

# PRZEWODNICTWO CIEPLNE IZOLATORÓW 23

## I. WSTĘP

Korzystamy z prawa przewodnictwa cieplnego sformułowanego przez J. B. Fouriera, które ma postać:

$$\Phi = \frac{dQ}{dt} = -KS \frac{dT}{dl} \quad (1)$$

gdzie  $\Phi$  jest strumieniem cieplnym, czyli ilością ciepła  $dQ$  przechodzącego przez powierzchnię  $S$  próbki w jednostce czasu (jednostką strumienia cieplnego jest J/s czyli wat),  $K$  - współczynnik przewodnictwa cieplnego materiału, z którego wykonana jest próbka,  $\frac{dT}{dl}$  tak zwany gradient temperatury mierzony

w kierunku przepływu ciepła. Przepływ ciepła następuje w kierunku powierzchni o niższej temperaturze. Jeżeli przyjmiemy, że w przypadku naszego eksperymentu przeciwległe ścianki próbki  $P$  o powierzchni  $S$  i grubości  $l$  mają odpowiednio temperatury  $T_1$  i  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ), to strumień cieplny  $\Phi$  przepływający przez próbkę po osiągnięciu stanu ustalonego, ( $T_1 - T_2 = \text{const.}$ ) wyrazi się wzorem:

$$\Phi = KS \frac{T_1 - T_2}{l} \quad (2)$$

W tym doświadczeniu źródłem ciepła jest grzejnik elektryczny. Przyjmujemy, że strumień cieplny  $\Phi = UJ$ , czyli jest równy mocy prądu dostarczanego do grzejnika, a więc, że całe ciepło wytworzone przez grzejnik elektryczny przechodzi przez próbkę do chłodnicy. Uzasadniają to także małe grubości  $l$  badanych próbek, rzędu 0,1 mm. Zatem:

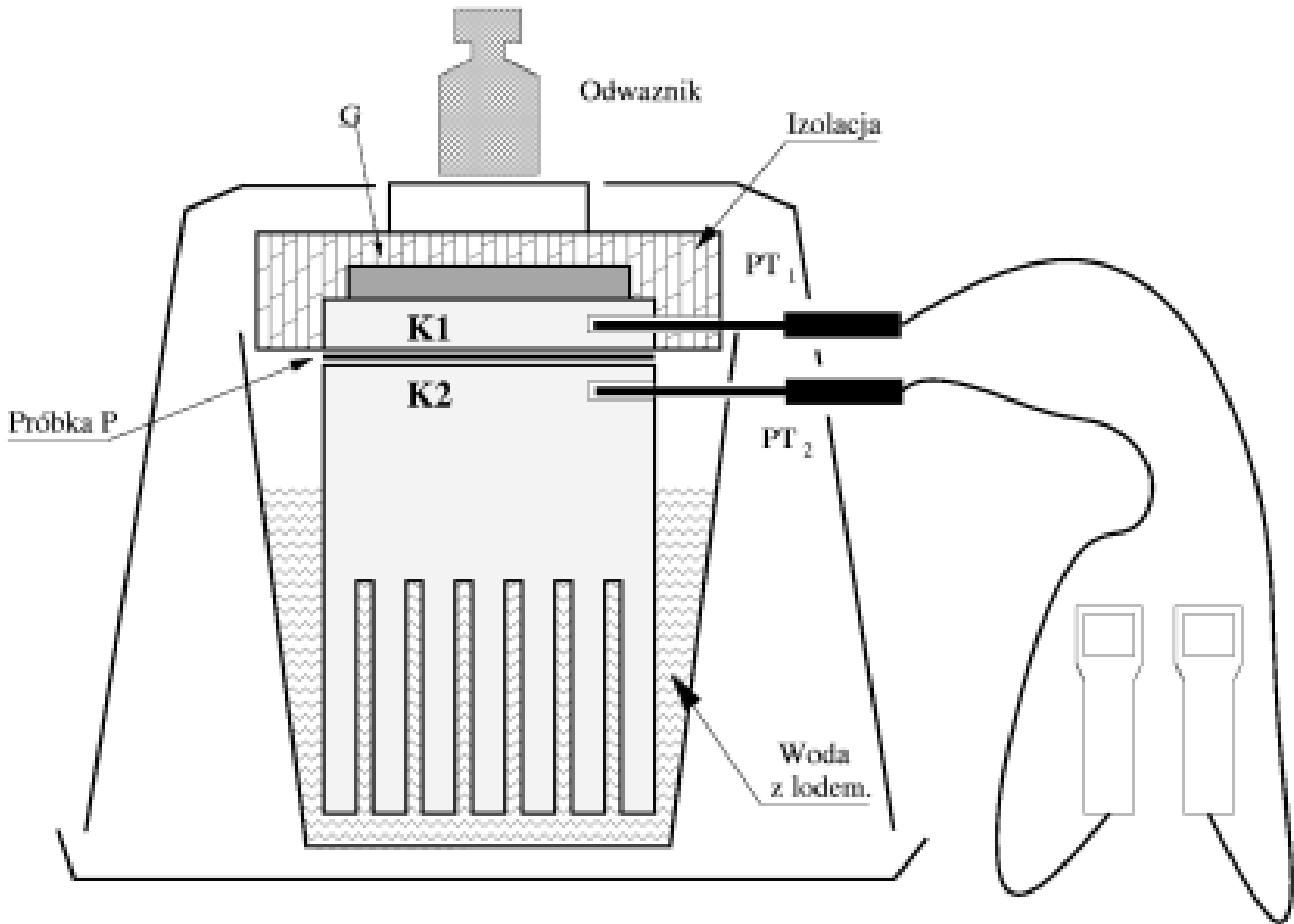
$$K = \frac{\Phi l}{S(T_1 - T_2)} = \frac{UJl}{S(T_1 - T_2)}$$

## II. OPIS EKSPERYMENTU

(3)

Schemat urządzenia pokazano na Rys. 1.

