

Laboratorium Metod Badania Własności Fizycznych		Podatność magnetyczna	Zespół w składzie:
Wydział:	Kierunek:	Rok:	
Data wykonania:	Data oddania:	Ocena:	

Cel ćwiczenia

Pomiar podatności magnetycznej i jej zależności od temperatury dla różnych klas materiałów magnetycznych: paramagnetyków, ferromagnetyków, antyferromagnetyków i nadprzewodników. Zapoznanie się z woltomierzem fazoczułym – przyrządem do pomiaru słabych napięć przemiennych i metodyką pomiarów zmiennoprądowych.

Wymagane wiadomości teoretyczne

Prawo indukcji Faradaya. Definicja momentu magnetycznego, namagnesowania i podatności magnetycznej. Rodzaje uporządkowania magnetycznego i wynikająca z nich wielkość podatności magnetycznej. Magnetyczne przejścia fazowe – temperatury Curie i Neéla. Zależność temperaturowa podatności magnetycznej dla różnych klas związków (paramagnetyki, ferromagnetyki, antyferromagnetyki, diamagnetyki, nadprzewodniki). Prawo Curie-Waissa. Zasada pomiaru podatności magnetycznej przy użyciu woltomierza fazoczułego.

Literatura

- D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Podstawy Fizyki, tom 3*, PWN (wydanie dowolne).
- C. Kittel, *Wstęp do fizyki ciała stałego*, PWN (wydanie dowolne).
- S. Blundell, *Magnetism in Condensed Matter*, Oxford University Press (wydanie dowolne).

Instrukcja wykonania ćwiczenia

1. Wyznaczyć parametry sondy do pomiaru pola – zmierzyć średnicę i policzyć liczbę zwojów – i umieścić ją we wnętrzu aparatury pomiarowej.
2. Uruchomić obwód zasilania cewki wytwarzającej zmienne pole magnetyczne (generator mocy).
3. Ustalić warunki pracy generatora (niezmienne do końca ćwiczenia):
 - częstotliwość pracy między 110Hz a 390Hz (unikając wielokrotności 50Hz),
 - napięcie mniej więcej w połowie skali.
4. Włączyć nanowoltomierz fazoczuły. Ustawić czułość w zakresie mikrowoltowym. Stała czasowa „pre” 300ms, „post” 0.1s. Pozostałych parametrów nie zmieniać. Po prawej stronie nanowoltomierza jest przełącznik przełączający pomiędzy fazą a częstotliwością. Przełączyć się na chwilę na częstotliwość i zapisać ją, po czym wrócić na fazę.
5. Na danym ustawieniu fazy wyzerować odczyt przy pomocy przycisków „fine”. Następnie przełączyć fazę o 90 stopni.
6. Wykonać pomiar napięcia dla sondy pomiarowej znajdującej się w układzie magnesów. Znaleźć wartość maksymalną. Wyjąć cewkę i odczytać wartość tła. Wyznaczyć wartość B_0 pola magnesującego - punkt A opracowania wyników.
7. Podłączyć wyjście cewek na wejście nanowoltomierza.
8. Wstawić do układu próbkę niklu (o najsilniejszym sygnale magnetycznym). Przesuwając w górę i w dół przy pomocy mosiężnego pokrętła. Notować (w funkcji pozycji) napięcie U_{Ni} (z próbką) oraz napięcie tła, U_{bg} , otrzymane każdorazowo po wysunięciu próbki na zewnątrz cewek. Zbadać zależność napięcia od położenia, punkt A opracowania wyników, i ustalić pozycję maksymalnego sygnału.

9. Wyznaczyć podatność magnetyczną próbki Ni, wynik zapisać w punkcie B opracowania.
10. Wykonać pomiar podatności w temperaturze pokojowej dla innych próbek. Wyniki zapisać w punkcie B opracowania i porównać z danymi literaturowymi.
11. Następnie przygotować układ do wykonania pomiaru zależności podatności w funkcji temperatury dla kilku próbek. Uruchomić układ do pomiaru temperatury (patrz instrukcja w pracowni, rys.6). Wlać niewielką ilość azotu w celu schłodzenia próbki. Odczekać do ustalenia temperatury w pobliżu 90K.
12. W zależności od dostępnego czasu wykonać pomiary w funkcji temperatury dla próbki nadprzewodnika wysokotemperaturowego (gwałtowny skok podatności przy przejściu nadprzewodzącym) oraz gadolinu (przejście paramagnetyk-ferromagnetyk. Wyniki pomiarów zapisywać sukcesywnie w punkcie C opracowania.
13. Na zakończenie wyłączyć wszystkie urządzenia elektryczne i uporządkować stanowisko pracy.
14. Dokończyć opracowanie wyników i podsumować ćwiczenie.

