

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktikum 1

Zpracovala: Šárka Divácká

Naměřeno: 26. 4. 2022

Skupina: Út 8:00

Úloha č.10: Tepelná vodivost pevných látek

Laboratorní podmínky:

- Teplota 20,7 °C
- Tlak 986,5 hPa
- Vlhkost 33,7%

1. Úvod

V této úloze budu zjišťovat tepelnou vodivost sádrokartonu. Tepelná vodivost je schopnost látky vést teplo. U stavebních materiálů je požadována co nejmenší vodivost, aby nedocházelo k tepelným ztrátám.

Mám-li homogenní kus stavebního materiálu – sádrokartonu – tloušťky d a průřezu S , jehož jeden konec je udržován ohříváčem a druhý chladičem na konstantních teplotách t_1 a t_2 ($t_1 > t_2$). Tyto teploty budu měřit pomocí termočlánku typu K. Z měřeného napětí tedy teplotu ve °C vypočtu ze vztahu

$$T_i = \frac{U_i}{\beta} + T$$

kde β je konstanta charakterizující daný termočlánek - $\beta = 42 \frac{\mu V}{^\circ C}$ a T je laboratorní teplota.

Poté pro teplo Q , které projde materiálem platí vztah

$$Q = \lambda \frac{S}{d} (t_1 - t_2) \tau$$

kde τ je čas a λ je součinitel tepelné vodivosti.

Teplo budu dodávat topnou fólií Omega KH-808/10, na kterou přivedu konstantní napětí U a proud I zdroje. Za čas τ tedy dodám teplo

$$Q = UI\tau$$

Napětí U budu měřit multimetrem Escort 179 a proud I multimetrem Keysight U3402A. Potřebné parametry těchto přístrojů jsou

- Escort 179:
 - Rozsah: 99,99 V
 - Přesnost: $\pm 0,1 \% + 2$
 - Rozlišení: 10 mV
- Keysight U3402A
 - Rozsah: 1200,00 mA
 - Přesnost: $\pm 0,2 \% + 5$
 - Rozlišení: 10 μA
 - Rozsah: 12,000 A

- Přesnost: $\pm 0,2\% + 5$
- Rozlišení: $100\ \mu\text{A}$

Pro mnou měřený materiál také platí

$$S = ab$$

kde a a b jsou délky stran kusu materiálu, se kterým budu pracovat.

Z předchozích rovnic plyne

$$\lambda = \frac{UI}{t_1 - t_2} \frac{d}{ab}$$

Rozměry a a b budu měřit svinovacím metrem a d posuvkou.

2. Naměřené hodnoty a jejich zpracování

Pro toto měření dám měřený materiál mezi ohřívač a chladič. Abych omezila ztráty, ohřívač vložím mezi dva kusy materiálů z jejichž druhých stran dám chladiče.

Rozměry kusu měřeného materiálu jsou

	$d\ [\text{mm}]$
1	12,56
2	12,48
3	12,58
4	12,50
5	12,54
6	12,56
7	12,54
8	12,52
9	12,54
10	12,50

$$\bar{d} = 12,532\ \text{mm}$$

$$u_A(d) = 0,0569\ \text{mm}$$

$$u_B(d) = 5,773 \cdot 10^{-3}\ \text{mm}$$

$$u_C(d) = 0,0572\ \text{mm}$$

$$U(d) = 0,234\ \text{mm}$$

$$d = (12,5 \pm 0,2)\text{mm} \ (p = 99,73\%, \nu = 9)$$

	$a\ [\text{cm}]$
1	20,1
2	20,0
3	20,0
4	20,0
5	19,9
6	20,0
7	20,0
8	20,0
9	20,0
10	19,9

