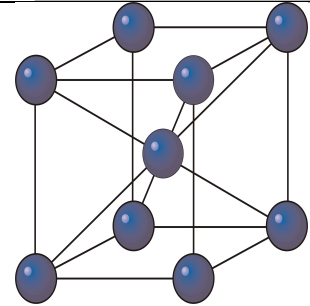


***INSTYTUT FIZYKI
WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI
I TECHNOLOGII MATERIAŁÓW
POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA***



***PRACOWNIA
FIZYKI CIAŁA STAŁEGO***



ĆWICZENIE NR FCS - 7

***CECHOWANIE TERMOELEMENTU Fe-Mo
I WYZNACZANIE PUNKTU INWERSJI***

I. Zagadnienia do opracowania

1. Przewodnictwo elektryczne.
2. Zjawisko Seebecka.
3. Zjawisko Peltiera.
4. Zjawisko Thomsona.
5. Inwersja termoelektryczna.

II. Przebieg ćwiczenia

1. Zakryć płytą ceramiczną otwór pieca oporowego.
2. Przełącznikiem obrotowym wybrać na multimetrze PC510 pozycję mV $\overline{\text{---}}$ (pomiar napięcia stałego).
3. Przyciskiem RANGE wybrać zakres 50,00 mV. Na wyświetlaczu pojawi się 00.00 mV
4. Uzupelnąć ilość wody i lodu w naczyniu.
5. Odczytać początkową temperaturę pieca, którą wskazuje termometr rtęciowy oraz odczytać wskazanie woltomierza i wyniki odczytów wpisać do tabeli pomiarów.
6. Włączyć do sieci autotransformator, sprawdzić czy zasilanie pieca jest podłączone do zacisków A autotransformatora, następnie dźwignię A autotransformatora przesunąć do wartości 40 V zaznaczonej poziomą kreską.
7. Odczytywać temperaturę pieca co 10° C i odpowiadające jej wskazania woltomierza wpisywać do tabeli pomiarów. Pomiar zakończyć przy temperaturze pieca 280° C.
8. Po osiągnięciu temperatury 280° C dźwignię A autotransformatora cofnąć do pozycji zero i wyłączyć go.
9. Wyłączyć woltomierz.
10. Odkręcić kran z wodą i schłodzić piec oporowy przy odsłoniętym otworze pieca.

III. Tabela pomiarowa

Lp	t [°C]	ε [mV]

IV. Opracowanie wyników pomiarów

1. Na papierze milimetrowym formatu A-4 sporządzić wykres zależności $\varepsilon = f(t)$. Otrzymana krzywa nosi w praktyce nazwę, krzywej cechowania termopary. W przypadku innych termopar np. NiCr - Ni, PtRh - Pt wykresem $\varepsilon = f(t)$ jest linia prosta.
2. Na podstawie krzywej cechowania badanej termopary określić:
 - a. przedział stosowalności tej termopary jako miernika temperatury. Należy pamiętać, że od każdego miernika żądamy, aby jego wskazania były jednoznaczne w tym przypadku jednej wartości ε musi odpowiadać jedna wartość temperatury t.
 - b. temperaturę punktu neutralnego - t_0 .
 - c. temperaturę punktu inwersji $-t_1$.

Krzywa cechowania badanej termopary ma przebieg paraboliczny i w przybliżeniu można ją opisać równaniem $\varepsilon(t) = a t + b t^2$; w punkcie neutralnym $\varepsilon = \varepsilon_{\max}$, więc można napisać:

$$\varepsilon_{\max} = a t_0 + b t_0^2 \quad (1)$$

natomiast dla punktu inwersji $\varepsilon = 0$, więc możemy napisać:

Ćwiczenie FCS-7: Cechowanie termoelementu (termopary) żelazo-molibden i wyznaczenie punktu inwersji

$$0 = a + bt_i \quad (2)$$

Rozwiązując układ równań (1) i (2) możemy obliczyć współczynniki a i b, które wyrażają się wzorami:

$$a = \frac{t_i \cdot \varepsilon_{\max}}{t_o(t_i - t_o)} \quad b = -\frac{\varepsilon_{\max}}{t_o(t_i - t_o)}$$

3. Metodą różniczeki zupełnej oszacować dokładność wyznaczenia współczynników a i b:

$$|\Delta a| = \left| \frac{\partial a}{\partial \varepsilon_{\max}} \right| \cdot |\Delta \varepsilon_{\max}| + \left| \frac{\partial a}{\partial t_i} \right| \cdot |\Delta t_i| + \left| \frac{\partial a}{\partial t_o} \right| \cdot |\Delta t_o|$$

$$|\Delta b| = \left| \frac{\partial b}{\partial \varepsilon_{\max}} \right| \cdot |\Delta \varepsilon_{\max}| + \left| \frac{\partial b}{\partial t_i} \right| \cdot |\Delta t_i| + \left| \frac{\partial b}{\partial t_o} \right| \cdot |\Delta t_o|$$