Wstęp teoretyczny

Powinien zostać przygotowany przed zajęciami i zawierać zestawienie informacji z punktu „Wymagane wiadomości teoretyczne”. Jego długość nie powinna przekraczać dwóch stron.

Opracowanie wyników

Studenci wykonują opracowanie wyników podczas zajęć. Ocena z ćwiczenia jest wypadkową przygotowania teoretycznego, staranności wykonania pomiarów oraz jakości i ilości wykonanych punktów opracowania.

A. Charakterystyka układu pomiarowego

Z prawa indukcji Faradaya napięcie powstające na skutek umieszczenia cewki w przemiennym polu magnetycznym $B_0(t)$ wyraża się wzorem:

$$U_x(t) = NSB_{0,\max} \cos \omega t,$$

gdzie S to pole przekroju cewki (sondy), N to ilość jej zwojów, ω to częstość kątowna gdzie $\omega=2\pi f$, a f to częstość ustawiona na generatorze mocy na początku ćwiczenia. Znając napięcie U_x (napięcie odczytywane z nanowoltomierza) można policzyć maksymalną wartość pola magnetycznego $B_{0,\max}$, w którym znajduje się cewka. Pole to można obliczyć ze wzoru:

$$B_{0,\max} = \sqrt{2} \cdot \frac{U_x}{N S \omega}$$

gdzie czynnik $\sqrt{2}$ pojawia się ze względu na to, że woltomierz mierzy wartość skuteczną przemiennego napięcia.

$$B_{0,\max} = \text{-----} = \text{-----} = \text{-----} [\quad].$$

W poniższej tabeli zapisać wyniki pomiarów maksymalnego napięcia indukcji i tła oraz wyznaczonej podatności dla wybranych próbek, obliczonej przez porównanie do próbki wzorcowej przy użyciu zależności:

$$\frac{\chi_x m_x}{\chi_{wz} m_{wz}} = \frac{U_{\max,x} - U_{bg,x}}{U_{\max,wz} - U_{bg,wz}} \quad \text{lub} \quad \frac{\chi_x m_x}{3V_{wz}} = \frac{U_{\max,x} - U_{bg,x}}{U_{\max,wz} - U_{bg,wz}}.$$

[illegible]

C. Zależność podatności od temperatury

Mierzone napięcia należy zapisywać w poniższych tabelach: napięcie termopary U_t i napięcie U_x z miernika cyfrowego podłączonego do woltomierza fazoczułego. Następnie obliczyć:

- temperaturę T znając U_t , (użyć tabel kalibracyjnych)
- napięcie ($U_x - U_{bg}$) znając U_x
- podatność magnetyczną χ .

Nadprzewodnik

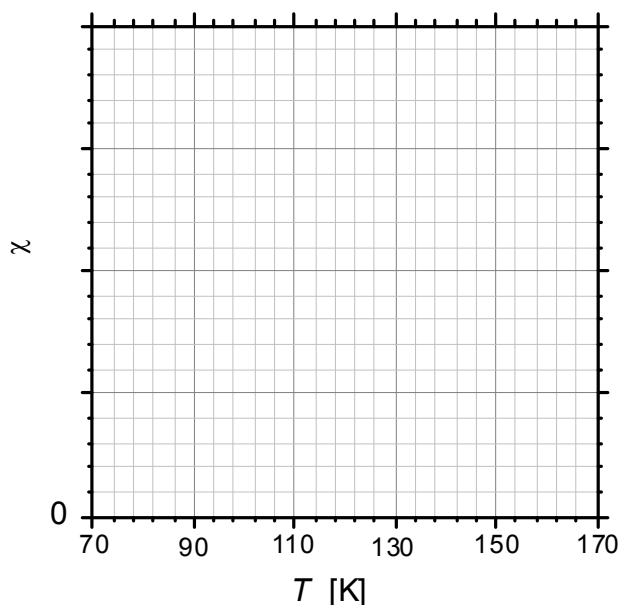
[illegible]

