

Badanie wpływu przewodników z prądem na zachowanie igły magnetycznej

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Wirtualne laboratorium WL-I](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Badanie wpływu przewodników z prądem na zachowanie igły magnetycznej

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Czy to nie ciekawe?

W 1820 roku Oerstedt wykonał słynne doświadczenie z igłą magnetyczną w pobliżu przewodnika pokazując, że po włączeniu prądu w przewodniku igła zmienia kierunek. To proste doświadczenie pokazuje, że przewodnik z prądem wytwarza pole magnetyczne.



Rys. a. Igła magnetyczna. W polu magnetycznym Ziemi, będąca igłą magnetyczną, wskazówka kompasu ustawia się zawsze wzdłuż linii tego pola, przy czym jej biegun północny N, oznaczony kolorem niebieskim, wskazuje zwrot tych linii.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Oczywiście, Ziemia wytwarza pole magnetyczne, którego nie da się wyłączyć. Wobec tego wszelkie eksperymenty, które będziemy wykonywać badając wpływ przewodnika z prądem na igłę magnetyczną, muszą brać pod uwagę obecność ziemskiego pola magnetycznego. Czasami obecność tego pola można sprytnie wykorzystać. W jaki sposób? Dowiesz się tego czytając niniejszy e-materiał.

Twoje cele

W tym e-materiale:

- zrozumiesz, czym jest zasada superpozycji pól magnetycznych,
- zastosujesz tę zasadę do wyznaczania wektora indukcji magnetycznej w przypadku dwóch źródeł pola magnetycznego,
- wyjaśnisz metodę wyznaczania - za pomocą igły magnetycznej - wartości indukcji magnetycznej pola, którego źródłem jest przewodnik z prądem,
- opisziesz budowę i działanie przyrządu zwanego busolą stycznych, który umożliwia wyznaczenie wartości wektora indukcji dla pola magnetycznego Ziemi,
- przeprowadzisz doświadczenie w wirtualnym laboratorium, w którym - przy użyciu busoli stycznych - samodzielnie wyznaczysz wartość wektora indukcji dla pola magnetycznego Ziemi.

Przeczytaj

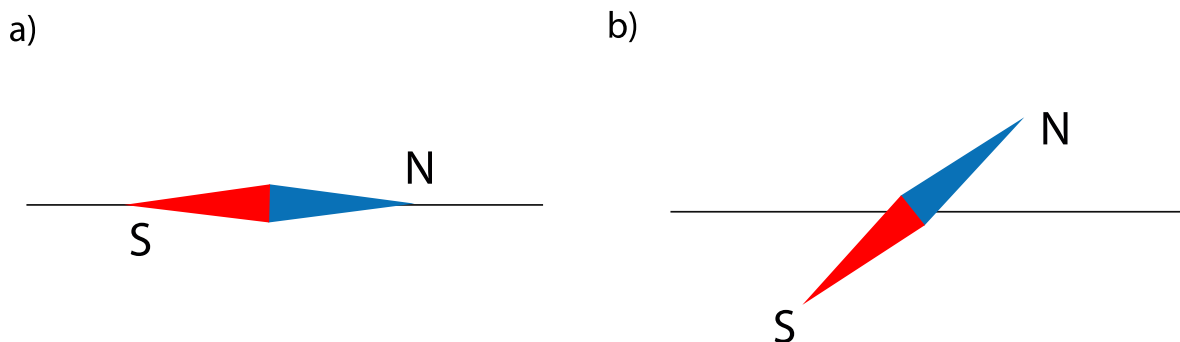
Warto przeczytać

Igła magnetyczna to mały, zawieszony na podstawce magnesik, który zawsze ustawia się zgodnie z **liniami zewnętrznego pola magnetycznego**, w taki sposób, że jej biegun północny pokazuje zwrot tych linii.

Czy wiesz, że badając, o jaki kąt, względem położenia równowagi w ziemskim polu magnetycznym, odchyli się igła magnetyczna pod wpływem pola pochodzącego od przewodnika z prądem, można wyznaczyć wartość wektora indukcji pola wytwarzanego przez ten prąd?

Zastanowimy się teraz, nad sposobem **zmierzenia** wartości wektora indukcji magnetycznej w pewnym punkcie pola. Pomysł polega na tym, by skrzyżować linie ziemskiego pola magnetycznego, dla którego wartość składowej stycznej do powierzchni Ziemi wektora indukcji \vec{B}_z jest znana, z **liniami pola** o nieznanym wektorze indukcji \vec{B} .

Gdy obecne jest jedynie ziemskie pole, igła magnetyczna ustawi się tak, jak na Rys. 1. a., czyli równoległe do linii tego pola. Gdy natomiast pojawi się dodatkowe pole magnetyczne, igła zmieni kierunek i ustawi się pod pewnym kątem do pierwotnego kierunku, czyli tak jak na Rys. 1. b.

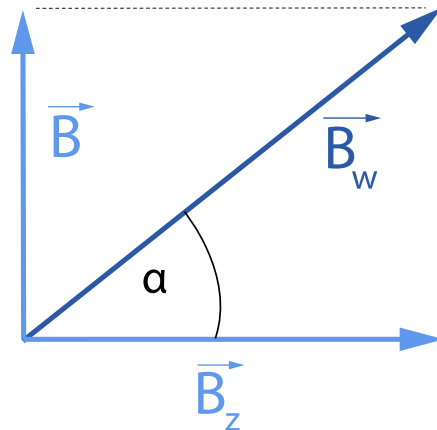


Rys. 1. a) Przy braku dodatkowych pól magnetycznych, ustawienie igły magnetycznej jest zgodne z kierunkiem linii pola magnetycznego Ziemi. Na rysunku kierunek ten zaznaczono ciągłą czarną linią. b) Pojawienie się dodatkowego pola magnetycznego sprawia, że kierunek igły magnetycznej przestaje się pokrywać z kierunkiem linii pola magnetycznego Ziemi, a staje się zgodny z kierunkiem wypadkowego pola magnetycznego.

Oczywiście, nowy kierunek igły magnetycznej nie będzie przypadkowy. Igła ustawi się zgodnie z liniami **wypadkowego** pola magnetycznego, czyli zgodnie z **zasadą superpozycji** pól:

$$\vec{B}_w = \vec{B}_z + \vec{B},$$

co pokazano na Rys. 2.



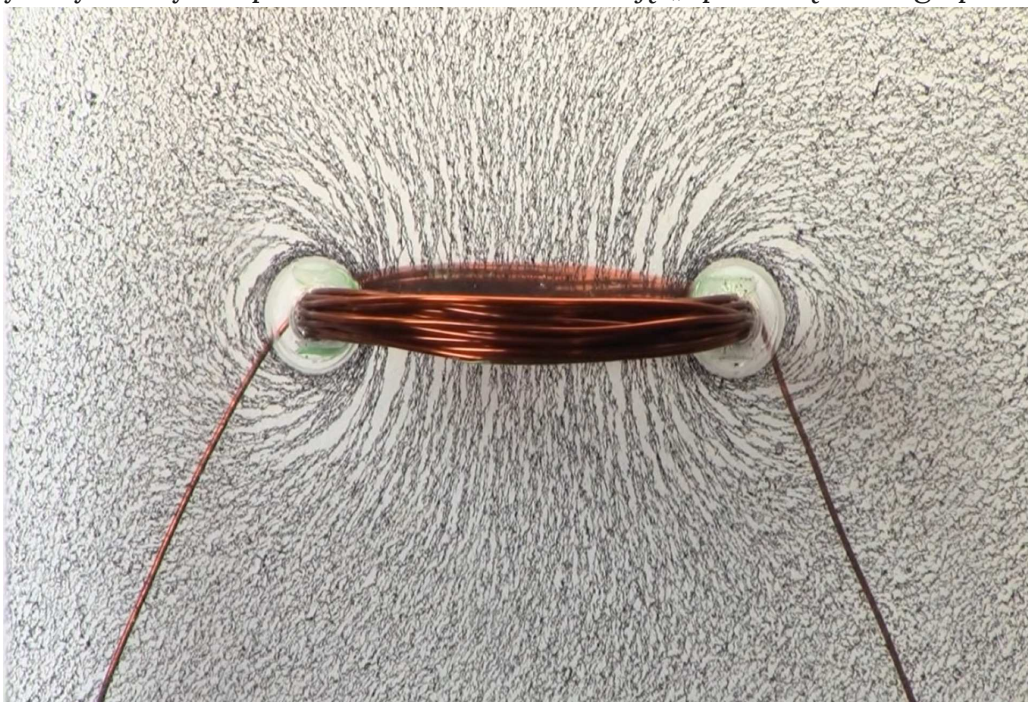
Rys. 2. Zasada superpozycji pól magnetycznych oznacza, że wektor indukcji wypadkowego pola magnetycznego jest sumą wektorów indukcji pól składowych.