Przyjmując, że $|\Delta t_i| = |\Delta t_o| = |\Delta t|$ i po wykonaniu operacji różniczkowania otrzymujemy

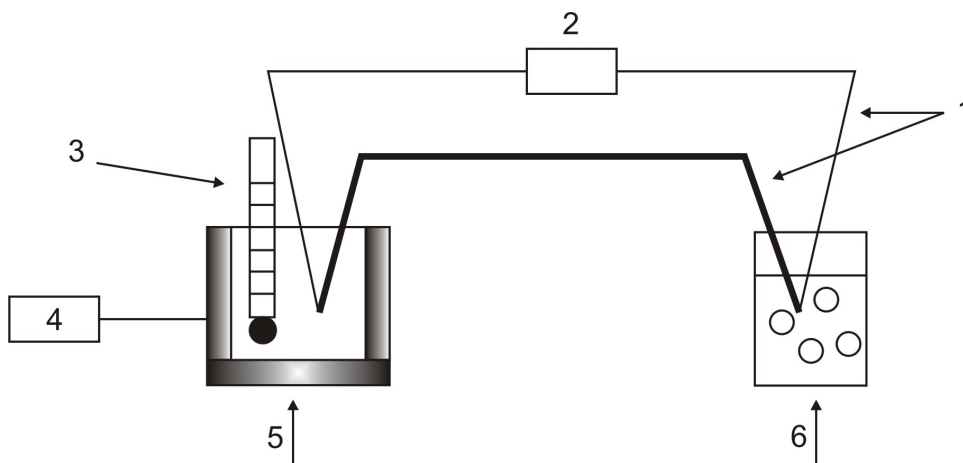
$$|\Delta a| = \left| \frac{t_i}{t_o(t_i - t_o)} \right| \cdot |\Delta \varepsilon_{\max}| + \left| \frac{\varepsilon_{\max}(t_i - t_o)}{[t_o(t_i - t_o)]^2} \cdot (t_i + t_o) \right| \cdot |\Delta t|$$
$$|\Delta b| = \left| \frac{\Delta \varepsilon_{\max}}{t_o(t_i - t_o)} \right| + \left| \frac{\varepsilon_{\max} t_i}{[t_o(t_i - t_o)]^2} \right| \cdot |\Delta t|$$

3. Przeprowadzić krótką analizę rachunku błęd.

V. Literatura

1. T. Rewaj i in. - Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki w Politechnice.
2. H Szydłowski - Pracownia fizyczna.
3. A Zawadzki, H. Hofmokl - Laboratorium fizyczne.

VI. Schemat pomiarowy



Ćwiczenie FCS-7: Cechowanie termoelementu (termopary) żelazo-molibden i wyznaczenie punktu inwersji

1 – termoelement, 2 – miliwoltomierz cyfrowy, 3 – termometr rtęciowy, 4 – autotransformator, 5 – piec oporowy, 6 – naczynie z mieszaniną wody i lodu.

Zasada sporządzania wykresów

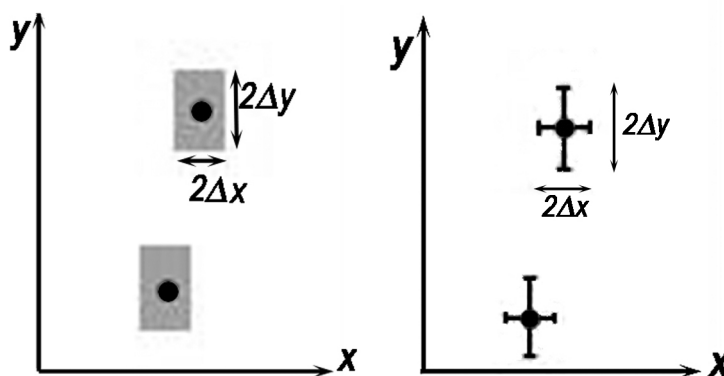
Prawidłowe opracowanie wyników pomiarów wymaga wykonania odpowiedniego wykresu. Podczas robienia wykresu należy kierować się następującymi zasadami:

1. Wykres wykonuje się na papierze milimetrym. Na układzie współrzędnych definiujemy liniowe osie liczbowe w przedziałach zgodnych z przedziałami zmienności wartości X i Y ; oznacza to, że na każdej z osi odkładamy tylko taki zakres zmian mierzonej wielkości fizycznej, w którym zostały wykonane pomiary. Nie ma zatem obowiązku odkładania na osiach punktów zerowych, gdy nie było w ich okolicy punktów pomiarowych (chyba, że w dalszej analizie konieczne będzie odczytanie wartości Y dla $X=0$). Skalę na osiach układu nanosimy zazwyczaj w postaci równooddalonych liczb. Ich wybór i gęstość na osi musi zapewniać jak największą prostotę i wygodę korzystania z nich. Na osiach wykresu muszą być umieszczone odkładane wielkości fizyczne i ich jednostki lub wymiary.

