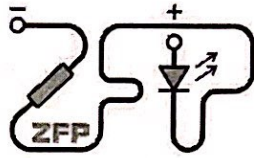


NEVYADĚT ALBA DAT (NI GRAFY
 K TĚMTO ZÁDANÍM PŘIŠLO DAT, DO VĚKOVÉ
 DEN
 VĚKOVÉ

Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum I (NOFY066)



Úloha č. XXIV

Název úlohy: Teplotní mosty u pevných látek a kapalin

Jméno: Josef Kučera

Obor: FOF

Datum měření: 16.4.2019

Datum odevzdání:

Připomínky opravujícího:

VLASTNÍ VLIV MĚŘENÍ

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Práce při měření	0 - 3	3
Teoretická část	0 - 2	1
Výsledky a zpracování měření	0 - 9	8
Diskuse výsledků	0 - 4	2
Závěr	0 - 1	1
Seznam použité literatury	0 - 1	1
Celkem	max. 20	16

Posuzoval: T. Kmječ
 Tomáš KMJEČ

dne: 2.5.2019



RYCHLE ZMĚŘENO
 DOBRĚ SE VYPRACOVÁVA

Pracovní úkol

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

Theorie

Pro tělesa, u kterých převládá jeden rozměr nad ostatními, jako je např. tyč, zavádíme délkovou roztažnost, charakterizovanou součinitelem délkové roztažnosti α , který je dán vzorcem [1]

$$\alpha = \frac{1}{l_0} \left(\frac{\delta l}{\delta t} \right)_p \quad (1)$$

kde l_0 je délka tělesa při teplotě 0°C . Délku tělesa l při teplotě t pak vyjádříme vztahem

$$l = l_0(1 + \alpha t)$$

Výsledky měření

Cílem praktika bylo změřit délkovou roztažnost 4 kovových tyčí a délkovou roztažnost skleněné tyče pomocí dilatometru s maximální chybou $\Delta m = 0,01 \text{ mm}$.

Kvůli hrubé chybě při měření bylo nutno změřit roztažnost hliníkové tyče podvčetně.

Měření pro hliníkovou tyč jsou shrnuta v tabulkách 1 a 2.

Tabulka 1: Hliník s chybou

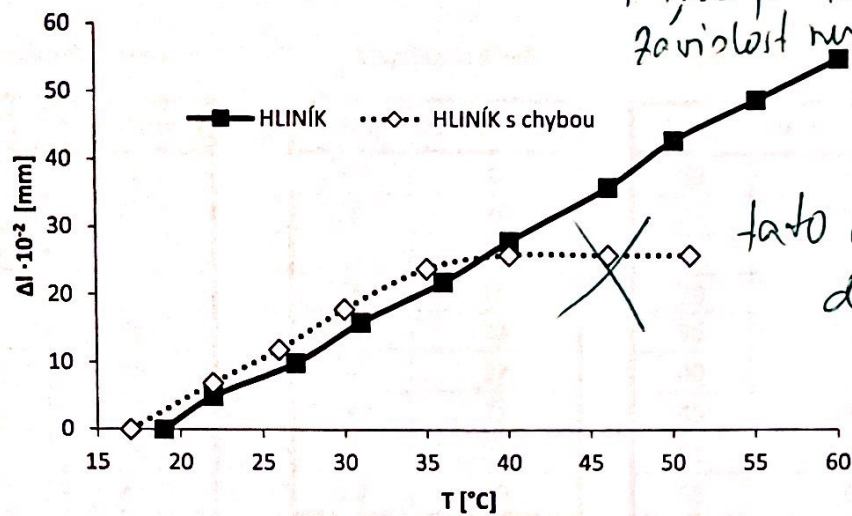
T [$^\circ\text{C}$]	$\Delta l \cdot 10^{-2}$ [mm]
17	0
22	7
26	12
30	18
35	24
40	26
46	26
51	26

Tabulka 2: Hliník bez chyby

T [$^\circ\text{C}$]	$\Delta l \cdot 10^{-2}$ [mm]
19	0
22	5
27	10
31	16
36	22
40	28
46	36
50	43
55	49
60	55

toto nepište,
ale prostě uveďte
jen "správné"
hodnoty.

