

21

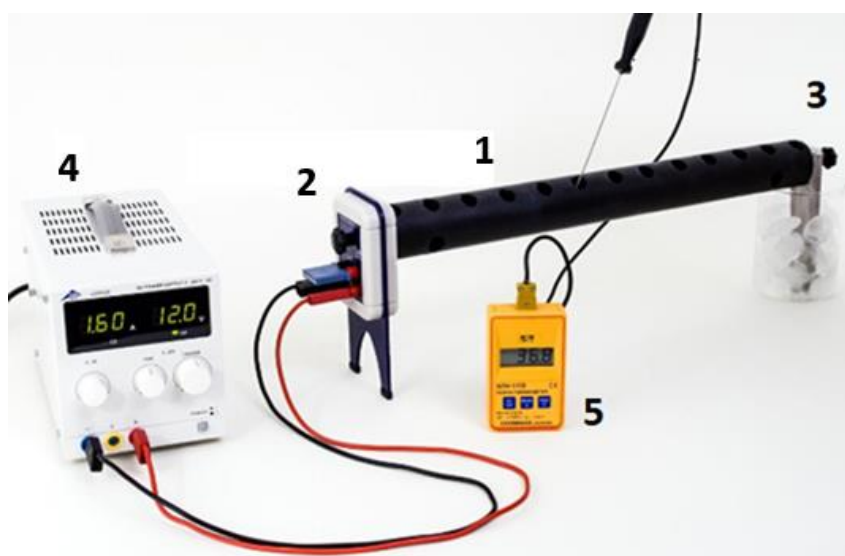
BADANIE PRZEWODNICTWA CIEPLNEGO METALI

1. ZAGADNIENIA TEORETYCZNE

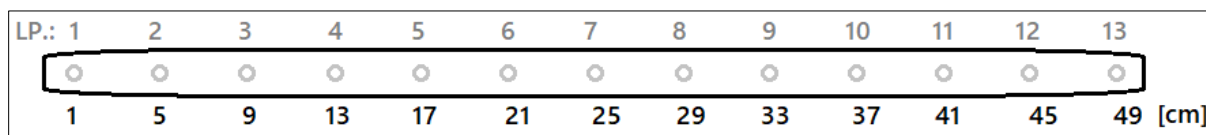
- oddziaływania międzyatomowe w ciele stałym;
- zależność sił oddziaływania pomiędzy cząsteczkami od odległości x ;
- sposoby wymiany ciepła między różnymi ciałami: przewodnictwo, promieniowanie, konwekcja;
- mechanizm przewodnictwa cieplnego w metalach;
- definicja współczynnika przewodnictwa cieplnego K i strumienia cieplnego Φ ;
- przemiany energii elektrycznej w ciepłą, prawo Joule'a - Lenza.

2. OPIS UKŁADU POMIAROWEGO

Na Rysunku 1 przedstawiono zdjęcie aparatury wykorzystywanej podczas ćwiczenia. Układ pomiarowy składa się z: 1- pręta (w osłonie z pianki izolującej) umieszczonego w pozycji poziomej na dwóch wspornikach, 2- grzejnika (przymocowanego do lewego wspornika), 3- naczynia (pełniącego funkcję tzw. zimnego końca), 4- zasilacza, 5- termometru. Na pręcie wykonano 13 drobnych wgłębień w równych odstępach – stanowią one miejsca przeprowadzenia pomiaru temperatury (poprzez przyłożenie sondy termometru).



Rys. 1. Zdjęcie układu pomiarowego do badania przewodnictwa cieplnego metali: 1) metalowy pręt w osłonie z pianki izolującej; 2) grzałka na wsporniku; 3) wspornik zanurzony w mieszaninie lodu i wody, pełniący funkcję zimnego końca; 4) zasilacz; 5) termometr.



Rys. 2. Schemat pręta z zaznaczonymi wgłębieniami, stanowiącymi punkty pomiarowe (z odpowiadającymi im odległościami liczonymi od lewej krawędzi pręta).

2. POMIARY

Zadanie 1. Pomiar rozkładu temperatury pręta w warunkach normalnych (przed grzaniem).

1. Włączyć termometr i odczekać **ok. 5 minut**, aby ustabilizował się pomiar temperatury otoczenia.
2. Zmierzyć rozkład temperatury wzdłuż pręta przykładając sondę termometru do każdego wgłębienia (punkty od 1 do 13). Każdy pomiar powinien trwać 5 sekund – dopiero po tym czasie należy zapisać wartość temperatury na karcie pomiarowej.
3. Odczekać **5 minut** i powtórzyć pomiary temperatury pręta zaczynając od drugiego końca (punkty od 13 do 1).

Zadanie 2. Pomiar rozkładu temperatury w wyznaczonych punktach pręta dla różnych czasów grzania.

Przed przystąpieniem do pomiarów należy odpowiednio przygotować układ pomiarowy:

- A. Umieścić w pojemniku mieszaninę rozdrobnionego lodu (duże kawałki) i niewielkiej ilości zimnej wody.
- B. Przygotować dodatkowy (rozdrobniony) lód w osobnym naczyniu. Będzie on niezbędny do utrzymania odpowiednich warunków w trakcie wykonywania kolejnych pomiarów.
- C. Przygotować kartę pomiarową i stoper.
- D. W celu poprawnej realizacji ćwiczenia należy zapoznać się z planem kolejnych zadań i przestrzegać reżimu odstępów czasowych między następnymi pomiarami.

Przykładowy wzór tabeli do zapisywania pomiarów:

nr punktu na pręcie →	1	4	7	10	13
↓ czas grzania					
5 minut					
10 minut					
...					

- E. Włożyć do naczynia z lodem i wodą metalowy wspornik zamocowany z prawej strony pręta (jak pokazano na Rysunku 1).

Wykonanie zadania:

UWAGA! W trakcie mierzenia nie wyłączać stopera ani zasilacza. Sondę termometru należy przytrzymać we wgłębieniu ok. 5 sekund i dopiero potem zapisać wartość temperatury.

1. Umieścić jedną sondę termometru w mieszaninie wody z lodem. W trakcie wykonywania ćwiczenia kontrolować temperaturę mieszaniny tak, aby nie przekroczyła wartości 3 °C.
2. Włączyć zasilacz i zapisać wartości napięcia U_1 i natężenia I_1 .
3. Zmierzyć wartości temperatur po czasie grzania równym **5 minuty** w wyznaczonych punktach pręta oznaczonych kolejno numerami: 1, 4, 7, 10 i 13.
4. Pomiarów temperatur wykonać **dla kolejnych czasów** grzania: 10, 15, 20, 30 i 50 minut w tych samych punktach pręta: 1, 4, 7, 10 i 13.
5. Pomiedzy pomiarami kontrolować stan „zimnego końca”. W razie potrzeby (gdy temperatura przekroczy 3 °C) dołożyć lodu do naczynia.
6. Po wykonaniu wszystkich pomiarów ponownie zapisać wartości napięcia U_2 i natężenia I_2 pracy zasilacza.

Zadanie 3. Pomiar temperatury wzdłuż pręta w stanie ustalonym – wyznaczenie współczynnika przewodnictwa cieplnego.

UWAGA! Nie wyłączać stopera ani zasilacza.

1. Aby układ osiągnął stan ustalony należy poczekać ok. **60 minut** licząc od początku trwania eksperymentu (czyli kolejne 10 minut od zakończenia Zadania 2).
2. Zmierzyć wartości temperatur w każdym punkcie zaznaczonym na pręcie od 1 do 13. Sondę termometru należy przytrzymać we wgłębieniu ok. 10 s i dopiero potem zapisać wartość temperatury.
3. Po kolejnych 10 minutach zanotować wartości temperatur we wszystkich wyznaczonych punktach przykładając sondę termometru w kolejności odwrotnej (od pkt. 13 do pkt. 1).
4. Zapisać wartości napięcia U_3 i natężenie I_3 pracy zasilacza.
5. Wyłączyć stoper, zasilacz oraz termometr.

3. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

Zadanie 1. i Zadanie 2.

1. Na jednym wykresie przedstawić zależność zmiany temperatury od mierzonego miejsca na pręcie $T(N)$ dla wszystkich wskazanych czasów grzania (Zadanie 2) oraz dla pomiaru przed grzaniem (Zadanie 1, uśrednić pomiary temperatur dla wybranych punktów $N = 1, 4, 7, 10$ i 13).
2. Na punkty na wykresie nanieść niepewności związane z wykonywaniem pomiaru temperatury. W tym celu skorzystać z pomiarów z Zadania 1 wykonanych dla całego pręta i wyznaczyć niepewność maksymalną.
3. Określić charakter (wyznaczyć funkcję) uzyskanych zależności. Sformułować wnioski.

Zadanie 3.

1. Dla stanu ustalonego (Zadanie 3) wyznaczyć zmianę gradientu temperatury między pkt. 1 a każdym kolejnym na pręcie ($\Delta T_i = T_1 - T_i$, $i = 2, 3, \dots$). Pamiętać, aby najpierw uśrednić wartości temperatur dla pomiarów po 60 i 70 minutach.
2. Sporządzić wykres zmiany gradientu temperatury w zależności od długości pręta $\Delta T(x)$. Punkty na pręcie wyrazić w jednostce długości (zgodnie ze schematem na Rysunku 2).
3. Metodą prostej regresji wyznaczyć równanie opisujące zmierzoną charakterystykę.
4. Obliczyć wartość średnią mocy elementu grzejnego $P_{G\text{śr.}}$ ze wszystkich trzech pomiarów (wykonywanych podczas eksperymentu – Zadanie 1, 2 i 3).
5. Obliczyć wartość przewodnictwa cieplnego pręta. W tym celu należy przyjąć:
 - przekrój poprzeczny pręta: $S = 490 \text{ mm}^2$;
 - moc wykorzystana i przekazana na grzanie pręta: $0,7 \cdot P_{G\text{śr.}}$.

W obliczeniach należy uwzględnić stratę 30 % mocy elementu grzejnego. Strata ta związana jest z konstrukcją urządzenia: metalowa płytka grzejna ma znacznie większą powierzchnię niż miejsce styku z prętem, część energii przekazana jest na grzanie elementów osłony.

6. Na podstawie uzyskanych wyników wskazać z jakiego materiału wykonany był pręt. W ćwiczeniu wykorzystywany jest jeden z prętów: miedziany lub aluminiowy.
7. Korzystając z Instrukcji ONP (wzór nr 18) wyznaczyć niepewność wartości przewodnictwa cieplnego pręta. Uwzględnić tu należy niepewność związaną z wyznaczeniem współczynnika kierunkowego prostej $u(a)$ (wzór nr 6 ONP) oraz niepewność związaną z pomiarem mocy $u(P)$ (niepewność maksymalna).
10. Sformułować wnioski.

4. LITERATURA

- Henryk Szydłowski - Pracownia Fizyczna, PWN Warszawa 1999.
- Szczepan Szczeniowski - Fizyka Doświadczalna, tom II, PWN Warszawa 1976.
- D. Holliday, R. Resnick, J. Walker - Podstawy Fizyki, tom 2, PWN Warszawa 2006