|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE | KATEDRA FYZIKY | | |
| LABORATORNÍ CVIČENÍ Z FYZIKY | | | |
| Jméno  **Matouš Vondrášek** | | | Datum měření  **11.10.2021** |
| Studijní rok  **2021/2022** | | Ročník  **druhý** | Datum odevzdání  **22.11.2021** |
| Studijní skupina  **103** | | Laboratorní skupina  **1031** | Klasifikace |
|  | | | |
| Číslo úlohy  **9** | Název úlohy  **Měření teplotního součinitele délkové roztažnosti** | | |

1. Úvod [1]

Všechny látky mění s teplotou své rozměry, ať už se jedná o plyny, kapaliny či pevné látky. My se nyní zaměříme na látky pevné.

Pevné látky drží pohromadě díky vazebným silám molekul, ze kterých jsou složeny. Díky interakci záporně nabitých elektronů a kladně nabitých protonů jsou atomy udržovány v krystalové mřížce. Síly vzešlé z této interakce jsou jak přitažlivé, tak odpudivé, následkem čehož jsou částice udržovány ve stabilní poloze.

Atomy nejsou v krystalové mřížce v klidu, nýbrž kmitají kolem své rovnovážné polohy. Energie těchto kmitů je úměrná teplotě látky. Neboť energie potřebná k přiblížení se atomů roste rychleji nežli energie nutná k oddálení, vzdálenosti mezi atomy v krystalové mřížce se s rostoucí teplotou zvyšují.

Díky těmto pozorováním lze určit relativní míru tepelné roztažnosti pevné látky vzhledem k jejím původním rozměrům. Proto zavádíme tzv. koeficient teplotní délkové roztažnosti (nebo také teplotní součinitel délkové roztažnosti) α‘, který lze definovat jako

,

kde *l* = *l*(*t*) je délka při dané teplotě *t* a *l*0 je délka při nějaké zvolené teplotě. Jednotkou teplotního součinitele roztažnosti je K-1. Ukazuje se, že součinitel α‘ se s teplotou příliš nemění, takže jej lze (alespoň v nepříliš velkém rozsahu teplot) považovat za konstantu. Můžeme potom psát, že

.

1. Úkol měření
2. Stanovte teplotní součinitel délkové roztažnosti pro alespoň dva různé materiály.
3. Pro měřené vzorky zhotovte graf závislosti jejich prodloužení na změně teploty.
4. Měřicí aparatura

* Dilatometr
  + Topné těleso s termostatem
  + Nádržka na vodu
  + Lavice pro upevnění vzorků
  + Indikátorové hodinky (Δ = 0.01 mm)
  + Přívodní hadičky
* Teploměr (Δ = 0.1 °C)
* Měřené vzorky: mosazná a hliníková dutá tyč

1. Popis experimentu

Dutá tyč byla umístěna do lavice pro upevnění vzorků a pomocí přívodních hadiček skrz ni protékala voda o předem nastavené teplotě. Po ustálení teploty na tyči byla změřena její délka pomocí indikátorových hodinek. Teplota spolu s rozdílem délky oproti původní teplotě byla zanesena do tabulky. Následně byla zvýšena teplota na termostatu topného tělesa a celý proces se opakoval pro celkem 8 hodnot. Poté bylo stejné měření provedeno i pro druhou tyč.

1. Nejistoty

Nejistota měření metodou typu A nevznikla při tomto experimentu žádná, proto se bude zabývat pouze nejistotou měření metodou typu B.

Nejistota měření metodou typu B vznikla na měřících přístrojích vlivem jejich rozlišovací schopnosti, konkrétně velikostí nejmenšího dílku stupnice. Pro výpočet takovéto nejistoty použijeme vztah (20) [2].

Pro nejistotu při měření teploty pomocí použitého teploměru platí

.