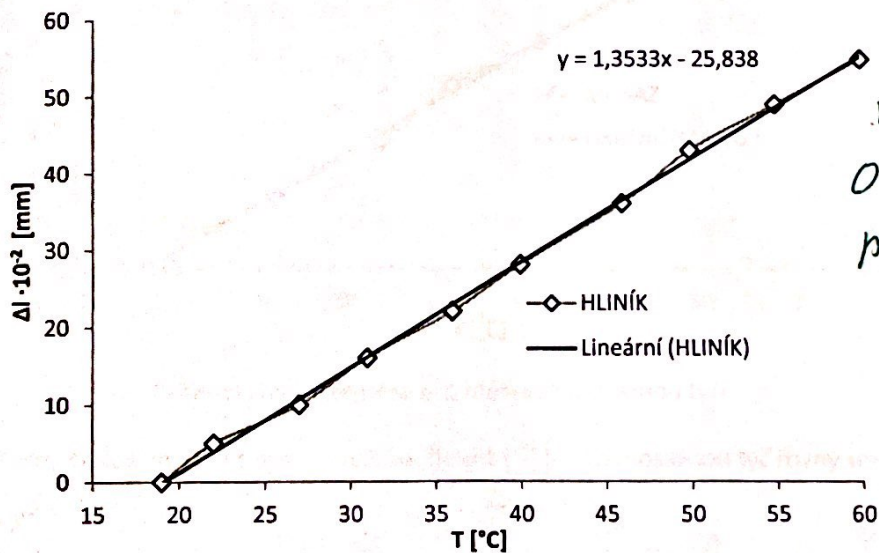
Pokud data pro hliníkovou tyč z obou tabulek vyneseme do stejného grafu, dostaneme následující:



Graf 1: Chybné a správné měření tepelné roztažnosti hliníku

Naše hrubá chyba vznikla z chybně nastaveného dilatometru, který se při měření dostal mimo svůj rozsah a od určitého bodu nereagoval na vznikající prodloužení tyče. Po třetí chybné hodnotě bylo měření ukončeno.

Správné měření pro hliníkovou tyč jsme vynesli do grafu:



Graf 2: Lineární regrese pro měření s hliníkovou tyčí

Z grafu 2 jsme metodou lineární regrese určili koeficient $\left(\frac{\delta l}{\delta t}\right)_p$ pro hliníkovou tyč rovný směrnicí grafu = $1,35 \cdot 10^{-5} \cdot \text{m} \cdot \text{K}^{-1}$

patří do teorie

Měření pro mosaznou, měděnou a ocelovou tyč proběhla bez komplikací. Tato tři měření jsou shrnuta v tabulkách 3, 4 a 5.

Tabulka 3: Mosaz

T [°C]	$\Delta l \cdot 10^{-2}$ [mm]
19	0
21	3
26	8
32	14
36	20
41	25
46	30
51	36
55	41
60	46

