

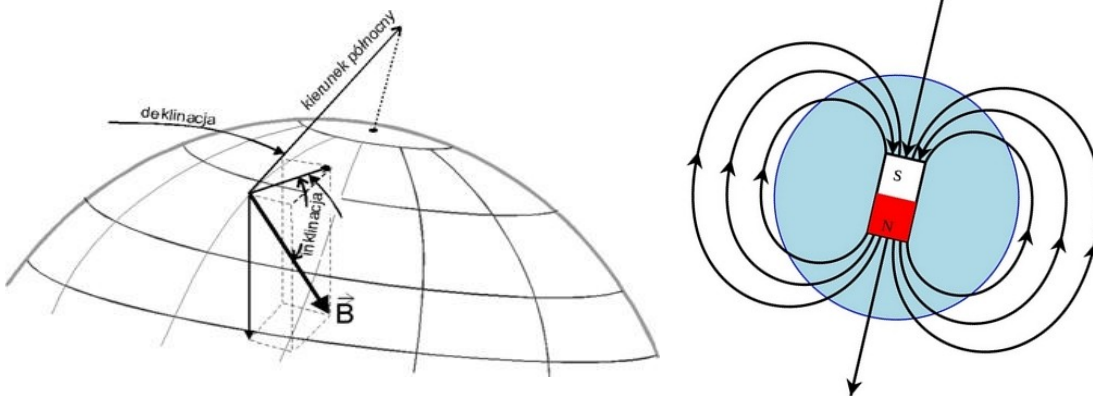
## Wprowadzenie teoretyczne

### Doświadczenie „KOMPAŚ”

Pole magnetyczne stanowi przestrzeń o takiej właściwości, że na poruszający się w niej ładunek elektryczny działa siła skierowana prostopadłe do kierunku ruchu ładunku i do kierunku pola magnetycznego (siła Lorentza). Pole to scharakteryzowane jest rozkładem indukcji magnetycznej. Indukcja magnetyczna  $\vec{B}$  to wielkość pozwalająca określić wektor siły  $\vec{F}$  działającej na ładunek elektryczny o określonej wartości  $q$ , poruszający się z określoną prędkością  $\vec{v}$ . Definicja bezpośrednia indukcji nie istnieje – istnieje natomiast definicja operacyjna, czyli związek siły, ładunku, indukcji i prędkości:

$$\vec{F} = q \vec{B} \times \vec{v}$$

Wektor indukcji ziemskiego pola magnetycznego na szerokości geograficznej Gdyni jest skierowany w głąb ziemi.



Deklinacja: Kąt pomiędzy kierunkiem północnym a składową poziomą indukcji (około  $4^\circ$ ).

Inklinacja: Kąt pomiędzy indukcją a jej składową poziomą (około  $69^\circ$ ).

Wartość indukcji: między  $30$  a  $60 \mu\text{T}$  (mikrotesli) w zależności od odległości od biegunów magnetycznych (w Gdyni około  $51 \mu\text{T}$ ). Składowa pozioma indukcji w Polsce: około  $19 \mu\text{T}$ .

Igła kompasu z powodu działania pola grawitacyjnego obraca się w płaszczyźnie poziomej i przyjmuje kierunek zgodny z kierunkiem składowej poziomej indukcji. Igła magnetyczna jest przedmiotem o określonym momencie magnetycznym  $\vec{M}_m$ . Po umieszczeniu jej w polu magnetycznym o indukcji  $\vec{B}$  działa na nią moment siły  $\vec{M}$ :

$$\vec{M} = \vec{M}_m \times \vec{B}$$

W przypadku pola ziemskiego moment siły kierujący igłą ku biegunowi magnetycznemu wywołany jest działaniem składowej poziomej indukcji pola magnetycznego.

#### Zagadnienia do przygotowania:

- wielkości charakteryzujące pole magnetyczne,
- ładunek w polu magnetycznym,
- pole magnetyczne Ziemi,
- pole magnetyczne cewki,
- metoda pomiaru składowej poziomej ziemskiej indukcji magnetycznej za pomocą busoli tangensów (inaczej: busoli stycznych).

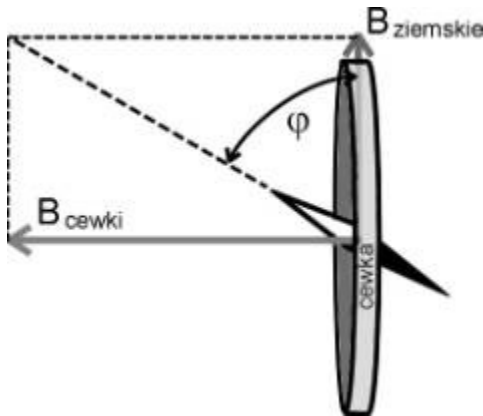
## „K O M P A S”

**Student 1:** Wyznaczanie składowej poziomej indukcji pola ziemskiego za pomocą busoli tangensów.

**Student 2:** Sprawdzanie prawa tangensów busoli tangensów.

### Baza teoretyczna

Igła magnetyczna naturalnie ustawia się na kierunku składowej poziomej pola magnetycznego. Po umieszczeniu jej w dodatkowym polu magnetycznym, igła ustawi się wzdłuż pola wypadkowego. Dodatkowe pole wytwarzamy prądem elektrycznym w cewce. Odpowiednie ustawienie początkowe igły cewki pozwala na zastosowanie prostego prawa tangensów do wyznaczenia składowej poziomej ziemskiego pola magnetycznego.



