

Instrukcja do ćwiczenia nr 4

DROGI WYMIANY CIEPŁA

Cel ćwiczenia

Celem zadania jest zapoznanie się z teorią kinetyczno- molekularną budowy materii, wybranymi zagadnieniami termodynamiki oraz doświadczalne wyznaczenie współczynnika przewodnictwa cieplnego metalu.

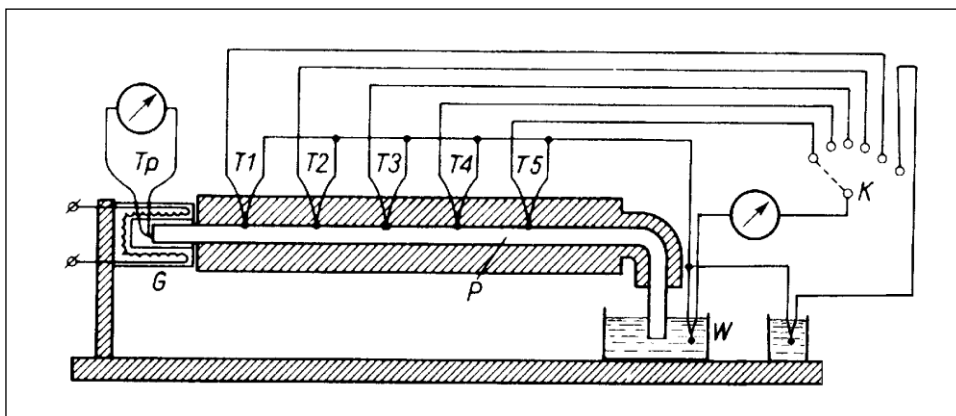
Zagadnienia do przygotowania

1. Kinetyczno - molekularna teoria budowy materii.
2. Stany termodynamiczne: ustalony i nieustalony.
3. Rozszerzalność cieplna, zjawiska termoelektryczne,
4. Drogi wymiany ciepła: przewodnictwo, konwekcja, parowanie, promieniowanie (ciało doskonale czarne).
5. Przyrządy do pomiaru temperatury (zasady pomiaru, mechanizmy działania) -termometry: cieczowe, bimetaliczne, termoelektryczne, ciekłokrystaliczne, podczerwieni i inne.
6. Skale termometryczne i zależności między nimi.
7. Telemetria.
8. Występowanie i znaczenie zjawiska rozszerzalności cieplnej w przyrodzie.

Opis i przebieg ćwiczenia.

1. WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKA PRZEWODNICTWA CIEPLNEGO METALU

1. Opis doświadczenia i przyrządów.



Rysunek. 1. Schemat układu pomiarowego do wyznaczenia współczynnika przewodnictwa cieplnego metalu.

W celu wyznaczenia współczynnika przewodnictwa cieplnego metalu, wykorzystujemy zestaw pomiarowy przedstawiony na rys.1. W zestawie piecyk G zasilany jest prądem przemiennym. Nagrzewa on koniec pręta P (o średnicy 10 mm). W piecyku i na pręcie w równych odstępach rozmieszczone są termopary ($T_1, T_2...$). Koniec pręta zanurzony jest w mieszaninie wody z lodem (W). Piecyk i boczne ścianki pręta są dobrze izolowane od otoczenia. Dzięki zastosowaniu układu termopar rozmieszczonych wzdłuż pręta możemy wyznaczyć gradient temperatury

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_n - T_1}{x}$$

gdzie x jest odległością między termoparami 1 i n (UWAGA: x nie jest wartością stałą!!!).

Wiedząc, że $S = \pi r^2$ (r - promień pręta), napięcie zasilające piecyk U_0 , napięcie zasilające piecyk z prętem U_1 zatem możemy zapisać

$$\frac{U_1^2 - U_0^2}{R} = \kappa \pi r^2 \frac{T_n - T_1}{x}$$

stąd otrzymujemy **wzór na współczynnik przewodnictwa cieplnego**:

$$|\kappa| = \frac{(U_1^2 - U_0^2)x}{\pi^2 R(T_n - T_1)}$$

Doświadczenie sprowadza się do pomiaru temperatur w układzie termopar rozmieszczonych wzdłuż pręta, napięcia U_1 i U_0 oraz oporności grzałki R .

