Wydział Elektroniki i Informatyki

Laboratorium fizyki

**Siła działająca na przewodnik z prądem w polu magnesu stałego**

Imię Nazwisko

Koszalin, *XX*.*YY*.2021

# **Siła działająca na przewodnik z prądem w polu magnesu stałego**

## Cel eksperymentu

* Doświadczalne sprawdzenie wzoru na siłę oddziaływania pola magnetycznego na przewodnik z prądem w funkcji prądu płynącego przez przewodnik.
* Doświadczalne sprawdzenie wzoru na siłę oddziaływania pola magnetycznego na przewodnik z prądem w funkcji kąta między liniami pola magnetycznego a przewodnikiem.
* Wyznaczenie wielkości indukcji magnetycznej magnesu stałego.

## 1. Wiadomości teoretyczne

Na ładunek elektryczny *q* poruszający się z prędkością ***v*** w polu elektromagnetycznym działa siła wypadkowa ***F***,

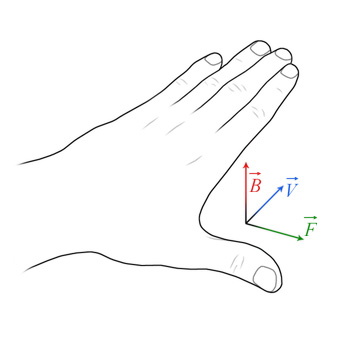
 , (1)

gdzie ***F***el i ***F***mag to siły, działające odpowiednio ze strony pola elektrycznego i magnetycznego (***F***mag to siła Lorentza). Iloczyn wektorowy *q****v***×***B*** oznacza, że wektor siły ***F***mag jest prostopadły do płaszczyzny utworzonej przez wektor prędkości ładunku ***v*** i wektor indukcji pola magnetycznego ***B***.

Zwrot wektora siły wyznaczymy za pomocą reguły lewej dłoni (reguła Fleminga), która brzmi: *Jeżeli lewą dłoń ustawi się tak, aby linie pola magnetycznego zwrócone były prostopadle ku wewnętrznej powierzchni dłoni (aby wnikały w wewnętrzną stronę dłoni), a wszystkie palce, z wyjątkiem kciuka, wskazywały kierunek płynącego prądu dodatniego (poruszającej się cząsteczki dodatnie naładowanej), to odchylony kciuk wskaże kierunek i zwrot siły elektrodynamicznej działającej na ten dodatni ładunek elektryczny umieszczony w polu magnetycznym (dla ładunku ujemnego zwrot siły będzie przeciwny).*



Rys .2 Przewodnik w polu magnetycznym

[](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9f/Regula_lewej_dloni.jpg)

Rys .1 Reguła lewej dłoni

Siła działająca na przewodnik z prądem, znajdujący się w polu magnetycznym może być rozumiana jako siła będąca wypadkową sił działających na nośniki prądu. Zgodnie z równaniem (1), dla prostego przewodnika prądu całkowita siła wynosi:

 (2)

gdzie *n* to ilość poruszających się nośników prądu, *A* to pole przekroju przewodnika a *l* to długość jego części znajdującej się w polu magnetycznym.

Wprowadźmy wektor o długości *l* skierowany wzdłuż przewodnika. Jeżeli zauważymy, że iloczyn *qnAv* to równoważnik prądu *I* płynącego przez przewodnik to wzór (2) przyjmie postać:

 (3)

a wartość bezwzględna siły wynosi

 (4)

## 2. Przebieg eksperymentu

### 2.1 Pomiar siły F w funkcji prądu I dla kąta α = 90°

* + Ustaw magnes w pozycji zadanej przez prowadzącego
  + Ustaw prąd *I* = 20 A na zasilaczu
  + Zmierz siłę *F* za pomocą programu CASSY LAB, odczytaną wartość średnią siły wpisz do tabeli 1
  + Powtórz pomiary z krokiem 1 A aż do wartości 10 A
  + Oblicz wielkość indukcji magnetycznej *B*, korzystając ze wzoru (4) dla każdej wartości prądu *I*, wartość średnią *B*ś, odchylenie standardowe Δ*B* i niepewność względną Δ*B/B*ś

### 4.1. Pomiar siły F w funkcji kąta α dla prądu I = 20 A

* + Ustaw magnes względem ramki tak by linie pola magnetycznego magnesu biegły równolegle do przewodnika (α = 0°)
  + Ustaw stały prąd *I* = 20 A
  + Zmierz siłę *F* za pomocą programu CASSY LAB, odczytaną wartość średnią siły wpisz do tabeli 2
  + Powtórz pomiary z krokiem 15° aż do wartości 180°
  + Oblicz indukcję pola *B* stałego magnezu dla każdej wartości kąta α, korzystając ze wzoru (4), jej wartość średnią *B*ś, odchylenie standardowe Δ*B* i niepewność względną Δ*B*/*B*ś

## 5. Wyniki pomiarów

Tabela 1. Zależność siły *F* od prądu *I* dla stałego kąta *α* = 90°

𝛼 – kąt między kierunkiem wektora indukcji pola magnetycznego 𝐵⃗⃗ a przewodnikiem; 𝑙 – długość przewodnika; 𝐼 – prąd; płynący przez ramkę wykonaną z przewodnika; 𝐹 – siła działająca na ramkę, przez którą płynie prąd; 𝐵 – indukcja pola magnetycznego magnesu stałego; 𝐵ś – średnia wartość indukcji pola magnetycznego magnesu; Δ𝐵 – odchylenie standardowe wartość indukcji pola magnetycznego magnesu; Δ𝐵/𝐵ś – niepewność względna pomiaru wartości indukcji pola magnetycznego magnesu

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *α* = 90° *l* = 10 cm | | | | |
| *I* [A] | *F* [mN] | *B* [mT] | *B*ś [mT] | Δ*B* [mT] | Δ*B*/*B*ś |
| 9,9 | 12,3 | 12,42 | 14,78 | 1,45 | 0,098 |
| 11,2 | 14,8 | 13,21 |
| 12,0 | 16,5 | 13,75 |
| 12,8 | 18,6 | 14,53 |
| 14,1 | 22,6 | 16,02 |
| 15,0 | 19,7 | 13,13 |
| 16,0 | 24,4 | 15,25 |
| 17,2 | 28,3 | 16,45 |
| 17,8 | 27,2 | 15,28 |
| 18,8 | 31,1 | 16,54 |
| 20,0 | 32,0 | 16 |

Tabela 2. Zależności siły *F* od kąta α dla stałego prądu *I* = 20 A

*I* – prąd płynący przez ramkę wykonaną z przewodnika; 𝑙 – długość przewodnika; 𝛼 – kąt między kierunkiem wektora indukcji pola magnetycznego 𝐵⃗⃗ a przewodnikiem; 𝐹 – siła działająca na ramkę przez którą płynie prąd; 𝐵 – indukcja pola magnetycznego magnesu stałego; 𝐵ś – średnia wartość indukcji pola magnetycznego magnesu; Δ𝐵 – odchylenie standardowe wartość indukcji pola magnetycznego magnesu; Δ𝐵/𝐵ś – niepewność względna pomiaru wartości indukcji pola magnetycznego magnesu

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *I* = 20 A *l* = 10 cm | | | | | |
| α [stopni] | *F* [mN] | *B* [mT] | *B*ś [mT] | Δ*B* [mT] | Δ*B*/*B*ś |
| 2 | -0,4 | -5,73 | 11,41 | 9,78 | 0,857 |
| 14 | 8,6 | 17,77 |
| 29 | 14,6 | 15,05 |
| 42 | 19,8 | 14,79 |
| 57 | 26,2 | 15,62 |
| 77 | 31,1 | 15,95 |
| 89 | 31,5 | 15,75 |
| 102 | 26,6 | 13,59 |
| 118 | 26,4 | 14,94 |
| 133 | 19,8 | 13,53 |
| 150 | 13,3 | 13,3 |
| 165 | 9,4 | 18,15 |



Rys. 3. Zależność siły oddziaływania F na przewód z prądem od prądu I płynącego przez przewód



Rys. 4. Zależność siły oddziaływania *F* na przewód z prądem od sinusa kąta α między wektorem indukcji magnetycznej ***B*** a wektorem ***l*** skierowanym wzdłuż przewodu

## 5. Wnioski

1. Na podstawie danych z tabeli 1 oraz rysunku 3 możemy zauważyć, że siła działająca na przewodnik z prądem rośnie wraz ze wzrostem prądu płynącego przez przewodnik, przy stałej wartości kąta 𝛼, co jest zgodne z założeniami teoretycznymi. Obliczona średnia wartość indukcji pola magnetycznego magnesu stałego wynosi *B* = 14,78 ±1,45 mT.

2. Na podstawie danych z tabeli 2 oraz rysunku 4 możemy zauważyć, że siła działająca na przewodnik z prądem (przy stałej wartości prądu płynącego przez przewodnik) rośnie wraz ze wzrostem kąta 𝛼 od 0° do 90° oraz maleje gdy kąt 𝛼 rośnie od 90° do 180°. Jest to zgodne z założeniami teoretycznymi. Obliczona średnia wartość indukcji pola magnetycznego magnesu stałego wynosi *B* = 11,41±9,78 mT.

3. Dokładniejszą wartość indukcji pola magnetycznego magnesu stałego otrzymaliśmy przy pomiarze siły 𝐹 w funkcji prądu 𝐼 dla kąta 𝛼=90°. Różnice w wartościach indukcji pola magnetycznego wynikają z niedokładności urządzeń pomiarowych.

4. \* W niniejszym ćwiczeniu wielkość końcową (indukcji pola magnetycznego magnesu stałego *B* = 11,41±9,78 mT) nie ma możliwości porównać z wartością katalogową.

**\* UWAGA**: W przypadku konieczności porównania pewnej wielkości końcowej *X*, otrzymanej po wykonaniu ćwiczenia laboratoryjnego, z odpowiednią wartością katalogową *X*kat należy porównać różnicę wartości średniej tej wielkości i odpowiedniej wartości katalogowej |*Xśr - X*kat| z otrzymanym odchyleniem standardowym Δ*X*. Jeśli wielkość |*Xśr - X*kat| jest większa od wielkości Δ*X*, to należy zasugerować we wnioskach możliwe źródła nieuwzględnionych niepewności pomiarów.