$$\bar{a} = 19,99\ \text{cm}$$

$$u_A(a) = 0,01795\ \text{cm}$$

$$u_B(a) = 0,02887\ \text{cm}$$

$$u_C(a) = 0,034\ \text{cm}$$

$$U(a) = 0,139 \text{ cm}$$

$$a = (20,0 \pm 0,1) \text{ cm } (p = 99,73\%, \nu = 9)$$

	b [cm]
1	20,0
2	20,0
3	20,0
4	20,0
5	20,0
6	20,0
7	20,1
8	20,1
9	20,0
10	20,1

$$\bar{b} = 20,03 \text{ cm}$$

$$u_A(b) = 0,01528 \text{ cm}$$

$$u_B(b) = 0,02887 \text{ cm}$$

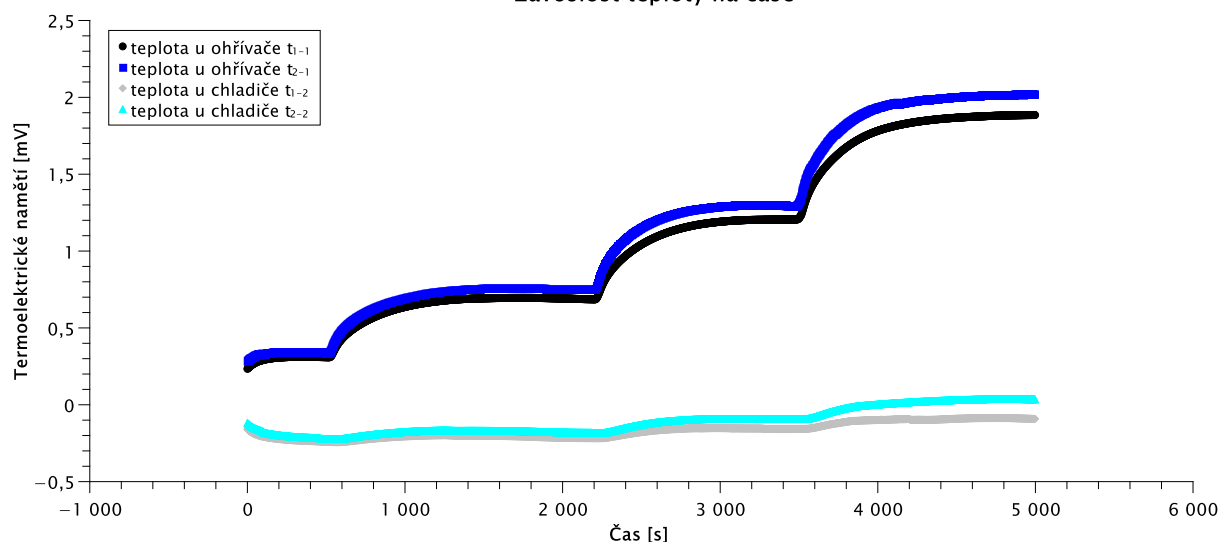
$$u_C(b) = 0,03266 \text{ cm}$$

$$U(b) = 0,134 \text{ cm}$$

$$b = (20,0 \pm 0,1) \text{ cm } (p = 99,73\%, \nu = 9)$$

Měření jsem prováděla pro čtyři různé hodnoty napětí U a proudu I . Teploty naměřené na straně desky s chladičem a ohříváčem jsou tyto

Závislost teploty na čase



Hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ mi tedy u těchto měření vyjde:

$U = (20,77 \pm 0,04) \text{ V}$ $I = (1,037 \pm 0,002) \text{ A}$	$U_{1-1} = 0,309 \text{ mV} \rightarrow t_{1-1} = 28,06 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $U_{1-2} = -0,241 \text{ mV} \rightarrow t_{1-2} = 14,96 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $U_{2-1} = 0,335 \text{ mV} \rightarrow t_{2-1} = 28,68 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $U_{2-2} = -0,221 \text{ mV} \rightarrow t_{2-2} = 15,44 \text{ }^{\circ}\text{C}$
$U = (26,78 \pm 0,05) \text{ V}$ $I = (1,336 \pm 0,003) \text{ A}$	$U_{1-1} = 0,694 \text{ mV} \rightarrow t_{1-1} = 37,22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $U_{1-2} = -0,202 \text{ mV} \rightarrow t_{1-2} = 15,89 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $U_{2-1} = 0,754 \text{ mV} \rightarrow t_{2-1} = 38,65 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $U_{2-2} = -0,168 \text{ mV} \rightarrow t_{2-2} = 16,70 \text{ }^{\circ}\text{C}$
$U = (33,10 \pm 0,05) \text{ V}$ $I = (1,647 \pm 0,004) \text{ A}$	$U_{1-1} = 1,198 \text{ mV} \rightarrow t_{1-1} = 49,22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $U_{1-2} = -0,153 \text{ mV} \rightarrow t_{1-2} = 17,06 \text{ }^{\circ}\text{C}$