W celu wyznaczenia współczynnika przewodnictwa cieplnego metalu należy wykonać następujące czynności:

2. Kalibracja miernika.

Uwaga: układ długo się stabilizuje (długo ustala się równowaga termiczna). Czynności kalibracyjne należy wykonać powoli i powtórzyć kilka razy.

W celu wykonania kalibracji należy:

- Ustawić przełącznik w położeniu T,
- W celu kalibracji zimnego końca termopary obie końcówki termopary umieścić w mieszaninie wody z lodem (termos)
- Wskazówka przyrządu powinna wskazywać 0°C , jeśli tak nie jest, należy ustawić ją gałką opisaną 0°C .
- Następnie w celu kalibracji ciepłego końca termopary, jeden koniec termopary T umieścić w naczyniu z wodą o wyższej temperaturze (ok. 20°C).
- Wskazówka przyrządu powinna wskazywać wartość taką jak termometr w naczyniu, jeśli tak nie jest, należy ustawić ją gałką opisaną 50°C .
- Czynności kalibracji ciepłego i zimnego końca termopary można powtórzyć, żeby upewnić się czy kalibracja została przeprowadzona prawidłowo.

3. Uruchomienie zestawu.

- Przed włączeniem **piecyka** należy watą zamknąć jego otwór tak by maksymalnie ograniczyć straty ciepła.
- Przełącznik służący do wybierania termopary, z której dokonywany jest odczyt temperatury piecyka, powinien być ustawiony na **P**.
- Włączyć piecyk.
- Dobrać tak napięcie zasilające, aby uzyskać temperaturę piecyka T_p **45-50°C** (ok. 30V na autotransformatorze – w razie wątpliwości **skonsultować się z prowadzącym**).
- W razie potrzeby można wyregulować wartość pokrętkiem autotransformatora. **Uwaga: Zmian dokonywać o bardzo małą wartość**, ze względu na dużą bezwładność cieplną grzałki piecyka. **Zmian dokonywać najlepiej w porozumieniu z prowadzącym**.
- Po **ustabilizowaniu temperatury** piecyka odczytać napięcie U_0 (zasilanie piecyka). **Temperatura musi być stała!!!**
- Po uzyskaniu zgody prowadzącego założyć piecyk na nieosłoniętą część pręta (pręt będzie pobierał ciepło z piecyka, co doprowadzi do obniżenia temperatury piecyka – odczytujemy wskazania temperatury przy pozycji **P** na przełączniku).
- Należy podnieść temperaturę piecyka do uzyskania temperatury równej temperaturze początkowej T_p (zmierzonej uprzednio-bez pręta w piecyku). W tym celu zwiększamy napięcie zasilające piecyk (o ok. 20%). **(Zmian dokonywać ostrożnie, aby nie przegrzać piecyka, wziąć pod uwagę bezwładność cieplną grzałki piecyka. Zmian dokonywać za zgodą prowadzącego!!!)**
- W trakcie stabilizowania się temperatury można wykonać pomiary z kolejnych doświadczeń.

4. Pomiary.

c

- Po osiągnięciu wymaganej temperatury odczytujemy wartość napięcia zasilającego piecyk z prętem U_1 .
- W jednakowych odstępach czasu odczytywać wskazanie miernika dla wszystkich termopar (wybieranych przełącznikiem - poz. **P, 1, ..., n**).

- Wyniki notować w tabeli wg wzorca:

U1= U2= R=

n	Seria 1 T_n [°C]	Seria 2 T_n [°C]	Seria ... T_n [°C]
1			
...			
15			

oraz zaznaczyć na wykresie $T(n)$

- Serię powtórzyć kilkakrotnie (w 5 min odstępach) do czasu otrzymania liniowego rozkładu temperatur.
- Między seriami pomiarowymi należy wykonać obserwacje w ramach kolejnych doświadczeń
- Po zakończeniu pomiarów temperatury odłączyć (**za zgodą prowadzącego**) przewody od transformatora i zmierzyć omomierzem opór elektryczny grzałki piecyka