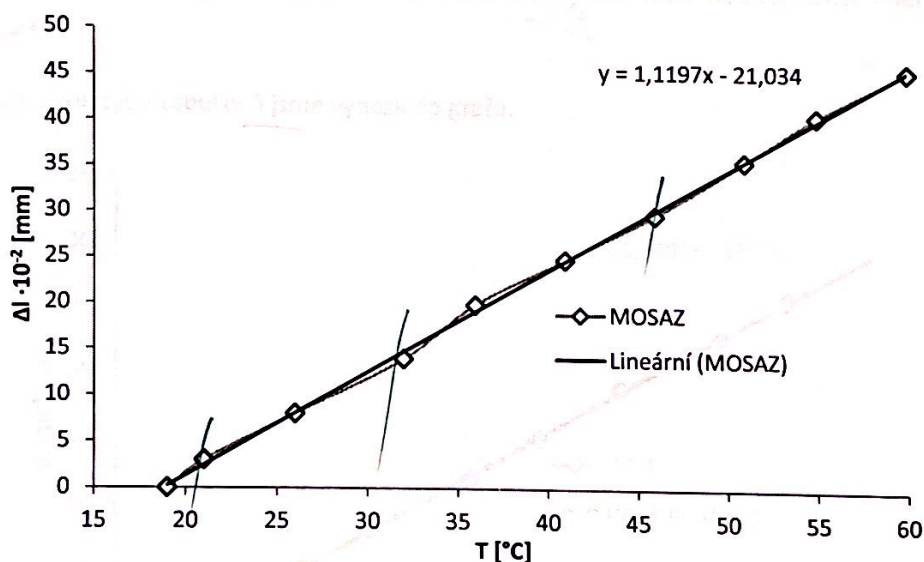
Tabulka 4: Měď

T [°C]	$\Delta l \cdot 10^{-2}$ [mm]
20	0
25	6
31	11
35	15
41	21
46	27
50	31
55	35
60	40

Tabulka 5: Ocel

T [°C]	$\Delta l \cdot 10^{-2}$ [mm]
19	0
22	2
26	5
30	8
36	12
40	15
45	19
51	23
55	26
61	30

Data pro mosaznou tyč z tabulky 3 jsme vynesli do grafu:

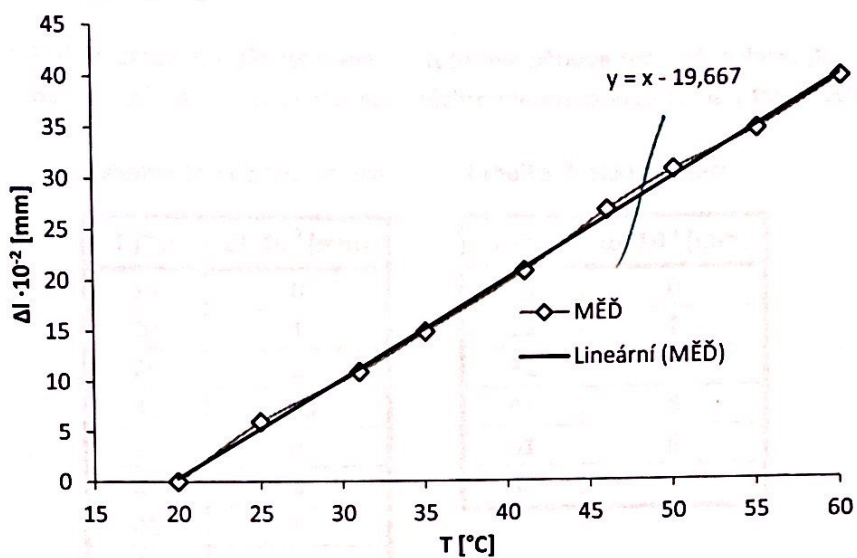


Graf 3: Lineární regrese pro měření s mosaznou tyčí

Z grafu 3 jsme metodou lineární regrese určili koeficient $\left(\frac{\delta l}{\delta t}\right)_p$ pro mosaznou tyč rovný směrnici grafu $= 1,12 \cdot 10^{-5} \cdot \text{m} \cdot \text{K}^{-1}$

páti do Teorí

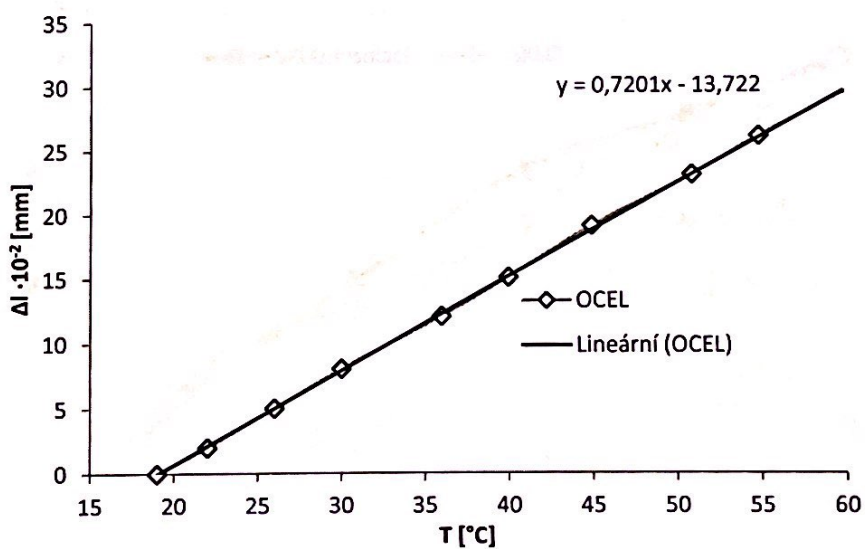
Data pro měděnou tyč z tabulky 4 jsme vynesli do grafu:



