

# Úloha č.10 – Tepelná vodivosť pevných látok

Vladimír Domček  
394013  
Skupina č.8

Astrofyzika  
2. semester  
22.3.2012

## Laboratórne podmienky:

Teplota: 22,5 °C  
Tlak: 100,1 kPa  
Vlhkosť: 45%

## 1 Zadanie

Vytvorenie teplotného profilu sériovo zapojených tyčí z rôznych materiálov.  
Určenie tepelnej vodivosti materiálu.

## 2 Teória

### 2.1 Tepelná vodivosť

Tepelná vodivosť je schopnosť daného kusu látky, konštrukcie viesť teplo. Predstavuje rýchlosť, s akou sa teplo šíri z jednej zahriatej časti do iných, chladnejších častí. Uvažujme o homogénnej tyči s dĺžkou  $l$  a konštantným prierezom  $S$  (Obr.1). Predpokladajme, že povrch je adiabaticky izolovaný a oba konce tyče udržiavame na konštantných teplotách  $t_1$  a  $t_2$ , pričom platí  $t_1 > t_2$ . Po dosiahnutí rovnovážneho stavu bude teplo, ktoré za čas  $\tau$  prejde tyčou rovné:

$$Q = \lambda \frac{S}{l} (t_1 - t_2) \tau \quad (1)$$



Obr.1 Homogénna tyč

kde  $\lambda$  je materiálova konštanta zvaná súčiniteľ tepelnej vodivosti.

### 2.2 Súčiniteľ tepelnej vodivosti $\lambda$

Súčiniteľ tepelnej vodivosti je výkon (tzn. teplo za jednotku času), ktorý prejde každým štvorcovým metrom dosky hrubej 1 meter, ktorej jedna strana má teplotu o 1 Kelvin vyššiu ako druhá.

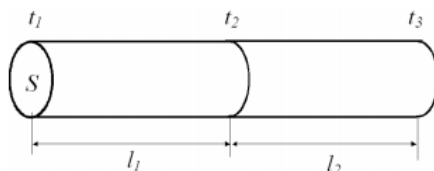
### 2.3 Sériové zapojenie tepelných vodičov

Pokiaľ dve tepelne vodivé tyče s rovnakým plošným prierezom spojíme čelnými plochami k sebe, dostaneme tzv. sériové zapojenie tepelných vodičov (Obr. 2). Pritom predpokladáme, že plášte tyčí sú dokonalé tepelne izolované. Pre jednotlivé tyče potom v analógií so vzťahom (1) platí:

$$Q_1 = \lambda_1 \frac{S}{l_1} (t_1 - t_2) \tau, \quad Q_2 = \lambda_2 \frac{S}{l_2} (t_2 - t_3) \tau \quad (2)$$

a po dosiahnutí rovnovážneho stavu:

$$Q_1 = Q_2 \quad (3)$$



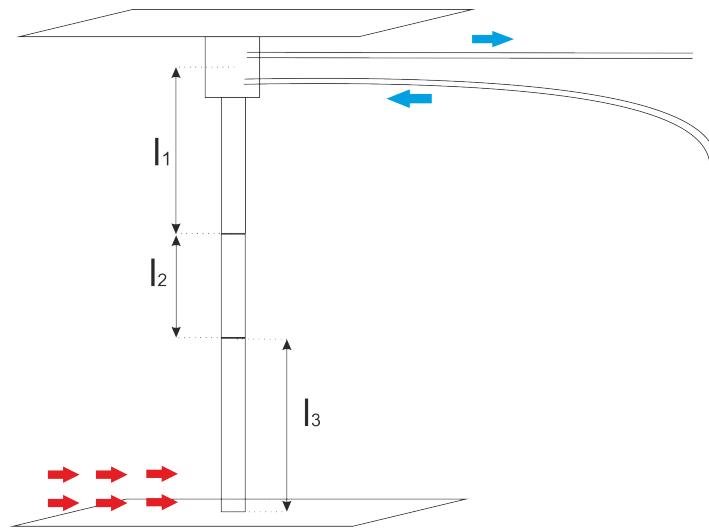
Obr.2 Sériové zapojenie

## 3 Postup

Meranie budeme robiť s tromi tyčami, ktoré k sebe sériovo priložíme. Na zaistenie maximálneho prenosu tepla medzi tyčami použijeme teplovodivú pastu. Zostrojíme konštrukciu približne podľa Obr.3. Na hornú tyč upevníme chladiaci článok, cez ktorý bude pretekať voda o teplote približne  $12^\circ\text{C}$ . Dolnú tyč budeme zohrievať horkovzdušnou pištoľou, ktorú nastavíme na  $200^\circ\text{C}$  a priložíme čo najbližšie ku konštrukcii. Po tom, čo máme všetko pripravené, spustíme chladiaci článok s horkovzdušnou pištoľou a čakáme, kým sa ustáli teplotná rovnováha. Po ustálení rovnováhy odmeriame pomocou dotykového teplomeru na vopred označených miestach teplotu a zapíšeme do tabuľky. Z týchto hodnôt vytvoríme graf teplotného profilu.

