

## J 11.4. Wyznaczanie rezystancji poprzecznej hallotronu

### INSTRUKCJA WYKONANIA ZADANIA

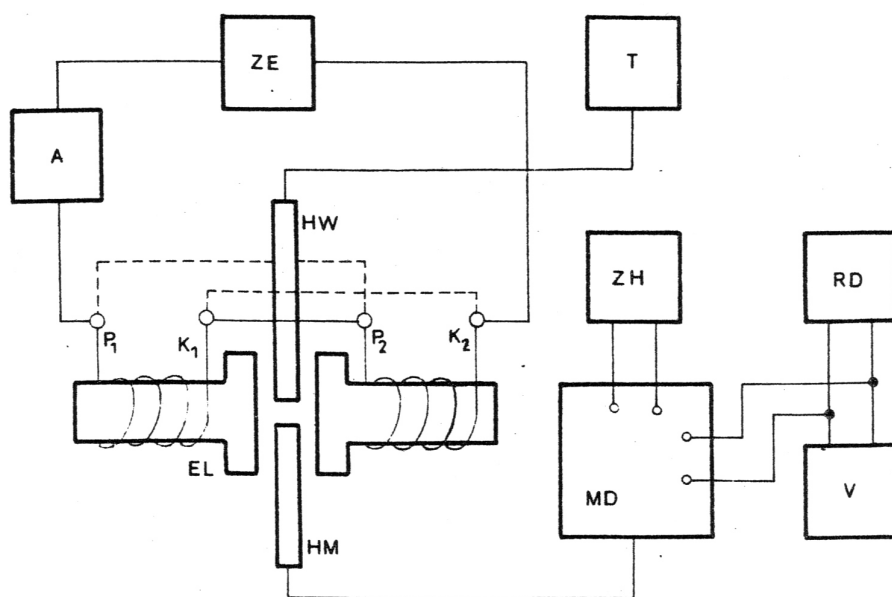
#### Obowiązujące zagadnienia teoretyczne:

1. Ruch cząstek naładowanych w polu elektrycznym i magnetycznym
2. Zjawisko Halla
3. Podstawowe prawa dotyczące obwodów elektrycznych

#### Literatura:

1. Skrypt PL: *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki. Promieniowanie i struktura materii*, H. Goebel, J. Olchowik, J. Rybka, M. Wiertel, K. Wójcik, red. E. Śpiewła, Wydawnictwo Uczelniane PL, Lublin 1994.
2. Cz. Bobrowski, *Fizyka – krótki kurs*, WNT Warszawa (wszystkie wydania).
3. J. R. Taylor, *Wstęp do analizy błęd pomiarowego*, PWN Warszawa 199

#### Wykonanie zadania:



Rys. 1. Schemat zestawu pomiarowego. EL elektromagnes złożony z dwóch cewek ( $P_1$ ,  $P_2$  – początki,  $K_1$ ,  $K_2$  – końce cewek), ZE – zasilacz prądowy elektromagnesu, A – amperomierz w układzie elektromagnesu, T – teslomierz, HW – hallotron wzorcowy (sonda teslomierza), HM – hallotron badany, MD – model do pomiaru własności hallotronu, ZH – zasilacz prądowy hallotronu badanego, mA – miliamperomierz w układzie hallotronu badanego, V – woltomierz, RD – opornik dekadowy.

W ćwiczeniu mierzy się poprzeczne napięcie generowane w hallotronie przy różnych wartościach zewnętrznej rezystancji  $R_p$  nastawianych na oporniku dekadowym RD. Podczas pomiarów stała pozostaje wartość prądu sterującego  $I$  oraz wartość indukcji pola magnetycznego  $B$ .

