

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

ZÁKLADNÍ FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM I.
PRO OBOR OBECNÁ FYZIKA

XXIV. Teplotná rozťažnosť pevných látok

Autor:
Samuel Kočiščák

11. mája 2016

1 Pracovné úlohy

1. Odmerajte závislosť predĺženia tyče na teplote. Merajte tyče 4 rôznych materiálov.
2. Výsledky merania spracujte metódou lineárnej regresie a graficky znázornite.
3. Určte koeficient teplotnej rozťažnosti meraných materiálov.

2 Teoretická časť

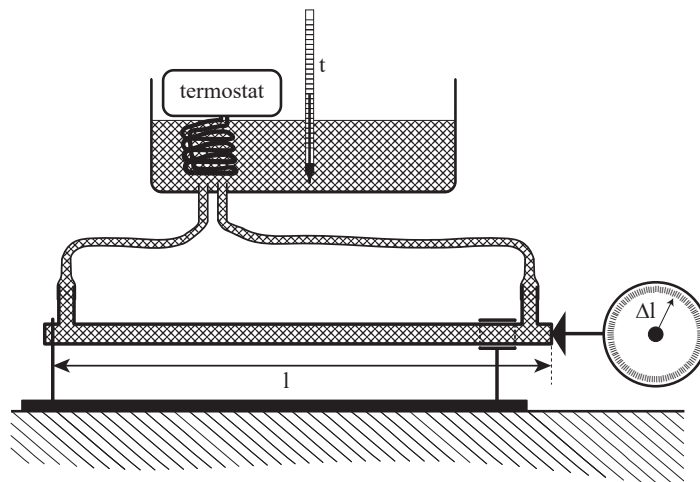
Dĺžkovú rozťažnosť α zavážame ako veličinu charakterizujúcu zmenu dĺžky Δl predmetu (ktorému prevláda jeden rozmer, ako napríklad tyč alebo drát) pri teplote t oproti teplote t_0 podľa vzťahu:

$$\Delta l = l_0 \alpha (t - t_0), \quad (1)$$

kde l_0 je dĺžka predmetu pri teplote t_0 . Túto veličinu možno určiť zo znalosti dĺžky l , resp. l_0 predmetu pri teplote t resp. t_0 . Ku vzťahu 1 je ekvivalentný vzťah:

$$l = l_0 (1 + \alpha(t - t_0)) \Leftrightarrow l = (l_0 - l_0 \alpha t_0) + \alpha t, \quad (2)$$

z ktorého vidno, že funkcia $l = f(t)$ bude priamka so smernicou α .



Obr. 1: Aparatúra použitá pri meraní

Naša aparatúra pozostávala (tak, ako ukazuje obrázok 1) z dutej tyče daného materiálu vybavenej prívodom a odvodom termostatovanej vody, ktorá mala na jednom konci drážku, ktorú sme pevne uchytili do stojanu (na obrázku vľavo) a jej druhý koniec sa mohol v smere predĺženia voľne pohybovať a bol oň opretý pevne uchytený

výchylkomer, ktorým sme určovali predĺženie Δl oproti základnému stavu pri teplote vody 20 °C. Kvôli prehľadnosti na obrázku nie je znázornená penová izolácia, ktorou bola tyč počas merania obložená, keďže použité kovy (najmä hliník a meď) sú veľmi dobrými vodičmi tepla a dobre ho odovzávajú do okolia, čo bolo, keďže sme merali statický stav, nežiadúce. Dĺžka tyče l_{0_i} bola určená tak, ako ukazuje obrázok 1 - od drážky uchytenej v stojane (vľavo) po bod dotyku (na obrázku pravého) konca tyče a výchylkomera.

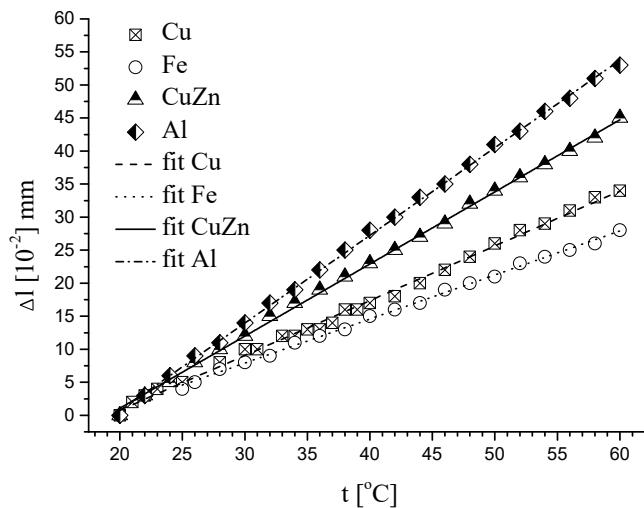
3 Výsledky merania

Teplota v laboratóriu bola pri meraní 23,9 °C a relatívna vlhkosť 25,7%. Ani teplota ani vlhkosť však neboli konštantné, počas merania sme v miestnosti vetrali, naše meranie však nie je citlivé na malé zmeny podmienok v miestnosti, teda to naše meranie neovplyvnilo.

Pred meraním sme pásmom určili dĺžky tyčí všetkých štyroch materiálov pri izbovej teplote:

$$l_{0_{Cu}} = l_{0_{Fe}} = l_{0_{CuZn}} = l_{0_{Al}} = (0,599 \pm 0,001) \text{ m}, \quad (3)$$

kde l_{0_i} sú dĺžky jednotlivých tyčí, pričom *Cu* patrí tyči z medi, *Fe* ocelevej tyči, *CuZn* mosadznej tyči a *Al* hliníkovej tyči. Keďže zmena dĺžky tyčí Δl , ako uvidíme čoskoro, bola v rámci odchýlky pásma, ktorým sme určovali dĺžky tyčí, nemusíme sa zaoberať tým, že ich teplota bola v čase merania $t_{izbova} \approx 25 \text{ °C}$ a nie 20 °C, kotrej sme priradili $\Delta l = 0 \text{ m}$.



Obr. 2: Namerané predĺženie Δl tyčí v závislosti od teploty t

Kvôli prehľadnosti a úspore priestoru neuvádzame všetky namerané hodnoty, možno ich nájsť v prílohe. Namerané hodnoty však vidno v grafe 2 preložené lineárnymi závislosťami. V grafe 2 nevidno chybové úsečky, keďže boli príliš malé, aby ich bolo vidno a všetky merania boli rovnako presné, všetky hodnoty Δl sú určené s presnosťou $\pm 0,01$ mm a hodnoty t sú určené s presnosťou $0,5^\circ\text{C}$.

Predpis fitu pre každú s tyčí je: $\Delta l = a \cdot t + C$. Koeficienty fitu aj s chybami ich určenia vidno v tabuľke 1.

Tabuľka 1: Koeficienty lineárneho fitu závislosti $\Delta l = f(t)$

	a	C
fit <i>Cu</i>	$0,83 \pm 0,01$	$-15,8 \pm 0,4$
fit <i>Fe</i>	$0,666 \pm 0,007$	$-12,1 \pm 0,3$
fit <i>CuZn</i>	$1,092 \pm 0,008$	$-20,8 \pm 0,3$
fit <i>Al</i>	$1,327 \pm 0,007$	$-25,8 \pm 0,3$

Parameter C nič fyzikálne nehovorí, keďže závisí od vzťažnej sústavy (ktorá je v našom prípade zavedená ako $\Delta l(t = 20^\circ\text{C}) = 0$). Podľa 1 platí pre koeficient fitu a :

$$a = \alpha l_0 \Leftrightarrow \alpha = \frac{a}{l_0} \quad (4)$$

Chybu σ_α určenia koeficientu α určujeme pomocou chyby určenia dĺžky tyče pri izbovej teplote σ_{l_0} a chyby určenia smernice fitu σ_a ako:

$$\sigma_\alpha^2 = \left(\frac{\alpha}{a}\right)^2 \sigma_a^2 + \left(\frac{\alpha}{l_0}\right)^2 \sigma_{l_0}^2 \quad (5)$$

V tabuľke 2 vidno dopočítané hodnoty α a smerodajné odchýlky týchto hodnôt σ_α pre jednotlivé merané materiály.

