

# FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

## Fyzikální praktikum 1

**Zpracoval:** Artem Gorodilov

**Obor:** Astrofyzika

**Skupina:** Pá 10:00

**Naměřeno:** 5. května 2023

**Testováno:** uznano

### Úloha č. 10: Tepelná vodivost pevných látek

$$T = 21,3\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$p = 990\text{ hPa}$$

$$\varphi = 38,9\text{ \%}$$

## 1. Zadání

Určit tepelnou vodivost použitého materiálu (v tomto případě sádrokartonu).

Určit teplotní gradient v materiálu pro normální a relaxovaný stav. Uvažujme vývoj teploty systému v čase.

## 2. Teorie

### 2.1. Tepelná vodivost

Tepelnou vodivost materiálu určíme následujícím způsobem. Vezmeme dva listy sádrokartonu a umístíme mezi ně topné těleso. Topným prvkem je rezistor, na který bude přiveden proud  $I$  při určitém napětí  $U$ . Na obě strany desek umístíme chladicí prvky. Chladicími prvky jsou hliníkové desky, kterými neustále protéká studená voda a odvádí teplo ze systému.

Teplota ve všech částech systému se bude měřit pomocí termočlánků. K určení teploty měřené termočlánkem se použije následující vzorec:

$$T_i = \frac{U_i}{\beta} + T \quad (1)$$

kde  $U_i$  je napětí termočlánku,  $\beta = 42\text{ }[\frac{\mu\text{V}}{^{\circ}\text{C}}]$  je termočláneková konstanta a  $T$  je teplota v laboratoři.

K určení součinitele prostupu tepla použijeme vzorec:

$$\lambda = \frac{d}{2abk} \quad (2)$$

kde  $a$ ,  $b$  a  $d$  jsou prostorové rozměry soustavy a  $k$  je sklon přímky v grafu rozdílu teplot mezi ohřívačem a chladičem jako funkce výkonu protékající ohřívačem. Hodnotu dělíme dvěma, protože soustava se skládá ze dvou desek. Níže jsou uvedeny vztahy snímačů měřících teplotní rozdíly.

### 2.2. Teplotní gradient

Pro určení teplotního gradientu systému použijeme následující metodu. Zapneme chladicí systém a počkáme, až systém dosáhne teplotní rovnováhy. Poté zapneme topné těleso a opět počkáme, dokud systém nedosáhne teplotní rovnováhy. Poté odpojíme topný prvek a sledujeme pokles teploty na teplotu chladicích prvků. Poté vyneseme hodnoty do grafu, abychom viděli rozložení teploty v materiálu.

### 3. Měření

Charakteristiky použitého ampérmetru a voltmetru:

	Multimetr Escort	Multimetr Keysight U3402A
Rozsah	99,99 V	12 A
Přesnost	$\pm 0,1\% + 2 \text{ dgt}$	$\pm 0.2\% + 5 \text{ dgt}$
Rozlišení	10 mV	100 $\mu A$

Charakteristiky použité posuvky a mikrometru:

