

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

- Transport ciepła, 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: λ - 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.

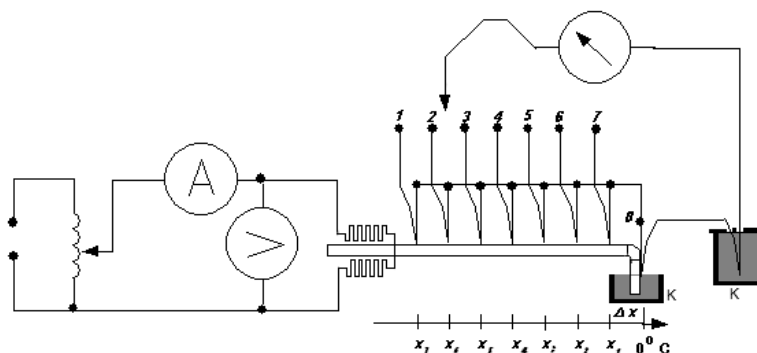
Podstawiając (2) do (1) otrzymujemy wyrażenie na współczynnik przewodzenia ciepła

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

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 kąpielu 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 galvanometru (0°C).



Schemat zestawu pomiarowego

5. CZYNNOSCI 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°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° ; 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 ΔT 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:

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

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, Δx - 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 λ 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].