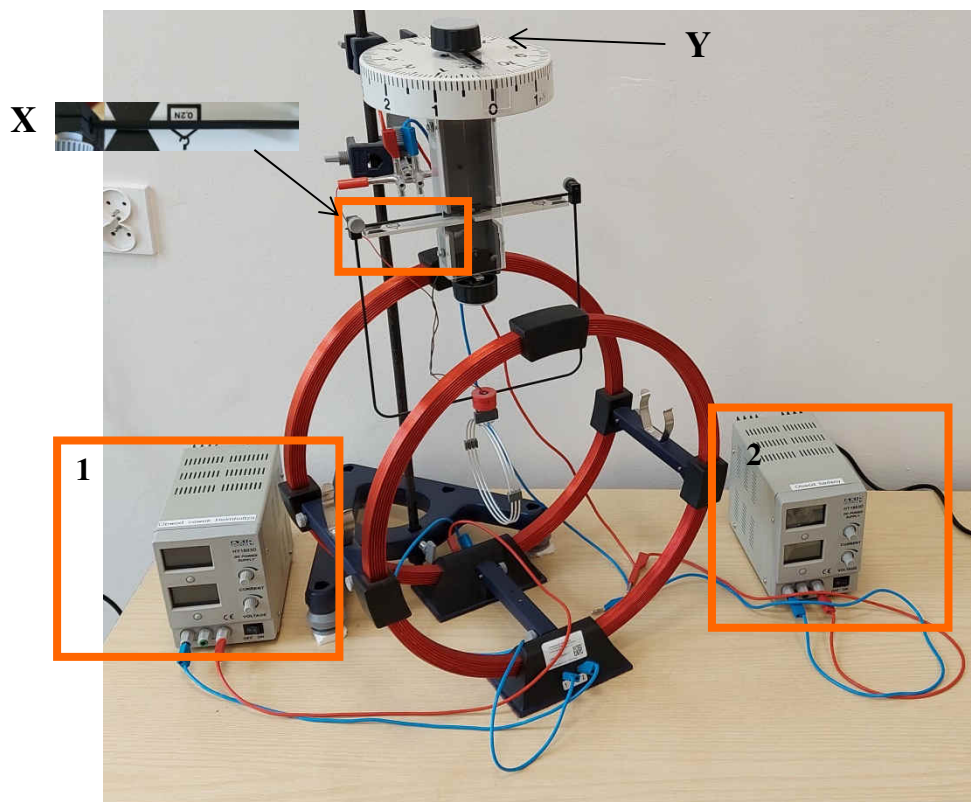


## MOMENT MAGNETYCZNY W POLU MAGNETYCZNYM

### Aparatura

Zasilacze regulowane, cewki Helmholtza, multimetry cyfrowe, dynamometr torsyjny oraz pętle próbne z przewodnika.



Rys. 1 Układ pomiarowy (1- Zasilacz oraz multimetr cyfrowy odpowiedzialny za obwód cewek Helmholtza, 2 - Zasilacz oraz multimetr cyfrowy odpowiedzialny za obwód badany).



Rys. 2 Widok z góry na ramkę ustawioną względem dynamometru w pozycji wyzerowanej (X na rysunku 1) . 1 – znacznik na belce dynamometru, 2 – ramię dynamometru.

## Przebieg ćwiczenia

### A. Wyznaczanie zależności momentu siły skręcającej obwód (pętla w kształcie okręgu) z prądem od wartości indukcji $\vec{B}$ zewnętrznego pola magnetycznego.

- W celu wyzerowania układu należy:
  - Przeprowadzić procedurę „zerowania” układu bez przyłożonego napięcia do cewek Helmholtza oraz pętli próbnych.
  - Przy pomocy pokrętła znajdującego się nad skalą dynamometru ustawić „zero”.
  - Przy pomocy pokrętła znajdującego się na dole dynamometru ustawić wychylenie ramki (przymocowanej do urządzenia pomiarowego) tak jak na rysunku (nr 2).
- Obwód badany jest ustawiony między cewkami Helmholtza w taki sposób, że kąt  $\alpha$  zawarty między wektorem indukcji  $\vec{B}$  pola magnetycznego generowanego przez cewki Helmholtza oraz wektorem  $\vec{s}$  prostopadłym do płaszczyzny badanego obwodu jest równy  $90^0$ . Włączyć zasilacz dla badanego obwodu i ustawić **delikatnie** natężenia prądu około  $I_{OB}= 3A$ .
- Włączyć zasilanie cewek Helmholtza. Zmieniać natężenie płynącego prądu w cewkach Helmholtza przez **delikatny** obrót potencjometru oznaczonego symbolem „Current”, począwszy od 0, co około 0,4 A **nie przekraczając** wartości 3 A (8 wartości natężenia prądu). Dla każdej ustawionej wartości natężenia prądu w cewkach Helmholtza odczytać z wagi skręceń wartość siły skręcającej działającej na obwód i obliczyć wartość momentu siły dla długości ramienia  $l$ . Wyniki pomiarów zapisać w tabeli nr 1
- W celu odczytania wyniku pomiaru należy:
  - Za pomocą pokrętła Y (rys. 1) ustawić ramkę pomiarową pomiędzy dwoma czarnymi znacznikami na belce (rys. 2).
  - Skala na dynamometrze torsyjnym wyrażona jest w mN ( $10^{-3}$  N), nie jest to pomiar momentu siły skręcającej. Obliczyć moment siły ze wzoru  $M = l \times F$  (wszystkie potrzebne stałe fizyczne znajdują się na końcu instrukcji).
- Dla każdej wartości natężenia prądu obliczyć na podstawie wzoru:

$$B_z = 0,7155\mu_0 \frac{n_H I_H}{R_H}$$

$B_z$  – wartość indukcji pola magnetycznego między cewkami Helmholtza,  $B_z=B_H$ ;  
 $\mu_0$  – przenikalność magnetyczna próżni;  
 $n_H$  – liczba zwojów w układzie Helmholtza;  
 $I_H$  - natężenie prądu w cewkach Helmholtza;  
 $R_H$  - promień tych cewek.

wartość indukcji pola magnetycznego między cewkami Helmholtza.

- Wykorzystując poniższy wzór, sporządzić wykres funkcji:

$$M(B_z) = \mu \cdot B_z$$

$M(B_z)$  – moment siły skręcającej zależny od indukcji pola magnetycznego między cewkami Helmholtza;  
 $\mu$  - moment magnetyczny;

Na podstawie sporządzonego wykresu wyznaczyć wartość momentu magnetycznego badanego obwodu.

7. Znając wartość parametrów geometrii badanego obwodu (średnica oraz liczba zwojów) oraz natężenie przepływającego prądu, obliczyć na podstawie wzoru:

$$\mu_T = n \cdot I_{OB} \cdot \pi R^2 = n \cdot \frac{\pi}{4} I_{OB} d^2$$

$\mu_T$  – teoretyczna wartość momentu magnetycznego;

$n$  – liczba zwojów pętli w obwodzie badanym;

$R$  – promień pętli obwodu badanego;

$d$  – średnica pętli w obwodzie badanym;

$I_{OB}$  – natężenie prądu w badanym obwodzie.

teoretyczną wartość momentu magnetycznego badanego obwodu i porównać tę wartość z wartością momentu magnetycznego otrzymaną w pkt. 5.

8. Wyznaczoną z wykresu wartość momentu magnetycznego badanego obwodu oraz obliczoną wartość teoretyczną tej wielkości umieścić wraz z jednostkami w odpowiedniej tabeli 1.

### ***B. Wyznaczenie średnicy badanego obwodu z prądem umieszczonego w jednorodnym polu magnetycznym.***

1. W celu wyzerowania układu należy:

- Przeprowadzać procedurę „zerowania” układu bez przyłożonego napięcia do cewek Helmholtza oraz pętli próbnych.
- Przy pomocy pokrętła znajdującego się na nad skalą dynamometru ustawić „zero”.
- Przy pomocy pokrętła znajdującego się na dole dynamometru ustawić wychylenie ramki (przymocowanej do urządzenia pomiarowego) tak jak na rys. 2.

2. Włączyć zasilanie cewek Helmholtza i ustawić wartość natężenia płynącego prądu na  $I_H \approx 3A$ .

Obliczyć

i zapisać wartość indukcji  $B_H$  jednorodnego pola magnetycznego generowanego pomiędzy cewkami Helmholtza.

3. W celu odczytania wyniku pomiaru należy:

- Za pomocą pokrętła Y (rys. 1) ustawić ramkę pomiarową pomiędzy dwoma czarnymi znacznikami na belce (rys. 2).
- Skala na dynamometrze torsyjnym wyrażona jest w mN ( $10^{-3}$  N), nie jest to pomiar momentu siły skręcającej. Obliczyć moment siły ze wzoru  $M = l \times F$  (wszystkie potrzebne stałe fizyczne znajdują się na końcu instrukcji).

4. Włączyć zasilacz obwodu badanego. Przy pomocy potencjometru **delikatnie** zwiększać natężenie prądu płynącego w tym obwodzie od 0 do około 3 A, co około 0,4 A (8 wartości). Dla każdej wartości natężenia prądu zmierzyć moment siły skręcającej działającej na badany obwód z prądem i obliczyć wartość momentu siły dla długości ramienia  $l$ . Wartości natężenia prądu i momentu siły skręcającej wpisać do tabeli nr 2.

5. Na podstawie danych zawartych w tabeli nr 2 sporządzić wykres funkcji:

$$M(I_{OB}) = \frac{n\pi B_H d^2}{4} I_{OB}$$

$M(I_{OB})$  – moment siły skręcającej zależny od natężenia prądu płynącego w obwodzie badanym.

