

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.

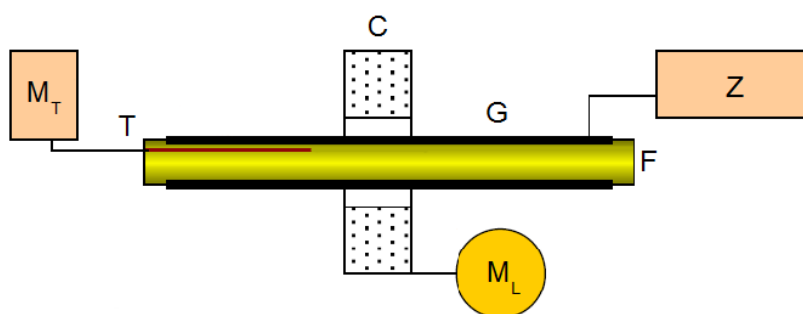
E14.3. Literatura

- [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://www.mif.pg.gda.pl/index.php?node=mat_dla_stud_v2

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_T** – miernik temperatury, **C** – cewka, **M_L** – 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_L** 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_T** i **M_L**, 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_L** 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°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° , a następnie do 100°C co 10°C ;
6. Po osiągnięciu przez rdzeń temperatury 100°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} .