Gadolin (Gd)

[illegible][illegible]

Dla nadprzewodnika

sporządzić wykres podatności w funkcji temperatury, określić wartość temperatury przejścia w stan nadprzewodzący T_c w mierzonej próbce, porównać otrzymaną wartość z temperaturami przejścia dla innych znanych nadprzewodników.



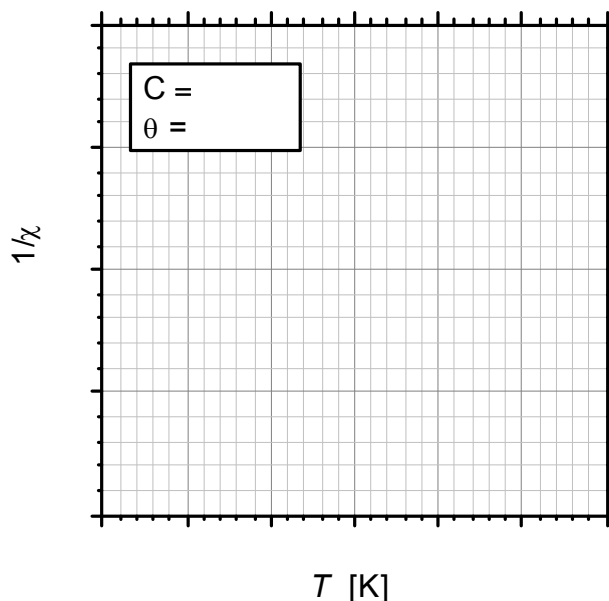
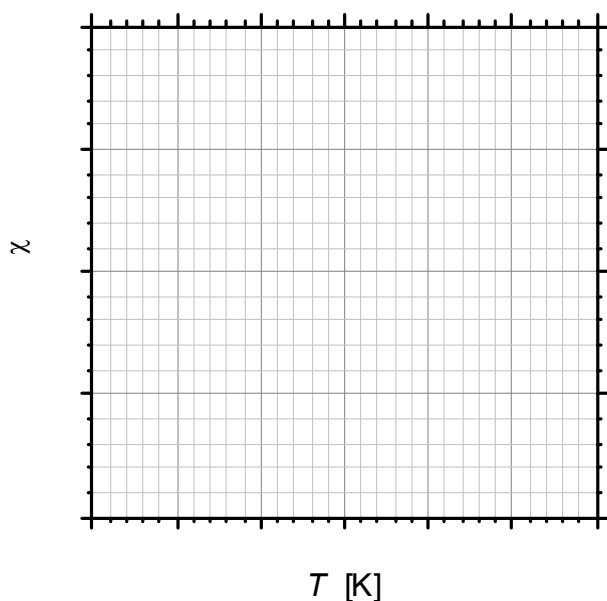
Dla gadolinu

sporządzić wykresy podatności χ oraz $1/\chi$ w funkcji temperatury (samemu wybrać zakres danych na obu osiach).

Dla zależności $\chi(T)$ w zakresie paramagnetycznym dopasować krzywą w postaci $\chi = \frac{C}{T - \Theta} - \chi_{bg}$,

gdzie C to stała dopasowania a χ_{bg} to podatność odpowiadająca napięciu tła. **UWAGA**, jeśli napięcie tła zostało odjęte przed obliczeniem podatności nie należy uwzględniać χ_{bg} w dopasowywanej krzywej.

Dla zależności $1/\chi(T)$ (po odjęciu sygnału tła) wyznaczona zależność w zakresie paramagnetycznym powinna być linią prostą, określić ile wynosi temperatura Curie Θ (punkt przecięcia prostej z osią x) oraz jej błąd. Czy otrzymana wartość zgadza się z wartością teoretyczną?



Podsumowanie

Należy zwięźle opisać przebieg ćwiczenia i jego najważniejsze wyniki.