

TEPLOTNÍ ROZTAŽNOST

TEORETICKÝ ÚVOD

Pevné látky mění při změně teploty svůj objem. Tento jev charakterizujeme součinitelem objemové teplotní roztažnosti β . Pro β platí vztah

$$\beta = \frac{1}{V_0} \frac{dV}{dt}, \quad [\beta] = \text{K}^{-1}, \quad (1)$$

v němž V_0 je objem tělesa při teplotě 0°C , dV je změna objemu při změně teploty o dt . Součinitel β obecně závisí na teplotě. V nepříliš širokém teplotním intervalu lze součinitel β považovat za konstantní a pro závislost objemu na teplotě lze napsat jednoduchý vztah

$$V(t) = V_0(1 + \beta t), \quad (2)$$

kde t je teplota ve $^\circ\text{C}$ a $V(t)$ je objem při teplotě t .

Ve větších teplotních intervalech není lineární aproximace podle (2) dostatečně přesná a je nutné uvažovat závislost objemu na teplotě jako závislost druhého, eventuálně třetího stupně. Relaci pro $V(t)$ pak můžeme zapsat ve tvaru

$$V(t) = V_0(1 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \beta_3 t^3), \quad (3)$$

kde součinitele $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ považujeme za teplotně nezávislé. Některé látky projevují i v poměrně úzkém intervalu teplot nepravidelnosti v hodnotách objemové roztažnosti. Typickým příkladem je voda, u níž v oboru 0 až 10°C není vhodné zavést součinitel β podle vztahu (2). Pro těleso, u kterého převládá jeden rozměr (např. tyč), zavádíme délkovou roztažnost charakterizovanou součinitelem délkové teplotní roztažnosti α , který je dán analogicky vztahem

$$\alpha = \frac{1}{l_0} \frac{dl}{dt}, \quad [\alpha] = \text{K}^{-1}, \quad (4)$$

kde l_0 je délka tyče při teplotě 0°C , dl je změna délky tyče při změně teploty o dt . Za předpokladu, že sledujeme délkovou roztažnost v nepříliš širokém intervalu teplot, můžeme opět psát pro teplotní závislost lineární vztah

$$l(t) = l_0(1 + \alpha t), \quad (5)$$

kde t je teplota ve $^\circ\text{C}$ a $l(t)$ je délka při teplotě t .

Pro pevné látky a rozsah teplot 0 až 100°C nabývají součinitele délkové teplotní roztažnosti hodnot od 10^{-6} do 10^{-4} K^{-1} . Hodnoty součinitelů α pro některé materiály jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1

Materiál	$\alpha [10^{-6}] \text{ K}^{-1}$
Hliník	25
Měď	17
Železo	12
Ocel	12,1
Dural	23
Mosaz	19

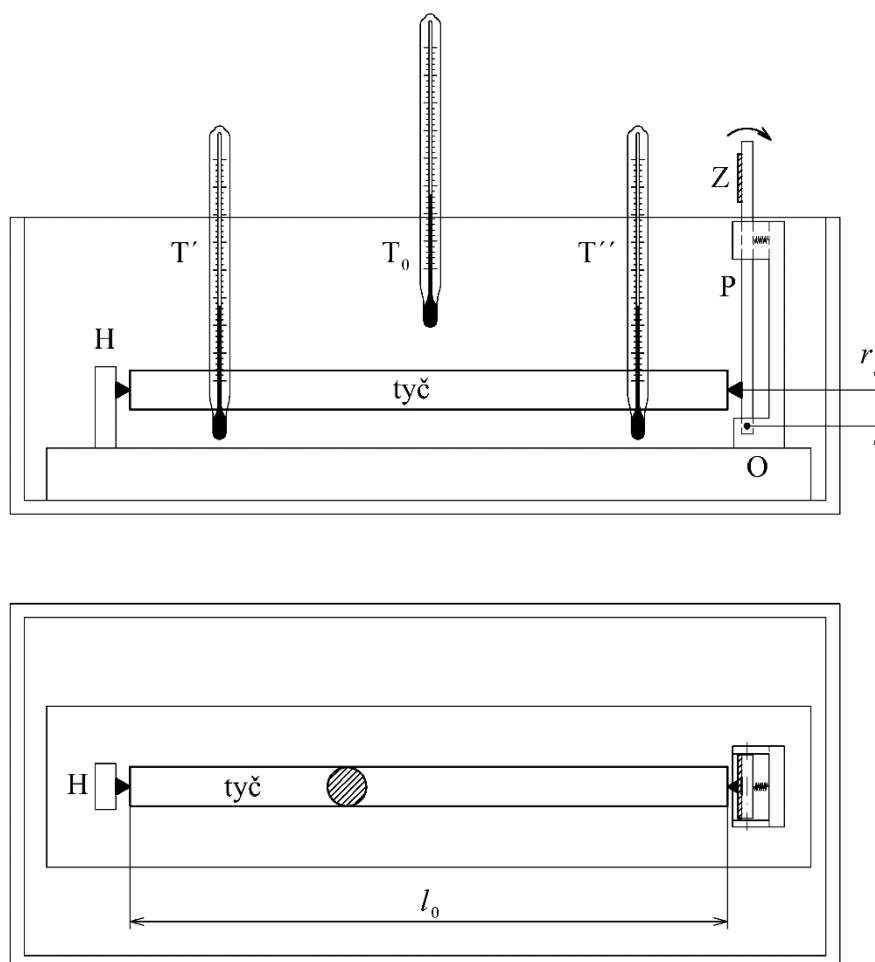
Roztažnost pevných látek měříme přístroji, které nazýváme **dilatometry**. Při měření dilatometry používáme různé měřicí metody, např. zrcátkové, umožňující odečíst délkové změny s přesností 10^{-6} m. Změny délky lze rovněž měřit kapacitními nebo indukčními snímači a optickými interferenčními metodami s přesností až 10^{-8} m.

