



**ĆWICZENIE
28**

POMIAR PRZEWODNOŚCI CIEPLNEJ IZOLATORÓW

Instrukcja wykonawcza

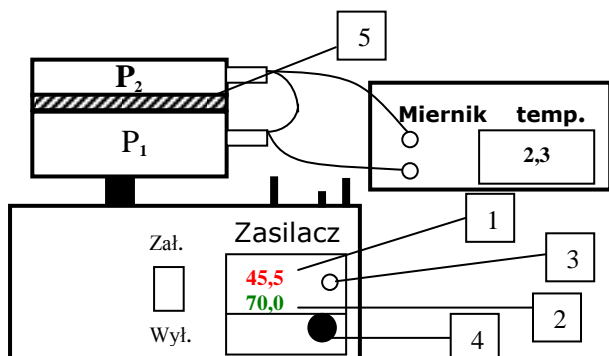
1. Wykaz przyrządów

- Urządzenie do pomiaru przewodnictwa cieplnego izolatorów
- Zasilacz z regulatorem temperatury
- Cyfrowy miernik temperatury
- Termopara
- Zestaw izolatorów
- Suwmiarka
- Śruba mikrometryczna
- Stoper

2. Cel ćwiczenia

- Wyznaczenie współczynnika przewodności cieplnej izolatora.

3. Schemat układu pomiarowego



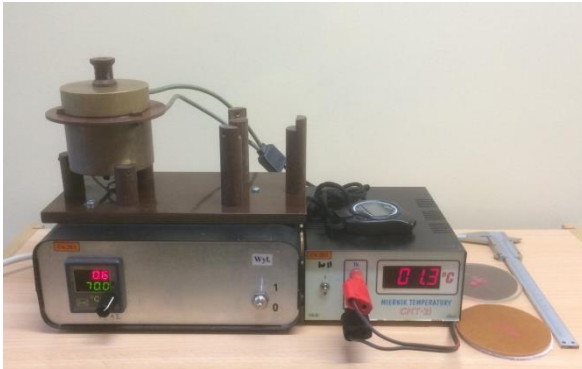
- 1- wyświetlacz rzeczywistej temperatury czujnika,
- 2- wyświetlacz nastawionej temperatury,
- 3- wskaźnik grzania,
- 4- regulacja temperatury (wciskamy-ustawiamy-wciskamy)
- 5- izolator

Rys. 1. Układ pomiarowy:

Urządzenie do pomiaru współczynnika przewodności cieplnej składa się z dwóch części: źródła ciepła P_1 ogrzewanego elektrycznie do temperatury 70°C i odbiornika ciepła P_2 , którym jest miedziana lub mosiężna płyta. Między źródłem i odbiornikiem ciepła umieszcza się badany izolator, który ma kształt płaskiego krążka.

Różnica temperatur między powierzchniami górną i dolną izolatora jest mierzona za pomocą termopary, której jedno spojenie umieszczono w górnej części źródła ciepła P_1 , a drugie w dolnej części odbiornika ciepła P_2 . Różnica potencjałów, jaka wytworzy się między dwoma spojeniami termopary jest wprost proporcjonalna do różnicy temperatur między nimi. Tę różnicę temperatur wskazuje cyfrowy miernik temperatury (dla zestawów 28/1; 28/2; 28/3 i 28/4).

Dla zestawów 28/5; 28/6; 28/7 i 28/8 zastosowano miernik temperatury TM-906A z dwoma termoparami. T_1 podłączono do źródła ciepła P_1 , T_2 podłączono do odbiornika ciepła P_2 . Aby uzyskać różnicę temperatur – włączamy miernik **ON**, przyciskamy dwa razy przycisk **FUNCTION** - na wyświetlaczu pokarze się $T_1 - T_2$, następnie przyciskamy **1°/0,1°**, by pomiar był dokładniejszy oraz przycisk **REKORD** by miernik nie wyłączał się podczas pomiarów.



Rys. 2a Stanowiska pomiarowe dla zestawów 28/1 do 28/4



Rys. 2b Stanowiska pomiarowe dla zestawów 28/5 do 28/8

4. Przebieg pomiarów

- 4.1. Dziesięciokrotnie zmierzyć suwmiarką grubość d i średnicę $2r$ odbiornika ciepła P_2 oraz średnicę $2r_1$ badanego izolatora. Grubość izolatora d_1 dziesięciokrotnie zmierzyć śrubą mikrometryczną. Obliczyć średnie wartości d , d_1 , r i r_1 i ich niepewności.
- 4.2. Położyć odbiornik ciepła P_2 bezpośrednio na źródle ciepła P_1 .
- 4.3. Włączyć regulator temperatury. W niektórych regulatorach dolny wyświetlacz wyświetla zadaną temperaturę 70°C , górny aktualną temperaturę źródła ciepła P_1 .
- 4.4. Podłączyć termoparę do cyfrowego miernika temperatury.
- 4.5. Dla zestawów 28/1; 28/2; 28/3 i 28/4 gdy odbiornik ciepła osiągnie temperaturę źródła ciepła wskazania miernika różnicy temperatur staną się bliskie zero umieścić między nimi izolator (jak na rysunku) i ogrzewać w dalszym ciągu aż do ustalenia się stanu równowagi cieplnej. Stan równowagi cieplnej jest osiągnięty, jeśli wskazanie miernika temperatury pozostaje niezmiennie przynajmniej w ciągu kilkunastu minut. Dla zestawów 28/5; 28/6; 28/7 i 28/8 gdy wartość na mierniku TM906A będzie oscylować od 0 do ok. $0,5$ wokół danej temperatury przez kilkanaście minut uznajemy to za stan równowagi). Odczytać różnicę temperatur T_Δ odpowiadającą stanowi równowagi.
- 4.6. Wyjąć płytkę izolatora i położyć odbiornik ciepła P_2 bezpośrednio na źródle ciepła P_1 . Ogrzewać w ten sposób odbiornik ciepła do temperatury o około 3° wyższej od temperatury T_Δ , która odpowiadała stanowi równowagi cieplnej (wskazania miernika różnicy temperatur będą wówczas o 3° niższe od T_Δ).
- 4.7. Przenieść odbiornik ciepła P_2 na specjalną podstawkę i zmierzyć szybkość stygnięcia odbiornika ciepła. W tym celu włączyć stoper i co 10 s notować wskazania miernika różnicy temperatur T , aż do momentu, gdy one wzrosną o około 3° powyżej T_Δ .

5. Opracowanie wyników

- 5.1. Szybkość stygnięcia zdefiniowaną jako pochodna temperatury po czasie $n = \frac{dT}{dt}$ można wyznaczyć metodą graficzną. Sporządzić wykres przedstawiający zależność wskazań miernika różnicy temperatur T od czasu t . Wykreślić styczną do wykresu $T = f(t)$ w punkcie równowagi cieplnej T_Δ . Szybkość stygnięcia n jest nachyleniem tej stycznej. Można je wyznaczyć ze wzoru

$$n = \frac{T_k - T_p}{t_k - t_p} \quad (1)$$

gdzie: T_k i t_k oraz T_p i t_p oznaczają współrzędne temperatury i czasu na początku i końcu procesu stygnięcia.

Uwaga: temperatury T_p i T_k nie są punktami pomiarowymi tylko leżą na stycznej! Obliczyć niepewność wyznaczenia szybkości stygnięcia przyjmując $\Delta T = 0.1^\circ\text{C}$ a za Δt dokładność stopera.

5.2. Obliczyć współczynnik przewodności cieplnej k według wzoru:

$$k = \frac{m_i \cdot c_i \cdot n \cdot d_1 (r+2d)}{2\pi \cdot r_1^2 \cdot T_\Delta (r+d)} \quad (2)$$

gdzie : m_i - masa odbiornika ciepła ,

$$\begin{aligned} m_1 &= (690,5 \pm 0,5) \text{ g} & m_5 &= (834,5 \pm 0,5) \text{ g} \\ m_B &= (832,5 \pm 0,5) \text{ g} & m_6 &= (834,5 \pm 0,5) \text{ g} \\ m_C &= (830,5 \pm 0,5) \text{ g} & m_7 &= (834,5 \pm 0,5) \text{ g} \\ m_D &= (621,5 \pm 0,5) \text{ g} & m_8 &= (834,5 \pm 0,5) \text{ g} \end{aligned}$$

c_i - ciepło właściwe materiału z którego wykonany jest odbiornik ciepła

ciepło właściwe miedzi $(385 \pm 1) \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$ (dla odbiornika m_1)

ciepło właściwe mosiądzu $(390 \pm 5) \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$ (dla odbiorników $m_A, m_B, m_C, m_D, m_5, m_6, m_7$ i m_8)

n - szybkość stygnięcia odbiornika ciepła

d_1, r_1 - grubość i promień płytki badanego izolatora

d, r - grubość i promień odbiornika ciepła

T_Δ - różnica temperatur w stanie równowagi cieplnej układu

5.3. Obliczyć wartości niepewności wyznaczenia k .

Które z bezpośrednio mierzonych wielkości mają największy udział w niepewności wyznaczenia k ?

Wyniki pomiarów i obliczeń wpisać do tabelki

6. Proponowane tabele (do zatwierdzenia u prowadzącego)

Tabela 1. Pomiarów parametrów, temperatury równowagi wraz z obliczonym współczynnikiem przewodności izolatora

lp.	m [kg]	c [$\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$]	n [$\frac{\text{K}}{\text{s}}$]	T_Δ [K]	d_1 10^{-3} [m]	$2r_1$ 10^{-3} [m]	$r_{1,sr}$ 10^{-3} [m]	d 10^{-3} [m]	$2r$ 10^{-3} [m]	r_{sr} 10^{-3} [m]	k [$\frac{\text{J}}{\text{m}\cdot\text{s}\cdot\text{K}}$]
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
\bar{X}											
ΔX											
$u(X)$											
$u_c(X)$											