Jeśli będziemy znali kąt α , o jaki, względem położenia równowagi w ziemskim polu magnetycznym, odchyli się igła magnetyczna pod wpływem dodatkowego pola \vec{B} , to wartość tego pola będziemy mogli wyznaczyć ze wzoru:

$$B = B_z \operatorname{tg} \alpha,$$

gdzie B_z jest wartością składowej wektora indukcji pola magnetycznego Ziemi, która jest styczna do powierzchni Ziemi.

Rozważmy następujący przykład: Chcemy zmierzyć wartość indukcji magnetycznej w środku tzw. prądu kołowego, tzn. przewodnika mającego kształt okręgu, w którym płynie prąd elektryczny. Na Rys. 3. przedstawiono wizualizację „opiłkową” takiego pola.



Rys. 3. Żelazne piłki rozsypano na płytce pleksiglasowej umieszczonej w płaszczyźnie symetrii uzwojenia kołowego. Dla zwielenokrotnienia efektu zastosowano wiele zwojów. Widoczne jest coraz słabsze uporządkowanie opłtków przy oddalaniu się od przewodnika z prądem stanowiącego źródło pola.

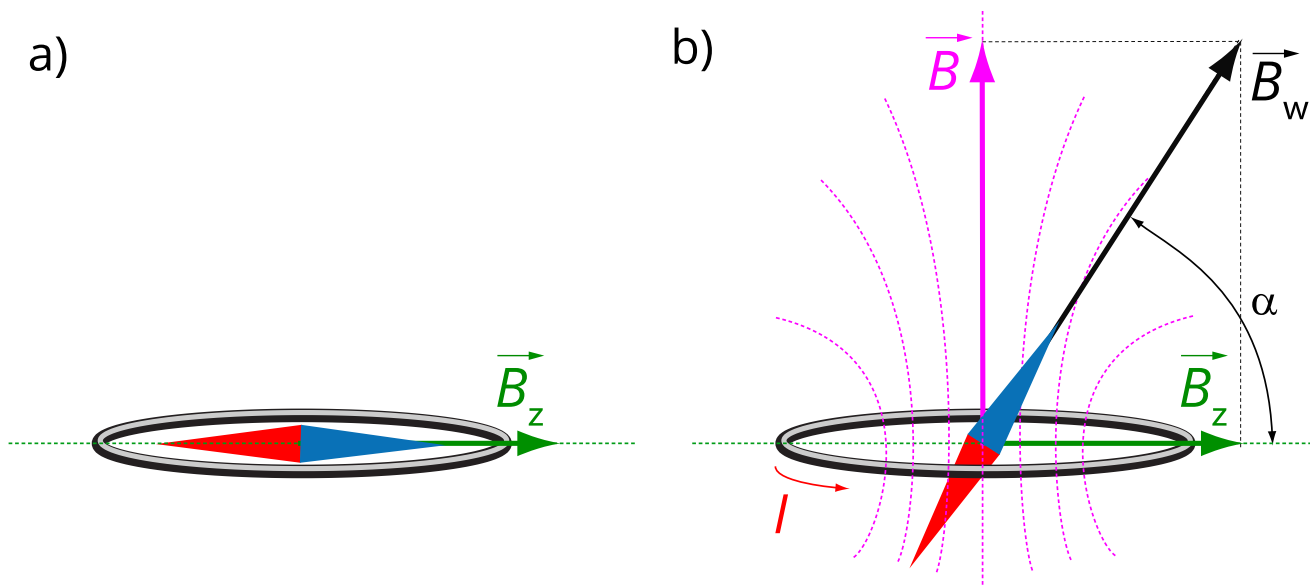
Widzimy, że **linie pola magnetycznego** są ustawione prostopadłe do powierzchni kołowego uzwojenia. W środku okręgu utworzonego przez przewódnik pole magnetyczne jest najsilniejsze, bo gęstość linii pola jest tam największa. Dodatkowo, linie pola w tym miejscu są prostopadłe do płaszczyzny uzwojenia.

