

## Badanie efektu Halla

### Zagadnienia:

1. Gaz Fermiego elektronów swobodnych (gęstość stanów, poziom Fermiego).
2. Podstawy pasmowej teorii przewodnictwa elektrycznego:
  - a) podział materiałów ze względu na ich właściwości elektryczne (izolatory,
  - b) półprzewodniki, przewodniki),
  - c) półprzewodniki samoistne i domieszkowe.
3. Podstawy teorii transportu:
  - a) przewodnictwo elektryczne i przewodnictwo cieplne metali i półprzewodników.
4. Zjawisko Halla:
  - a) teoria wyjaśniająca powstawanie napięcia Halla,
  - b) efekt Halla w metalach i półprzewodnikach (wpływ ruchliwości, masy efektywnej i rodzaju nośników na wartość napięcia Halla, stała Halla).
5. Efekty towarzyszące (Ettingshausena, Nernsta- Ettingshausena, Righi-Leduc, asymetrii omowej, termoelektryczny).
6. Metody pomiaru efektu Halla.
7. Pomiary małych wielkości elektrycznych (metody mostkowe i kompensacyjne).
8. Znajomość przebiegu ćwiczenia i obsługi przyrządów.

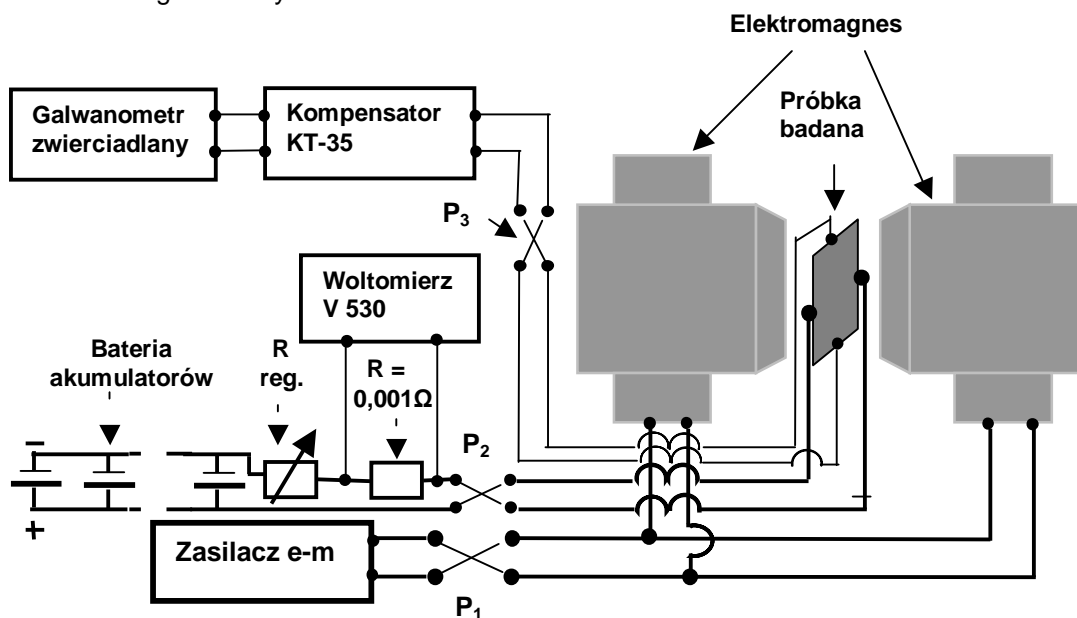
### Literatura:

- 1) Sz. Szczeniowski, Fizyka doświadczalna, czIII, Elektryczność i magnetyzm, PWN , Poznań 1976.
- 2) C. Kittel - Wstęp do fizyki ciała stałego, PWN, W-wa 1976. .
- 3) II Pracownia fizyczna pod red. F. Kaczmarka, PWN, W-wa – Poznań 1976.
- 4) K. Wróblewski, J. A. Zakrzewski, Wstęp do fizyki, t. 2 cz. 2.
- 5) F.M. Purcell, Elektryczność i magnetyzm, PWN, W-wa 1975.
- 6) D. Haliday-R. Resnick, Fizyka, t.2, PWN, W-wa 1980.
- 7) Kobus, J. Tuszyński, Hallotrony i ich zastosowanie, PWN, W-wa 1965.
- 8) S. Lebson, Kompensatory prądu stałego, PWT.
- 9) Red. K. Szydłowski, Teoria pomiarów, PWN, 1974.
- 10) Instrukcje przyrządów użytych w ćwiczeniu.

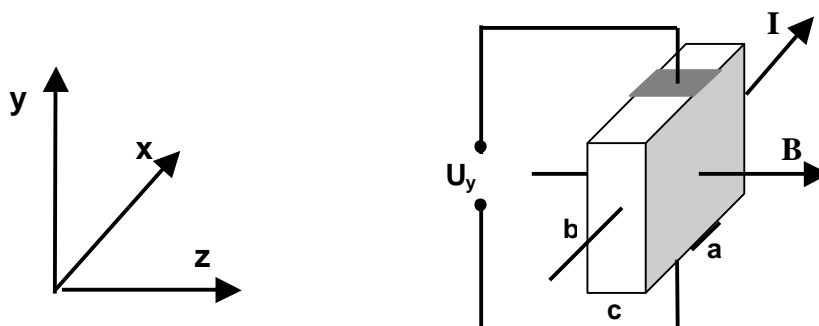
## Instrukcja wykonania ćwiczenia

### 1. Przygotowanie układu pomiarowego.

- Zapoznać się z instrukcjami przyrządów użytych w ćwiczeniu.
- Zestawić układ zgodnie z rysunkiem:



Rys.1. Schemat układu do badania zjawiska Halla



Rys.2 Orientacja przestrzenna i wymiary próbki.

- Przygotować kompensator do pracy zgodnie z instrukcją tego przyrządu.
- Układ przedstawiony na rys.1 umożliwi pomiar napięcia Halla w metalach, aktualnie w folii miedzianej i aluminiowej, oraz w płytce bizmutowej (półmetal) o podanych grubościach i dopuszczalnych prądach. w szczelinie magnesu zamontować pierwszą z badanych próbek (folię miedzianą), podłączając ją do obwodu prądowego i pomiaru napięcia Halla.
- Uruchomić przepływ wody chłodzącej zasilacz elektromagnesu i przy wyzerowanej regulacji prądu włączyć go.

### Uwaga!

Zasilacz elektromagnesu uruchamiamy przy włączonym chłodzeniu. Włączanie, wyłączenie zasilacza, zmiana kierunku prądu w uzwojeniach może być wykonana tylko przy wyzerowanej regulacji prądu zasilacza

- f) Dla niewielkiego prądu określić z pomocą magnesu sztabkowego orientację pola magnetycznego w zależności od położenia przełącznika kierunku prądu P1.

Ze względu na zbyt mały zakres pomiarowy dostępnego teslomierza do wyznaczenia wielkości indukcji magnetycznej w szczelinie należy skorzystać z dołączonej do instrukcji kalibracji elektromagnesu obrazującej zależność  $\mathbf{B} = \mathbf{B}(I)$ .

- g) Powiązać położenia przełączników P2 oraz P3 z kierunkiem prądu płynącego przez próbkę i znakiem napięcia  $U_y$ . Dokładny pomiar dużych prądów próbki odbywa się poprzez pomiar woltomierzem V 530 spadku napięcia na wzorcowym oporze  $0,001\Omega$ .