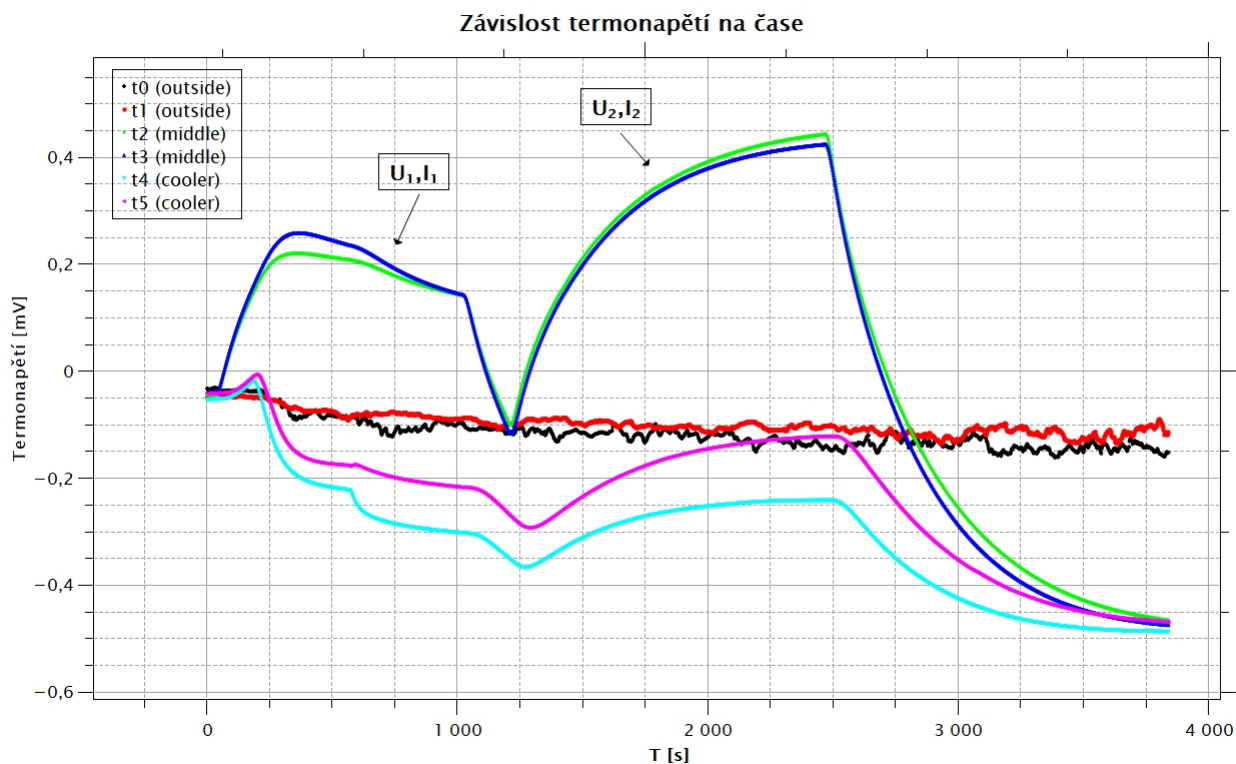
$u_B(\sigma_p)$ [mm]	$u_B(\sigma_m)$ [mm]
0.006	0.003

#### 3.1. Tepelná vodivost

Po výpočtu získáme následující hodnoty prostorových rozměrů  $a$ ,  $b$  a  $d$ :

$$\begin{aligned}a &= 20.3 \text{ [cm]}, u_C(a) = 0.2 \text{ [cm]}, \\b &= 21.3 \text{ [cm]}, u_C(b) = 0.1 \text{ [cm]}, \\d &= 12.6 \text{ [mm]}, u_C(d) = 0.03 \text{ [mm]},\end{aligned}$$

Naměřená data budou vypadat následovně:



Obrázek 1: Závislost termonapětí na čase

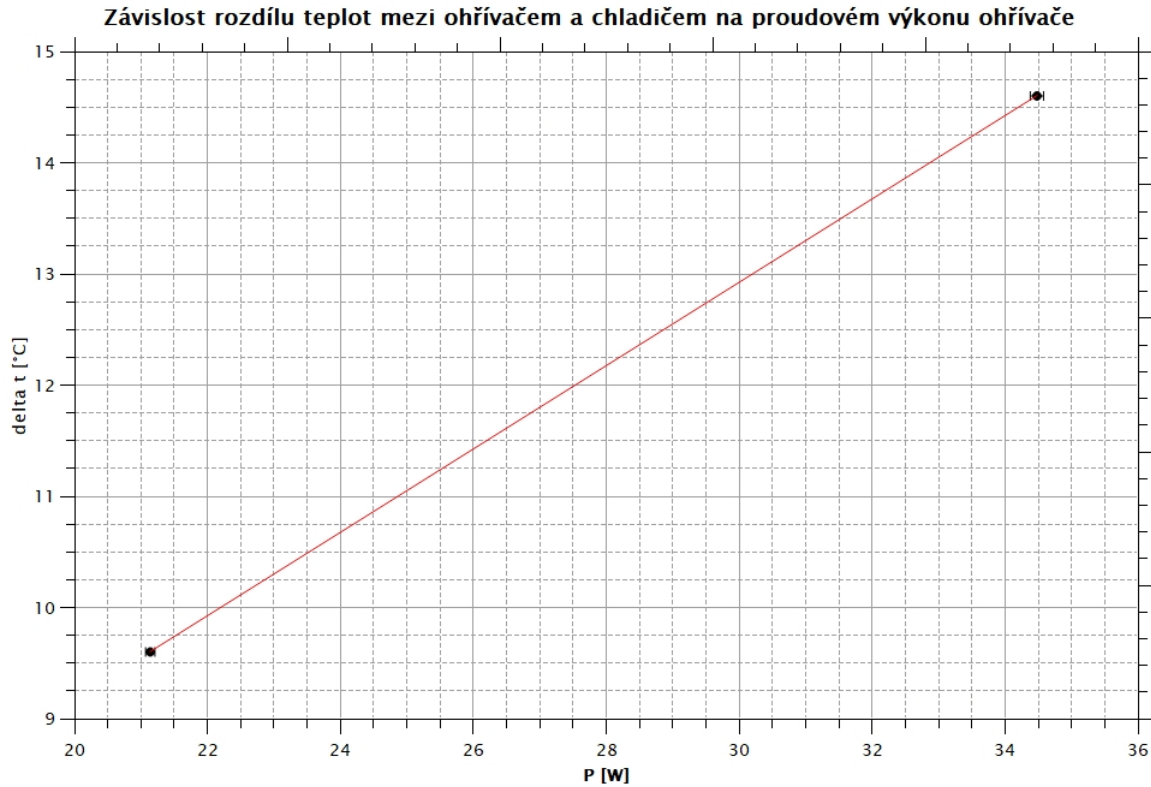
Provedl jsem měření pro dvě různé hodnoty proudu a napětí. Termočlánky  $t_2$  a  $t_4$  měří teplotu topného tělesa a chladicí kapaliny na první desce a termočlánky  $t_3$  a  $t_5$  měří teplotu topného tělesa a chladicí kapaliny na druhé desce. Označuji je jako  $t_{2-4}$  a  $t_{3-5}$ .

Vypočteme teplotu na termočláncích pro tyto hodnoty podle vzorce (1):

Hodnoty napětí [V] a proudu [A]	Teplota ohříváče [°C]	Teplota chladiče [°C]
$U_1 = 20.60(4), I_1 = 1.030(3)$	$t_{2-4} = 22.2, t_{3-5} = 22.2$	$t_{2-4} = 11.6, t_{3-5} = 13.6$
$U_2 = 26.30(5), I_2 = 1.310(3)$	$t_{2-4} = 29.3, t_{3-5} = 28.9$	$t_{2-4} = 13.1, t_{3-5} = 15.9$

Teplota v okolí je  $t_o = 18.8$  [°C]

Nyní vykreslíme teplotní rozdíl mezi ohříváčem a chladičem v závislosti na proudovém výkonu ohříváče: Odtud zjistíte sklon přímky v grafu:



Obrázek 2: Závislost rozdílu teplot mezi ohříváčem a chladičem na proudovém výkonu ohříváče

