

Sprawozdanie 4

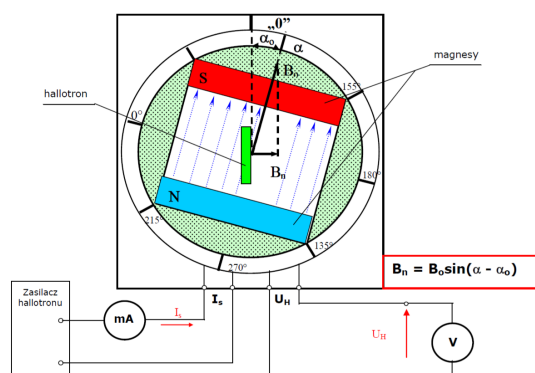
Ćwiczenie 57c

Jan Bronicki
Nr indeksu: 249011
Marcin Radke
Nr indeksu: 241554

1 Wstęp Teoretyczny

Celem ćwiczenia jest zbadanie efektu Halla. Zmierzymy U_H w zależności od α , gdzie U_H jest napięciem jakie powstaje w skutek efektu Halla kiedy kręcimy hallotronem, a α jest kątem o, który przekręciliśmy go. Narysujemy zatem wykresy, dla $U_H(\alpha)$ oraz $U_H(B_n)$. Następnie na podstawie wykresów $U_H(B_n)$ i $U_H(I_s)$, które powinny przypominać swoimi charakterystykami wykresy liniowe wyznaczymy współczynnik γ , gdzie $U_H = \gamma I_s$. Następnie γ posłuży nam do obliczenia koncentracji ładunków $n = \frac{1}{\gamma e d}$, gdzie e - ładunek, d - gęstość.

Rysunek 1: Schemat Hallotronu

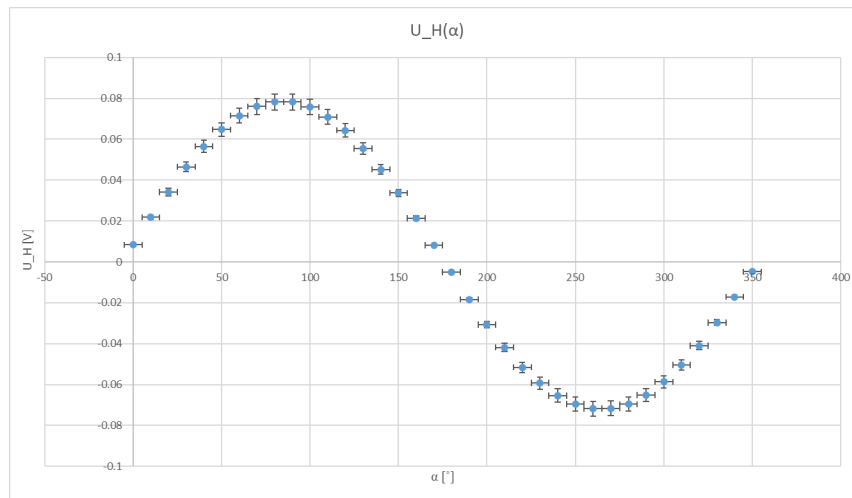


W naszym eksperymencie wykorzystamy następujące przyrządy:

- Hallotron umieszczony w polu magnetycznym wytworzonym przez Magnesy trwałe. Magnesy zamocowane są tak, by możliwy był pomiar zmian orientacji pola magnetycznego względem płaszczyzny hallotronu
- Zasilacz hallotronu
- Miliamperomierz do pomiaru natężenia prądu sterującego I_s
- Woltomierz do pomiaru napięcia Hall'a U_H
- Przewody elektryczne

2 Opracowanie wyników

Sporządziliśmy wykres $U_H(\alpha)$:



Rysunek 2: Wykres napięcia hallotronu od kąta

Oto przykładowe niepewności:

- Niepewność kąta α założyliśmy jako stałą wynoszącą 5° (w radianach ≈ 0.0873)
- $u(U_H) = \pm(0.05 \cdot rdg + 3 \cdot dgt) = \pm(0.05 \cdot 0.00832 + 3 \cdot 0.00001) \approx \pm 0.0004 \text{ V}$

Odczytana z wykresu wartość $\alpha_0 \approx 175^\circ$.

Na podstawie wzoru $B_n = B_0 \sin(\alpha - \alpha_0)$ został narysowany wykres ?? opisujący $U_H(B_n)$. Jako wartość B_0 zgodnie z instrukcją przyjęte zostało 0.5 , a błąd $B_0 = \pm 0.05 \text{ T}$.

Przykładowe obliczenia B_n oraz jej niepewności:

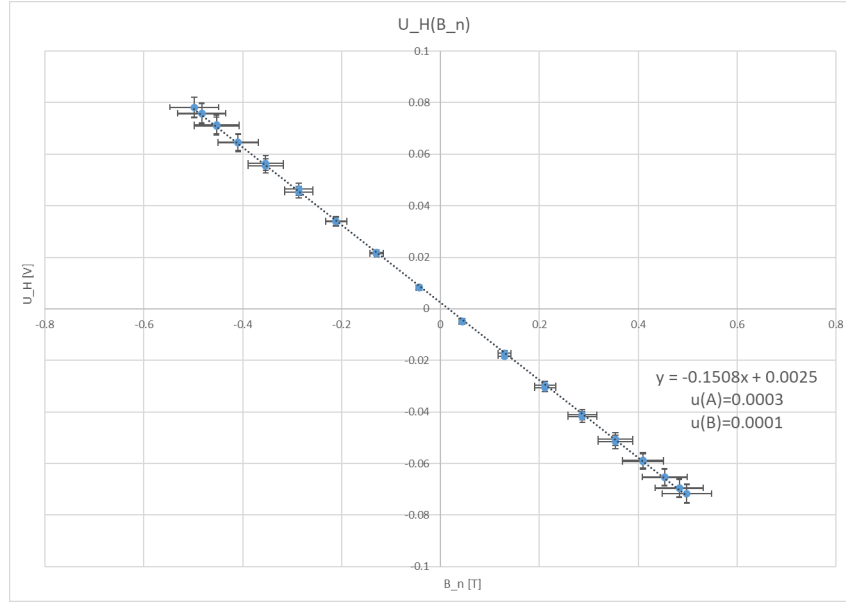
- $B_n = B_0 \sin(\alpha - \alpha_0) = 0.5 \cdot \sin(0^\circ - 175^\circ) \approx -0.04358 \text{ T}$
- $u(B_n) = \sqrt{(B_0^2 \cdot \cos^2(\alpha - 175^\circ) \cdot u^2(\alpha) + \sin^2(\alpha - 175^\circ) \cdot u^2(B_0)} =$
 $= \sqrt{(0.5^2 \cdot \cos^2(0^\circ - 175^\circ) \cdot 0.0873^2 + \sin^2(0^\circ - 175^\circ) \cdot 0.05^2} \approx \pm 0.00578 \text{ T}$
- Niepewność $u(\alpha) = \pm 5^\circ$ została wyrażona w radianach i wynosi około $\pm 0.0873 \text{ [rad]}$

Dzięki wykresowi ?? uzyskujemy jego linię regresji $y = Ax + B$, gdzie $|A| = \gamma I_s$ z czego otrzymujemy, że $\gamma = \frac{|A|}{I_s}$, dla rozróżnienia tutaj otrzymanego współczynnika γ dopasujemy mu indeks "s" otrzymując $\gamma_s = \frac{|A|}{I_s}$.

$$y = -0.1508x + 0.0025$$

$$u(A) \approx \pm 0.0003$$

$$u(B) \approx \pm 0.0001$$



Rysunek 3: Wykres napięcia hallotronu U_H od indukcji magnetycznej B_n

Na tej podstawie możemy wyliczyć γ_s .

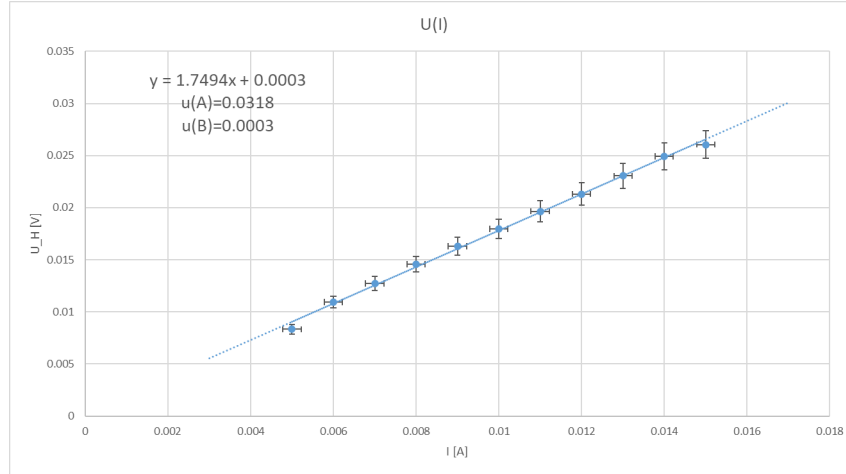
$$\gamma_s = \frac{|A|}{I_s} = \frac{0.1508}{0.005} \approx 30.16$$

$$u(A) = \pm 0.0003$$

$$u(I) = \frac{Klasa \cdot Zakres}{100 \cdot \sqrt{3}} = \frac{0.5 \cdot 0.0075}{100 \cdot \sqrt{3}} \approx \pm 0.0002 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} u(\gamma_s) &= \sqrt{\sum_{j=1}^k \left(\frac{\partial f}{\partial x_j} \right)^2 \cdot u^2(x_j)} = \sqrt{u^2(A) \cdot \left(\frac{1}{I_s} \right)^2 + u^2(I_s) \cdot \left(\frac{A}{I_s^2} \right)^2} = \\ &= \sqrt{0.0003^2 \cdot \left(\frac{1}{0.005} \right)^2 + 0.00002^2 \cdot \left(\frac{0.1508}{0.005^2} \right)^2} \approx \pm 0.1347 \end{aligned}$$

W związku z sinusoidą zawartą we wzorze na B_n niepewność B_n waha się oraz w pewnych momentach (widzianych na skrajnych wartościach indukcji) owe niepewności osiągają dość duże wartości. Co za tym idzie γ_s , która jest na podstawie wyliczonych B_n obliczana również jest opatrzona sporą wartością niepewności.



Rysunek 4: Wykres napięcia U_H od natężenia I_s

Następnie ponownie spróbujemy wyliczyć współczynnik γ tym razem na podstawie pomiarów napięcia U_H od natężenia I_s (które tym razem nie jest stałe i jest przedmiotem naszych pomiarów). Jak widać na otrzymanym wykresie ?? zależność, którą utrzymaliśmy jest liniowa, a w tym przypadku mając $y = Ax + B$ współczynnik A będzie się równał $A = \gamma B$. Ponownie, dla rozróżnienia współczynniki γ tutaj otrzymanemu nadamy indeks, dla jego rozróżnienia ("h"). Tak więc otrzymujemy taką zależność $\gamma_h = \frac{|A|}{B}$. W tych pomiarach indukcja B jest taka, że $B = \text{const.}$.

Otrzymana prosta $y = Ax + B$ wynosi:

$$\begin{aligned} y &= 1.7494x + 0.0003 \\ u(A) &\approx 0.0318 \\ u(B) &\approx 0.0003 \end{aligned}$$

Następnie możemy przejść do wyliczania γ_h . Pomiary napięcia od natężenia były robione dla kąta $\alpha = 0^\circ$ tak więc $B_n \approx -0.043578$.

$$\gamma_h = \frac{|A|}{B}$$

$$\gamma_h = \frac{1.7494}{0.043578} \approx 40.14$$

$$\begin{aligned} u(\gamma_s) &= \sqrt{\sum_{j=1}^k \left(\frac{\partial f}{\partial x_j} \right)^2 \cdot u^2(x_j)} = \sqrt{u^2(A) \cdot \left(\frac{1}{B} \right)^2 + u^2(B) \cdot \left(\frac{A}{B^2} \right)^2} = \\ &= \sqrt{0.0003^2 \cdot \left(\frac{1}{0.04358} \right)^2 + 0.0058^2 \cdot \left(\frac{1.7494}{0.04358^2} \right)^2} \approx \pm 5.34 \end{aligned}$$

Następnie na potrzeby obliczenia koncentracji n obliczymy średnie γ .

$$\bar{\gamma} = \frac{\gamma_h + \gamma_s}{2} = \frac{40.14 + 30.16}{2} \approx 35.15$$

$$u(\bar{\gamma}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{(30.16 - 35.15)^2 + (40.14 - 35.15)^2}{2(2-1)}} \approx 4.99$$

$$n = \frac{1}{35.15 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^{-6}} \approx 887.937 \cdot 10^{20}$$

$$\begin{aligned} u(n) &= \sqrt{\sum_{j=1}^k \left(\frac{\partial f}{\partial x_j} \right)^2 \cdot u^2(x_j)} = \sqrt{u^2(\bar{\gamma}) \cdot \left(\frac{1}{\bar{\gamma}^2 e d} \right)^2 + u^2(d) \cdot \left(\frac{1}{\gamma e d^2} \right)^2} = \\ &= \sqrt{4.99^2 \cdot \left(\frac{1}{35.15^2 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^{-6}} \right)^2 + (1 \cdot 10^{-7})^2 \cdot \left(\frac{1}{35.15 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \cdot (2 \cdot 10^{-6})^2} \right)^2} \approx \pm 133.644 \cdot 10^{20} \end{aligned}$$

3 Wnioski

Pierwsza część pomiaru potwierdza działanie efektu Halla generując sygnał sinusoidalny tworząc prąd zmienny. Niestety duże niepewności pomiarowe analogowego amperomierza oraz bardzo duże niepewności kątu hallotronu. Przez owe niepewności wykres ?? bardzo dobrze pokazuje jak bardzo prosta y mogła się zmienić przez co zmieniony byłby parametr A co znacząco wpłynęło by to na wartość γ_s . γ_h również posiadało duże niepewności ze względu na indukcję B . Obie wartości γ dość różnią się od siebie co jest spowodowane owymi niepewnościami. Aby obliczyć koncentrację n wyliczyliśmy średnią obu γ i jej niepewność. Wyliczona koncentracja również jest przez to obciążona dużą niepewnością.