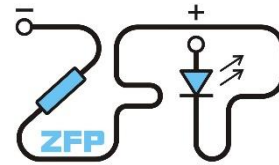


Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum I



Úloha č.: XXIV

Název úlohy: Teplotní roztažnost pevných látek

Jméno:

Obor: FOF

Datum měření: 2018

Datum odevzdání:

Připomínky opravujícího:

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Práce při měření	0 - 5	
Teoretická část	0 - 1	
Výsledky měření	0 - 8	
Diskuse výsledků	0 - 4	
Závěr	0 - 1	
Seznam použité literatury	0 - 1	
Celkem	max. 20	

Posuzoval:.....

dne:

1 Pracovní úkol

1. Změřte závislost prodloužení tyče na teplotě. Měření proved'te pro čtyři různé materiály.
2. Výsledky měření zpracujte metodou lineární regrese a graficky znázorněte.
3. Určete koeficient teplotní roztažnosti měřených materiálů.

2 Teoretická část

Teplotní roztažnost, ať objemová či délková, je fyzikální vlastnost materiálu, která způsobuje změnu rozměrů tělesa v závislosti na měnící se teplotě.

Zabýváme-li se tělesy s jedním rozměrem převažující ostatní, zavádíme délkovou teplotní roztažnost. Délku tělesa pak v závislosti na teplotě vyjádříme vztahem [1]

$$l(t) = l(0\text{ }^{\circ}\text{C})(1 + \alpha t), \quad (1)$$

kde $l(t)$ resp. $l(0\text{ }^{\circ}\text{C})$ je délkový rozměr tělesa při teplotě t resp. $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a α je koeficient délkové teplotní roztažnosti. Pro vyjádření změny délky v závislosti na teplotě, lze vztah (1) upravit do tvaru

$$\Delta l = l_0 \alpha \Delta t, \quad (2)$$

kde Δl je změna délky z počáteční hodnoty l_0 při změně teploty Δt .

Pomůcky

Kovové tyče (ocelová, měděná, mosazná, hliníková), držák tyčí, úchylkoměr, termostat Haake, kapalinový teploměr, pásové měřidlo.

Postup měření

Tyč ze zkoumaného materiálu upevníme do držáku a připojíme na hadice oběhového termostatu. V nádržce termostatu ohřejeme vodu na počáteční teplotu, při které pásové měřidlem přeměříme počáteční délku tyče.

Postupně zvyšujeme teplotu vodní lázně a po ustálení teploty zaznameneáme prodloužení Δl . Ohřev realizujeme v oboru teplot od $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3 Výsledky měření

Podmínky měření

Teplota vzduchu v místnosti: $t = (24,3 \pm 0,4)\text{ }^{\circ}\text{C}$

Relativní vlhkost vzduchu v místnosti: $RH = (35,1 \pm 0,1)\%$

Tlak v místnosti: $p = (984.2 \pm 0,1)\text{ hPa}$

V následujících tabulkách jsou uvedena naměřená data závislosti prodloužení tyče daného materiálu na teplotě. Pro každé měření byla změřena délka tyče $l_0 = (600 \pm 0,5)$ mm, přičemž chybu měření odhadneme vydělením délky nejmenšího dílku stupnice $\sqrt{3}$, (uvažujeme třídu přesnosti měřidla $P \approx 1$) [2]. Stejným způsobem jsme odhadli mezní nejistotu měření prodloužení na 0,005 mm a mezní chybu měření teploty určíme jako polovinu nejmenšího dílku teploměru, tedy na 0,5 °C.

Tabulka 1: Naměřená prodloužení ocelové tyče

t [°C]	17,5	21,5	26,5	31,5	36,5	40,5	46,0	52,0	55,5	60,0
$\Delta l \cdot 10^{-2}$ [mm]	0,0	3,0	6,0	9,0	13,0	15,5	19,0	23,0	25,0	28,0

Tabulka 2: Naměřená prodloužení mosazné tyče

t [°C]	19,0	21,5	24,5	29,0	31,0	34,5	38,0	40,5	44,5	48,0	53,5	56,5	60,0
$\Delta l \cdot 10^{-2}$ [mm]	0,0	3,0	6,0	11,0	13,0	17,0	21,0	24,0	28,5	32,0	38,0	42,0	45,0

Tabulka 3: Naměřená prodloužení měděné tyče

t [°C]	20,0	23,5	26,5	30,5	33,5	36,5	39,5	43,0	46,5	50,0	53,5	56,0	60,0
$\Delta l \cdot 10^{-2}$ [mm]	0	3,5	7,0	10,0	13,0	16,0	19,0	22,5	25,5	29,0	32,5	36,0	40,0

Tabulka 4: Naměřená prodloužení hliníkové tyče

t [°C]	18,5	20,5	24,0	29,0	33,0	37,5	41,0	45,0	48,5	52,0	56,0	60,0
$\Delta l \cdot 10^{-2}$ [mm]	0,0	3,0	8,0	14,0	20,0	26,0	30,5	35,5	40,0	44,5	50,0	55,5

Ke zpracování lineární regrese dle [2] použijeme program OriginLab.