5. Opracowanie wyników (w sprawozdaniu).

- Wykreślić zależność $T(x)$, gdzie x -odległość termopary od piecyka, T - odczytane wartości temperatur (w układzie termopar rozmieszczonych wzdłuż pręta). Dla pierwszej termopary przyjmujemy $x=0$. Odległość między **poszczególnymi** termoparami wynosi 3 cm. **Skomentować otrzymaną zależność.**
- Obliczyć κ dla poszczególnych par termopar ($T_n - T_1$ dla $n=1, \dots, 15$. dopuszczalne są obliczenia dla co drugiej pary),
 - Z uzyskanych wartości obliczyć wartość średnią $\bar{\kappa}$,
 - Wyprowadzić jednostkę
 - Ocenić otrzymany wynik (obliczyć średni błąd średniej arytmetycznej - $\Delta\kappa$).
 - Porównać otrzymany wynik z wynikiem tablicowym (dla duraluminium).
 - Skomentować wartość współczynnika duraluminium w porównaniu z innymi materiałami spotykanymi na co dzień

2. OBSERWACJA PRZEWODNOŚCI CIEPLNEJ RÓŻNYCH METALI

A.



Przyrząd do obserwacji przewodności cieplnej różnych metali i ich stopów składający się z mosiężnego krążka o średnicy ok. 20 mm, do którego przymocowanych jest 5 prętów metalowych o jednakowych wymiarach (ta sama długość i średnica przekroju), ale wykonanych z różnych metali/stopów, tj.: stal — mosiądz — aluminium — stal miękka — miedź (umowne oznaczenia na prętach, odpowiednio: S — B — A — Ss — C), zamocowany jest na statywie równoległe do podłoża (blatu)

Wykonanie doświadczenia.

- Na końcu każdego z pięciu fragmentów metali/stopów (w specjalnym zagłębieniu) wkropl identyczną ilość wody (kropli).
- Następnie, używając przy pomocy palnika spirytusowego ogrzej **środek** przyrządu.
- Zanotuj obserwację i wniosek. W sprawozdaniu zinterpretuj obserwację.

B.



Wizualizator składa się z czterech metalowych płaskowników wykonanych ze stali, mosiądzu, aluminium i miedzi, umieszczonych na wspólnej, plastikowej podstawie. Na każdym z nich umieszczony jest wskaźnik, pokazujący zmiany temperatury (min. 35 °C – czerwony, max 45 °C- niebieski). W temp. ok. 40 °C przybiera on kolor zielony, który zmienia się

w zakresie spektrum tej barwy w zależności od temperatury przewodzącego materiału. W ten sposób możemy zaobserwować jednocześnie przewodność cieplną różnych metali.

Wykonanie doświadczenia.

- Dolną część wizualizatora (poniżej ciekłokrystalicznego wskaźnika temperatury) zanurz w ciepłej wodzie (ok. 45 °C)
- Zanotuj obserwację i wnioski. W sprawozdaniu zinterpretuj obserwację.

3. PAROWANIE I PROMIENIOWANIE

1. Opis doświadczenia i przyrządów.

Kolejna część ćwiczenia to doświadczenia dotyczące parowania i promieniowania z wykorzystaniem termopar. Zestaw składa się z galwanometru i termopary. Złącza termopary są przyklejone do gąbki. Pomiary polegają na odczytywaniu wskazań galwanometru lub obserwowaniu kierunków zmian po każdej z niżej podanych czynności.

2. Pomiary.

- Pomiary rozpoczynamy od testu. Należy dotknąć palcem jednej, następnie drugiej końcówki termopary. Zaobserwować kierunek wychylenia wskazówki (środek większego świecącego prostokąta). Zanotować i zinterpretować obserwacje.
- **Promieniowanie:**
 - Na obie końcówki termopary położyć jednakowej wielkości kawałki białego papieru (końcówki powinny być jednakowo zakryte).
 - Ustawić lampkę tak, żeby końcówki były jednakowo oświetlone. Lampkę włączyć na ok.15s.
 - Doświadczenie powtórzyć kładąc dwa czarne papierki, następnie biały i czarny.
 - Zanotować wartości i kierunki wychylenia wskaźnika galwanometru
- **Parowanie:**
 - Na obie końcówki termopary położyć niewielkie skrawki waty.
 - Na **jedną** z nich nalać kroplę alkoholu obserwując jednocześnie efekt.
 - Doświadczenie wykonujemy tylko raz, tylko na jednej końcówce
 - Zanotować wartość i kierunek wychylenia wskaźnika galwanometru