STANOVENÍ SOUČINITELE DÉLKOVÉ TEPLOTNÍ ROZTAŽNOSTI

ÚLOHA č. 12

Způsob měření:

Určení koeficientu délkové teplotní roztažnosti se provádí na Edelmanově dilatometru., jehož schéma je na obr. 1.



Obr. 1

Měřená tyč T délky l_0 leží na dvou podpěrách ve vodní lázni, jejíž teplotu řídíme termostatem. Lázeň během ohřívání stále mícháme, aby tyč měla v celém objemu stejnou teplotu. Teplotu vodní lázně měříme dvěma teploměry T' a T'' . Jeden konec tyče je opřen o pevný hrot H , druhý je opřen o páčku P , která je otočně uložena kolem vodorovné osy O . Vzdálenost dotykového bodu páčky od osy rotace je r . Na páčce je připevněno zrcátko Z . Teploměr T_0 měří teplotu v blízkém okolí vodní lázně a jeho údaj se používá při výpočtu korekce na vyčnívající sloupec teploměru. Změna teploty lázně způsobí i změnu teploty tyče a změna její délky se projeví pootočením zrcátka Z . je-li zaručeno, že je teplota v celé lázni konstantní, je možné měřit teplotu jediným např. digitálním teploměrem. Pak se neprovádí korekce na vyčnívající sloupec teploměru.

Prodloužení tyče v závislosti na teplotě odečítáme zrcátkovou metodou pomocí změny polohy světelné značky. Změna délky tyče Δl souvisí se změnou polohy světelné značky Δn vztahem

$$\Delta l = (l_2 - l_1) = \frac{r}{2R} (n_2 - n_1) = \frac{r}{2R} \Delta n, \quad (6)$$

kde R je vzdálenost stupnice od zrcátka.

V případě lineární závislosti mezi prodloužením tyče a změnou teploty lze vztah (4) přepsat do tvaru

$$\alpha = \frac{1}{l_0} K, \quad (7)$$

kde K je konstanta, kterou vypočteme pomocí skutečných přírůstků Δl a Δt relací

$$K = \frac{\Delta l}{\Delta t}. \quad (8)$$

Použitím vztahů (6) – (8) dostaneme

$$\alpha = \frac{r}{2Rl_0} \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{r}{2Rl_0} K', \quad \text{kde } K' = \frac{\Delta n}{\Delta t}. \quad (9)$$

Připomínky k měření a vyhodnocení:

Pro zvýšení přesnosti měření je vhodné zaznamenávat hodnoty l_i postupně pro několik hodnot teploty t_i . Při i -tém měření bude teplota tyče t_i a světelná značka v poloze n_i . Hodnoty n_i v závislosti na t_i vytvoří přímku, jejíž směrnice má velikost K' . Vyrovnání lineární závislosti n_i na t_i proveďte metodou nejmenších čtverců. Do vztahu (9) pak dosadíte takto stanovenou hodnotu K' . Za l_0 vezměte délku tyče při pokojové teplotě (je uvedena na kartě), protože rozdíl v délce tyče při teplotě 0 °C a pokojové teplotě je běžným měřidlem nepostižitelný (je řádově menší než chyba měřidla).

Nejistota typu A součinitele délkové teplotní roztažnosti je podmíněna pouze nejistotou typu A konstanty K' .

Pro relativní nejistotu typu B platí

$$u_{r\alpha B} = \sqrt{u_{rrB}^2 + u_{rRB}^2 + u_{rl_0B}^2}. \quad (10)$$

Relativní nejistoty přímo měřených veličin vypočtete z jejich maximálních chyb.

Kombinovanou standardní nejistotu koeficientu délkové teplotní roztažnosti α určete na základě kvadratického zákona šíření nejistot.