Jedná se o lineární závislost a rovnice proložené přímkou bude mít tedy ze vztahu (2) směrnici $k = \alpha \cdot l_0$. Nejistotu teploty zanedbáme, jelikož je malá v porovnání s nejistotou způsobenou odečítáním z úchylkoměru.

Hodnoty směrnice získané z lineární regrese pro jednotlivé materiály:

$$\text{Ocel: } k_{ocel} = (6,56 \pm 0,06) \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\text{Mosaz: } k_{mosaz} = (11,07 \pm 0,05) \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\text{Měď: } k_{Cu} = (9,86 \pm 0,09) \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\text{Hliník: } k_{Al} = (13,25 \pm 0,06) \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{K}^{-1}$$

Koeficient teplotní roztažnosti daného materiálu určíme ze vztahu pro směrnici, odvozeného z (2), vydělením hodnoty k hodnotou l_0 .

Konečné hodnoty koeficientu délkové teplotní roztažnosti pro jednotlivé materiály:

$$\text{Ocel: } \alpha_{ocel} = (10,9 \pm 0,1) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{Mosaz: } \alpha_{mosaz} = (18,5 \pm 0,1) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

Měď: $\alpha_{Cu} = (16,4 \pm 0,2) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Hliník: $\alpha_{Al} = (22,1 \pm 0,1) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Celkovou střední mezní nejistotu jsme získali ze zákona šíření nejistot.

$$s_{\alpha} = \sqrt{\left(\frac{\partial \alpha}{\partial l_0}\right)^2 (\Delta l_0)^2 + \left(\frac{\partial \alpha}{\partial k}\right)^2 (\Delta k)^2}$$

$$s_{\alpha} = \sqrt{\left(\frac{\alpha}{l_0}\right)^2 (\Delta l_0)^2 + \left(\frac{\alpha}{k}\right)^2 (\Delta k)^2}$$

Relativní standardní nejistoty koeficientů jsou

$\delta_{ocel} = 0,9 \%$

$\delta_{mosaz} = 0,5 \%$

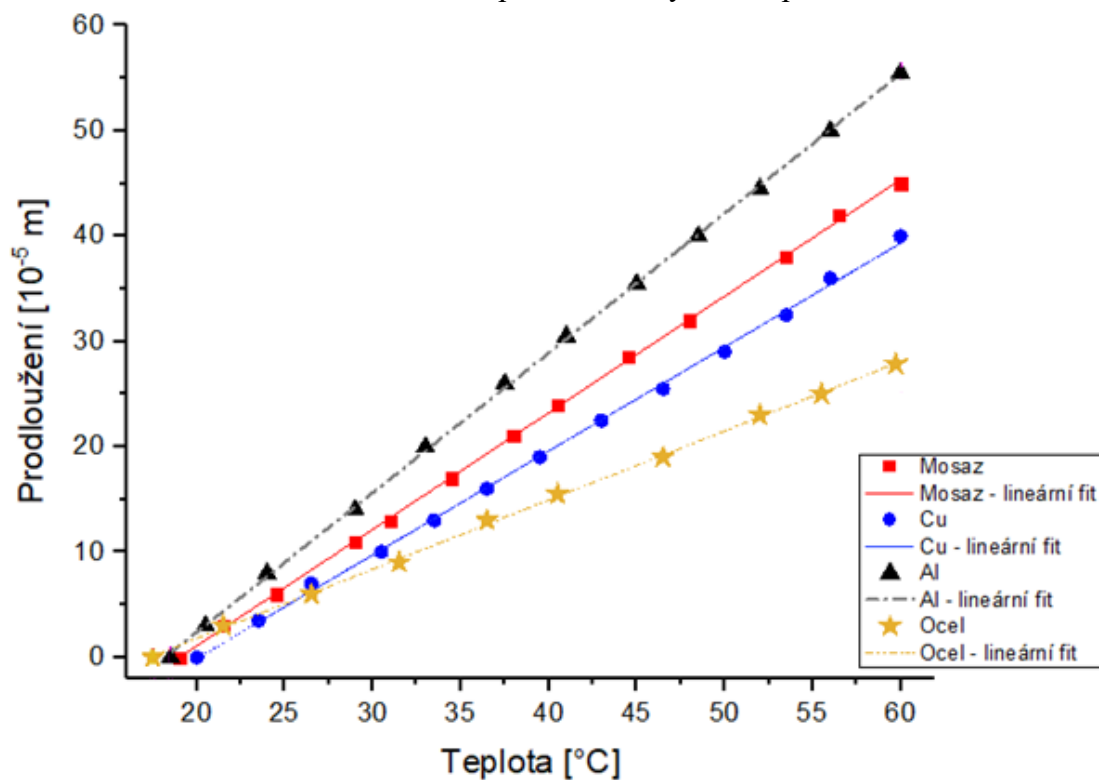
$\delta_{Cu} = 1,2 \%$

$\delta_{Al} = 0,5 \%$

Uvedené nejistoty jsou standardní odchylky na hladině pravděpodobnosti $P = 0,68$.