Wartość wektora indukcji magnetycznej w tym punkcie jest opisana następującą zależnością:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2r},$$

gdzie I oznacza natężenie prądu płynącego w przewodniku kołowym, r jest promieniem okręgu utworzonego przez przewódnik, a $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{V}\cdot\text{s}}{\text{A}\cdot\text{m}}$ jest przenikalnością magnetyczną próżni. (Powyższy wzór jest dokładnie omówiony w e-materiale pt. „Pole magnetyczne wytworzone przez prąd płynący w przewodniku prostoliniowym, kołowym i zwojnicy”).

Ustawmy zatem igłę w centrum kołowego przewodnika - na razie bez prądu - i obróćmy ten przewódnik w taki sposób, by igła i przewódnik leżały w tej samej płaszczyźnie (Rys. 4. a.). Gdy w przewodniku zacznie płynąć prąd o natężeniu I , pojawi się pole magnetyczne o wektorze indukcji \vec{B} (3), prostopadłym do płaszczyzny przewodnika. Spowoduje to obrócenie się igły o pewien kąt α (Rys. 4. b.).



Rys. 4. Igła magnetyczna w środku: a) przewodnika kołowego bez prądu, b) prądu kołowego (opis w tekście).

Obliczymy teraz wartość kąta α dla typowego przewodnika kołowego. Przyjmijmy $r = 5 \text{ cm}$, $I = 2 \text{ A}$. W środku takiego przewodnika istnieje pole magnetyczne o wartości wektora indukcji równej:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2r} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ T.}$$

Wiedząc, że na naszej szerokości geograficznej wartość B_z wynosi:

$$B_z = 4,7 \cdot 10^{-5} \text{ T,}$$

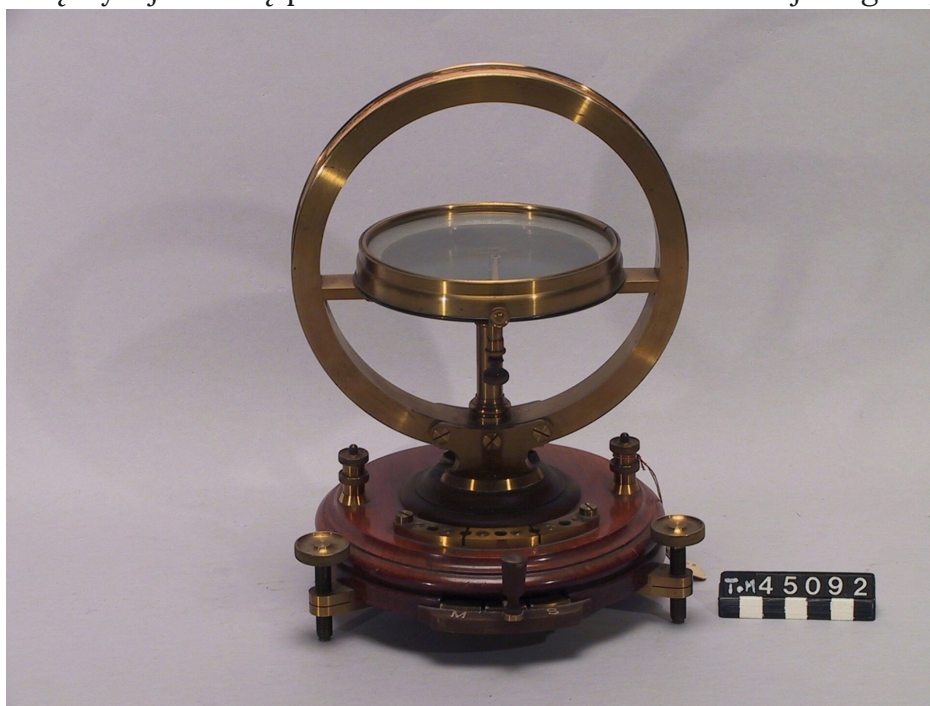
łatwo znajdujemy wartość tangensa kąta, o jaki odchyli się igła magnetyczna umieszczona w środku takiego przewodnika z prądem:

$$\text{tg } \alpha = \frac{B}{B_z} = \frac{2,5}{4,7} = 0,532.$$

Z tablic matematycznych odczytujemy następnie wartość kąta:

$$\alpha = 28^\circ.$$

A oto zdjęcie (Rys. 5.) przedstawiające gotowy przyrząd zwany **busolą stycznych**, w którym stosuje się opisaną wyżej metodę pomiaru wartości wektora indukcji magnetycznej.



Rys. 5. Busola stycznych.

Słowniczek

busola stycznych

(ang.: *tangent galvanometer*) przyrząd służący do wyznaczania wartości wektora indukcji pola magnetycznego.

linie pola magnetycznego

(ang.: *magnetic line of induction*) – poglądowy obraz pola magnetycznego. Przebieg linii odzwierciedla układ wektorów indukcji magnetycznej \vec{B} w przestrzeni. W każdym

punkcie pola linie te są styczne do wektora indukcji \vec{B} , charakteryzującego pole w tym punkcie.

pole magnetyczne

(ang.: *magnetic field*) – stan przestrzeni charakteryzujący się działaniem siły, zwanej siłą magnetyczną (Lorentza) na poruszający się ładunek umieszczony w tej przestrzeni, bądź na obiekt obdarzony momentem magnetycznym; wielkością charakteryzującą pole magnetyczne jest wektor indukcji magnetycznej \vec{B} .

zasada superpozycji

(ang.: *superposition principle*) – zasada superpozycji mówi, że pole wytworzone przez kilka źródeł jest wektorową sumą pól, jakie wytwarza każde z tych źródeł z osobna. Zasada ta ma zastosowanie między innymi do pola magnetycznego opisanego wektorem indukcji magnetycznej.

Wirtualne laboratorium WL-I

Wyznaczanie wartości wektora indukcji pola magnetycznego Ziemi

Przeprowadź dwuczęściowy eksperyment w wirtualnym laboratorium, wyposażonym w **busolę stycznych**. Zasada działania tego przyrządu została omówiona w części „Warto przeczytać” naszego e-materiału. Wykonaj ćwiczenia i polecenia związane z wyposażeniem i przygotowaniem laboratorium, dokonaniem pomiarów oraz opracowaniem wyników.

Doświadczenie 1

Wyznaczenie wartości wektora indukcji pola magnetycznego Ziemi

Problem badawczy

Jak zmierzyć wartość indukcji pola magnetycznego Ziemi za pomocą busoli stycznych?

Hipoteza

Busola stycznych pozwala na prawidłowe zmierzenie wartości indukcji pola magnetycznego Ziemi, jeśli zadba się o właściwe warunki pomiaru.

Co będzie potrzebne

Polecenie 1

Zapoznaj się ze sposobem pomiaru opisanym w instrukcji wirtualnego laboratorium.

