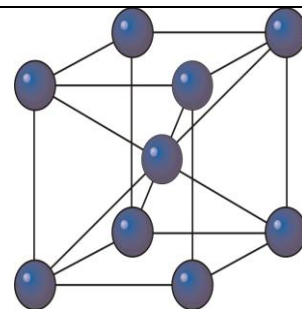


**INSTYTUT FIZYKI  
WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI  
I TECHNOLOGII MATERIAŁÓW  
POLITECHNIKA  
CZĘSTOCHOWSKA**



**PRACOWNIA  
FIZYKI CIAŁA STAŁEGO**



**ĆWICZENIE NR FCS - 6**

**BADANIE ZJAWISKA HALLA**

### I. Zagadnienia do opracowania

1. Ruch ładunków elektrycznych w polu elektrycznym i magnetycznym.
2. Teoria efektu Halla.
3. Budowa i zastosowanie hallotronów.

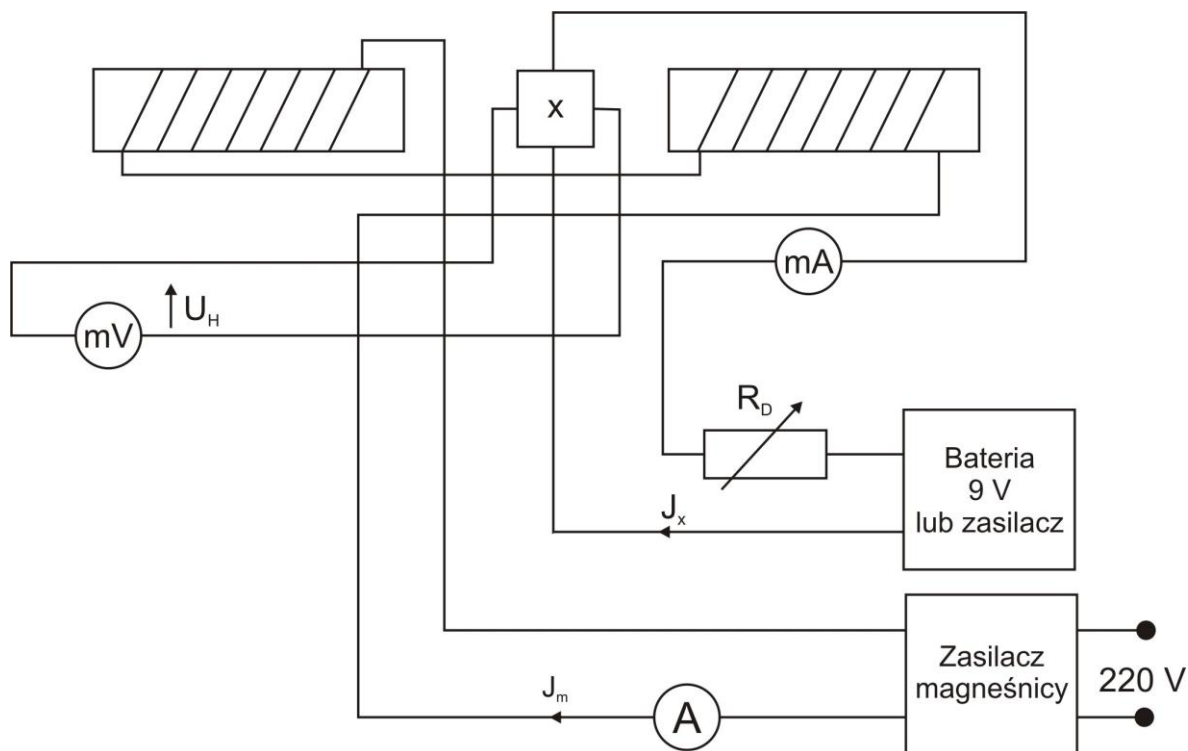
### II. Przebieg ćwiczenia

Włączamy prąd zasilający próbkę  $I_x$  (bateria 9V lub zasilacz) oraz zasilacz magnesnicy. Ustawiamy wartość prądu zasilającego magnesnicę  $I_m$  przez zmianę napięcia wyjściowego zasilacza ZT 980-IM na 0 mA. Utrzymując stałą wartość tego prądu odczytujemy napięcie hallotronu  $U^H$  dla różnych ustalonych wartości prądu sterującego  $I_x$ . Wartość tego prądu regulujemy poprzez zmianę rezystancji dekadowej  $R_D$ . Zwiększając napięcie zasilacza powtarzamy pomiary  $U^H$  dla różnych wartości  $I_m$  (patrz tabela).

### III. Tabela pomiarowa

$U^H$ [mV]									
	$I_x = 3,0$ [mA]	$I_x = 3,5$ [mA]	$I_x = 4,0$ [mA]	$I_x = 4,5$ [mA]	$I_x = 5,0$ [mA]	$I_x = 5,5$ [mA]	$I_x = 6,0$ [mA]	$I_x = 6,5$ [mA]	$I_x = 7,0$ [mA]
$I_m = 0$ [mA]									
$I_m = 100$ [mA]									
$I_m = 200$ [mA]									
$I_m = 300$ [mA]									
$I_m = 400$ [mA]									
$I_m = 500$ [mA]									
$I_m = 600$ [mA]									