Graf 4: Lineární regrese pro měření s měděnou tyčí

Z grafu 4 jsme metodou lineární regrese určili koeficient $\left(\frac{\delta l}{\delta t}\right)_p$ pro měděnou tyč rovný směrnicí grafu $= 1 \cdot 10^{-5} \cdot \text{m} \cdot \text{K}^{-1}$

Data pro ocelovou tyč z tabulky 5 jsme vynesli do grafu:



Graf 5: Lineární regrese pro měření s ocelovou tyčí

Z grafu 5 jsme metodou lineární regrese určili koeficient $\left(\frac{\delta l}{\delta t}\right)_p$ pro ocelovou tyč rovný směrnicí grafu $= 0,72 \cdot 10^{-5} \cdot \text{m} \cdot \text{K}^{-1}$

Doplňujícím měřením pak bylo měření tepelné roztažnosti skleněné tyče. Toto měření bylo provedeno ve dvou modifikacích.

Poprvé jsme měřili tepelnou roztažnost skleněné tyče bez pěnové tepelné izolace, podruhé jsme to samé měření provedli s pěnovou izolací. Výsledky těchto měření jsou zapsána v tabulkách 6 a 7.

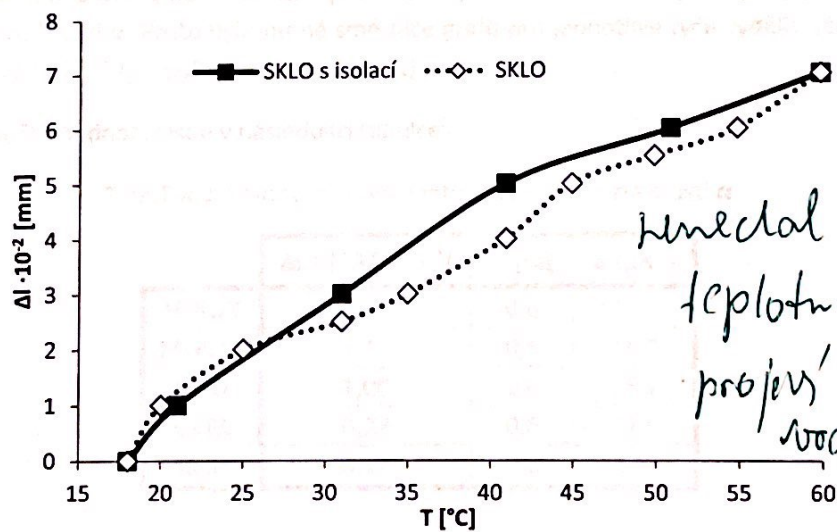
Tabulka 6: Sklo bez izolace

T [°C]	$\Delta l \cdot 10^{-2}$ [mm]
18	0
20	1
25	2
31	2,5
35	3
41	4
45	5
50	5,5
55	6
60	7