2. Punkty nanosimy na wykres tak, by były wyraźnie widoczne, zaznaczamy je kółkami, trójkątami, kwadracikami itp. Na rysunku należy zaznaczyć również niepewności pomiarowe w postaci prostokątów lub odcinków.

Graficzne przedstawienie niepewności systematycznej:

Załóżmy, że wartości x i y otrzymane z pomiarów są obarczone odpowiednio niepewnościami Δx i Δy . Oznacza to, że rzeczywiste wartości tych wielkości mieszczą się w przedziałach od $x-\Delta x$ do $x+\Delta x$ oraz od $y-\Delta y$ do $y+\Delta y$. Na wykresie zależności $Y(X)$ przedziały te wyznaczają wokół punktów (x,y) prostokąty o bokach $2\Delta x$ i $2\Delta y$. Niepewności te można również zaznaczać wokół punktu pomiarowego (x,y) poprzez odcinki o długości $2\Delta x$ i $2\Delta y$ (rys.1)



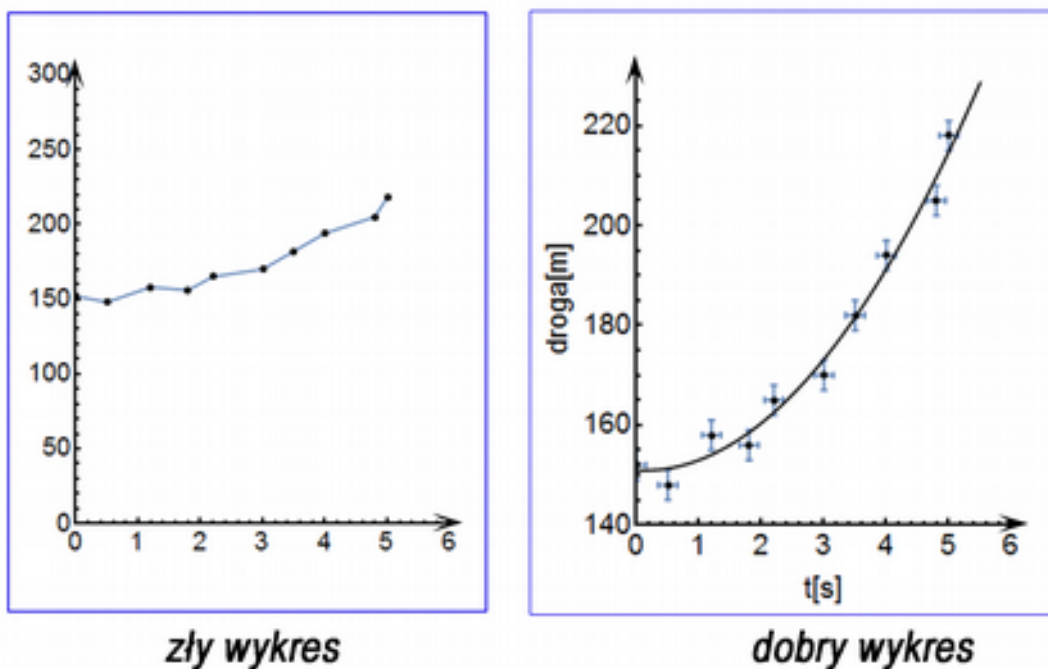
Rys.1 Zaznaczanie niepewności wokół punktów pomiarowych.

Uwaga: Jeżeli wartość zmiennej X jest dokładnie znana (czyli $\Delta x=0$), to na wykresie zaznaczamy tylko niepewności na osi zmiennej zależnej (na osi y).

Ćwiczenie FCS-7: Cechowanie termoelementu (termopary) żelazo-molibden i wyznaczenie punktu inwersji

3. Rozmiar wykresu nie jest dowolny i nie powinien wynikać z tego, że dysponujemy takim, a nie innym kawałkiem papieru (na rys.2 arkusz papieru milimetrowego zaznaczony jest kolorem niebieskim). Rozmiar powinien być określony przez niepewności pomiarowe tych wielkości, które odkłada się na osiach. Niepewność ta powinna w wybranej skali być odcinkiem o łatwo zauważalnej, znaczącej długości.
4. Następnie prowadzimy odpowiednią krzywą (nie może to być linia łamana!) tak, by przecinała w miarę możliwości punkty pomiarowe, ale nie należy dążyć do tego, aby przechodziła ona przez wszystkie punkty, ponieważ każdy z nich obarczony jest niepewnością. W przypadku dużych rozrzutów staramy się, by ilość punktów poniżej i powyżej krzywej była zbliżona - w ten sposób uśredniamy graficznie wyniki pomiarów. W przypadku zależności nieliniowych korzystamy z krzywek.
5. Każdy rysunek powinien być podpisany. Etykieta wykresu wyjaśnia, co rysunek zawiera, co reprezentują zaznaczone krzywe.

PODSUMOWANIE:



Rys.2