$I_m = 700$ [mA]									

#### IV. Schemat pomiarowy



#### Przyrządy:

- Magneśnica EKL-1
- Miliwoltomierz cyfrowy
- Miliamperomierz kl. 0,5, zakres pomiarowy 7 mA
- Amperomierz kl. 0,5, zakres pomiarowy 1,5 A
- Regulator prądu  $I_x$
- Opór dekadowy -  $R_D$
- Zasilacz magnetyczny ZT 980-IM

#### V. Opracowanie wyników pomiarów

1. Narysować charakterystyki:
  - $U^H = f(I_x)$  dla  $B = \text{const}$
  - $U^H = f(B)$  dla  $I_x = \text{const}$
2. Wyznaczyć stałą Halla korzystając ze wzoru:

$$U_y^H = R_H \frac{I_x B_z}{c}$$

gdzie  $B_z$  [T] =  $B$  [T] =  $I_m$  [A] · 0,35 [T/A] oraz  $c = 10^{-6}$  m

## Ćwiczenie FCS-6: Badanie zjawiska Halla

Biorąc pod uwagę powyższy wzór oraz równanie prostej  $y = ax + b$  wyznaczyć parametry  $a$ ,  $\Delta a$ ,  $b$ ,  $\Delta b$  metodą regresji liniowej. W równaniu tym  $y = U_y^H = U^H$ ,  $x = I_x$ , współczynnik kierunkowy prostej  $U^H = f(I_x)$  dla  $B = \text{const}$  będzie równy  $a = R_H B / c$ . Stałą Halla obliczyć jako średnią arytmetyczną wyznaczoną z 8 współczynników kierunkowych prostych  $U^H = f(I_x)$ .

3. Obliczyć błąd stałej Halla metodą podaną poniżej

Na podstawie prawa przenoszenia odchyłeń standardowych względne odchylenie standardowe przyjmuje postać:

$$\delta = \frac{\sigma_{\bar{R}}}{\bar{R}} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{R_1}}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{R_2}}{R_2}\right)^2 + \dots}$$

Ponieważ stała Halla wyraża się wzorem:

$$R = \frac{ac}{B}$$

i odchylenie standardowe, w przypadku zależności  $U_H = f(I_x)$  dla jednego pola  $B_m$ , wynosi:

$$\sigma_{R_1} = \frac{c}{B} \sigma_{a_1} = \frac{a_1 c}{B a_1} \sigma_{a_1} = R_1 \frac{\sigma_{a_1}}{a_1}$$

to niepewność pomiarowa względna wyraża się wzorem:

$$\frac{\sigma_{R_1}}{R_1} = \frac{\sigma_{a_1}}{a_1}.$$

W przypadku pomiarów  $U_H = f(I_x)$  dla wielu pól magnetycznych  $B_m$ , względne odchylenie standardowe przyjmuje postać:

$$\delta = \frac{\sigma_{\bar{R}}}{\bar{R}} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{a_1}}{a_1}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{a_2}}{a_2}\right)^2 + \dots}$$

Efektywne odchylenie standardowe wynosi:

$$\sigma_{\bar{R}} = \delta \bar{R}.$$

Zestawienie wyników:

$$\bar{R} \pm \sigma_{\bar{R}} =$$

**VI. Literatura**

1. F. Kaczmarek - Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki dla zaawansowanych
2. Ch. Kittel - Wstęp do fizyki ciała stałego.

## Zasada sporządzania wykresów

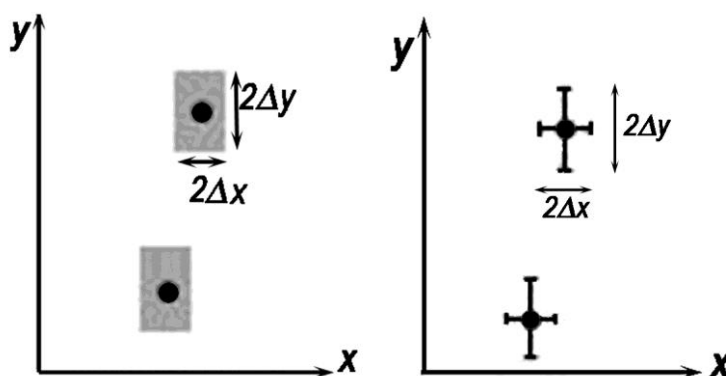
Prawidłowe opracowanie wyników pomiarów wymaga wykonania odpowiedniego wykresu. Podczas robienia wykresu należy kierować się następującymi zasadami:

1. Wykres wykonuje się na papierze milimetrowym. Na układzie współrzędnych definiujemy liniowe osie liczbowe w przedziałach zgodnych z przedziałami zmienności wartości  $X$  i  $Y$ ; oznacza to, że na każdej z osi odkładamy tylko taki zakres zmian mierzonej wielkości fizycznej, w którym zostały wykonane pomiary. Nie ma zatem obowiązku odkładania na osiach punktów zerowych, gdy nie było w ich okolicy punktów pomiarowych (chyba, że w dalszej analizie konieczne będzie odczytanie wartości  $Y$  dla  $X=0$ ). Skalę na osiach układu nanosimy zazwyczaj w postaci równooddalonych liczb. Ich wybór i gęstość na osi musi zapewniać jak największą prostotę i wygodę korzystania z nich. Na osiach wykresu muszą być umieszczone odkładane wielkości fizyczne i ich jednostki lub wymiary.

2. Punkty nanosimy na wykres tak, by były wyraźnie widoczne, zaznaczamy je kółkami, trójkątami, kwadracikami itp. Na rysunku należy zaznaczyć również niepewności pomiarowe w postaci prostokątów lub odcinków.

*Graficzne przedstawienie niepewności systematycznej:*

Założmy, że wartości  $x$  i  $y$  otrzymane z pomiarów są obarczone odpowiednio niepewnościami  $\Delta x$  i  $\Delta y$ . Oznacza to, że rzeczywiste wartości tych wielkości mieszczą się w przedziałach od  $x-\Delta x$  do  $x+\Delta x$  oraz od  $y-\Delta y$  do  $y+\Delta y$ . Na wykresie zależności  $Y(X)$  przedziały te wyznaczają wokół punktów  $(x,y)$  prostokąty o bokach  $2\Delta x$  i  $2\Delta y$ . Niepewności te można również zaznaczać wokół punktu pomiarowego  $(x,y)$  poprzez odcinki o długości  $2\Delta x$  i  $2\Delta y$  (rys.1)