Tabulka 7: Sklo s izolací

T [°C]	$\Delta l \cdot 10^{-2}$ [mm]
18	0
21	1
31	3
41	5
51	6
60	7

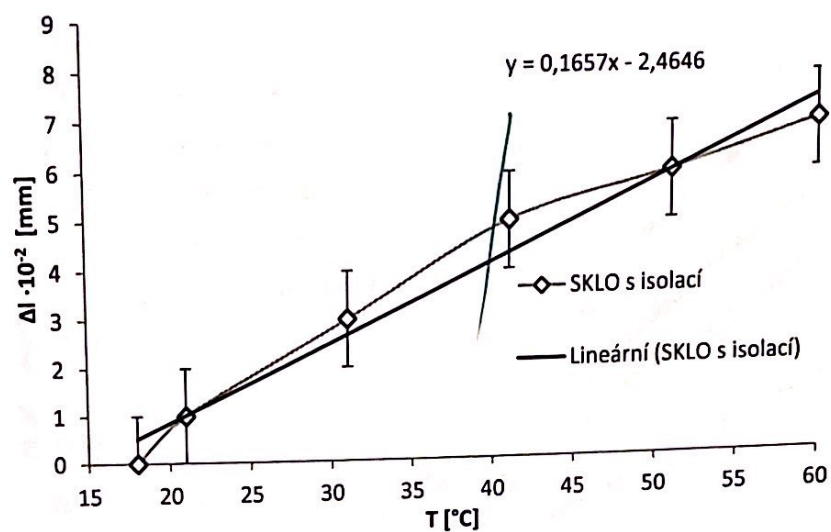
Vzhledem k velmi malým změnám Δl pro skleněnou tyč, jsme druhé měření provedli s menšími teplotními rozestupy. Data z obou tabulek jsme vynesli do stejného grafu:



zamedal jste uvážit
 teplotu, což se nejvíce
 projev' u nejhorší'ch
 vodičů tepla
 v oceli (nerozem')
 a skla.

Graf 6: Porovnání tepelné roztažnosti skla bez a s izolací

Data z tabulky 7 pro skleněnou tyč s izolací jsme vynesli do grafu



Graf 7: Lineární regrese pro měření se skleněnou tyčí

Z grafu 7 jsme metodou lineární regrese určili koeficient $\left(\frac{\delta l}{\delta t}\right)_p$ pro skleněnou tyč rovný směrnicí grafu $= 0,17 \cdot 10^{-5} \cdot \text{m} \cdot \text{K}^{-1}$

Naším primárním cílem bylo vypočítat pro všechny materiály měřených tyčí jejich koeficienty délkových roztažností α . Proto bylo nutné směrnicí grafů pro jednotlivé tyče vydělit délkou původní tyče (známá ze zadání) $l_0 = 600 \text{ mm}$ dle rovnice (1).

Výsledky výpočtů hodnot α jsou v následující tabulce

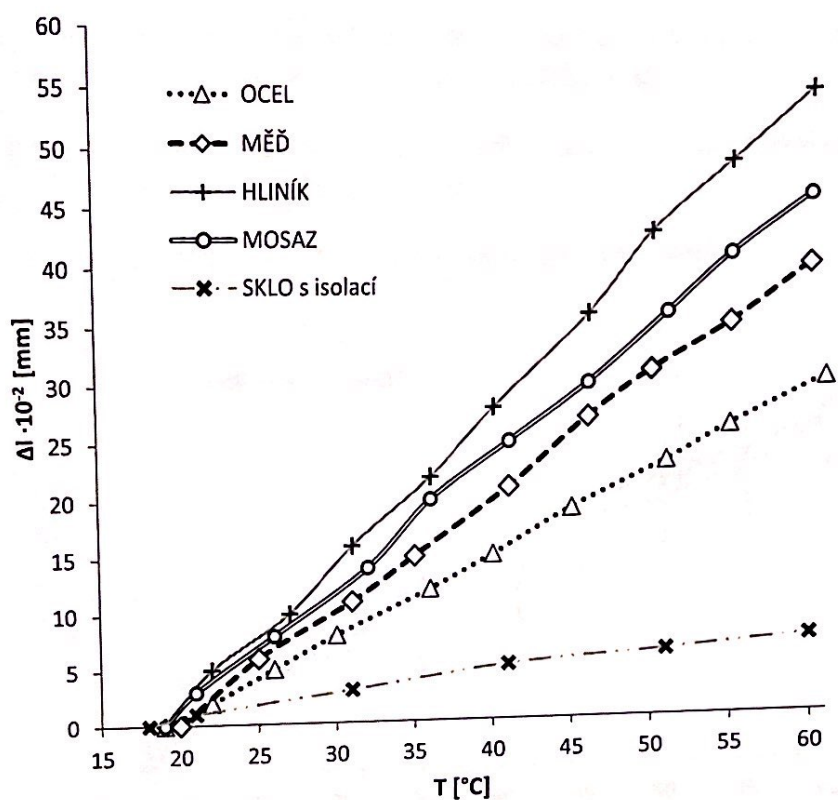
Tabulka 8: Stanovení koeficientů délkových roztažností α