Obdobně pro nejistotu při měření délky tyče pomocí indikátorových hodinek platí

1. Naměřené hodnoty

Tabulka 1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. mosaz | | | 1. hliník | | |
| *t* [°C] | *l* [mm] | Δ*l* [mm] | *t* [°C] | *l* [mm] | Δ*l* [mm] |
| 26.2 | 600 | 0 | 26.3 | 600 | 0 |
| 31.1 | 600.06 | 0.06 | 31.5 | 600.07 | 0.07 |
| 36.2 | 600.11 | 0.11 | 36.5 | 600.14 | 0.14 |
| 41.5 | 600.17 | 0.17 | 41.2 | 600.20 | 0.20 |
| 46.0 | 600.22 | 0.22 | 46.3 | 600.27 | 0.27 |
| 50.8 | 600.27 | 0.27 | 51.2 | 600.34 | 0.34 |
| 56.0 | 600.33 | 0.33 | 56.0 | 600.40 | 0.40 |
| 60.6 | 600.38 | 0.38 | 60.6 | 600.46 | 0.46 |

1. Zpracování naměřených hodnot

Pomocí universálního nástroje pro kreslení grafů z webu [planck.fel.cvut.cz](https://planck.fel.cvut.cz/praktikum/grafy/grafy.php) byl pomocí metody nejmenších čtverců proložen průběh závislosti délky tyče na teplotě polynomem prvního řádu.



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tabulka 2   |  | | --- | | **Průběh č. 1** | | mosaz | | *a*0 = 599.71446422259 | | *a*1 = 0.010976711306675 | | *σa0 = 0.040879880726527* | | *σa1 = 0.00090868470322738* | | *χ*2/ν = 0.0060181514451522 | | (*χ*2/ν)1/2 = 0.077576745517921 | | Tabulka 3   |  | | --- | | **Průběh č. 2** | | hliník | | *a*0 = 599.64702377179 | | *a*1 = 0.013454833597466 | | *σa0 = 0.041181340712757* | | *σa1 = 0.00091269007312017* | | *χ*2/ν = 0.0058542235522509 | | (*χ*2/ν)1/2 = 0.076512897947019 | |

Polynom prvního stupně má tvar , *y* v našem případě zastupuje délku a na ose *x* je vynesena teplota. Člen *a*0 určuje, na jaké hodnotě je délka pro *x* (teplotu) = 0, z čehož lze usoudit, že *a*0 odpovídá *l*0, dále *y* odpovídá *l* a *x* odpovídá *t*. Polynom, kterým byly proloženy naměřené hodnoty lze přepsat jako . Porovnáme-li tento vztah s definičním vztahem , dojdeme k závěru, že , tedy .

Pro mosaz pak součinitel teplotní roztažnosti nabývá hodnoty

.

V případě hliníku použijeme stejný postup

.

Nyní je třeba spočítat nejistoty těchto výsledků. Pro koeficient *a*0 i *a*1 jsou nejistoty typu A uvedeny v tabulce 1 respektive tabulce 2. Podle vzorce (28) [2] lze vztah pro nejistotu psát jako

.

Nejistota pro potom vychází

.

Nejistota pro vychází

.

1. Závěr

Hodnota součinitele teplotní délkové roztažnosti pro mosaz byla experimentem určena na

.

Tabulková hodnota součinitele teplotní roztažnosti pro mosaz je , to znamená, že se naměřená hodnota liší pouze o necelá 2 %, navíc se tabulková hodnota nachází v rozptylu daném nejistotou.

Hodnota součinitele teplotní délkové roztažnosti pro hliník byla experimentem určena na

.

Tabulková hodnota součinitele teplotní roztažnosti pro hliník je . Naměřená hodnota se liší o cca 7 %. Větší odchylka mohla být způsobena vlivem větší měrné tepelné kapacity hliníku, a tudíž ponecháním nedostatečného času pro ustálení délky tyče. Taktéž mohla hrát roli větší vodivost materiálu a tím způsobené větší relativní ztráty tepla.

Celkově experiment ověřil teoretické znalosti o teplotní délkové roztažnosti materiálů, stejně jako o rozdílných vlastnostech různých materiálů. Výpočet teplotního délkového součinitele přinesl v porovnání s hodnotami tabulkovými poměrně přesné výsledky.

1. Literatura

[1] Milan Červenka, Ilona Ali Bláhová; Laboratorní úloha: Měření teplotního součinitele délkové roztažnosti; dostupné z: [planck.fel.cvut.cz](https://planck.fel.cvut.cz/praktikum/downloads/navody/roztaznost.pdf)

[2] Milan Červenka; Zpracování fyzikálních měření; Studijní text pro fyzikální praktikum; dostupné z: [planck.fel.cvut.cz](https://planck.fel.cvut.cz/praktikum/downloads/navody/zpracdat.pdf)

1. Kopie záznamu z laboratorního měření