

## Ćwiczenie E12

# Wyznaczanie składowej poziomej natężenia pola magnetycznego Ziemi za pomocą busoli stycznych

### E12.1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie wartości składowej poziomej natężenia pola magnetycznego Ziemi poprzez badanie wektora wypadkowego pola ziemskiego i pola wytwarzanego przez zwojnicę z prądem stałym.

### E12.2. Zagadnienia związane z tematyką ćwiczenia

- Dodawanie wektorów,
- wielkości charakteryzujące pole magnetyczne – indukcja i natężenie,
- definicja linii pola magnetycznego,
- prawo Biota-Savarta,
- pole magnetyczne Ziemi,
- metoda najmniejszych kwadratów.

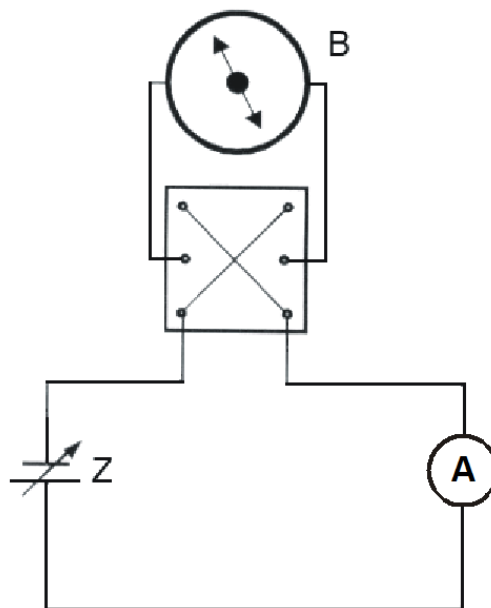
### E12.3. Literatura

- [1] Halliday D., Resnick R., Walker J.: *Podstawy fizyki, cz. 3*, PWN, Warszawa.
- [2] Bobrowski Cz.: *Fizyka – krótki kurs*, WNT, Warszawa.
- [3] *Metody wykonywania pomiarów i szacowania niepewności pomiarowych*, <http://ftims.pg.edu.pl/documents/10673/20436990/wstep.pdf>

### E12.4. Przebieg ćwiczenia i zadania do wykonania

#### Układ doświadczalny

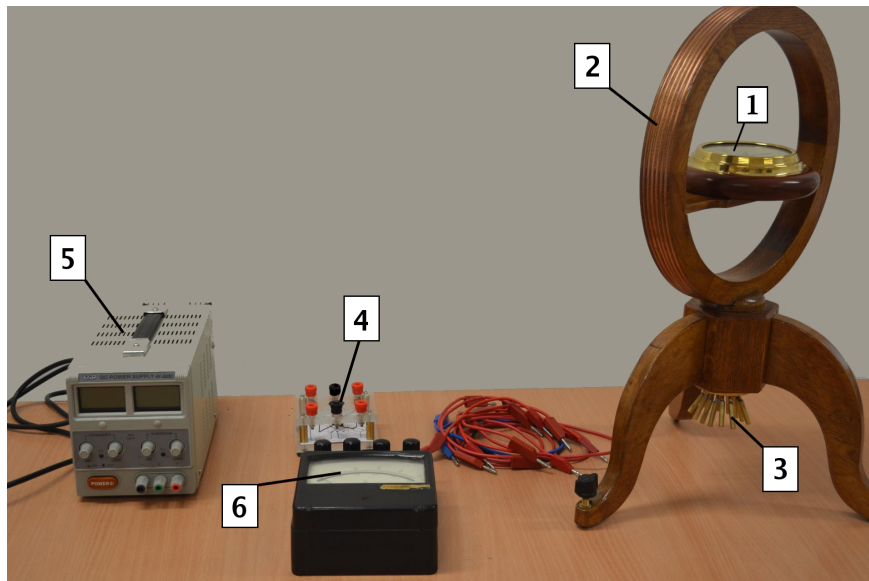
Rysunek E12.1 przedstawia schemat układu pomiarowego, zaś rysunek E12.2 zdjęcie układu z zaznaczonymi podstawowymi elementami: **1** — igła magnetyczna busoli zamocowana na pionowej osi, **2** — zwojnica busoli, **3** — przełącznik zatyczkowy, **4** — przełącznik krzyżowy, **5** — zasilacz prądu stałego, **6** — amperomierz.



Rysunek E12.1. Schemat układu pomiarowego

#### Przebieg doświadczenia

Busola stycznych jest urządzeniem służącym do pomiaru natężeń stałych pól magnetycznych. Prąd elektryczny o natężeniu  $I$ , płynący w zwojnicy, wytwarza pole magnetyczne, którego wektor natężenia jest prostopadły do płaszczyzny zwojów. Wytworzone przez zwojnicę z prądem pole magnetyczne nakłada się na składową poziomą pola magnetycznego Ziemi o natężeniu  $\vec{H}_Z$ . Wektor wypadkowego natężenia pola magnetycznego  $\vec{H}_p$  jest sumą geometryczną natężenia pola  $\vec{H}_Z$  i pola zwojnicy  $\vec{H}_i$  (rysunek E12.3). Namagnesowana igła umieszczona w