$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{B_{\text{cewki}}}{B_{\text{ziemskie}}}$$

$B_{\text{cewki}}$  jest proporcjonalne do natężenia prądu w cewce:

$$B_{\text{cewki}} = \mu_0 \frac{nI}{2r}$$

gdzie:  $\mu_0$  - przenikalność magnetyczna ośrodka (powietrza),

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ [V} \cdot \text{s} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}\text{]}$$

$n$  - ilość zwojów w cewce,

$I$  - natężenie prądu w cewce,

$r$  - promień cewki.

$$\frac{\mu_0 n I}{2r} = B_{\text{ziemskie}} \operatorname{tg} \varphi$$



<p>Zatem aby wyznaczyć składową poziomą indukcji pola ziemskiego należy:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- wykonać pomiary zależności kąta wychylenia igły busoli <math>\varphi</math> od natężenia prądu cewki <math>I</math>,</li> <li>- sporządzić wykres zależności: <math>\frac{\mu_0 n I}{2r}</math> od <math>\operatorname{tg} \varphi</math></li> <li>- odczytać na nim wartość <math>B_{\text{ziemskie}}</math></li> </ul>	<p>Zatem aby sprawdzić prawo tangensów busoli tangensów należy:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- wykonać pomiary zależności kąta wychylenia igły busoli <math>\varphi</math> od natężenia prądu cewki <math>I</math>,</li> <li>- sporządzić wykres zależności: <math>I</math> od <math>\operatorname{tg} \varphi</math>,</li> <li>- zanalizować jego liniowość.</li> </ul>

## „K O M P A S”

**Student 1:** Wyznaczanie składowej poziomej indukcji pola ziemskiego za pomocą busoli tangensów.

### 1. Wyniki pomiarów

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	[...]										
$\varphi$	[°]										

$$\Delta I = \dots$$

$$n = \dots$$

$$r = \dots$$

$$\Delta \varphi = \dots$$

$$\Delta r = \dots$$

### 2. Obliczenia (przykładowe – odnoszą się np. do pomiaru nr 5)

UWAGA: Każdy arkusz kalkulacyjny wymaga podania kątów w radianach do obliczenia wartości funkcji trygonometrycznych

$$\frac{\mu_0 n I}{2r} = \dots$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \dots$$

$$\Delta \frac{\mu_0 n I}{2r} = \frac{\mu_0 n}{2r} \Delta I + \frac{\mu_0 n I}{2r^2} \Delta r = \dots$$

$$\Delta \operatorname{tg} \varphi = |\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg}(\varphi + \Delta \varphi)| = \dots$$

### 3. Wyniki obliczeń

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\frac{\mu_0 n I}{2r}$	[...]										
$\operatorname{tg} \varphi$	[...]										
$\Delta \frac{\mu_0 n I}{2r}$	[...]										
$\Delta \operatorname{tg} \varphi$	[...]										

### 4. Wykres

+ obliczenie  $B_{\text{ziemi}}$  (nachylenia prostej „najlepszego dopasowania”)

+ obliczenie  $B_{\text{ziemi}}'$  (nachylenia prostej odchylonej)

+ obliczenie  $\Delta B_{\text{ziemi}} = |B_{\text{ziemi}} - B_{\text{ziemi}}'|$

### 5. Podsumowanie

Wyznaczona wartość ... wynosi ...

Dokładność metody: ...

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych.

## „K O M P A S”

**Student 2:** Sprawdzanie prawa tangensów busoli tangensów.

### I. Metodyka (ideowy plan ćwiczenia)

### II. Przebieg ćwiczenia

#### II.1. Przebieg czynności

#### II.2. Szkic układu pomiarowego

### III. Wyniki

#### III.1. Wyniki pomiarów

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l	[...]										
$\varphi$	[°]										

$$\Delta l = \dots$$

$$\Delta \varphi = \dots$$

#### III.2. Obliczenia (przykładowe – odnoszą się np. do pomiaru nr 5)

UWAGA: Każdy arkusz kalkulacyjny wymaga podania kątów w radianach do obliczenia wartości funkcji trygonometrycznych

$$\operatorname{tg} \varphi = \dots$$

$$\Delta \operatorname{tg} \varphi = |\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg}(\varphi + \Delta \varphi)| = \dots$$

#### III.3. Wyniki obliczeń

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l	[...]										
$\operatorname{tg} \varphi$	[...]										
$\Delta \operatorname{tg} \varphi$	[...]										

$$\Delta l = \dots$$

#### III.4. Wykres

### IV. Podsumowanie

Ponieważ na wykresie ... można poprowadzić prostą przechodzącą przez wszystkie prostokąty niepewności pomiarowych, nie ma podstaw do stwierdzenia odstępstwa od ...

*Ewentualnie:* Odstępstwo od liniowości w zakresie ... może wynikać z ....

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych.