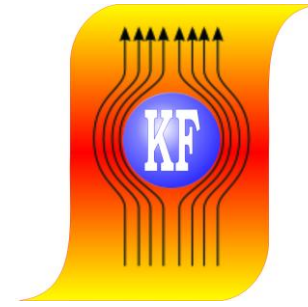
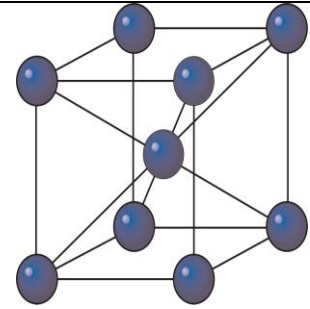


KATEDRA FIZYKI

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



***PRACOWNIA
FIZYKI CIAŁA STAŁEGO***



ĆWICZENIE NR FCS - 4

***WYZNACZANIE TEMPERATURY CURIE
FERRYTÓW***

I. Zagadnienia do opracowania

1. Własności magnetyczne materii: moment magnetyczny, namagnesowanie, podatność, przenikalność magnetyczna oraz ich jednostki.
2. Podział ciał ze względu na własności magnetyczne: ferromagnetyki, diamagnetyki, paramagnetyki, antyferromagnetyki, ferrimagnetyki.
3. Zależność namagnesowania ferromagnetyków i ferrimagnetyków od temperatury, temperatura Curie.
4. Zasada pomiaru temperatury za pomocą termopary.
5. Zasada działania transformatora.

II. Przebieg ćwiczenia

UWAGA: Wszelkich zmian połączeń w obwodzie grzejnika należy dokonywać przy odłączonym zasilaniu ze względu na możliwość porażenia prądem.

Przewody termopary są wrażliwe na uszkodzenia mechaniczne i należy obchodzić się z nimi ostrożnie.

1. Sprawdzić poprawność połączeń ze schematem.
2. Nalać wody do kalorymetru, wrzucić kilka kostek lodu uważając aby nie uszkodzić złącza termopary.
3. Ustawić odpowiednie zakresy pomiarowe mierników: woltomierza 50,0 V na zakresie napięć przemiennych, woltomierza cyfrowego 200 mV dla napięć stałych oraz miliamperomierza na zakresie 1,5 mA.
4. Włączyć do sieci transformator zasilający żarówkę miliamperomierza i ustawić na zerze położenie plamki świetlnej.
5. Autotransformatorem ustalić napięcie zasilające 40 V.
6. Notować wartości miliamperomierza dla sił termoelektrycznych termopary podanych w tabeli pomiarowej (**tab. 1**); **należy zwrócić szczególną uwagę na odczyt w otoczeniu punktu Curie ze względu na szybkie zmiany prądu.**
7. Narysować wykres cechowania termoogniwa na podstawie tabeli (**tab. 1**).
8. Narysować wykres zależności natężenia prądu w uzwojeniu wtórnym transformatora od temperatury rdzenia ferrytowego. Z wykresu $I=f(T)$ wyznaczyć temperaturę Curie ferrytu jako temperaturę dla której prąd zmaleje do połowy wartości początkowej.
9. Przeprowadzić dyskusję błędów.

III. Tabele pomiarowe

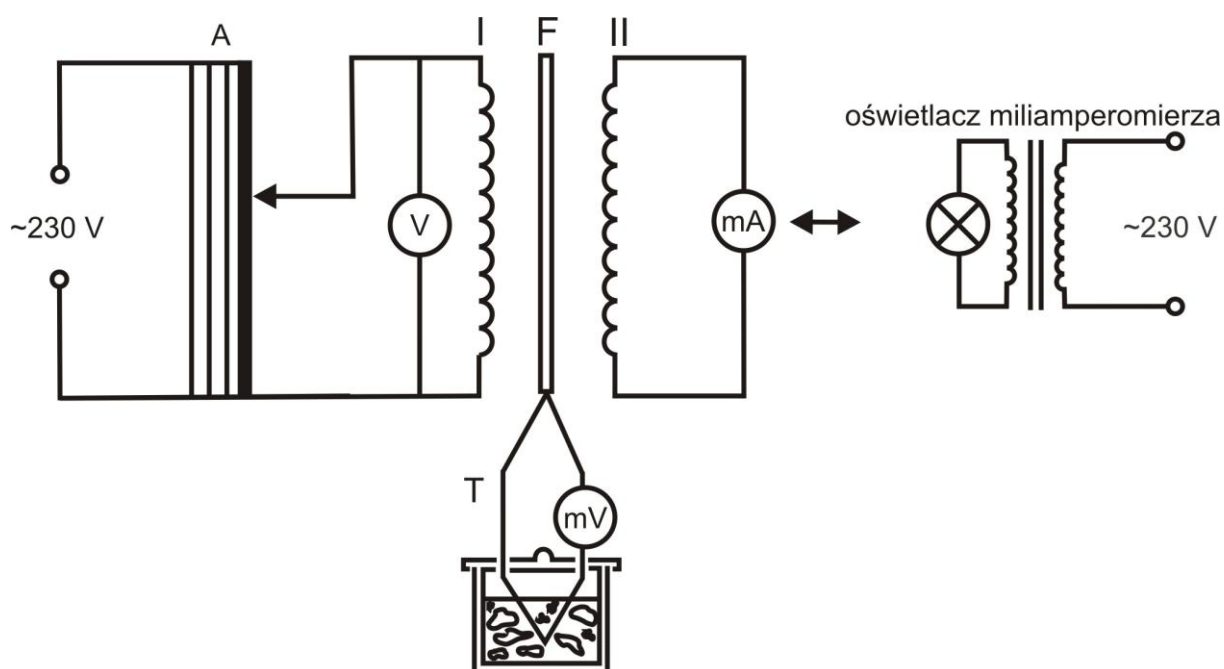
Tabela 1. Charakterystyka termoelektryczna termoelementu NiCr-Ni

Temperatura [°C]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	Siła termoelektryczna E [mV]									
0	0	0,40	0,80	1,20	1,61	2,02	2,43	2,85	3,26	3,68
100	4,10	4,51	4,92	5,33	5,73	6,13	6,53	6,93	7,33	7,73
200	8,13	8,53	8,93	9,34	9,74	10,15	10,56	10,97	11,38	11,8

E [mV]	...	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8
I [dz]														
I [mA]														
T [K]														

E [mV]	9,9	10,0	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11,0	11,1	11,2
I [dz]														
I [mA]														
T [K]														

IV. Schemat pomiarowy



F- badany ferryt

T – termopara

I – rurka kwarcowa z nawiniętym uzwojeniem grzejnym jako uzwojenie pierwotne transformatora

Ż – obwód zasilania żarówki miliamperomierza.

V. Zasada pomiaru temperatury Curie

Prąd zmienny płynący przez pierwotne uzwojenie transformatora, powoduje powstanie periodycznie (okresowo) zmiennego strumienia indukcji. W zależności od rodzaju transformatora, strumień ten przechodzi niemal całkowicie lub częściowo przez uzwojenie wtórne transformatora i indukuje w nim siłę elektromotoryczną przemienną, o tej samej częstotliwości. Wartość tej siły elektromotorycznej jest proporcjonalna do liczby zwojów cewki wtórnej. Powodem tego jest fakt, że siły elektromotoryczne indukowane w poszczególnych zwojach, sumują się. Biorąc

cewkę o bardzo dużej liczbie zwojów otrzymujemy po stronie uzwojenia wtórnego bardzo wysokie napięcie. Przeciwnie, dla cewki o bardzo małej ilości zwojów, otrzymamy na jej zaciskach niskie napięcie, które jest znacznie niższe od napięcia na cewce pierwotnej.

Prąd zmienny, płynący w uzwojeniu pierwotnym transformatora powoduje wydzielanie się ciepła i ogrzewa izolowany rdzeń ferrytowy. Temperaturę rdzenia określa się z krzywej cechowania termopary.

Natężenie prądu w uzwojeniu wtórnym zależy między innymi od przenikalności magnetycznej rdzenia ferrytowego. Gdy badana próbka osiągnie temperaturę Curie, następuje gwałtowny spadek przenikalności magnetycznej rdzenia, i natężenia prądu w uzwojeniu wtórnym. Temperatura Curie odpowiada spadkowi natężenia prądu do połowy wartości maksymalnej.

Do pomiaru temperatury Curie ferrytów wykorzystujemy:

- rurkę kwarcową, na której zostało umieszczone uzwojenie (transformator),
- cylindryczny rdzeń ferrytowy (badana próbka), umieszczony wewnątrz rurki kwarcowej,
- termoelement (termoparę), której złącza pozostają w kontakcie z rdzeniem ferrytowym i otoczeniem.

Zasada pomiaru temperatury za pomocą termopary:

Ogniwo termoelektryczne (termoogniwo) zwane też termoparą, jest stosowane do pomiaru temperatury. Stanowią je dwa odcinki drutu z różnych metali spojone końcami. Jeżeli oba złącza będą miały różne temperatury, to pojawi się różnica potencjałów czyli siłą elektromotoryczną ε . Rejestrujemy ją za pomocą galvanometru lub czułego miliwoltomierza. Wzbudzona siła elektromotoryczna:

$$\varepsilon = k(t_2 - t_1),$$

jest wprost proporcjonalna w pewnym zakresie do różnicy temperatur złączy $\Delta t = t_2 - t_1$ (nie w całym, gdyż $k(t)$ - też zależy od temperatury). Z tego względu termoparę służącą do pomiaru temperatury należy dokładnie wycechować.

Jeżeli jedno złącze umieścimy w wodzie z lodem to jego temperatura $t_1 = 0^\circ\text{C}$. Wówczas t_2 będzie temperaturą ferrytu wewnątrz pieca (cewki).