Vykreslené závislosti naměřených dat a jimi proložené lineární fity jsou vidět v grafu č.1. V grafu nejsou vykresleny chybové úsečky, které by byly malé a téměř neviditelné.

Graf č. 1: Závislost prodloužení tyče na teplotě



4 Diskuze výsledků

Z grafu č. 1 je vidět, že změřené závislosti jsou opravdu lineární a jaký kov má nejmenší, resp. největší koeficient délkové teplotní roztažnosti.

Naměřené hodnoty koeficientu α srovnáme s tabulkovými:

$$\text{Ocel: } \alpha_{\text{ocel}} = 11 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1} [3]$$

$$\text{Mosaz: } \alpha_{\text{mosaz}} = 18 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1} [3]$$

$$\text{Měď: } \alpha_{\text{Cu}} = 17 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1} [4]$$

$$\text{Hliník: } \alpha_{\text{Al}} = 24 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1} [4]$$

Jediná hodnota shodující se s hodnotou tabulkovou je hodnota koeficientu oceli. U všech ostatních materiálů jsme sice nedospěli ke správné tabulkové hodnotě, ale přesto se od nich námi určené koeficienty mnoho neliší.

Jelikož neznáme přesné zastoupení jednotlivých kovů v tyčích použitých k měření, ani ve vzorcích, pro které je uvedena tabulková hodnota, mohly být chyby způsobeny nečistotami v materiálu. Toto lze očekávat zejména u mosazi a oceli, jež jsou slitiny jiných kovů. V námi použité mosazné tyči tak mohlo být větší zastoupení zinku ($\alpha_{\text{Zn}} = 29 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1} [3]$), než ve vzorku pro tabulkovou hodnotu a koeficient mosazi by tedy byl vyšší.

Možná systematická chyba byla spjata zejména s vedením tepla. Odvádění tepla z tyče do vzduchu, a tedy jejímu ochlazení na nižší teplotu, než byla teplota vodní lázně, jsme mohli zamezit nasazením pěnového dutého válce. Průměr tyče byl však menší než průměr dutiny válce a kolem tyče zůstala vzduchová mezera, čímž pěnová izolace ztrácela smysl. Teplota tyče tedy mohla být nižší než naměřená teplota vody.

Další nepřesnost měření mohla být vnesena roztažností úchylkoměru a držáku na tyče. Vzhledem k minimální ploše dotyku mezi tyčí a zmíněnými pomůckami je však tato chyba téměř zanedbatelná.

5 Závěr

Podarilo se nám změřit závislost prodloužení tyčí čtyř různých materiálů na teplotě a ověřit její linearitu. Zpracováním závislosti pomocí lineární regrese jsme určili jejich koeficienty teplotní délkové roztažnosti:

$$\text{Ocel: } \alpha_{\text{ocel}} = (10,93 \pm 0,1) \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$$

$$\text{Mosaz: } \alpha_{\text{mosaz}} = (18,45 \pm 0,08) \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$$

$$\text{Měď: } \alpha_{\text{Cu}} = (16,43 \pm 0,2) \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$$

$$\text{Hliník: } \alpha_{\text{Al}} = (22,08 \pm 0,1) \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$$

Uvedené nejistoty jsou standardní odchylky na hladině pravděpodobnosti $P = 0,68$.

Porovnáním hodnot dostáváme, že kovem s největším koeficientem je hliník, dále pak mosaz, měď a ocel s nejmenší hodnotou koeficientu.

6 Seznam použité literatury

[1] XXIV. Teplotní roztažnost pevných látek a kapalin. In: Základní fyzikální praktikum

[online]. [cit. 2018-03-17]. Dostupné z:

http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_124.pdf

[2] ENGLICH, Jirí. Úvod do praktické fyziky I. Zpracování výsledku měření. 1. vyd. Praha: Matfyzpress,

2006. 145 s. ISBN 80-86732-93-2.

[3] Součinitel teplotní délkové roztažnosti měrná tepelná kapacita. Fyzikální kabinet [online].

[cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <http://kabinet.fyzika.net/studium/tabulky/tepelna-kapacita-roztaznost.php>

[4] NOVÁKOVÁ, Marie. *Matematické fyzikální chemické tabulky*. 12. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1982. ISBN 54-09-11/12.