

Laboratorium Metod Badania Własności Fizycznych	<b>6</b>	<b>Podatność magnetyczna</b>	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. 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. Włączyć woltomierz fazoczuły w celu ustabilizowania jego warunków pracy (ok. 15 minut).
2. Wyznaczyć parametry sondy do pomiaru pola – zmierzyć średnicę i policzyć liczbę zwojów – i umieścić ją we wnętrzu aparatury pomiarowej.
3. Zestawić układ pomiarowy według schematu umieszczonego w instrukcji do ćwiczenia znajdującej się w pracowni (rys. 2) i uruchomić obwód zasilania cewki wytwarzającej zmienne pole magnetyczne (generator mocy).
4. Ustalić warunki pracy generatora (niezmienne do końca ćwiczenia):
  - częstotliwość pracy między 110Hz a 390Hz (unikając wielokrotności 50Hz),
  - napięcie rzędu 1V.
5. Przygotować woltomierz fazoczuły ustalając częstotliwości dla filtrów dolno- i górno-przepustowego (w zależności od wybranej częstotliwości pracy), *sensitivity* z zakresu 0.1-3mV, stałą czasową 0,3 lub 1s. Sprawdzić działanie przesuwника fazy znajdując wartość  $\theta$ , dla której napięcie wyjściowe jest maksymalne. Zapisać tę wartość i nie zmieniać jej do końca ćwiczenia.
6. Wykonać pomiar napięcia odczytując wartość ze wskaźnika cyfrowego woltomierza i przemnażając przez zakres pomiarowy. Wyznaczyć wartość  $B_0$  pola magnesującego - punkt A opracowania wyników.
7. Usunąć sondę do pomiaru pola i podłączyć wyjście cewek mierzących podatność na wejście przedwzmacniacza woltomierza.
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. Powtórzyć pomiar dla silnych paramagnetyków ( $Gd_2O_3$  i/lub  $Er_2O_3$ ), odpowiednio dobierając zakres pomiarowy aby uzyskać optymalne wskazania woltomierza (maksymalna wartość poniżej nasycenia). Przy pomocy tych pomiarów wykonać cechowanie podatności – punkt *B* opracowania wyników.
11. Wykonać pomiar podatności w temperaturze pokojowej dla innych próbek. Wyniki zapisać w punkcie *B* opracowania i porównać z danymi literaturowymi.
12. 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). Włączyć niewielką ilość azotu w celu schłodzenia próbki (umieszczając wcześniej w układzie grzejnik z ołowiem, jako balastem cieplnym). Odczekać do ustalenia temperatury w pobliżu 90K. Wykonać pomiar  $U$  oraz  $U_{bg}$  dla paramagnetyka. Wynik zapisać w punkcie *B* opracowania. Układ jest gotowy do pomiaru w funkcji rosnącej temperatury.
13. W zależności od dostępnego czasu wykonać pomiary w funkcji temperatury dla próbki antyferromagnetycznego Dy (przejście Neéla w 179K) i/lub nadprzewodnika wysokotemperaturowego (gwałtowny skok podatności przy przejściu nadprzewodzącym). Wyniki pomiarów zapisywać sukcesywnie w punkcie *C* opracowania.
14. Na zakończenie wyłączyć wszystkie urządzenia elektryczne i uporządkować stanowisko pracy.
15. 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