	$\Delta l/t [10^{-5} \cdot \text{m} \cdot \text{K}^{-1}]$	$l_0 [\text{m}]$	$\alpha [\mu\text{K}^{-1}]$
HLINÍK	1,35	0,6	22,6
MOSAZ	1,12	0,6	18,7
MĚĎ	1,00	0,6	16,7
OCEL	0,72	0,6	12,0
SKLO	0,17	0,6	2,8

V tabulce 8 jsou materiály seřazeny sestupně dle hodnoty koeficientu α .

$$\mu\text{K}^{-1} = \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$$

pokud si všechna měření vyneseme do jednoho grafu, dostaneme následující



Graf 8: Porovnání tepelných roztažností kovových tyčí

V grafu 8 vidíme, že kovové tyče se při rostoucí teplotě rozpínaly mnohem více, než tyč skleněná.

Všechna naše měření byla provedena za následujících okolních podmínek:

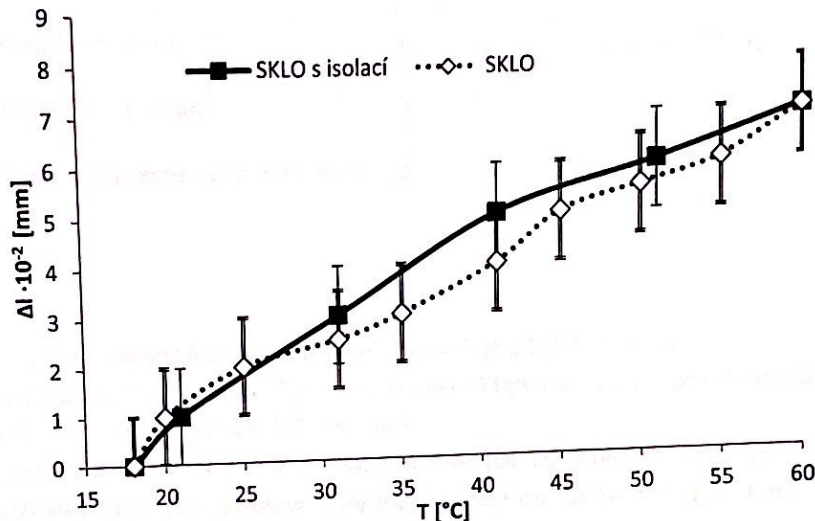
- Relativní vlhkost vzduchu 24,5%
- Okolní teplota 25,8 °C
- Atmosphaerický tlak 992,5 hPa

Diskuse

Pro grafy 2-5 měření roztažností kovových tyčí nemělo smysl vynášet chybové úsečky, neboť by v grafu pro hodnoty maximální chyby $\Delta m = 0,01$ mm nebyly vůbec vidět.

U skleněné tyče je ale situace jiná. Chybové úsečky pokrývají celý rozdíl obou měření (rozdíl měření se vždy vejde pod chybovou úsečku druhého měření).

Pokud si chybové úsečky vyneseme do obou měření, vypadá graf následovně



Graf 9: Lineární regrese pro měření se skleněnou tyčí

Proto můžeme prohlásit, že tepelná izolace naše měření významnějším způsobem neovlivnila.

Pokud porovnáme tabelované hodnoty délkové roztažnosti α pro teplotu 25 °C s našimi naměřenými hodnotami, dostaneme následující tabulku [2], [3]:

Tabulka 9: Stanovení koeficientů délkových roztažností α

	α [μK^{-1}]	α [μK^{-1}]
HLINÍK	21 – 24	22,6
MOSAZ	18 – 19	18,7
MĚĎ	16 – 16,7	16,7
OCEL	11 – 12,5	12,0
SKLO	8 – 9	2,8

$$\mu\text{K}^{-1} = \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$$

Vidíme, že u kovových materiálů jsme se vždy trefili do maximálního intervalu tabelovaných hodnot [3].