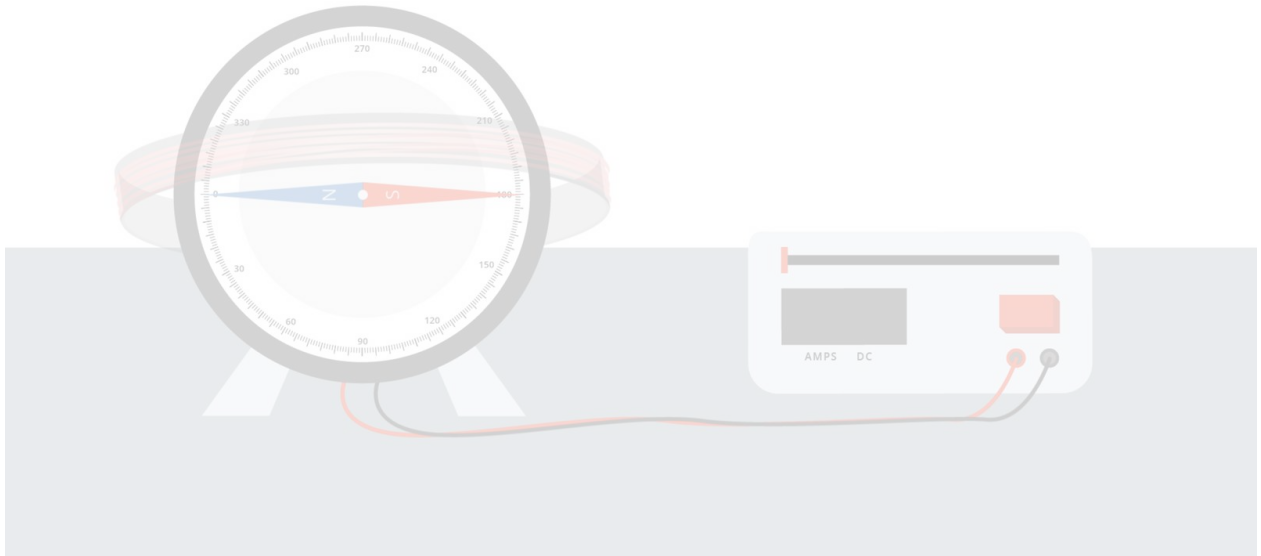
A teraz wyobraź sobie, że jesteś w rzeczywistym laboratorium, w którym znajdują się różne zasilacze i przyrządy, w kieszeni masz telefon komórkowy – jak w prawdziwym życiu.

Do doświadczenia użyjesz busoli stycznych, zasilacza napięcia stałego o dużej mocy oraz przewodów połączeniowych. Wpisz do poniższego formularza, o co należy zadbać przed rozpoczęciem eksperymentu, aby jego wyniki były wiarygodne.

Instrukcja

Wykonaj kilka pomiarów wartości B_z wektora indukcji pola magnetycznego Ziemi w sposób opisany w instrukcji do wirtualnego laboratorium, dla różnych wartości natężenia prądu i kąta wychylenia igły magnetycznej.

Wyniki zapisz w tabeli pomiarów poniżej. Pamiętaj, by przed obliczeniem wartości $\text{ctg } \alpha$ zamienić stopnie na radiany.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/Dhc5cNXI9>

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Podsumowanie

1. Wypełnij wszystkie kolumny tabeli pomiarów obliczając wymagane wartości. Możesz posłużyć się arkuszem kalkulacyjnym w oddzielnej aplikacji, jeśli ją posiadasz.
2. Czy wartość B_z wektora indukcji pola magnetycznego Ziemi za każdym razem była taka sama? Na podstawie otrzymanych wyników oblicz średnią arytmetyczną i oszacuj rozrzut B_z .
3. Wpisz do poniższego formularza krótkie podsumowanie swojego eksperymentu, zawierające co najmniej:
 - zmierzoną wartość B_z wektora indukcji pola magnetycznego Ziemi (średnia) wraz z niepewnością pomiarową (na podstawie oszacowanego rozrzutu).
 - ocenę, czy hipoteza badawcza potwierdziła się.