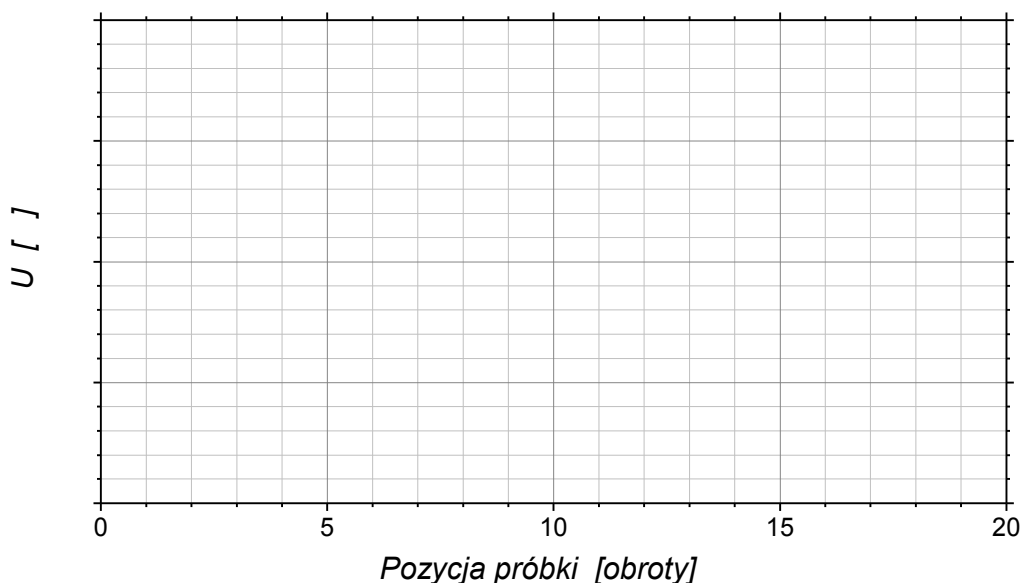
Korzystając z prawa indukcji elektromagnetycznej Faradaya,

$$U_H(t) = N_H S B_{0,\max} \cos \omega t,$$

wyznaczyć wartość  $B_0$  pola magnesującego w układzie pomiarowym.

$$B_{0,\max} = \frac{U_H(t)}{N_H S \cos \omega t} = \frac{U_H(t)}{N_H S} = \frac{U_H(t)}{N_H S} \quad [ \quad ].$$

Następnie narysować na poniższym wykres zależności indukowanego napięcia w funkcji pozycji próbki Ni w układzie detekcyjnym. Zaznaczyć punkty pomiarowe symetrycznie względem maksimum w zakresie ok.  $\pm 10$  obrotów śruby mikrometrycznej.



### B. Podatność magnetyczna

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:

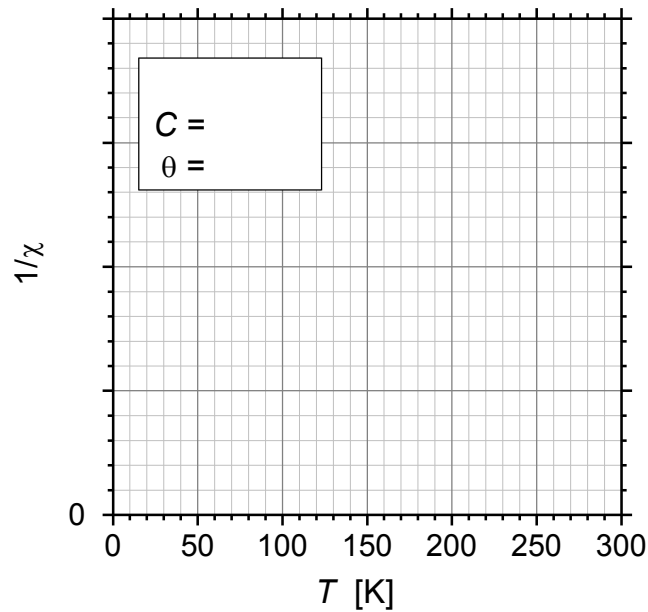
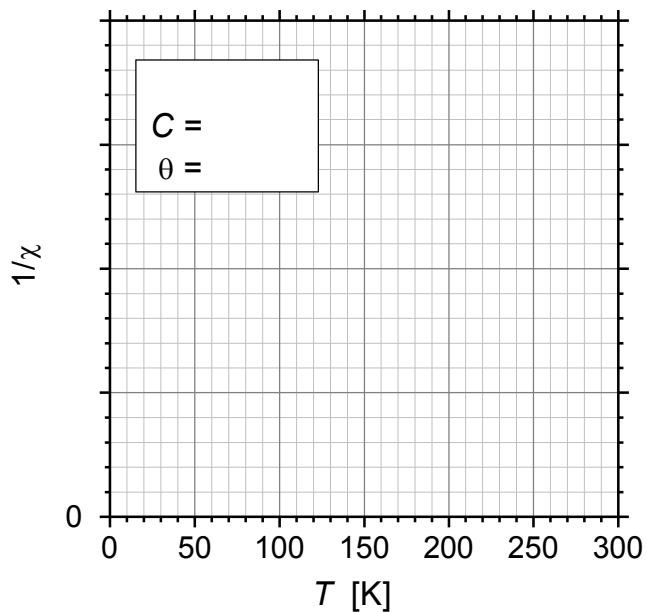
$$\frac{\chi_x m_x}{\chi_{wz} m_{wz}} = \frac{U_{\max,x} - U_{bg,x}}{U_{\max,wz} - U_{bg,wz}} \quad \text{lub} \quad \frac{\chi_x m_x}{3V_{wz}} = \frac{U_{\max,x} - U_{bg,x}}{U_{\max,wz} - U_{bg,wz}}.$$