Jenom sklo nám nevyšlo. Je to způsobeno především tím, že pozorované délkové změny byly tak malé, že se do nich velice markantně promítala systematická chyba dilatometru $\Delta m = 0,01$ mm, což ostatně vidíme i v grafu 9. Na její přesnější změřen bychom potřebovali přesnější měřicí přístroj.

Chyba vlastních vlivů při měření – teploty vody, materiálu, tubil, vlnivosti, stabilizace teploty, ...

(-2)

Závěr

Podářilo se nám změřit a určit koeficienty délkové roztažnosti α pro materiály 4 různých kovových a 1 skleněné tyče.

Pro HLINÍK nám vyšla $\alpha = 22,6 \mu\text{K}^{-1}$.

Pro MOSAZ nám vyšla $\alpha = 18,7 \mu\text{K}^{-1}$.

Pro MĚĎ nám vyšla $\alpha = 16,7 \mu\text{K}^{-1}$.

Pro OCEL nám vyšla $\alpha = 12,0 \mu\text{K}^{-1}$.

Pro SKLO nám velice nepřesně vyšla $\alpha = 2,8 \mu\text{K}^{-1}$.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Pro HLINÍK nám vyšla } \alpha = 22,6 \mu\text{K}^{-1}. \\ \text{Pro MOSAZ nám vyšla } \alpha = 18,7 \mu\text{K}^{-1}. \\ \text{Pro MĚĎ nám vyšla } \alpha = 16,7 \mu\text{K}^{-1}. \\ \text{Pro OCEL nám vyšla } \alpha = 12,0 \mu\text{K}^{-1}. \\ \text{Pro SKLO nám velice nepřesně vyšla } \alpha = 2,8 \mu\text{K}^{-1}. \end{array} \right\} \mu\text{K}^{-1} = \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$$

Literatura

- [1] J. Brož a kol.: Základy fyzikálních měření I. SPN, Praha 1983, st. 3.1.4
- [2] MIKULČÁK, Jiří. Matematické, fyzikální a chemické tabulky a vzorce pro střední školy. Praha: Prometheus, 2003. ISBN 978-807-1962-649
- [3] *Coefficients of Linear Thermal Expansion* [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: https://www.engineeringtoolbox.com/linear-expansion-coefficients-d_95.html

HLINIK 2
T ΔL

22	0,05
27	0,10
31	0,16
36	0,22
40	0,28
46	0,36
50	0,43
55	0,49
60	0,55

$$T_0 = 19 \text{ } ^\circ\text{C}$$

SKLO 2
T ΔL

21	0,01
2	0,
31	0,03
3	0,
41	0,05
4	0,
51	0,06
5	0,
60	0,07

$$T_0 = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Podminky

$$T = 25,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$RH = 24,5 \%$$

$$p = 992,5 \text{ hPa}$$

$$3,5 \text{ } ^\circ\text{C DP}$$

SKLO

- prodloužení

délka tělesa

$$l_0 = 60 \text{ cm} - 0,2 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}$$

$$T_0 = 18^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$$

[mm]

$$1/0 =$$

T	Δl SKLO	HLINIK	OCEL	MOSAZ	MĚD
20	0,01	22 0,07	22 0,02	21 0,03	20 0,00
25	0,02	26 0,12	26 0,05	26 0,08	25 0,05
30	0,025	30 0,18	30 0,08	32 0,14	31 0,11
35	0,03	35 0,24	36 0,12	36 0,20	35 0,15
40	0,04	40 0,26	40 0,15	41 0,25	41 0,21
45	0,05	46 0,26	45 0,19	46 0,30	46 0,27
50	0,055	51 0,26	51 0,23	51 0,36	50 0,31
55	0,06	—	55 0,26	55 0,41	55 0,35
60	0,07	—	61 0,30	60 0,46	60 0,40

HLINIK 1

$$l_0 = 60,21 \text{ cm} - 0,2 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}$$

$$T_0 = 17^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$$

OCEL A

$$l_{101} = l_0$$

$$T_0 = 19^\circ\text{C}$$

MĚD

$$T_0 = 20^\circ\text{C}$$

MOSAZ

$$T_0 = 19^\circ\text{C}$$

Schwarz
36