Musisz wiedzieć, że Twój wynik nie da się porównać z wartością „tablicową”, gdyż wirtualne laboratorium niekoniecznie znajduje się w Polsce, dlatego szukana wartość wektora indukcji może się różnić od $B_z = 47 \mu\text{T}$, która jest charakterystyczna dla naszej

szerokości geograficznej. Wiadomo tylko, że laboratorium jest „gdzieś” na Ziemi, czyli wartość indukcji należy do przedziału od 25 do 65 μT .

Polecenie 2

Doświadczenie 2

Dokładne wyznaczenie wartości wektora indukcji pola magnetycznego Ziemi

Problem badawczy

Jak zmierzyć wartość indukcji pola magnetycznego Ziemi za pomocą busoli stycznych z jak największą dokładnością?

Hipoteza

Postaw swoją hipotezę poprzez wybranie jednej z odpowiedzi.

Ćwiczenie 1

Co będzie potrzebne

Polecenie 3

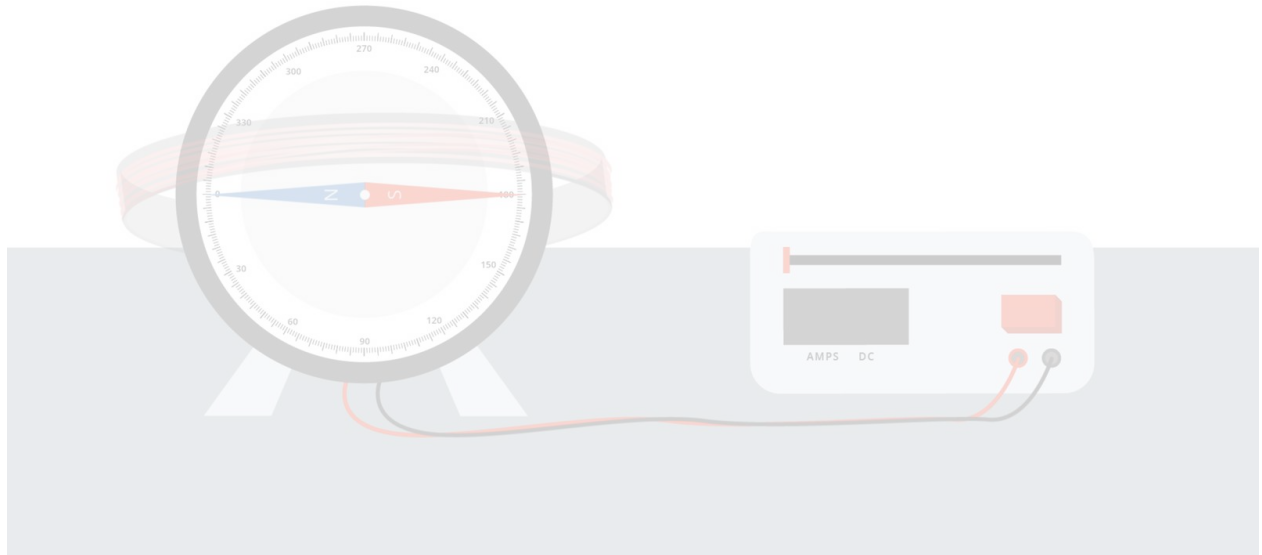
W *doświadczeniu 2* zadanie polega na znalezieniu sposobu jak najdokładniejszego pomiaru wartości B_z wektora indukcji pola magnetycznego Ziemi, za pomocą tej samej busoli stycznych. Co należy zmienić w wyposażeniu laboratorium, aby osiągnąć cel?

Instrukcja

Aby obliczyć niepewność pomiarową wyniku końcowego, przypomnij sobie e-materiał „Niepewność wielkości mierzonej pośrednio”.

1. Wykonaj pomiary wartości B_z wektora indukcji pola magnetycznego Ziemi dla różnych wartości dostępnego natężenia prądu i kąta wychylenia igły. Jeśli wpiszesz do tabeli wartości regularnie rosnące lub malejące, będzie Ci łatwiej analizować wyniki eksperymentu. Rozważ więc na przykład zmiany kąta co 10° lub natężenia prądu co 1 A.
2. Po wykonaniu pomiarów rozważ, czy nie zmienić wartości niepewności $u(I)$, gdyż konstrukcja zasilacza utrudnia ustawienie wartości natężenia prądu z dokładnością do 0,01 A.

