

## Ćwiczenie E14

# Pomiar temperatury Curie ferromagnetyków

### E14.1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie temperatury Curie ferromagnetyka wykorzystując zależność indukcyjności cewki od względnej przenikalności magnetycznej jej rdzenia.

### E14.2. Zagadnienia związane z tematyką ćwiczenia

- Pole magnetyczne i wielkości je opisujące,
- własności magnetyczne ciał,
- ferromagnetyzm, paramagnetyzm, diamagnetyzm,
- oddziaływanie materiałów z zewnętrznym polem magnetycznym,
- pole magnetyczne wewnątrz cewki z prądem,
- indukcyjność cewki, sens fizyczny i wymiar,
- temperatura Curie.

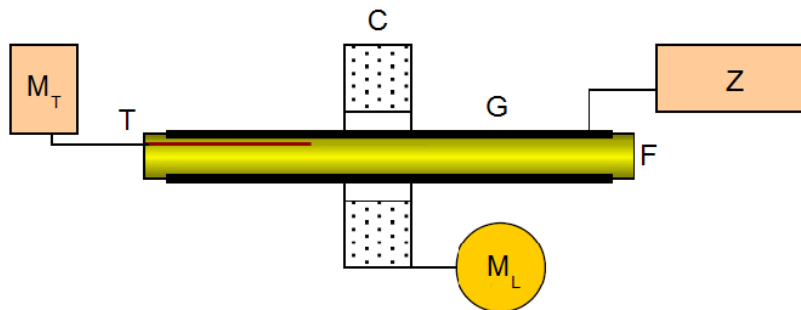
### E14.3. Literatura

- [1] Halliday D., Resnick R., Walker J.: *Podstawy fizyki, cz. 3*, PWN, Warszawa.
- [2] Szczeniowski S.: *Fizyka doświadczalna, cz. 3*, PWN, Warszawa.
- [3] *Metody wykonywania pomiarów i szacowania niepewności pomiarowych*, <http://ftims.pg.edu.pl/documents/10673/20436990/wstep.pdf>

#### E14.4. Przebieg ćwiczenia i zadania do wykonania

##### Układ doświadczalny

Rysunek E14.1 przedstawia schemat układu pomiarowego, zaś rysunek E14.2 zdjęcie układu z zaznaczonymi podstawowymi elementami: **F** – pręt ferromagnetyczny, **G** – grzałka, **Z** – zasilacz regulujący napięcie pracy grzałki, **T** – termopara typu chromel-alumel, **M<sub>T</sub>** – miernik temperatury, **C** – cewka, **M<sub>L</sub>** – miernik do pomiaru indukcyjności cewki.



Rysunek E14.1. Schemat układu pomiarowego

##### Przebieg doświadczenia

Indukcyjność cewki  $L$  zależy m.in. od względnej przenikalności magnetycznej jej rdzenia, dlatego też doświadczenie polega na pomiarze miernikiem **M<sub>L</sub>** indukcyjności cewki **C** w funkcji temperatury pręta **F**. Otrzymujemy w ten sposób pośrednio informację o zmianach przenikalności magnetycznej ferromagnetycznego rdzenia i na tej podstawie wyznaczamy temperaturę Curie,  $T_c$ .

1. Włączyć mierniki **M<sub>T</sub>** i **M<sub>L</sub>**, dobierając odpowiednie zakresy, tak aby pomiar temperatury i indukcyjności rdzenia przebiegał z możliwie największą precyzją;
2. Rozpocząć grzanie rdzenia poprzez włączenie zasilacza i ustawienie wartości natężenia prądu płynącego przez grzałkę na poziomie 0,55 A (maksymalny prąd zasilacza);
3. Ogrzewając rdzeń: do temperatury 130°C należy notować wskazania miernika **M<sub>L</sub>** co 10°C, w przedziale temperatur 130°C – 180°C co 2°C;



Rysunek E14.2. Zdjęcie układu pomiarowego

4. Po osiągnięciu przez rdzeń temperatury  $180^{\circ}\text{C}$  należy rozpocząć powolne jego chłodzenie poprzez stopniowe zmniejszanie prądu grzałki, zaczynając od wartości  $0,5\text{ A}$  co około  $0,05\text{ A}$ ;
5. Chłodząc rdzeń: w przedziale temperatur  $180^{\circ}\text{C} - 130^{\circ}\text{C}$  należy notować wskazania miernika  $M_L$  co  $2^{\circ}$ , a następnie do  $100^{\circ}\text{C}$  co  $10^{\circ}\text{C}$ ;
6. Po osiągnięciu przez rdzeń temperatury  $100^{\circ}\text{C}$  należy wyłączyć grzałkę oraz mierniki  $M_T$  i  $M_L$ ;
7. Wykreślić zależności  $L(T)$  otrzymane przy grzaniu i przy chłodzeniu pręta na jednym wykresie.

### Zadania do wykonania

E14.1. Wyznaczyć temperaturę Curie ferromagnetyka, z którego wykonany jest rdzeń cewki.

### Uzupełnienie do zadania E14.1

Wykreślając zależności  $L(T)$  otrzymane przy grzaniu i przy chłodzeniu pręta (na jednym wykresie) należy zwrócić uwagę na dwie kwestie. Ze względu na istnienie pewnej pojemności i skończonej przewodności cieplnej badanego pręta podczas grzania powierzchniowe warstwy osiągają temperaturę  $T_c$  szybciej niż

wewnętrzne. Z tego powodu obserwowana zmiana właściwości magnetycznych nie następuje w dokładnie określonej temperaturze, lecz w pewnym zakresie temperatur. Ponadto, sposób pomiaru temperatury (termopara wskazuje temperaturę powierzchniowych warstw pręta i to leżących poza obszarem cewki) sprawia, że na wykresie  $L(T)$  obserwujemy pewną histerezę, czyli „przesunięcie” danych uzyskanych podczas grzania i chłodzenia pręta.

W takim przypadku wartość  $T_c$  należy wyznaczyć aproksymując liniowymi zależnościami (graficznie lub metodą najmniejszych kwadratów) fragmenty funkcji  $L(T)$  dla temperatur niższych od  $T_c$  oraz dla temperatur wyższych od  $T_c$ . Punkt przecięcia tych dwóch prostych wyznacza  $T_c$ . Natomiast ze względu na histerezę przebiegu  $L(T)$  w rezultacie otrzymujemy dwa wyniki:  $T_{c1}$  (przy ogrzewaniu pręta) i  $T_{c2}$  (przy chłodzeniu pręta). W przypadku, gdy szybkość grzania i chłodzenia jest podobna i stosunkowo mała, temperatura Curie badanego ferromagnetyka jest średnią arytmetyczną obu wyników.

#### **E14.5. Rachunek niepewności**

Niepewność pomiaru  $L$  i  $T$  oceniamy w czasie wykonywania pomiarów na podstawie zakresu i klasy użytych urządzeń pomiarowych. Wyznaczone wartości nanosimy odpowiednio na wykres.

Niepewność pomiaru temperatury Curie szacujemy jako połowę różnicy wartości  $T_{c1}$  i  $T_{c2}$ .