## 2. Pomiar napięć Halla i Ettingshausena w próbkach metalowych.

- a) Efekty towarzyszące napięciu Halla utrudniają jego pomiar. Cztery kolejne pomiary napięcia  $U_y$  wykonane dla różnych zwrotów  $I_x$  i  $B_z$  pozwalają wyznaczyć:

$$U_y^H + U_y^E = \frac{U_y(I_x; B_z) - U_y(-I_x; B_z) + U_y(-I_x; -B_z) + U_y(I_x; -B_z)}{4} \quad /1/$$

gdzie  $U_y^E$  oznacza napięcie Ettingshausena nierozdzielne z napięciem Halla  $U_y^H$  spowodowane istnieniem gradientu temperatury wzdłuż kierunku y i wynoszące:

$$U_y^E = k \left( \frac{dT}{dy} \right)_E b \quad /2/$$

- b) Wykonać pomiary napięcia  $U_y$  dla zamontowanej próbki miedzianej dla możliwie dużego (ale dopuszczalnego) prądu i dużej wartości indukcji magnetycznej. Dla potrzeb wzoru /1/ nie zmieniając wartości bezwzględnej prądu i indukcji powtórzyć pomiary napięcia  $U_y$  dla różnych ich zwrotów. Pamiętać o ostrzeżeniu dotyczącym obsługi elektromagnesu i jego zasilania.
- c) Korzystając z przeprowadzonych pomiarów i wzoru /1/ obliczyć wartość sumy napięć Halla i Ettingshausena. Spróbować oszacować wielkość tego ostatniego i jeżeli jest niewielkie zaniedbać je. Z zależności:

$$U_y^H = R_H \frac{I_x B_x}{c} \quad /3/$$

oraz

$$R_H = - \frac{1}{e n} \quad /4/$$

gdzie: n – koncentracja nośników ładunku, obliczyć wartość stałej Halla  $R_H$  oraz koncentracji nośników prądu dla zbadanego materiału.

- d) Powtórzyć pomiary i obliczenia dla pozostałych próbek metalicznych (aluminium i bizmut), nie przekraczając dopuszczalnych prądów.

## 3. Badanie zjawiska Halla w półprzewodnikach.

- a) W tej części ćwiczenia należy zmienić zasilanie prądowe badanej próbki. Badanym półprzewodnikiem jest materiał z którego wykonano hallotron (w tym przypadku o symbolu HC 11). Instalujemy go w szczelinie elektromagnesu, wykonując odpowiednie podłączenia. Baterię akumulatorów, opór regulujący i wzorcowy oraz woltomierz V530 użyte wcześniej zastępujemy zasilaczem, opornością dekadową do precyzyjnej regulacji prądu oraz amperomierzem cyfrowym.
- b) Dla możliwie dużej wartości indukcji magnetycznej oraz dla trzech wartości prądu próbki (z zakresu dopuszczalnego) zmierzyć zgodnie z wymogami wzoru /1/ wartość napięcia  $U_y$  w sposób opisany w

punkcie 2. Zaniedbując napięcie Ettingshausena (jeżeli są ku temu podstawy) obliczyć napięcie Halla  $U_y^H$  dla każdej z wartości prądu próbki. Sprawdzić liniowość zależności  $U_y^H = U_y^H(I_x)$ .

- c) Podobne pomiary przeprowadzić dla możliwie dużej wartości prądu próbki oraz dla trzech wartości indukcji magnetycznej. Postępując jak poprzednio obliczyć napięcie Halla  $U_y^H$  dla każdej z wartości indukcji  $B_z$  oraz sprawdzić liniowość zależności  $U_y^H = U_y^H(B_z)$ .
- d) Korzystając z przeprowadzonych pomiarów napięć Halla dla różnych wartości prądu i indukcji wykreślić zależność  $U_y^H = U_y^H(I_x, B_z/c)$ .

Z nachylenia tego wykresu wyznaczyć stałą Halla  $R_H$  badanego materiału.

- e) Określić typ przewodnictwa w próbce oraz wyznaczyć koncentrację nośników prądu.