1. Zestawić układ pomiarowy. Cewki elektromagnesu połączyć zgodnie z zaleceniem prowadzącego (szeregowo lub równolegle).
2. Po sprawdzeniu układu przez prowadzącego zajęcia włączyć wszystkie podzespoły zgodnie z instrukcją techniczną.
3. Przeprowadzić zerowanie teslomierza (zgodnie z instrukcją techniczną). Sonda teslomierza (hallotron wzorcowy) jest bardzo delikatna, dlatego należy uważać, aby jej nie uszkodzić.
4. Umieścić sondę teslomierza symetrycznie między nabiegunnikami elektromagnesu.
5. Dokonać symetryzacji elektrod hallotronu badanego. W tym celu należy odsunąć hallotron badany (ostrożnie, aby nie uszkodzić jego płytki) od elektromagnesu, tzn. usunąć go z pola magnetycznego. Następnie nastawić za pomocą pokrętki zasilacza ZH prąd sterujący o natężeniu 20 mA. Obserwować wskazania woltomierza V. Gdy jego wskazania ustalą się, potencjometrem „zerowanie” w modelu MD doprowadzić wartość wskazana woltomierza do minimum. Po tych czynnościach można przystąpić do pomiarów.
6. Umieścić hallotron badany symetrycznie między nabiegunnikami elektromagnesu, uważając, aby nie dotykał do sondy teslomierza. Te czynności wykonywać bardzo ostrożnie, aby nie uszkodzić obydwu hallotronów.
7. Odłączyć opornik dekadowy RD.
8. Nastawić za pomocą potencjometru zasilacza ZH prąd sterujący  $I$  (odczytać na miliamperomierzu cyfrowym mA). Wartość natężenia prądu podaje prowadzący zajęcia.
9. Indukcję pola magnetycznego  $B$  nastawić na żadaną wartość (podaje prowadzący zajęcia) za pomocą odpowiednich pokręteł regulujących prąd wyjściowy zasilacza elektromagnesu ZE. Wartość  $B$  odczytać na teslomierzu.
10. Odczytać na woltomierzu V napięcie Halla  $U_H$ .
11. Dołączyć opornik dekadowy RD i dla wartości rezystancji  $R_p = 10 \text{ k}\Omega$  zmierzyć za pomocą woltomierza V napięcie poprzeczne  $U_p$ .
12. Zmierzyć napięcie  $U_p$  dla kilku wartości rezystancji  $500 \text{ }\Omega < R_p < 10 \text{ k}\Omega$ . Liczbę punktów pomiarowych ustalić z prowadzącym zajęcia.
13. Wyniki pomiarów wstawić do tabeli.

#### Opracowanie wyników:

Napięcie poprzeczne  $U_p$  mierzone w ćwiczeniu zależy od rezystancji hallotronu  $R_x$  i rezystancji opornika dekadowego  $R_p$ . Po analizie obwodu elektrycznego (rys. 1) otrzymuje się następujące wyrażenie:

$$U_p = \frac{U_H}{1 + \frac{R_x}{R_p}} \quad (1)$$

gdzie:  $U_H$  – napięcie Halla.

Rezystancję poprzeczną hallotronu można wyznaczyć dwoma sposobami (sposób opracowania ustalić z prowadzącym zajęcia).

#### **Sposób I – wykorzystanie metody najmniejszych kwadratów:**

Przekształcając wzór (1) otrzymuje się:

$$\frac{1}{U_p} = \frac{R_x}{U_H} \frac{1}{R_p} + \frac{1}{U_H} \quad (2)$$

Oznaczając:  $x = \frac{1}{R_p}$ ,  $y = \frac{1}{U_p}$ ,  $a = \frac{R_x}{U_H}$ ,  $b = \frac{1}{U_H}$ , otrzymuje się równanie prostej:

$$y = a x + b \quad (3)$$

Wynika stąd, że odwrotność  $U_p$  jest liniową funkcją odwrotności  $R_p$  oraz, że:

$$R_x = a U_H \quad (4)$$

1. Obliczyć dla wszystkich pomiarów wartości  $y = \frac{1}{U_p}$  oraz  $x = \frac{1}{R_p}$ .
2. Metodą najmniejszych kwadratów obliczyć współczynnik kierunkowy  $a$  i wyraz wolny  $b$  prostej (3).
3. Obliczyć ze wzoru (4) rezystancję poprzeczną hallotronu  $R_x$   
Uwaga! Przed wstawieniem danych do wzoru (4) należy ustalić jednostkę współczynnika kierunkowego  $a$ .
4. Nanieść obliczone wartości  $x$  i  $y$  na wykres.
5. Narysować na wykresie prostą opisaną równaniem (3).
6. Niepewność pomiaru rezystancji poprzecznej hallotronu obliczyć metodą różniczkowania wzoru (4), uwzględniając niepewność pomiaru napięcia Halla  $\Delta U_H$  oraz niepewność wyznaczania współczynnika kierunkowego  $\Delta a$ .

### ***Sposób II – bezpośrednio z wyników pomiarów:***

1. Z wyrażenia (1) otrzymuje się:

$$R_x = R_p \left( \frac{U_H}{U_p} - 1 \right) \quad (5)$$

2. Wstawić dane z tabeli pomiarowej do wzoru (5) i obliczyć wartości  $R_x$  dla wszystkich pomiarów.
3. Obliczyć wartość średnią rezystancji poprzecznej  $R_x$  ze wszystkich pomiarów.
4. Obliczyć dla jednego pomiaru niepewność wyznaczania rezystancji poprzecznej  $\Delta R_x$  metodą różniczkowania wzoru (5). Należy uwzględnić przy tym dokładność pomiaru napięcia poprzecznego  $\Delta U_p$ , napięcia Halla  $\Delta U_H$  i niepewność ustawienia rezystancji  $\Delta R_p$ , wynikająca z klasy opornika dekadowego.

Autor instrukcji:

Maria Żurawicz