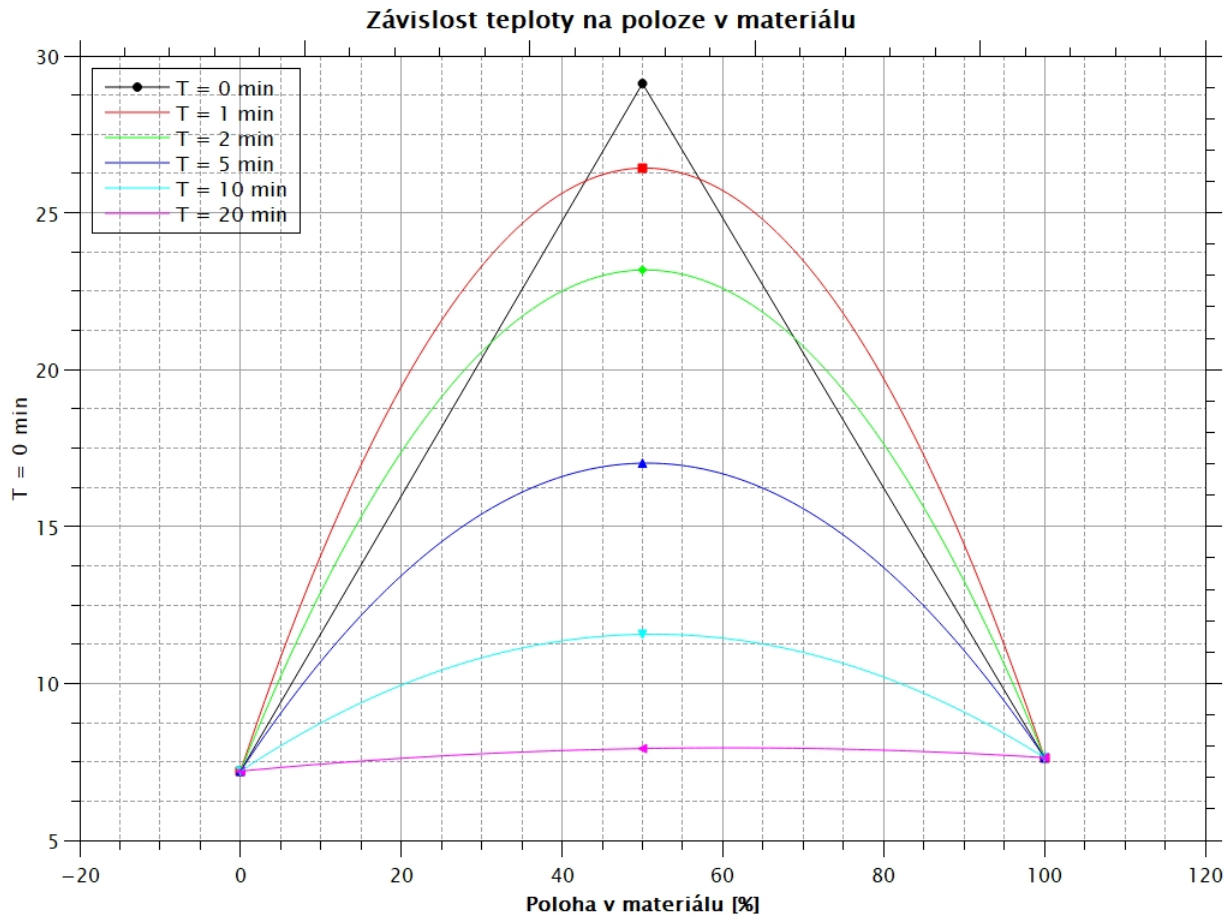
$$k = 0.75(1) \left[ \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}} \right]$$

Podle vzorce (3) zjistíme tepelný součinitel:

$$\lambda = 0.39(2) \left[ \frac{\text{W}}{\text{mK}} \right]$$

### 3.2. Teplotní gradient

Po vynesení všech potřebných údajů získáme:



Obrázek 3: Závislost teploty na poloze v materiálu

K výpočtu chyb byl použit následující kód:

```
import numpy as np
import uncertainties as u
from uncertainties import ufloat
from uncertainties.umath import *
from uncertainties import unumpy

U_1 = ufloat(20.606, 0.04)
U_2 = ufloat(26.318, 0.05)
I_1 = ufloat(1.026, 0.003)
I_2 = ufloat(1.31, 0.003)

P_1 = U_1 * I_1
P_2 = U_2 * I_2
print(P_1, P_2)

k = ufloat(4.3181620888022 * 10**(-1), 1.3671848731790 * 10**(-2))
a = ufloat(20.3 * 10**(-2), 0.2 * 10**(-2))
b = ufloat(21.3 * 10**(-2), 0.1 * 10**(-2))
d = ufloat(12.6 * 10**(-3), 0.03 * 10**(-3))

lam = d / (a*b*k*2)
print(lam)
```

## 4. Závěr

### 4.1. Tepelná vodivost

Výsledný součinitel prostupu tepla  $\lambda = 0.389 \left[\frac{W}{mK}\right]$  je vyšší než skutečná hodnota  $\lambda = 0.22 \left[\frac{W}{mK}\right]$ . To může být způsobeno nepřesným měřením sklonu grafu  $k$ . To zase může být způsobeno nepřesností při měření rozdílu teplot mezi ohříváčem a chladičem.

### 4.2. Teplotní gradient

Teplotní gradient ukazuje rozložení a změnu teploty uprostřed materiálu v čase.