s inou, napríklad vyššou teplotou, nastane vyrovnávanie teplôt, pričom okrem kvapaliny sa ohrieva aj vnútorná nádoba kalorimetra, teplomer a miešačka. Treba preto poznať tzv. *vodnú hodnotu* kalorimetra M , t. j. tepelnú kapacitu celej vnútornej časti kalorimetra, ktorej teplota sa pri meraní mení. Keď hmotnosť vody v kalorimetri je m_0 a hmotnosti a merné teploty jednotlivých ostatných pri meraní ohrievaných častí sú m_1, m_2, \dots , resp. c_1, c_2, \dots , vodná hodnota kalorimetra je $M = m_0 c_0 + m_1 c_1 + m_2 c_2 + \dots$, kde c_0 je merné teplo vody, $c_0 = 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$.



Obr. 11.1

Merné teplo mosadze je $c_1 = 0,093 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$. Príspevok teplomeru k vodnej hodnote M sa určí z objemu časti teplomeru ponorenej do kvapaliny. Tepelná kapacita 1 cm^3 skla je totiž $s_2 c_2 = 2,5 \cdot 0,19 \text{ cal/cm}^3 ^\circ\text{C} = 0,475 \text{ cal/cm}^3 ^\circ\text{C}$ a 1 cm^3 ortuti $s_3 c_3 = 13,6 \cdot 0,033 \text{ cal/cm}^3 ^\circ\text{C} = 0,449 \text{ cal/cm}^3 ^\circ\text{C}$, takže ak objem ponorenej časti teplomeru je v , príslušná tepelná kapacita je približne $v \cdot 0,46 \text{ cal/cm}^3 ^\circ\text{C}$.

Pri meraní napríklad merného tepla c pevného telesa hmotnosti m ohrejeme teleso najprv na teplotu t_1 a ponoríme ho potom do kvapaliny v kalorimetri, ktorej teplota bola t_2 . Hľadané merné teplo c vypočítame z výslednej teploty t , ktorá spĺňa rovnicu (5), t. j. v našom prípade rovnicu

$$t = \frac{mct_1 + Mt_2}{mc + M}$$

Vychádza:

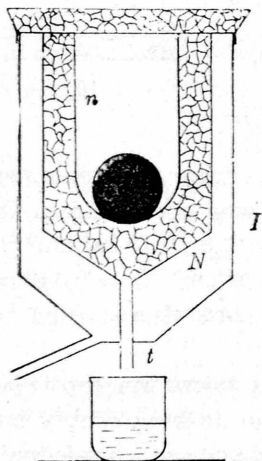
$$c = \frac{M(t - t_2)}{m(t_1 - t)}$$

Okrem zmiešavacieho kalorimetra sa vo fyzikálnej praxi používajú aj kalorimetre založené na iných princípoch. Pri používaní tzv. *ladového kalorimetra* sa množstvo tepla odvodzuje od množstva týmto teplom roztopeného ľadu. Pokusmi sa zistilo, že na roztopenie 1 g ľadu teploty 0 °C je potrebné latentné teplo $l = 79,7$ cal/g. Keď teda teleso hmotnosti m , ktorého teplota je t , roztopí ľad s hmotnosťou m_0 , je splnená rovnica $mct = m_0l$, z ktorej pre merné teplo c vyplýva:

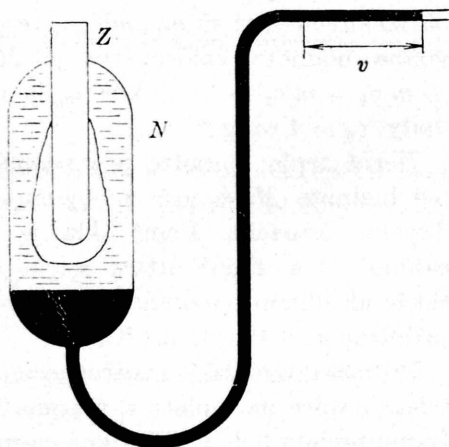
$$c = \frac{m_0l}{mt}$$

Ľadový kalorimeter v úprave Lavoisiera a Laplacea (1783) sa skladá z plechovej nádoby N (obr. 11.2) s odtokovou trubicou t . V nádobe je ľad a v ňom iná, menšia nádoba n , do ktorej sa kladie skúmané teleso, ktoré pred meraním bolo ohriate na teplotu t . Tepelnú izoláciu nádoby N od okolia tvorí plášť P . Voda vznikajúca topením ľadu v nádobe N odteká do podloženej kadičky a jej hmotnosť m_0 sa určí vážením.

Nevýhodou tohto kalorimetra je, že voda vznikajúca roztopením určitého množstva ľadu neodteká hneď a úplne do zbernej nádoby. Túto závalu odstránil Bunsen (1870) zostrojením ľadového kalorimetra (obr. 11.3), v ktorom



Obr. 11.2



Obr. 11.3

sa hmotnosť roztopeného ľadu určuje nepriamo zo zmenšenia objemu. Bunsenov ľadový kalorimeter pozostáva zo skúmavky Z , zatavenej do širšej nádoby N , ktorá dole prechádza v kapiláru s vodorovným ukončením. Priestor medzi skúmavkou Z a nádobou N je vyplnený vodou, ktorá je dole uzavretá vrstvou ortuti vyplňujúcou aj skoro celú kapiláru. Na ochranu pred teplom okolitého vzduchu celý kalorimeter je vložený do väčšej nádoby so zmesou ľadu a vody. Pred vlastným meraním, napríklad odparením zmesi pevného kyslíčnika uhličitého a éteru v skúmavke Z , vytvorí sa na jej vonkajších stenách trochu ľadu. Keď sa potom vloží do skúmavky skúmané teleso hmotnosti m , ktorého teplota je t , časť ľadu sa roztopí, čo sa prejaví tým, že sa ortuť v kapiláre siahne o objem v , ktorý sa určí na stupnici. Pretože merný objem ľadu teploty $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ je $1,090\ 82\ \text{cm}^3/\text{g}$ a merný objem vody rovnakej teploty $1,000\ 12\ \text{cm}^3/\text{g}$, roztopením $1\ \text{g}$ ľadu sa zmenší celkový objem o $1,090\ 82 - 1,000\ 12 = 0,090\ 7\ \text{cm}^3$. Pozorované zmenšenie objemu o hodnotu v teda značí, že sa roztopil ľad hmotnosti

$$m_0 = \frac{v}{0,0907\ \text{cm}^3} \text{ g} = 11,03\ v\ \text{g/cm}^3$$

Platí teda vzťah

$$mct = m_0 l = 79,7 \cdot 11,03v\ \text{cal/cm}^3 = 879\ v\ \text{cal/cm}^3$$

z ktorého možno vypočítať hľadané merné teplo c .

Kalorimeter elektrický sa zakladá na *Jouleovom zákone*, podľa ktorého sa elektrickým prúdom intenzity I v odpore R za čas τ vyvinie teplo

$$Q = RI^2\tau$$

Elektrický kalorimeter býva usporiadaný podobne ako kalorimeter zmiešavací, ale v jeho kalorimetrickej nádobe okrem miešačky a teplomeru je ešte výhrevná špirála so známym odporom R . V tejto úprave sa používa hlavne na meranie merných tepiel kvapalín.

Pri takomto meraní naplní sa kalorimeter, ktorého vodná hodnota v prázdnom stave je M , skúmanou kvapalinou s celkovou hmotnosťou m . Keď sa jej teplota, pôvodne t_1 , prúdom prechádzajúcim výhrevnou špirálou za čas τ zväčšila na hodnotu t_2 , je splnená rovnica

$$RI^2\tau = (mc + M)(t_2 - t_1)$$

umožňujúca vypočítať merné teplo kvapaliny c .