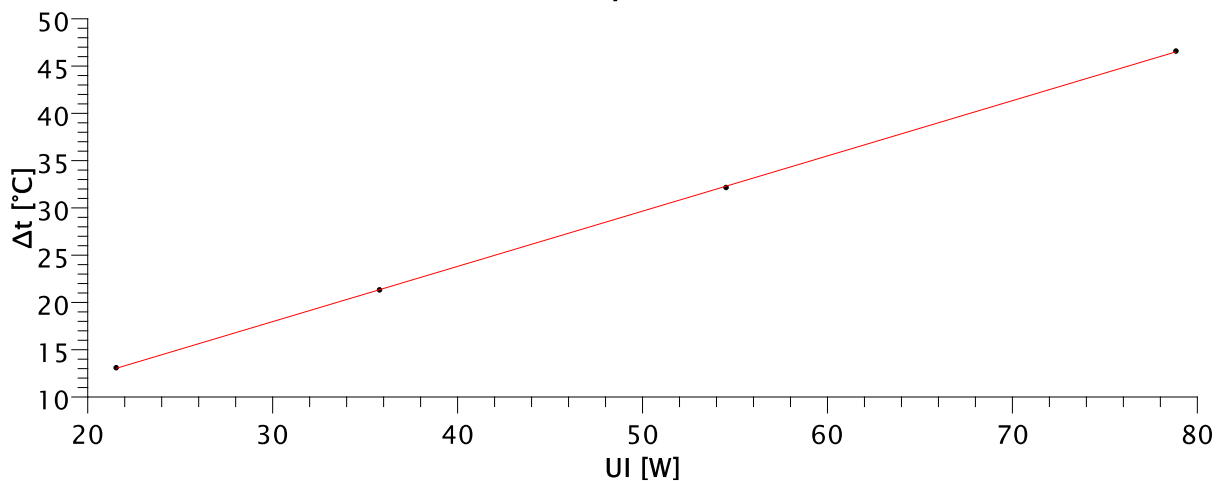
	$U_{2-1} = 1,295 \text{ mV} \rightarrow t_{2-1} = 51,53 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $U_{2-2} = -0,0919 \text{ mV} \rightarrow t_{2-2} = 18,51 \text{ }^{\circ}\text{C}$
$U = (39,84 \pm 0,06) \text{ V}$ $I = (1,979 \pm 0,004) \text{ A}$	$U_{1-1} = 1,867 \text{ mV} \rightarrow t_{1-1} = 65,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $U_{1-2} = -0,0898 \text{ mV} \rightarrow t_{1-2} = 18,56 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $U_{2-1} = 1,998 \text{ mV} \rightarrow t_{2-1} = 68,27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $U_{2-2} = -0,0319 \text{ mV} \rightarrow t_{2-2} = 19,94 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Z teplot v této tabulce jsem zjistila teplotní rozdíl Δt .

$$\Delta t = \frac{t_{1-1} + t_{2-1} - t_{1-2} - t_{2-2}}{2}$$

Graf závislosti UI na Δt je

Závislost průměrného teplotního rozdílu na dodaném elektrickém výkonu



Směrnice přímky z grafu je

$$k = (0,584 \pm 0,003) ^{\circ}\text{C W}^{-1}$$

Ze vztahu

$$\lambda = \frac{UI}{t_1 - t_2} \frac{d}{ab}$$

poté mohu vyjádřit λ jako

$$\lambda = \frac{d}{abk}$$

Tento vztah poté musím vydělit ještě dvěma, protože dodávané teplo je rozděleno do dvou sádrokartonových desek. Poté již mohu vypočítat součinitel tepelné vodivosti sádrokartonu

$$\lambda = \frac{d}{2abk}$$

$$\lambda = \frac{12,5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 20 \cdot 10^{-2} \cdot 20 \cdot 10^{-2} \cdot 0,584} = 0,26755 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$U(\lambda) = 0,00487 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$\lambda = (0,268 \pm 0,005) \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$$

3. Závěr

Udávaná hodnota součinitele tepelné vodivosti sádrokartonu je $\lambda = 0,22 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Mnou zjištěná hodnota je $\lambda = (0,268 \pm 0,005) \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Mnou zjištěná hodnota je tedy o něco vyšší než udávaná hodnota, což může být způsobeno ztrátami a jinými okolními vlivy.