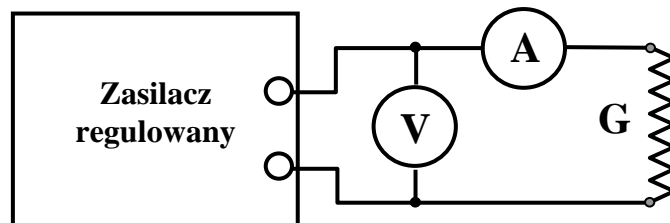
Badaną próbkę  $P$  umieszcza się pomiędzy dwiema okrągłymi płytkami metalowymi  $K_1$  i  $K_2$  (z materiału dobrze przewodzącego ciepło), o jednakowych średnicach. Płytkę  $K_1$  jest ogrzewana za pomocą grzejnika elektrycznego  $G$ , natomiast płytkę  $K_2$  jest chłodzona poprzez radiator wstawiony do mieszaniny wody z lodem. Temperatury obu płytek mierzą termometry platynowe  $Pt_1$  i  $Pt_2$ . Dla zminimalizowania wymiany ciepła z otoczeniem przyrząd pomiarowy jest przykrywany osłoną izolacyjną.



**Rys.1. Schemat urządzenia do pomiaru współczynnika przewodnictwa cieplnego izolatorów**

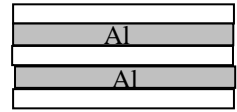
### III. POMIARY

1. Za pomocą śruby mikrometrycznej zmierzyć grubość badanych próbek (prowadzący wskaże trzy próbki). Uwaga! Nie dokręcać śruby zbyt mocno, gdyż próbka ulegnie deformacji. Suwmiarką zmierzyć średnicę płytek  $K_1$  i  $K_2$
2. Przygotować mieszaninę wody z lodem.
3. Sprawdzić, czy wskazania obu termometrów są prawidłowe. W tym celu należy umieścić sondy termometrów w naczyniu z mieszaniną wody z lodem (sondy nie mogą się stykać ze sobą!) i po 5-ciu minutach sprawdzić, czy wskazują  $0^0$  C. Ewentualne różnice uwzględnić przy opracowaniu wyników.
4. Radiator z płytą  $K_2$ . umieścić w mieszaninie wody z lodem.
5. Na powierzchni płyty  $K_2$  położyć pierwszą próbkę i przykryć ją płytą  $K_1$  z grzejnikiem. Całość obciążyć ciężarkiem 0,5 kg, aby zapewnić dobry kontakt cieplny obu stron próbki.
6. Całość przykryć osłoną izolującą.
7. Połączyć układ zasilania grzejnika elektrycznego w sposób umożliwiający pomiar mocy dostarczanej do grzejnika, np. wg schematu pokazanego na Rys. 2.



**Rys. 2. Schemat układu do pomiaru mocy dostarczanej do grzejnika**

8. W obecności prowadzącego włączyć układ do sieci i ustawić moc grzejnika na ok. 10 W.
9. Po 10, 15 i 20-tu minutach od momentu włączenia, zanotować wartości temperatur  $T_1$  i  $T_2$ . Sprawdzić, że został osiągnięty stan stacjonarny ( $T_1 - T_2 = \text{const.}$ ).
10. Identyczny pomiar powtórzyć dla drugiej próbki składającej się z trzech krążków folii plastikowej, przedzielonych dwoma krążkami folii aluminiowej (patrz rysunek obok).  
Takie „przekładańce są używane w technice niskich temperatur jako tzw. „superizolacja”.
11. Pomiar powtórzyć dla trzeciej próbki, złożonej z tych samych trzech krążków folii plastikowej, ale bez warstw aluminium.
12. Prowadzący może polecić wykonanie pomiarów dla innych próbek.



#### IV. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

1. Dla każdej próbki obliczyć wartość współczynnika przewodnictwa cieplnego  $K$ .
2. Przy badaniu „superizolacji” - porównać otrzymane wartości współczynnika  $K$  dla „przekładańca” i samej folii plastikowej - czym uzasadnić różnice?
3. W doświadczeniu tym pomiary bezpośrednie można uznać za nieskorelowane. Złożoną niepewność standardową  $u_c(K)$  oblicza się korzystając z prawa przenoszenia niepewności (patrz: Instrukcja ONP, wzór nr 15). Niepewności standardowe  $u(x_k)$  poszczególnych wyników pomiarów bezpośrednich  $x_k$  szacuje się metodą typu B (patrz: Instrukcja ONP, rozdz. 4.2.).

#### V. LITERATURA

1. S. Szczęniowski: Fizyka doświadczalna, t. II PWN Warszawa, 1976, str. 142
2. H. Szydlowski: Pracownia fizyczna, PWN Warszawa 1999, str. 414

#### VI. ZAGADNIENIA DO KOŁOKWIUM

Sposoby wymiany ciepła między różnymi ciałami: przewodnictwo; promieniowanie; konwekcja. Mechanizm przewodnictwa cieplnego w izolatorach. Definicja współczynnika przewodnictwa cieplnego  $K$  i strumienia cieplnego  $\Phi$ . Przemiany energii elektrycznej w ciepłą, prawo Joule’a - Lenza.