

TEPLOTNÍ ROZTAŽNOST PEVNÝCH LÁTEK

Pracovní úkol:

1. Stanovte součinitel teplotní délkové roztažnosti pro tyč z neznámého materiálu
2. Proveďte rozbor přesnosti a stanovte chybu měření
3. Pomocí fyzikálních tabulek určete materiál, z něhož je tyč vyrobena

Pomůcky: ohřívací přípravek, teploměr (3 kusy), pásové měřítko (svinovací metr)

Teorie:

Pro tělesa, u kterých převládá jeden rozměr nad ostatními, např. tyče, lze závislost délky na teplotě aproximovat tzv. Taylorovým rozvojem v proměnné t (teplota):

$$l = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t + \alpha \cdot t^2 + \alpha \cdot t^3 + \dots) \quad (1)$$

kde l_0 představuje délku tělesa při teplotě 0°C a symboly α představují materiálové koeficienty.

Pro malé teplotní změny lze s dobrou přesností vzorec (1) zjednodušit do lineárního tvaru:

$$l = l_0(1 + \alpha \cdot t), \quad (2)$$

kde materiál charakterizuje pouze jediný součinitel délkové teplotní roztažnosti. Za předpokladu stálého tlaku koeficient nazýváme **izobarickým součinitelem teplotní délkové roztažnosti**, který je definován vztahem:

$$\alpha = \frac{l}{l_0} \cdot \frac{dl}{dt}, \quad (3)$$

kde l_0 představuje délku tělesa při teplotě 0°C a dl změnu délky tělesa při změně teploty o dt .

Pokud nejsou teplotní změny velké, lze diferenciály dl a dt nahradit přírůstky Δl a Δt .

$$\alpha = \frac{l}{l_0} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta t}, \quad (4)$$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

Pokyny pro měření:

- 1) Z měřicí aparatury vyndejte měřenou tyč a změřte její délku l_{01} při pokojové teplotě. Odhadněte chybu určení délky $\sigma_{l_{01}}$.
- 2) Vložte měřenou tyč do ohřívacího přípravku a pomocí regulačních prvků nastavte hodnotu 0 na měřiči malých posunutí (tzv. úchylkoměru), který je součástí ohřívacího přípravku.
- 3) Protože teplota uvnitř temperované komory pro umístění vzorku není homogenní, je na ohřívacím přípravku umístěno více teploměrů (na obou krajích a uprostřed). Zapište si teploty t_A , t_B a t_C z teploměrů na ohřívacím přípravku. Stanovte teplotu tyče jako aritmetický průměr těchto hodnot.
- 4) Připojte ohřívací přípravek do zásuvky elektrického vedení. Nastavte na termostatu nejnižší hodnotu. Během ohřevu svítí kontrolka, která po dosažení nastavené teploty zhasne. Ohřívejte 1 minutu. Pak termostat nastavte do takové polohy, aby kontrolka již nesvítila (ohřev skončil).
- 5) Nechte několik minut ustálit teplotu (cca 3 minuty), potom zapište teploty t_A , t_B a t_C a změnu délky tyče l z měřiče posunutí.
- 6) Nastavte termostat opět na nejnižší hodnotu, kdy se kontrolka rozsvítí, a měření opakujte. Měření provádějte do teploty maximálně 100 °C.
- 7) Sestrojte graf $l=f(t)$ závislosti délky tyče l na teplotě t . Délku tyče l_i při teplotě t_i určete ze vztahu:

$$l_i = l_{01} + \Delta l_i \quad (5)$$

- 8) Lineární regresí určete koeficienty k a q včetně chyb σ_k a σ_q . Pro určení Studentova součinitele uvažujte pravděpodobnost $P=95\%$.
- 9) Stanovte izobarický součinitel teplotní délkové roztažnosti α a délku tyče l_0 při 0°C včetně jejich chyb.