Tabuľka 2: Koeficient teplotnej rozťažnosti α

	$\alpha [10^{-5}^\circ\text{C}^{-1}]$	$\sigma_\alpha [10^{-5}^\circ\text{C}^{-1}]$	σ tabulková ^[Tab] $[10^{-5}^\circ\text{C}^{-1}]$
<i>Cu</i>	1,386	0,017	1,7
<i>Fe</i>	1,112	0,012	1,1
<i>CuZn</i>	1,823	0,014	1,8
<i>Al</i>	2,215	0,012	2,4

4 Diskusia výsledkov

Nepresnosť spôsobená rozťažnosťou výchylkomera ani rozťažnosťou stojanu, v ktorom bola tyč (ako ukazuje obrázok 1) uchytená, nehrá významnejšiu rolu. Výchylkomer sa tyče dotýkal len malou plochou a jeho romery sú v porovnaní s tyčou veľmi malé. Tomu, aby sa nezohrial a neroztiahol stojan napomáhala hlavne to, že tyč bola izolovaná penovou izoláciou po celej dĺžke. Možno odhadovať, že zmena teploty stojanu kvôli zohriatej tyči bola menšia, ako zmena teploty okolitého vzduchu počas merania, pretože stojan (vyrobený pravdepodobne z hliníku) veľmi dobre odovzdáva teplo do okolia a teda má teplotu totožnú s teplotou vzduchu v miestnosti. Priestor na spresnenie merania vidíme v určení materiálu stojanu a jeho teploty počas merania a zohľadnení tejto zmeny do hodnoty Δl . Zvýšiť presnosť merania možno presnejšou reguláciou teploty termostatu, prípadne umiestnením teplomera (ako ukazuje obrázok 1) bližšie k prívodu vody do obehu, ideálne priamo do tyče, keďže voda chladne už v hadičkách medzi termostatom a tyčou. Podarilo sa nám dosiahnuť veľmi dobrú zhodu s tabuľkovou^[Tab] hodnotou pre mosadz (*CuZn*) aj oceľ (*Fe*), no zhoda v koeficiente pre oceľ je viac - menej náhoda, keďže existuje veľa zliatin ocele a nevieme, o akú presne oceľ ide v našom prípade. Zhoda pre hliník (*Al*) nie je zlá, keď zohľadníme, že nepoznáme presné zloženie zliatiny, častejšie sa totiž v praxi používajú duralové zliatiny, než čistý hliník. Nezhoda v hodnote pre meď (*Cu*) môže byť najpravdepodobnejšie spôsobená taktiež neistotou v presnom zložení tyče, no keďže bola meraná na inej a neekvidištantnej sieti a bola to prvá tyč, ktorú sme merali, ťažko vylúčiť, že mohlo dôjsť k metodologickej chybe.

5 Záver

Podarilo sa nám určiť koeficient dĺžkovej teplotnej rozťažnosti pre meď ako $\sigma_{Cu} = (1,386 \pm 0,017) 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, pre železo ako $\sigma_{Fe} = (1,112 \pm 0,012) 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, pre mosadz ako $\sigma_{CuZn} = (1,823 \pm 0,014) 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ a pre hliník ako $\sigma_{Al} = (2,215 \pm 0,012) 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, pričom sme dosiahli veľmi dobrú zhodu s tabuľkovou hodnotou pre železo, mosadz aj hliník.

6 Zoznam použitej literatúry

- [St] Kolektív ZFP KVOF MFF UK. *Študijný text k meraniu: Teplotní roztažnost pevných látek*. [cit. 2016-28-04]. URL: <http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_124.pdf>.
- [Tab] Kolektív FYZIKA.NET. *Součinitel teplotní délkové roztažnosti a měrná kapacita* [cit. 2016-05-05]. URL: <<http://kabinet.fyzika.net/studium/tabulky/teplna-kapacita-roztaznost.php>>.