V druhej časti úlohy sa pokúsime určiť súčiniteľ teplotnej vodivosti hliníka pomocou vzťahu (4), pričom z tabuľiek poznáme túto hodnotu pre meď.

$$\lambda_1 = \lambda_2 \frac{\left(\frac{\Delta t}{\Delta l}\right)_2}{\left(\frac{\Delta t}{\Delta l}\right)_1} \quad (4)$$



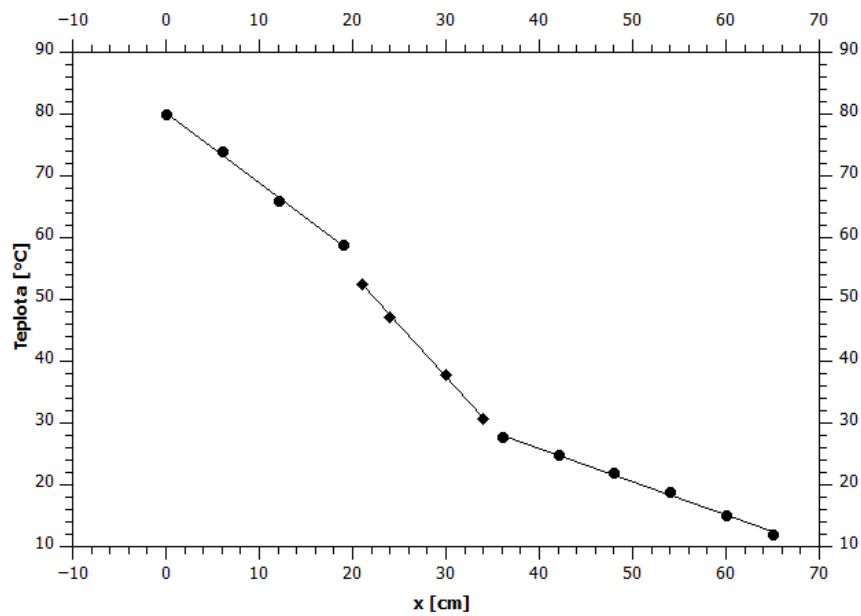
Obr.3 Konštrukcia

## 4 Meranie

$$l_3 = (20 \pm 0,1) \text{ cm} , \quad l_2 = (15 \pm 0,1) \text{ cm} , \quad l_1 = (30 \pm 0,1) \text{ cm}$$

x [cm]	0	6	12	19	21	24	30	34	36	42	48	54	60	65
t [°C]	80	74	66,1	58,9	52,5	47,2	37,8	30,6	27,7	24,9	21,9	18,8	15,1	12

Tab.1 Namerané hodnoty



Obr.4 Graf teplotného profilu

#### 4.1 Výpočet s použitím získaných hodnôt na $l_3$ a $l_2$

$$\Delta l_3 = 19 \text{ cm}$$

$$\Delta t_3 = 21,1^\circ\text{C}$$

$$\Delta l_2 = 13 \text{ cm}$$

$$\Delta t_2 = 21,9^\circ\text{C}$$

$$\lambda_3 = 338 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\lambda_{21} = \lambda_3 \frac{\left(\frac{\Delta t}{\Delta l}\right)_3}{\left(\frac{\Delta t}{\Delta l}\right)_2} = 222,82 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

#### 4.2 Výpočet s použitím získaných hodnôt na $l_2$ a $l_1$

$$\Delta l_2 = 13 \text{ cm}$$

$$\Delta t_2 = 21,9^\circ\text{C}$$

$$\Delta l_1 = 29 \text{ cm}$$

$$\Delta t_1 = 15,7^\circ\text{C}$$

$$\lambda_1 = 338 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\lambda_{22} = \lambda_1 \frac{\left(\frac{\Delta t}{\Delta l}\right)_1}{\left(\frac{\Delta t}{\Delta l}\right)_2} = 108,62 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

## 5 Záver

Z grafu na Obr.4 môžeme vidieť, že teplota sa mení pozdĺž tyče približne lineárne. Za menej spoľahlivé hodnoty považujeme tie, ktoré sú namerané v blízkosti horkovzdušnej pištole. Prvý dôvod je ten, že teplý vzduch, ktorý smeruje od pištole nám tyč obteká a nezohrieva ju na celom obvode rovnako. Druhým dôvodom je, že tento teplý vzduch nám môže zohrievať aj samotný dotykový senzor. Na aspoň čiastočné eliminovanie tejto chyby sme počas merania týchto oblastí vypínali horkovzdušnú pištoľ.

Hodnoty súčiniteľa teplotnej vodivosti nám vyšli v jednom prípade  $\lambda_{21} = 222,82 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  a v druhom prípade  $\lambda_{22} = 108,62 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ , pričom udávaná hodnota v tabuľkách pre hliník pri teplote  $20^\circ\text{C}$  je  $\lambda = 229 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . Z výsledku druhého výpočtu vidíme, že hodnota je podstatne nižšia, ako hodnota udávaná pre hliník v tabuľkách. Túto hodnotu si vysvetľujeme tak, že na časti, kde sa nachádza chladenie dochádza k oveľa väčším tepelným stratám ako v okolí horkovzdušnej pištole, ktorá zohrieva aj vzduch v jej okolí.