Próbka	$m$ [mg]	$U_x$ [mV]	$U_{bg}$ [mV]	$\chi_{\text{pomiar}}$ [ ]	$\chi_{\text{teoria}}$ [ ]
.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....

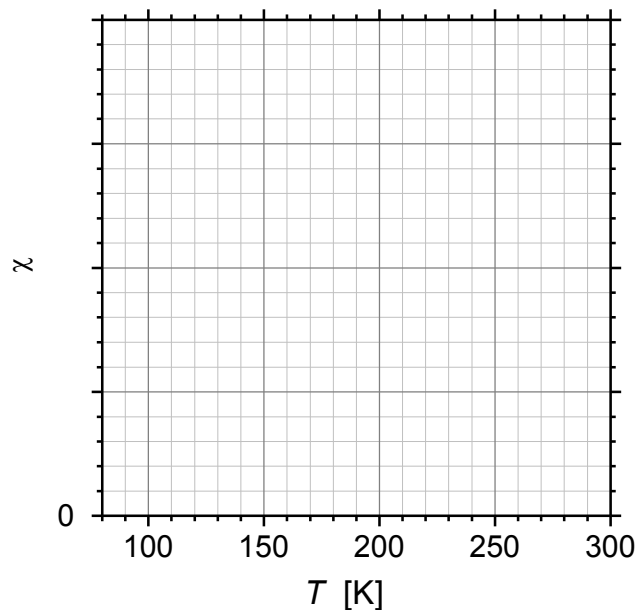
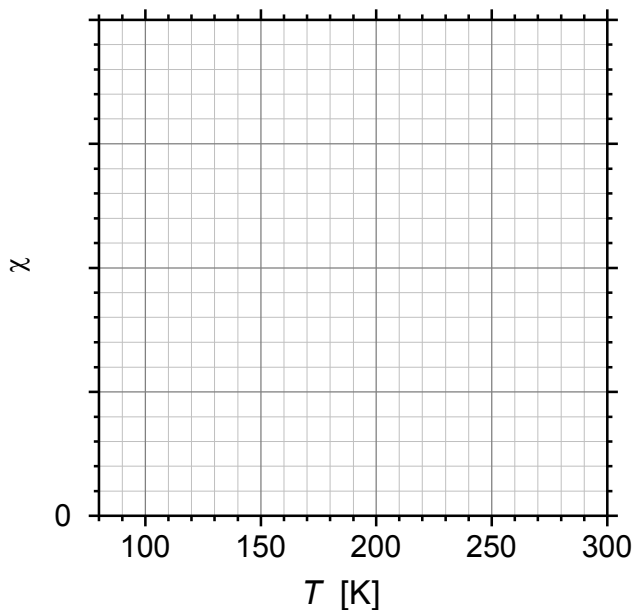
.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....



Na podstawie uzyskanych wyników sporządzić odpowiednie wykresy odwrotności podatności od temperatury dla paramagnetyka(ów). W oparciu o prawo Curie-Waissa dopasować wyniki pomiarów dla paramagnetyków (po dwa punkty pomiarowe) i wyznaczyć stałą Curie i parametr  $\theta$ .



Wykreślić zależności podatności od temperatury dla antyferromagnetyka i nadprzewodnika. Zaznaczyć strzałkami charakterystyczne temperatury i podać ich wartości w postaci etykiet.



## Podsumowanie

Należy zwięźle opisać przebieg ćwiczenia i jego najważniejsze wyniki.