6. Na podstawie sporządzonego wykresu obliczyć wartość średnicy badanego obwodu i wpisać ją w odpowiednie miejsce poniżej tabeli 2.

### Wartości stałych

$$R_H = 0,2 \text{ [m]}$$

$$d = 0,12 \text{ [m]}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \left[ \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \right]$$

$$l = 0,11 \text{ [m]} \text{ – długość ramienia dynamometru torsyjnego}$$

$$n_H = 154 \text{ zwoje}$$

$$n = 3 \text{ zwoje}$$

### Wymagane wiadomości teoretyczne

1. Źródła pola magnetycznego. Natężenie (H) i indukcja pola magnetycznego (B) - jednostki. Przenikalność magnetyczna. Jednorodne pole magnetyczne.
2. Siła działająca na ładunek elektryczny poruszający się w jednorodnym polu magnetycznym.
3. Siła działająca na przewodnik z prądem umieszczony w jednorodnym polu magnetycznym. Para sił działających na prostokątną ramkę z prądem umieszczoną w jednorodnym polu magnetycznym.
4. Moment siły. Moment magnetyczny (jednostki). Moment magnetyczny obwodu w kształcie okręgu, w którym płynie prąd o natężeniu I.
5. Obliczenie momentu siły działającej na obwód z prądem w kształcie okręgu umieszczony w jednorodnym polu magnetycznym.
6. Budowa układu do badania sił działających na obwód z prądem umieszczony w jednorodnym polu magnetycznym pomiędzy cewkami Helmholtza.
7. Spin i moment magnetyczny jąder atomowych – przykłady paramagnetycznych jąder atomowych.
8. Zjawisko jądrowego rezonansu magnetycznego i jego zastosowanie w diagnostyce obrazowej (tomografia jądrowego rezonansu magnetycznego) i w badaniach spektroskopowych w chemii, biologii i medycynie.

### Literatura

1. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker: „Podstawy fizyki”, t. 3, PWN, Warszawa 2015.
2. Cz. Bobrowski: „Fizyka – krótki kurs”, WNT 2012.
3. S. Mięgisz, A. Hendrich, „Wybrane zagadnienia z biofizyki”, Volumed, Wrocław 1998.
4. A.Z. Hrynkiewicz, E. Rokita, „Fizyczne metody badań w biologii, medycynie i ochronie środowiska”, PWN, Warszawa 2013.
5. A.Z. Hrynkiewicz, E. Rokita, „Fizyczne metody diagnostyki medycznej i terapii”, PWN, Warszawa 2000.

|   |  |  |
|---|--|--|
| Uniwersytet Medyczny<br>we Wrocławiu<br>Katedra i Zakład<br>Biofizyki i Neurobiologii | <b>Ćwiczenie 26</b><br><b>Moment magnetyczny w polu magnetycznym</b> |  |
|   | .....<br>.....<br>.....<br>Imiona i nazwiska studentów               | Wydział: .....<br>nr grupy: .....<br>Data: ..... |
| Ocena:  | Podpis prowadzącego ćwiczenia  |  |

**A. Wyznaczanie zależności momentu siły skręcającej obwód (pętla w kształcie okręgu) z prądem od wartości indukcji  $\vec{B}_H$  zewnętrznego pola magnetycznego.**

|   |
|---|
| Natężenie prądu w<br>obwodzie badanym [A] |
|   |

**Tabela 1.**

| Natężenie prądu w cewkach Helmholtza [A] | Wartość siły zmierzonej dynamometrem torsyjnym [N] | Obliczona wartość momentu siły skręcającej [N x m] | Wartość indukcji pola magnetycznego między cewkami Helmholtza [T] |
|--|--|--|---|
| 0  |  |  |   |
|  |  |  |   |
|  |  |  |   |
|  |  |  |   |
|  |  |  |   |
|  |  |  |   |
|  |  |  |   |
|  |  |  |   |

|  |   |
|--|---|
| Wartość momentu magnetycznego wyznaczonego z wykresu | Obliczona teoretyczna wartość momentu magnetycznego |
|  |   |

**B. Wyznaczenie średnicy badanego obwodu z prądem umieszczonego w jednorodnym polu magnetycznym.**

|   |
|---|
| Natężenie prądu w obwodzie cewek Helmholtza [A] |
|   |

**Tabela 2.**

| Natężenie prądu w obwodzie badanym [A] | Wartość siły zmierzonej dynamometrem torsyjnym [N] | Obliczona wartość momentu siły skręcającej [N x m] | Wartość indukcji pola między cewkami Helmholtza $B_H$ [T] |
|--|--|--|---|
| 0                                      |  |  |   |
|  |  |  |   |
|  |  |  |   |
|  |  |  |   |
|  |  |  |   |
|  |  |  |   |
|  |  |  |   |
|  |  |  |   |

|   |
|---|
| Wartość średnicy badanego obwodu wyznaczona z wykresu |
|   |