

## Ćwiczenie Nr 116

Temat: *Pomiar współczynnika przewodnictwa cieplnego metalu*

### 1. LITERATURA

- Sz.Szczeniowski, Fizyka dośw., cz. II.
- Praca zbiorowa pod red. T.Rewaja, Ćwiczenia laboratoryjne w politechnice, PWN, W-wa 1978.
- Praca zbiorowa pod redakcją I. Kruk o J. Typka, Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki cz. II. Wydawnictwo uczelniane Politechniki Szczecińskiej. Szczecin 2007.

### 2. TEMATY TEORETYCZNE

- Zjawiska transportu ciepła w ciałach stałych, cieczech i gazach, równanie transportu energii.
- Metody pomiaru temperatury.

### 3. METODA POMIAROWA

Szybkość przepływu energii przez pręt metalowy o dobrze izolowanych powierzchniach bocznych wyraża wzór

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = -\lambda \cdot S \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (1)$$

gdzie:  $\lambda$  - współczynnik przewodnictwa cieplnego metalu,  $S$  - przekrój poprzeczny pręta,  $\frac{\Delta T}{\Delta x}$  - gradient temperatury wzdłuż pręta. W praktyce występują straty energii i dlatego tylko część energii wydzielonej w piecyku jest przewodzona wzdłuż pręta

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = U \cdot I \cdot k \quad (2)$$

gdzie:  $k = 0,3$  jest współczynnikiem zależnym od izolacji cieplnej pręta.

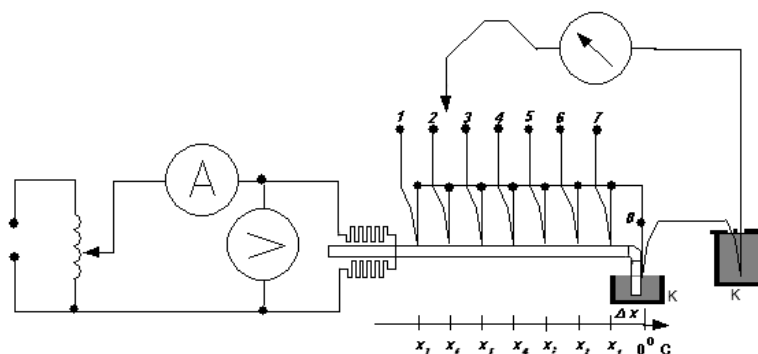
Podstawiając (2) do (1) otrzymujemy wyrażenie na współczynnik przewodzenia ciepła

$$\lambda = k \frac{U \cdot I}{S \cdot \left| \frac{\Delta T}{\Delta x} \right|} = \frac{4 \cdot k \cdot U \cdot I}{\pi \cdot d^2 \cdot \left| \frac{\Delta T}{\Delta x} \right|} \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right] \quad (3)$$

gdzie:  $U$  - napięcie na grzałce piecyka,  $I$  - natężenie prądu,  $d$  - średnica pręta.

### 4. ZESTAW POMIAROWY

Jeden koniec miedzianego pręta (o średnicy  $d=1,0$  cm i długości około 90 cm) jest ogrzewany grzałką elektryczną, drugi znajduje się w kąpeli wody z lodem. Wzdłuż pręta w odległościach co  $\Delta x=11,0$  cm umieszczonych jest siedem (7) termopar. Ósma termopara (umieszczona na końcu pręta zanurzonego w wodzie z lodem) służy do zerowania galwanometru ( $0^\circ\text{C}$ ).



Schemat zestawu pomiarowego

## 5. CZYNNOŚCI POMIAROWE

- W naczyniach oznaczonych na rysunku K umieścić mieszaninę wody z lodem (lód wyjąć z zamrażarki znajdującej się w pomieszczeniu laboratorium).
- Włączyć oświetlenie galwanometru lusterkowego G, który połączony jest z termoparami i służy do pomiaru temperatury.
- Wyzerować galwanometr. W tym celu umieścić przewód połączony z termoparą pomiarową w gnieździe oznaczonym  $0^{\circ}\text{C}$  (pkt 8 na rysunku) i pokrętelem na górnej ścianie galwanometru ustawić plamkę świetlną na cyfrze "7" z lewej strony skali.
- Włączyć zasilanie grzejnika.
- Zmierzyć napięcie  $U$  na grzejniku i natężenie  $I$  prądu płynącego przez grzejnik. Odczytu dokonujemy wybierając przełącznikiem "V-A" rodzaj wielkości mierzonej:
  - w położeniu  $V$  – odczytujemy napięcie z górnej, czarnej podziałki,
  - w położeniu  $A$  odczytujemy natężenie z dolnej, czerwonej podziałki.