1. Opracowanie wyników

- Zanotować i zinterpretować obserwacje. **Podać ich wytłumaczenie naukowe.**

4. ROZSZERZALNOŚĆ CIEPLNA METALU

1. Opis doświadczenia i przyrządów.

Następnym etapem ćwiczenia jest obserwacja zjawiska rozszerzalności liniowej metalu z wykorzystaniem układu zamontowanego na statywie oraz bimetalu

2. Obserwacje.

- Zaobserwować zjawisko rozszerzalności liniowej metalu z wykorzystaniem układu zamontowanego na statywie. Zanotuj obserwację (na czym polega doświadczenie)
- Zaobserwować działanie bimetalu
 - Osadzone w rękojeści 2 połączone ze sobą paski różnych metali należy podgrzać nad palnikiem alkoholowym. Zanotuj obserwację.
 - Zaobserwować działanie termometru bimetalicznego. Zanotuj obserwację

3. Opracowanie wyników.

- W opracowaniu opisać mechanizm działania układu do rozszerzalności liniowej.
 - Co obserwujemy? Co się dzieje z drutem? Dlaczego żarówka zapala się i gaśnie?
 - Z jakimi drogami wymiany ciepła mamy tutaj do czynienia? W wyjaśnieniu uwzględnić wpływ przepływającego prądu przez drut.
 - Opisać działanie żarówki wolframowej.
- Wyjaśnić budowę i działanie bimetalu. Opisać zastosowanie na przykładzie termostatu.



5. ZJAWISKA TERMOELEKTRYCZNE

1. Opis doświadczenia i przyrządów.

W doświadczeniu wykorzystujemy przyrząd, którego głównym elementem jest ogniwo Peltiera, w którym mogą zachodzić:

- A. **zjawisko Seebecka** – powstanie różnicy potencjałów na granicy dwóch różnych metali lub półprzewodników zależnej od temperatury. W zamkniętym obwodzie składającym się z dwóch różnych metali lub półprzewodników, których miejsca styku znajdują się w różnych temperaturach, powstaje różnica potencjałów pomiędzy złączami.
- B. **zjawisko Peltiera** – transport ciepła przez granicę dwóch różnych metali lub półprzewodników pod wpływem przepływającego przez złącze prądu elektrycznego (w efekcie ochładzanie jednej strony złącza i ogrzewanie drugiej)

2. Obserwacje.

- A. Ustawić przełącznik w pozycji „A”. Do jednego z naczyń nalać gorącej wody, do drugiego zimnej (lepiej mieszanina wody z lodem lub sam lód). Włożyć przyrząd do naczyń (jak na zdjęciu obok). Po chwili wiatrak powinien zacząć się obracać. Następnie zamienić naczynia miejscami. Zaobserwować zmianę w działaniu układu.
- B. Wyjąć przyrząd z naczyń, odczekać do wyrównania temperatur (wiatrak przestanie się obracać). Podłączyć układ do zasilacza, ustawić napięcie na 0V. Przełącznik ustawić w poz. „B” zwiększyć napięcie do tak, aby natężenie prądu osiągnęło wartość 2A. Zaobserwować jak zmienia się temperatura przyrządu. Odłączyć od zasilacza. Przełącznik ustawić w poz. A. Zaobserwować działanie układu i zmianę jego temperatury.

Obserwację powtórzyć przy przeciwnym kierunku prądu (zamienić wtyczki przy zasilaczu)

3. Opracowanie wyników.

- Zanotować i zinterpretować obserwację. **Podać wytłumaczenie naukowe.**

LITERATURA

1. *Encyklopedia fizyki*
2. B. Kędzia *Materiały do ćwiczeń z biofizyki i fizyki* PZWL W-wa 1982 str. 118-12