

Úlohy na cvičenie

1. V akej hĺbke pod povrchom jazera sa merná hmotnosť vzduchovej bubliny rovná 1 % mernej hmotnosti vody, keď jej teplota je 4 °C a tlak vzduchu pôsobiaci na hladinu jazera je normálny? Merná hmotnosť vzduchu za normálnych podmienok $s_0 = 0,001\,293\text{ g/cm}^3$. ($h = 70,7\text{ m}$)

2. Vzduchová bublinka na dne jazera v hĺbke $h = 21\text{ m}$ má pri teplote $t_1 = 4\text{ °C}$ polomer $r_1 = 1\text{ cm}$. Pomaly stúpa na povrch, pričom sa jej objem zväčšuje. Vypočítajte, aký bude jej polomer, keď dosiahne povrch jazera, kde teplota $t_2 = 27\text{ °C}$. Povrchové napätie neberte do úvahy. Atmosferický tlak b je normálny. ($r = 1,5\text{ cm}$)

3. V úzkej sklenej rúrke všade rovnakého prierezu a na jednom konci zatavenej je uzavretý vzduch stĺpcom ortuti s dĺžkou $l_0 = 15\text{ cm}$. Keď je rúrka v zvislej polohe s uzavretým koncom nahor, dĺžka vzdušného stĺpca $l_1 = 37,5\text{ cm}$; keď je uzavretý koniec nadol, dĺžka vzdušného stĺpca $l_2 = 25\text{ cm}$. Aký je atmosferický tlak?

$$\left(b = l_0 \frac{l_1 + l_2}{l_1 - l_2} \text{ sg} = 750 \text{ torrov} \right)$$

4. O čo treba zvýšiť vonkajší tlak, aby sa pri zahriatí z 0 °C na 10 °C objem ortuti nezmenil, keď koeficient objemovej rozťažnosti ortuti je $0,000\,18\text{ deg}^{-1}$ a koeficient stlačiteľnosti $0,000\,039\text{ at}^{-1}$? (46 at)

5. Koleso rušňa má pri teplote 0 °C polomer $r_0 = 1\text{ m}$. Aký je rozdiel v počte otočení kolesa na dráhe $l = 100\text{ km}$ v lete pri teplote $t_1 = 25\text{ °C}$ a v zime pri teplote $t_2 = -25\text{ °C}$, keď koeficient dĺžkovej rozťažnosti materiálu kolesa je $\alpha = 0,000\,012\text{ deg}^{-1}$? ($n_2 - n_1 = 9,5$)

11. KALORIMETRIA

11.1. Definícia tepelného množstva, merné a latentné teplo. Zo skúsenosti vieme, že dve dotýkajúce sa telesá, ktoré navzájom na seba chemicky nepôsobia ani sa navzájom nerozpúšťajú, vyrovnávajú svoje teploty tak, že teplota pôvodne teplejšieho telesa sa znižuje a teplota pôvodne chladnejšieho telesa sa zvyšuje tak dlho, kým teplota oboch telies nie je rovnaká. Tento jav si aj dnes a v dobrej zhode s pozorovaním názorne vysvetľujeme pomocou predpokladu, že určitá fyzikálna veličina, nazývaná *teplo*, prechádza pri takomto vyrovnávaní teplôt dvoch telies z telesa teplejšieho na teleso chladnejšie, pričom jej množstvo ostáva nezmenené (*zákon o zachovaní tepla*).

Predstavy o fyzikálnej povahe tepla sa dlho menili a spresňovali. Najprv sa súdilo, že teplo je zvláštna nevážitelná substancia (*caloricum*), ktorej ak je v telese mnoho, teplota telesa je vysoká, a ktorá na styku dvoch telies samovoľne prechádza z telesa teplejšieho na teleso chladnejšie. Až omnoho neskoršie sa postupne zistilo, že teplo je len názov pre energiu prechádzajúcu z telesa

na teleso pri vyrovnávaní ich teplôt, takže každá jednotka tepla je súčasne aj jednotkou energie a teda aj práce.

Na meranie tepla (tepelného množstva) nemusíme však mať o jeho povahe veľmi podrobnú predstavu. Pre tento účel postačuje zvoliť si jednotku tepla a za rovnaké považovať také dve tepelné množstvá, ktoré teplotu toho istého telesa zväčšia o rovnaký počet stupňov. Za jednotku tepla bola zvolená 1 (malá) *kalória* (cal), teplo potrebné na ohriatie 1 g chemicky čistej vody zo 14,5 na 15,5 °C za tlaku 760 torrov. V technickej praxi sa obyčajne používa tzv. *veľká kalória* alebo aj *kilokalória* (Cal alebo kcal, 1 Cal = 1 000 cal), ktorá má zrejme význam tepla potrebného na ohriatie 1 kg vody o 1 °C, presnejšie zo 14,5 na 15,5 °C.

Teplo potrebné na ohriatie nejakého telesa o 1° teploty nazýva sa jeho *tepelnou kapacitou*, $C = dQ/dt$. Tepelná kapacita hmotnej jednotky nejakej látky nazýva sa jej *merným teplom* a označuje sa *c*. Ak hmotnosť nejakej látky je *m*, jej tepelná kapacita je zrejme $C = mc$. Tepelná kapacita 1 grammolekuly (1 gramatómu) sa nazýva *molekulovým (atómovým) teplom*.

Keď dodávame teplo napríklad zmesi ľadu a vody, nezvyšuje sa teplota zmesi. Pozorujeme však, že ľad sa topí. Voda mení svoje skupenstvo. Naopak, pri odoberaní tepla tekutá voda tuhne na ľad tiež za konštantnej teploty. Tento jav je všeobecný. Teplo spotrebované pri skupenskej premene nazývame *latentným* (utajeným) teplom príslušnej skupenskej premeny.

Vo všeobecnosti tepelná kapacita, a preto aj merné teplo telesa, sú funkciou jeho teploty. Teplo prijaté telesom pri zväčšení jeho teploty z t_1 na t_2 je preto

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} C dt = \int_{t_1}^{t_2} mc dt = m \int_{t_1}^{t_2} c dt \quad (1)$$

Len ak je merné teplo látky konštantné, alebo v malom intervale teploty, môžeme písať aj:

$$Q = mc(t_2 - t_1) \quad (2)$$

Zákon o zachovaní tepla v sústave *n* telies, ktorá je od okolia tepelne izolovaná a v ktorej nevznikajú iné formy energie, možno vyjadriť zrejme rovnicou

$$\sum_{i=1}^n \int_{t_i'}^{t_i''} m_i c_i dt_i = 0 \quad (3)$$

Za predpokladu, že merné teploty stýkajúcich sa látok sú konštantné, rovnicu (3) môžeme písať v tvare

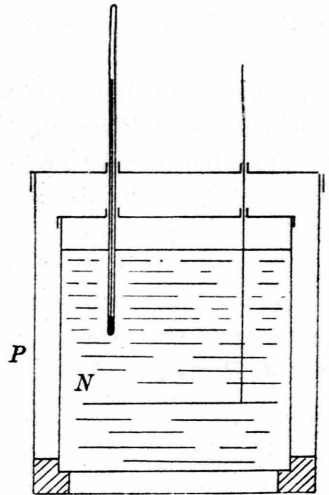
$$\sum_i m_i c_i (t_i'' - t_i') = 0 \quad (4)$$

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