Co ok. 10 minut wyzerować galwanometr (patrz pkt "c"), a następnie odczytać temperatury na siedmiu termoparach  $T_7, T_6, \dots, T_1$ .

**Uwaga:** *Jednej dużej (centymetrowej) działce na skali galwanometru odpowiada temperatura  $9^{\circ}$ ; zatem wartość temperatury*

$$T = 9^{\circ} \times \text{liczba działek } [^{\circ}\text{C}]$$

- Pomiary powtarzać aż do uzyskania wzdłuż pręta rozkładu temperatury zbliżonego do stacjonarnego. Można to rozpoznać po tym, że w danej serii pomiarów różnice temperatur  $\Delta T$  między sąsiednimi termoparami są zbliżone (tzn.

$$T_2 - T_1 \approx T_3 - T_2 \approx \dots \approx T_7 - T_6)$$

- Pomiary umieścić w tabeli:

$L_p$	$T_i$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]								$U$ [V]	$I$ [A]	$\lambda$ [ $\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$ ]	$u(\lambda)$ [ $\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$ ]
	8	7	6	5	4	3	2	1				
1	0											
2	0											
3	0							$\Delta U$ [V]	$\Delta I$ [A]			
4	0											
5	0											
$x[\text{m}]$	0,88	0,77	0,66	0,55	0,44	0,33	0,22	0,11	$d=0,01\text{m};$ $\Delta d=0,001\text{m};$	$\Delta x=0,11\text{m}$ $\Delta(\Delta x)=0,01\text{m}$		

$x$ - odległość od grzałki

$\Delta d, \Delta(\Delta x), \Delta U, \Delta I$  – to niepewności maksymalne odpowiednich wielkości

## 6. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

- a) Wyznaczyć gradient temperatury wzdłuż pręta. W tym celu:
- sporządzić wykres zależności temperatury pręta  $T[\text{K}]$  od odległości  $x$  [m] dla wszystkich serii pomiarowych.  $x_n = n \cdot \Delta x$ , gdzie  
 $n=1,2,\dots,7,8$  - numer termopary,  $\Delta x$  - odległość między termoparami;
  - dla **stacjonarnego** przepływu ciepła (zazwyczaj będzie to ostatnia seria pomiarów) korzystając z metody regresji liniowej wyznaczyć  $\frac{\Delta T}{\Delta x}$  (\*)
- b) Ze wzoru (3) wyliczyć współczynnik przewodzenia ciepła,
- c) Wyznaczyć niepewność standardową współczynnika  $\lambda$  korzystając ze wzoru:

$$u(\lambda) = \lambda \cdot \sqrt{\left[\frac{u(U)}{U}\right]^2 + \left[\frac{u(I)}{I}\right]^2 + \left[\frac{u(d)}{d}\right]^2 + \left[\frac{u(a)}{a}\right]^2}$$

$$\text{gdzie: } u(U) = \frac{\Delta U}{\sqrt{3}}; \quad u(I) = \frac{\Delta I}{\sqrt{3}}, \quad u(d) = \frac{\Delta d}{\sqrt{3}}$$

- d) Wynik końcowy przedstawić w postaci  $\lambda = \bar{\lambda}(u(\lambda))$   
[Np. zapis  $x=71(5)\text{cm}$  oznacza, że  $\bar{x} = 71\text{ cm}$  a  $u(\bar{x}) = 5\text{ cm}$ ]

---

(\*) W stanie stacjonarnym wykresem  $T(x)$  powinna być linia prosta typu

$$T = a \cdot x + b$$

Z definicji współczynnika kierunkowego prostej  $a$  wynika, że  $a = \frac{\Delta T}{\Delta x}$

Współczynnik  $a$  oraz jego niepewność  $u(a)$  należy wyznaczyć korzystając z metody regresji liniowej [wzory 16 i 17 ze skryptu cz. II - Lit. c].