|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Wydział  WFiIS | Imię i nazwisko  1.Mateusz Kulig  2.Przemysław Ryś | | | Rok  2021 | | Grupa  1 | Zespół  3 |
| **PRACOWNIA**  **FIZYCZNA**  **WFiIS AGH** | Temat:  Busola stycznych | | | | | | Nr ćwiczenia  41 |
| Data wykonania  14.11.2021 | Data oddania | Zwrot do popr. | Data oddania | | Data zaliczenia | | OCENA |

**W sprawozdaniu opisaliśmy pomiar poziomej składowej indukcji ziemskiego pola magnetycznego, za pomocą busoli stycznych. Eksperyment wykonaliśmy dla 5-ciu różnych uzwojeń cewki, za każdym razem 3-krotnie zmieniając natężenie prądu i jego kierunek. Następnie korzystając z odpowiedniej zależności pomiędzy wartością indukcji pola magnetycznego wytworzoną przez prąd w cewce, ziemskiego pola magnetycznego oraz kąta o jaki wychyliła się igła kompasu wyznaczyliśmy szukaną wartość. Okazała się ona zgodna z wartością tablicową.**

1. **Wstęp teoretyczny**

Gdy w przewodniku płynie prąd tworzy on dookoła tego przewodnika pole magnetyczne. Element przewodnika o długości *d****l*** tworzy pole magnetyczne o indukcji *d****B***. Związek pomiędzy *d****l*** i *d****B*** przedstawia wzór

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1) |

gdzie *μ0* to stała magnetyczna, *I* to natężenie prądu płynącego przez przewodnik, ***r*** to wektor łączący element *d****l*** i punkt, w którym obliczamy pole. Wielkość r występująca w mianowniku jest długością wektora ***r***.

Wzór (1) nosi nazwę prawa Biota-Savarta. Można go użyć do wyznaczenia indukcji magnetycznej wytwarzanej w środku przewodnika kołowego. W tym przypadku wektory dl i r są do siebie prostopadłe, a wiec ich iloczyn wektorowy zapisać możemy jako

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2) |

Zatem dla przewodnika kołowego prawo Biota-Savarta możemy przedstawić jako

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (3) |

Następnie należy scałkować wyrażenie (3) obustronnie. Możemy zauważyć że całka z dl jest po prostu obwodem naszego przewodnika kołowego. Otrzymujemy więc formułę

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (4) |

w której *R* oznacza promień przewodnika kołowego. W przypadku, gdy mamy odczynienia z cewką złożona z *N* ciasno nawiniętych okrągłych zwojów, wartość indukcji wewnątrz tej cewki otrzymamy, mnożąc wartość *B* pochodzącą od jednej pętli

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (5) |

Znając wartość indukcji pola magnetycznego wytworzonego przez cewkę możemy obliczyć poziomą składowa ziemskiego pola magnetycznego. Do tego celu używa się przyrządu o nazwie busoli stycznych. Igła kompasu kieruje się równolegle do linii ziemskiego pola magnetycznego. Kiedy jednak znajdzie się w polu wytworzonym przez cewkę, która otacza kompas, igła odchyli się o pewien kąt *α*. Wektor poziomej składowej ziemskiego pola magnetycznego *B0*, wektor pola wytwarzanego przez cewkę *B* oraz wektor indukcji wypadkowej *Bw* tworzą trójkąt prostokątny. Łatwo zauważyć ze *B* i *B0* powiązane są wzorem

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (6) |

Ostatecznie podstawiając do wzoru (6), wartość indukcji pola wytworzonego przez cewkę przedstawioną we wzorze (5), otrzymamy formułę na poziomą składową ziemskiego pola magnetycznego

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7) |

1. **Aparatura**

W celu wyznaczenia wartości pionowej składowej indukcji ziemskiego pola magnetycznego wykorzystaliśmy następujące przyrządy:

* busola stycznych – Busola składała się z cewki, w której mogliśmy wybierać liczbę zwojów za pomocą odpowiedniego przełączenia, oraz igły kompasu zamontowanej na podziałce, z której mogliśmy odczytać o ile stopni wychyliła się igła. Dokładność podziałki wynosiła 1°. Średnica użytej cewki wynosiła 260 [mm] z dokładnością 3 [mm].
* amperomierz – Za pomocą amperomierza odczytywaliśmy natężenie prądu płynącego w obwodzie. Miał on zakres 750 miliamperów, a klasę 0,5.
* zasilacz napięcia stałego
* opornica suwakowa
* przełącznik kierunku prądu
* poziomica

1. **Metodyka doświadczenia**

Doświadczenie rozpoczęliśmy od odpowiedniego wyregulowania nóżek podstawki busoli stycznych. Przy pomocy poziomicy ustawiliśmy je tak by igła kompasu miała pełną swobodę ruchu. Następnie za pomocą przewodów połączyliśmy wszystkie elementy obwodu. Pomiaru wychylenia igły dokonaliśmy dla pięciu różnych ilości zwojów w cewce, a dla każdego uzwojenia stosowaliśmy trzy różne natężenia prądu. Ponad to dla ustalonego uzwojenia oraz natężenia prądu dokonywaliśmy dwóch pomiarów, ponieważ zmienialiśmy kierunek przepływu kierunku prądu za pomocą przełącznika. Powodowało to ze igła wychylała się najpierw w lewą, a następnie w prawą stronę. Kompensowało to ewentualne niedokładne ustawienie podziałki, na której sprawdzaliśmy wychylenie igły w stopniach, względem cewki.

1. **Analiza danych**

Każdy z pomiarów został przeprowadzony jednokrotnie dla różnych wartości *N* i *I.* Zgromadzone wyniki zestawione zostały w poniższej tabeli **Tab. 1.**.

**Tab. 1.** Tabela zestawiająca ze sobą wyniki wyznaczonej indukcji magnetycznej obliczonej za pomocą wzoru **X** w zależności od liczby zwojów *N*, prądu *I* oraz kąta o jaki odchyliła się igła, gdzie to kąt w przypadku prądu płynącego w lewo, zaś w prawo, natomiast oznacza średni kąt.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lp. | *N* | *I* [mA] |  |  |  |  |
| 1. | 12 | 210 | 30 | 27 | 28,5 |  |
| 2. | 250 | 34 | 33 | 33,5 |  |
| 3. | 300 | 38 | 37 | 37,5 |  |
| 4. | 16 | 200 | 36 | 34 | 35 |  |
| 5. | 250 | 42 | 42 | 42 |  |
| 6. | 300 | 48 | 47,5 | 47,75 |  |
| 7. | 24 | 150 | 41 | 41 | 41 |  |
| 8. | 200 | 48,5 | 49 | 48,75 |  |
| 9. | 250 | 54 | 55 | 54,5 |  |
| 10. | 36 | 60 | 29 | 28 | 28,5 |  |
| 11. | 100 | 42 | 40 | 41 |  |
| 12. | 150 | 51 | 52 | 51,5 |  |
| 13. | 40 | 50 | 28 | 26 | 27 |  |
| 14. | 90 | 42 | 42 | 42 |  |
| 15. | 130 | 50 | 52 | 51 |  |

Jako wartość składowej poziomej indukcji ziemskiego pola magnetycznego przyjmujemy średnią z otrzymanych przez nas wyników, wynosi ona

Miarą niepewności pomiaru indukcji przyjmujemy niepewność związaną z pomiarem kąta o jaki odchyliła się igła, obliczamy ją jako niepewność typu A w zwykły sposób jako odchylenie standardowe średniej za pomocą wbudowanej funkcji w programie Excel „ODCH.STANDARD.PRÓBKI” i dzielimy przez pierwiastek z liczby pomiarów, otrzymując w ten sposób odchylenie standardowe średniej. Wynosi ona

Zatem niepewność względna otrzymanego wyniku wynosi

Niepewność systematyczną amperomierza obliczyć możemy z jego klasy i dokładności, podstawiając dane otrzymujemy

Licząc następnie niepewność standardową otrzymujemy

Ponieważ każdy z pomiarów był prowadzony na ogół dla różnych wartości prądu i jego różnych zakresów, to przy obliczaniu niepewności względnej dla prądu za jego wartość przyjmujemy w dalszych obliczeniach połowę zakresu, czyli , który z kolei wybieramy o wartości 0,75 [A]. Wtedy niepewność względna wynosi

Drugim źródłem błędu systematycznego jest pomiar średnicy, uwzględniający również odchyłki od idealnej geometrii. Za niepewność tego pomiaru z uwagi na wartość średnicy, równą 0,26 [m], przyjmujemy Zatem niepewność względna pomiaru tej wielkości jest równa

Przy zastosowaniu prawa przenoszenia niepewności względnej otrzymujemy następujący wzór

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Niepewność związana z pomiarem o jaki kąt odchyliła się igła kompasu zawarta jest w niepewności .

Po podstawieniu do niego odpowiednich wartości otrzymujemy względną niepewność pomiaru poziomej składowej indukcji ziemskiego pola magnetycznego z uwzględnieniem czynników mających największy wpływ na przeprowadzony pomiar, otrzymujemy

Mnożąc powyższą równość przez otrzymujemy niepewność pomiaru szukanej wielkości, a więc wynosi ona

Ostatecznie wynik jaki otrzymaliśmy w wyniku przeprowadzonego eksperymentu przy uwzględnieniu niepewności rozszerzonej o czynniku skalującym wynosi

Porównując otrzymany wynik z wartością tablicową dla Krakowa, gdzie

, otrzymujemy zgodność już przy dokładności .

1. **Podsumowanie**

W wyniku zastosowania metody busoli stycznych, która polegała na mierzeniu poziomej składowej ziemskiego pola magnetycznego, wynik jaki otrzymaliśmy wynosi , o niepewności rozszerzonej równej Wynik ten jest zgodny z wartością tablicową dla Krakowa już z dokładnością do .

1. **Literatura**

[1] <http://www.fis.agh.edu.pl/~pracownia_fizyczna/cwiczenia/41_opis.pdf> - 14.11.2021.