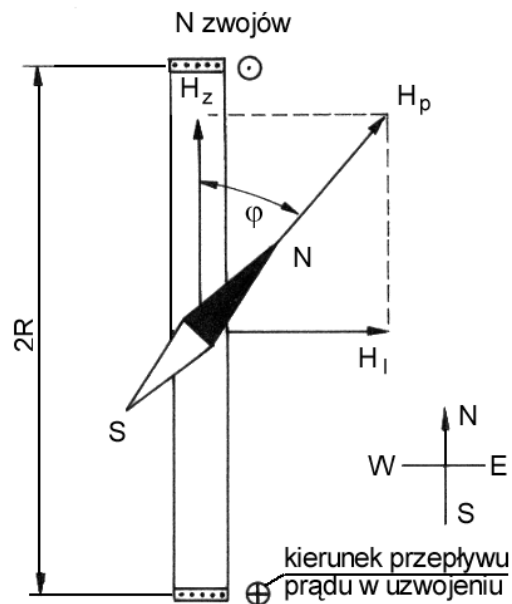


Rysunek E12.2. Zdjęcie układu pomiarowego

polu magnetycznym ustawi się w kierunku zgodnym z kierunkiem wypadkowego wektora natężenia pola magnetycznego  $\vec{H}_p$ .

Wykorzystując powyższy efekt możemy, korzystając z busoli stycznych, wyznaczyć wartość składowej poziomej pola magnetycznego Ziemi  $H_Z$ . W tym celu należy:

1. Zmontować elementy układu według schematu pokazanego na rysunku E12.1. Przy czym w cewce busoli (2) za pomocą przełącznika zatyczkowego (3) należy połączyć ze sobą dwa środkowe zwoje ( $n_i = 2$ ), tak aby tylko w nich płynął prąd;
2. Przed włączeniem cewki (2) do źródła prądu płaszczyznę zwojów busoli orientujemy tak, aby leżała w niej igła magnetyczna (1);
3. Tak przygotowaną busolę podłączamy do zasilacza prądu stałego (5) i ustalamy żadaną wartość natężenia prądu w obwodzie ( $I_i = 0,2 \text{ A}$ ). Wartość  $I_i$  kontrolujemy za pomocą amperomierza (6);
4. Igła busoli (1) odchyli się od ustalonego położenia równowagi. Dokonujemy odczytu kąta wychylenia igły w lewą stronę,  $\varphi_{il}$ . Następnie przełącznikiem krzyżowym (4) zmieniamy kierunek prądu w uzwojeniu busoli, powodując wychylenie igły w stronę przeciwną. Odczytujemy kąt wychylenia w prawą



Rysunek E12.3. Wektory natężeń pól magnetycznych występujące w doświadczeniu

stronę,  $\varphi_{ip}$ . Wartość kąta  $\varphi_i$  obliczamy jako średnią arytmetyczną:

$$\varphi_i = \frac{\varphi_{il} + \varphi_{ip}}{2}. \quad (\text{E12.1})$$

5. Zmieniając wartości natężenia prądu w obwodzie ( $I_i$ ) mierzymy ponownie kąt wychylenia igły (1) tak jak zostało to opisane w kroku 4. Kolejne pomiary należy wykonać dla  $I_i = 0,4, 0,6, 0,8, 1,0$  A;
6. Następnie wykorzystując przełącznik zatyczkowy (3), należy załączyć kolejne zwoje busoli ( $n_i = 4, 6$ ). Załączanie zwojów busoli należy wykonać po odłączeniu układu od zasilacza (5);
7. Po zmianie wartości  $n_i$  należy powtórzyć czynności opisane w punktach 2 - 5;
8. Przy każdym pomiarze należy w tabeli zanotować wartości:  $n_i, I_i, \varphi_{il}, \varphi_{ip}$  oraz  $\varphi_i$ .

### Zadania do wykonania

E12.1. Wykonać pomiary kąta wychylenia igły magnetycznej busoli  $\varphi_i$  dla różnych wartości natężenia prądu  $I_i$  (0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0 A) i liczby zwojów  $n_i = 2, 4, 6$  w cewce busoli.

- E12.2. Wyliczyć wartość natężenia pola magnetycznego  $H_{I_i}$  w środku obwodu kołowego (cewki busoli) dla ustalonych wartości  $I_i$  i  $n_i$ , którym odpowiadają mierzone kąty wychylenia igły  $\varphi_i$ .
- E12.3. Na podstawie pomiarów i obliczeń przeprowadzonych w punktach E12.1 - E12.2 metodą najmniejszych kwadratów wyznaczyć natężenie pola magnetycznego Ziemi  $H_Z$ .
- E12.4. Na wykresie w układzie współrzędnych ( $\text{tg } \varphi$ ,  $H_I$ ) nanieść punkty doświadczalne oraz prostą o współczynnikach wyznaczonym w punkcie E12.3.

### Uzupełnienie do zadania E12.3

Składową poziomą natężenia pola magnetycznego Ziemi wyznaczamy przy użyciu metody najmniejszych kwadratów przyjmując  $y = H_I$  oraz  $x = \text{tg } \varphi$ . Otrzymujemy wówczas, że współczynnik kierunkowy uzyskanej zależności liniowej jest równy właśnie  $H_Z$ .

### E12.5. Rachunek niepewności

Niepewność pomiaru  $I_i$ ,  $\varphi_{il}$  i  $\varphi_{ip}$  oceniamy w czasie wykonywania pomiarów na podstawie podziałek, zakresu i klasy użytych urządzeń pomiarowych.

Niepewność wyznaczenia  $\varphi_i$  oraz  $H_{I_i}$  obliczamy jako niepewność wielkości złożonej. Wyznaczone wartości nanosimy odpowiednio na wykres.

Niepewność wyznaczenia parametrów zależności liniowej  $H_I = f(\text{tg } \varphi)$  określamy stosując odpowiednie wzory metody najmniejszych kwadratów.