Ćwiczenie nr 27

Ziemskie pole magnetyczne

Cel ćwiczenia.

- ✓ Wyznaczenie indukcji magnetycznej ziemskiego pola magnetycznego.

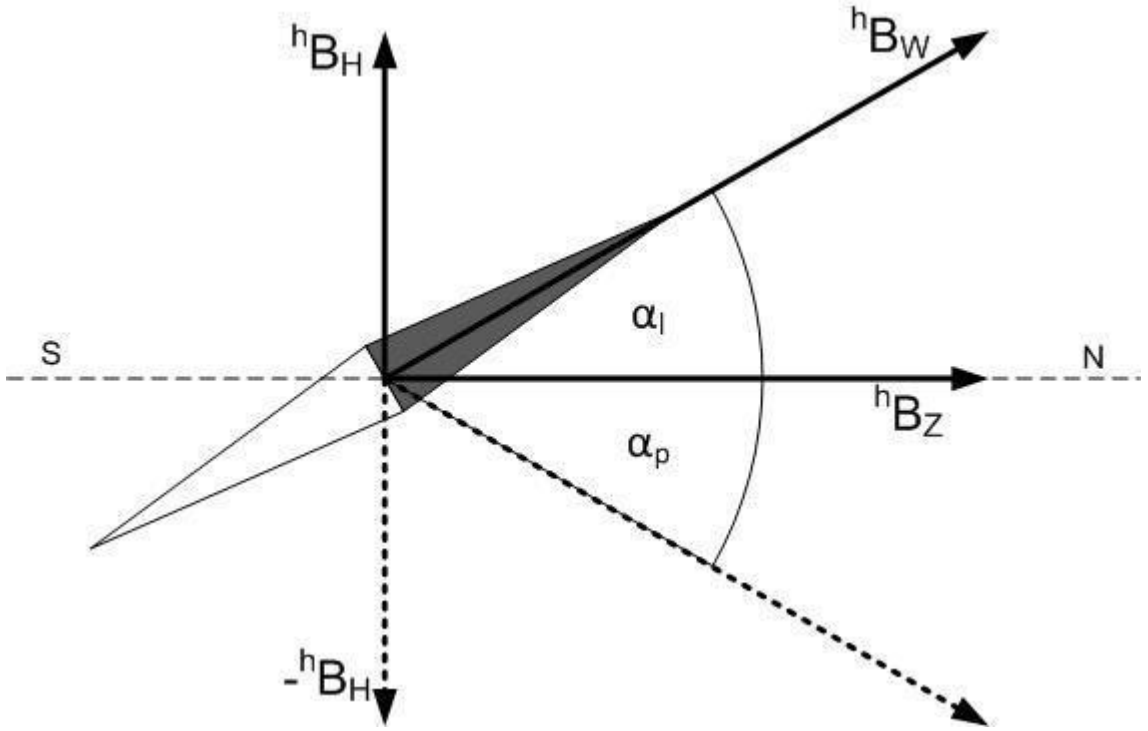
Zagadnienia teoretyczne:

1. Pole magnetyczne ziemskie. Deklinacja i inklinacja.
2. Indukcja magnetyczna.
3. Cewki Helmholtza.

Wprowadzenie.

Zagadnienia elementarne.

Gdy przez cewki nie przepływa prąd, igła magnetyczna kieruje się zgodnie z poziomą składową B_Z^h (kierunek północ-południe) ziemskiego pola magnetycznego.
Jeśli na tę składową nałożymy, przy pomocy cewek Helmholtz'a dodatkowe pole magnetyczne B_H^h, to igła obróci się o kąt α i będzie wskazywać kierunek wypadkowego pola magnetycznego B_W^h.



W szczególnym przypadku, gdy oś cewek jest prostopadłą do kierunku północ-południe, otrzymujemy zależność:

$$\frac{B_H^h}{B_Z^h} = \operatorname{tg}\alpha \qquad (1)$$

lub

$$B_H^h = B_Z^h \, tg\,\alpha \qquad (2)$$

Jeśli powyższa zależność jest funkcją liniową:

$$B_H^h = f(tg\ \alpha)$$

to B_Z^h jest nachyleniem tej prostej i można ją wyznaczyć metodą najmniejszych kwadratów.

Indukcję magnetyczną pary cewek Helmholtza wyznacza się sporządzając jej wykres w funkcji natężenia prądu elektrycznego I_H przepływającego przez nie.

$$B_H^h = f(I_H) = K \cdot I_H \qquad (3)$$

gdzie K jest współczynnikiem kalibracji (nachylenie prostej wyznaczonej, np., metodą najmniejszych kwadratów).

Wzór (3) przyjmuje więc postać:

$$\begin{array}{ccccc} K \cdot I_H & = & B_Z^h & tg\,\alpha & (4) \\ \downarrow & & \downarrow & \downarrow & \\ y & & a & x & \end{array}$$

Przebieg ćwiczenia

Wyposażenie potrzebne do przeprowadzenia ćwiczenia:

- para cewek Helmholtza
- zasilacz uniwersalny
- opornica suwakowa 100Ω; 1,8A
- teslomierz cyfrowy z sondą Halla
- multimetr cyfrowy
- igła magnetyczna deklinacyjno-inklinacyjna
- przewody

Cewki Helmholtza połączone są szeregowo i przez opornicę podłączone są do zasilacza prądu stałego oraz uniwersalnego multimetru cyfrowego.
Sondę Halla umieszczamy w osi cewek, tak aby jej koniec znajdował się pośrodku układu Helmholtza. Zmieniając wartość prądu I_H w zakresie 0 ÷ 1,3A z krokiem ~ 0,2A zmierzyć indukcję B_H^h (mT). Pomiary zapisać w **Tabeli 1.**

Tabela 1.
Zależność indukcji magnetycznej B_H^h od natężenia prądu I_H cewek Helmholtza.

I_H [mA]										
B_H^h [mT]										

.....

2.

W tej części wyznaczamy zależność kąta odchylenia α igły magnetycznej od kierunku północ-południe w funkcji natężenia prądu płynącego przez cewki Helmholtza.
Usuwamy sondę Halla, a w jej miejsce wstawiamy igłę magnetyczną, tak zmieniając położenie pary cewek, aby ich oś była dokładnie prostopadłą do kierunku północ-południe (oczywiście $I_H = 0$).
Następnie ustawiamy prąd I_H na poziomie ~ 30mA (Regulacja U ≈ 1V, regulacja I ≈ 0,5A) zmieniając w odpowiedni sposób położenie suwaka opornicy.

Wychylenie igły magnetycznej przy zmianie kierunku prądu powinno być jednakowe ($\alpha_l = \alpha_p$). Jeśli tak nie jest, lekko zmienić położenie układu Helmholtza.
Zmieniając natężenie prądu w zakresie 10 ÷ 60 mA z krokiem ~ 5mA zmierzyć odchylenie igły magnetycznej α. Wyniki zapisać w Tabeli 2. i uzupełnić o stosowne obliczenia.

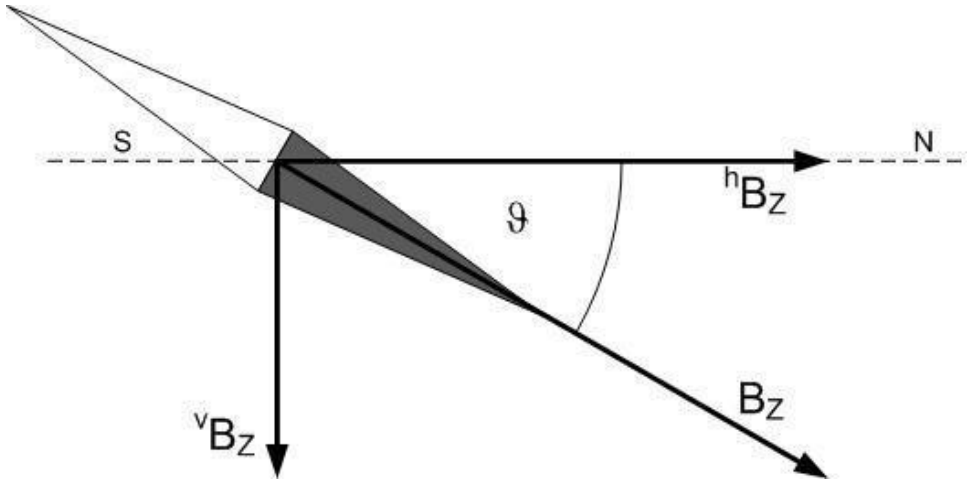
Tabela 2.

I_H [mA]	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
α [^{0}]										
tg α										
$B_H^h = K \cdot I_H$ [μT]										

.....

3.

Na koniec, podczas gdy przez cewki nie płynie prąd, okno z podziałką obrócić do płaszczyzny pionowej tak, aby igła magnetyczna wskazywała teraz kąt inklinacji υ_1. Należy upewnić się, że oś obrotu jest prostopadłą do kierunku północ-południe.
Aby otrzymać υ_2, należy magnetometr obrócić o 180^0 wokół pionu.



Zmierzony kąt inklinacji

$$\vartheta = \frac{1}{2}\,(\vartheta_1 + \vartheta_2))$$

wstawiamy do związku:

$$\frac{B_Z^v}{B_Z^h} = \tan\vartheta \quad \Rightarrow \quad B_Z^v = B_Z^h \cdot \tan\vartheta \qquad (5)$$

Pełna indykcja magnetyczna B_Z wynosi:

$$B_Z = \sqrt{(B_Z^v)^2 + \left(B_Z^h\right)^2} \qquad (6)$$

.....

Opracowanie wyników

1. Na podstawie Tabeli1. Wykonaj wykres zależności $B_H^h = f(I_H)$.
2. Metodą najmniejszych kwadratów (regresja liniowa) wyznacz współczynnik kalibracji K układu cewek Helmholtza.
3. Uzupełnij Tabelę 2. o obliczenia i wykonaj na jej podstawie wykres zależności $K{\cdot}I_H = f(tg\ \alpha)$.
4. W oparciu o dane z pkt. 3. Wyznacz metodą regresji liniowej składową poziomą indukcji magnetycznej B_Z^h ziemskiego pola magnetycznego.
5. Ze wzoru (5) wyznacz składową B_Z^v.
6. Ostatecznie ze wzoru (6) oblicz całkowitą indukcję B_Z ziemskiego pola magnetycznego.

Ćw.8. (27).

Pomiar natężenia pola magnetycznego ziemskiego

Protokół pomiarowy

Ćw. 27.	**Laboratorium z fizyki**		
Rok akadem:	*Temat:* Pomiar natężenia pola magnetycznego ziemskiego		
Kierunek: Grupa:	Imię i Nazwisko:		
	Ocena	Data Zaliczenia	Podpis
L			
S			
K			

Tabela 1.
Zależność indukcji magnetycznej B_H^h od natężenia prądu I_H cewek Helmholtza.

I_H [mA]										
B_H^h [mT]										

Tabela 2.

I_H [mA]	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**	**55**
α [^{0}]										
tg *α*										
$B_H^h = K \cdot I_H$ [μT]										