$$\text{Vztah (2) lze roznásobit: } l = l_0 + l_0 \cdot \alpha \cdot t \quad (6)$$

a porovnat s rovnicí přímky $y=k \cdot x+q$:

$$\text{směrnice: } k = l_0 \cdot \alpha \quad (7)$$

$$\text{absolutní člen: } q = l_0 \quad (8)$$

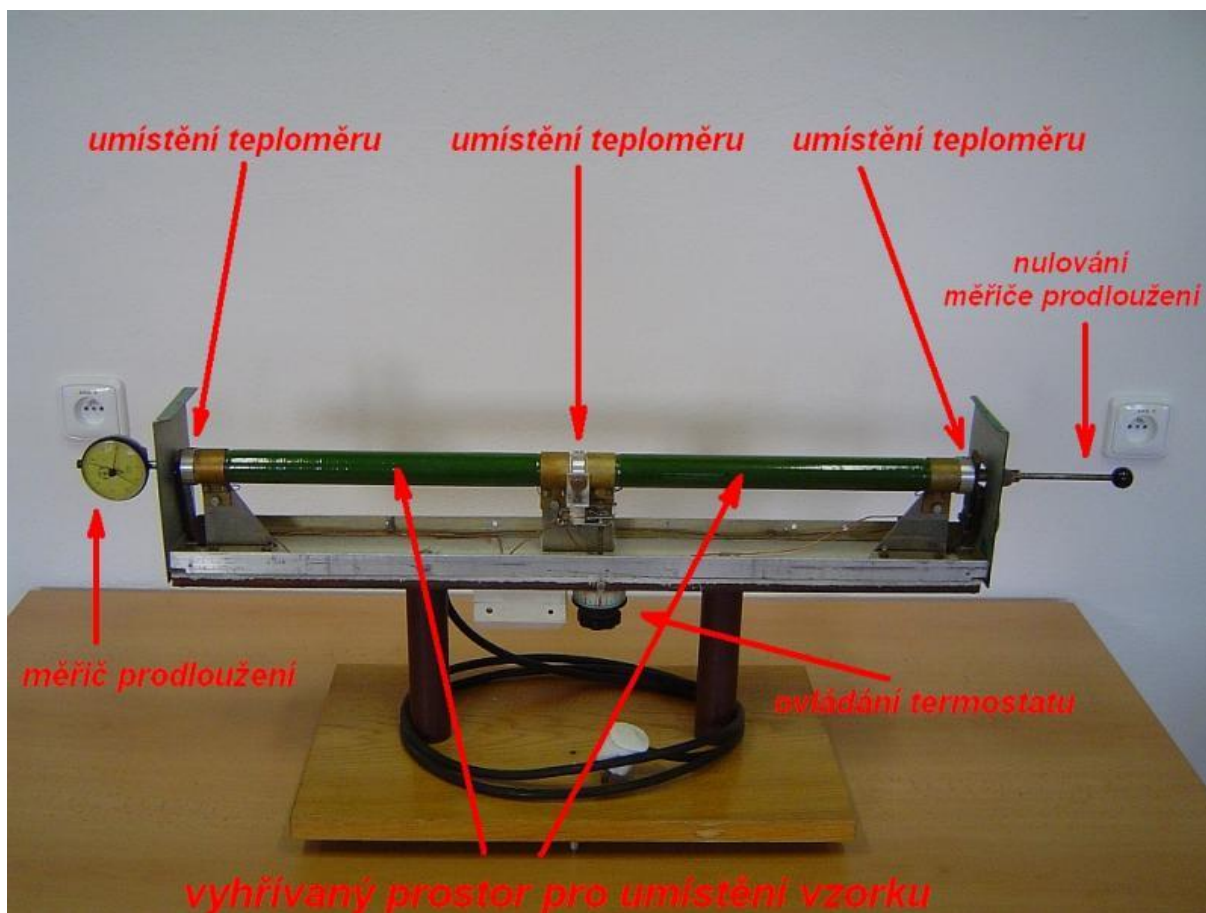
Hledaný izobarický součinitel teplotní délkové roztažnosti α je možné určit ze vztahů (7) a (8) jako podíl:

$$\alpha = \frac{k}{l_0} \Rightarrow \alpha = \frac{k}{q} \quad (9)$$

Vzorec pro výpočet chyby σ_α odvodte sami.

- 10) Pomocí fyzikálních tabulek určete, o jaký druh materiálu se jedná.





Obrázek č. 1: Ohřívací přípravek pro měření teplotní délkové roztažnosti (odstraněn svrchní kryt)

Literatura:

Kolektiv autorů: *Úvod do fyzikálních měření*, TUL, Liberec, 2012, ISBN 978-80-7372-819-9.
 Kazda, V, Soška, F.: *Laboratorní cvičení z fyziky*, TUL, Liberec, 1976.
 Čmelík, M., Machonský, L., Šíma, Z.: *Fyzikální tabulky*, TUL, Liberec, 2001. ISBN 80-7083-511-X.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