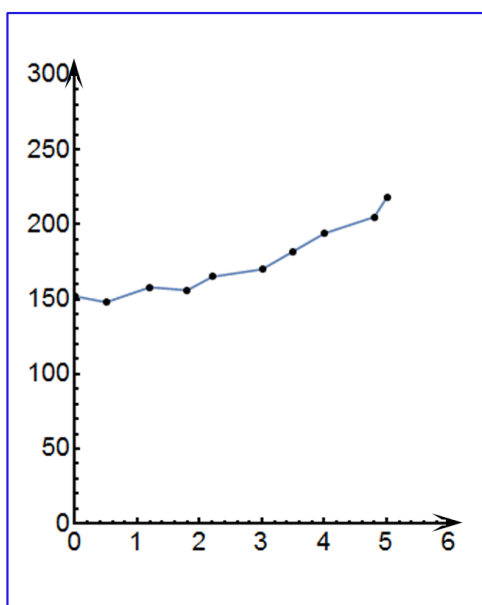


Rys.1 Zaznaczanie niepewności wokół punktów pomiarowych.

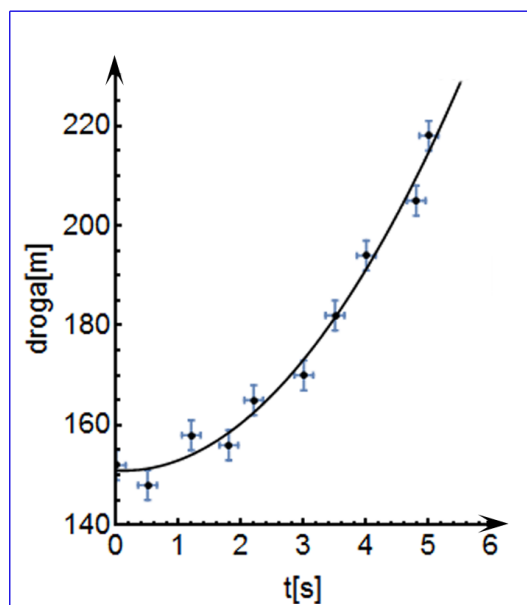
**Uwaga:** Jeżeli wartość zmiennej  $X$  jest dokładnie znana (czyli  $\Delta x=0$ ), to na wykresie zaznaczamy tylko niepewności na osi zmiennej zależnej (na osi  $y$ ).

3. Rozmiar wykresu nie jest dowolny i nie powinien wynikać z tego, że dysponujemy takim, a nie innym kawałkiem papieru (na rys.2 arkusz papieru milimetrowego zaznaczony jest kolorem niebieskim). Rozmiar powinien być określony przez niepewności pomiarowe tych wielkości, które odkłada się na osiach. Niepewność ta powinna w wybranej skali być odcinkiem o łatwo zauważalnej, znaczącej długości.
4. Następnie prowadzimy odpowiednią krzywą (nie może to być linia łamana!) tak, by przecinała w miarę możliwości punkty pomiarowe, ale nie należy dążyć do tego, aby przechodziła ona przez wszystkie punkty, ponieważ każdy z nich obarczony jest niepewnością. W przypadku dużych rozrzutów staramy się, by ilość punktów poniżej i powyżej krzywej była zbliżona- w ten sposób uśredniamy graficznie wyniki pomiarów. W przypadku zależności nieliniowych korzystamy z krzywek.
5. Każdy rysunek powinien być podpisany. Etykieta wykresu wyjaśnia, co rysunek zawiera, co reprezentują zaznaczone krzywe.

**PODSUMOWANIE:**



***zły wykres***



***dobry wykres***

Rys.2