Procedura cechowania termopary:

- Jedno złącze wstawiamy do naczynia z topniejącym lodem (woda i lód w równowadze termodynamicznej pod normalnym ciśnieniem $p_0 = 101\,325\text{ Pa}$ wyznaczają dokładnie temp. $273,16\text{ K} \Leftrightarrow 0^\circ\text{C}$).
- Drugie złącze wkłada się do kąpielii o bardzo dokładnie znanej temperaturze, którą wyznaczają najczęściej znane temperatury topnienia lub wrzenia różnych substancji.

- Sporządza się wykres zależności siły elektromotorycznej ε [mV] w funkcji temperatury drugiego złącza: $\Delta t = t - 0^\circ = t$ [$^\circ\text{C}$].

Jeżeli sporządzimy krzywą cechowania czyli zależność $\varepsilon = f(\Delta t)$, a następnie zetkniemy drugie złącze z podgrzewanym magnetykiem, to możemy wyznaczyć jego temperaturę z krzywej cechowania na podstawie odczytanej na mierniku siły elektromotorycznej ε dla tej temperatury.

Ćwiczenie FCS-4: Pomiar temperatury Curie ferrytów

W ćwiczeniu używana jest termoparą NiCr-Ni, a dane do sporządzenia krzywej cechowania zawarte są w tab. 1.

VI. Literatura

1. J. Massalski „Fizyka dla inżynierów” cz. II
2. Ch. Kittel „Wstęp do fizyki ciała stałego”
3. B. Buszmanow, J. Chromów „Fizyka ciała stałego”

Zasada sporządzania wykresów

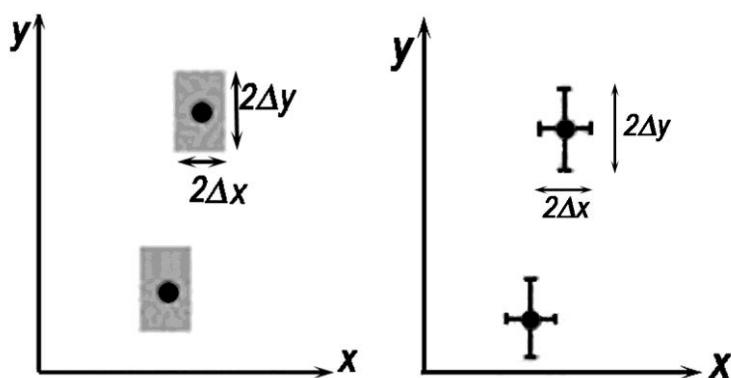
Prawidłowe opracowanie wyników pomiarów wymaga wykonania odpowiedniego wykresu. Podczas robienia wykresu należy kierować się następującymi zasadami:

1. Wykres wykonuje się na papierze milimetrowym. 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:

Założmy, 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)

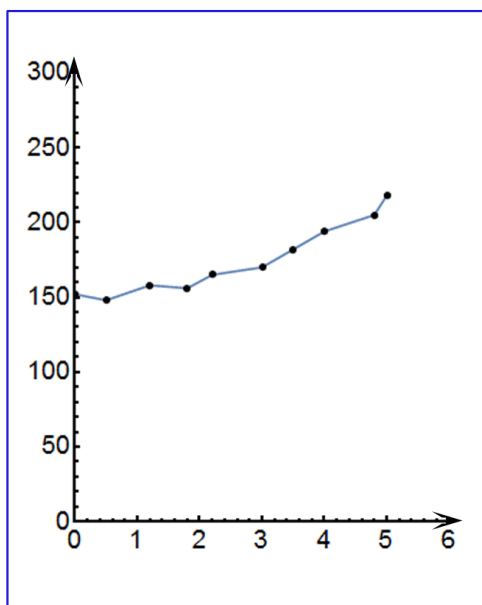


Rys.1 Zaznaczanie niepewności wokół punktów pomiarowych.

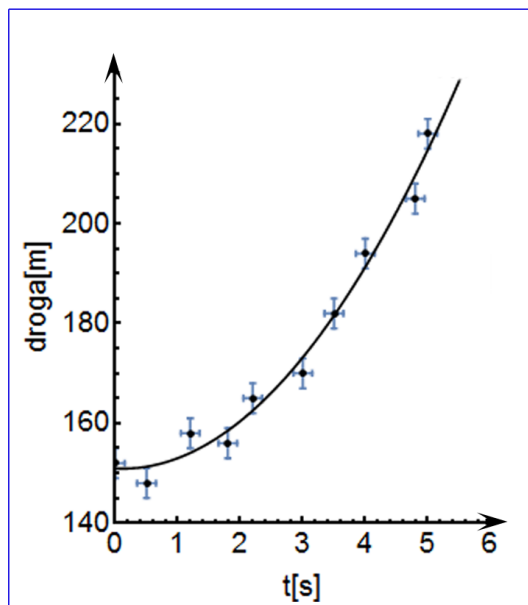
Uwaga: Jeżeli wartość zmiennej X jest dokładnie znana (czyli $\Delta x=0$), to na wykresie zaznaczamy tylko niepewności na osi zmiennej zależnej (na osi y).

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:



zły wykres



dobry wykres

Rys.2