3. Wypełnij pozostałe komórki tabeli pomiarów obliczając wymagane wartości.
4. Przeanalizuj wyniki, a w szczególności wartości niepewności wyniku końcowego $u(B_z)$ oraz niepewności składowych $u_I(B_z)$ i $u_\alpha(B_z)$ dla każdego pomiaru.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/Dhc5cNXI9>

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.




Podsumowanie

Podsumuj wyniki swojego eksperymentu, a w szczególności:

1. Sprawdź, dla jakiej wartości natężenia prądu lub kąta wychylenia igły niepewność wyniku końcowego $u(B_z)$ jest najmniejsza. Przeanalizuj także wpływ niepewności poszczególnych wielkości mierzonych bezpośrednio.
2. Zdecyduj, jaki wynik podać jako końcowy – czy obliczyć średnią z pomiarów i jej niepewność standardową, czy wziąć pod uwagę pomiar z najmniejszą wartością $u(B_z)$.
3. Rozstrzygnij, czy postawiona przez Ciebie hipoteza badawcza potwierdziła się (a jeśli nie, to dlaczego).

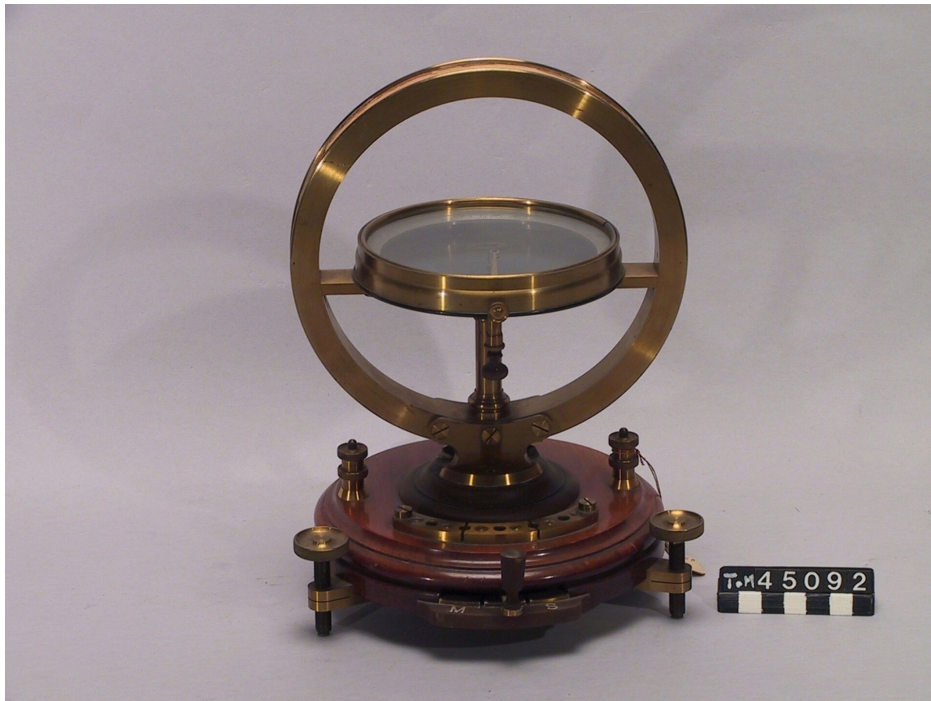
Polecenie 4

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Informacja do ćwiczeń 1 - 4

Kilka zadań w poniższym tekście odnosi się do metody tzw. busoli stycznych, którą tu pokrótce opiszemy. Zaczniemy od Rys. 1., na którym pokazano busolę stycznych. Na przyrząd składa się płaskie uzwojenie kołowe, w centrum którego znajduje się igła magnetyczna ustawiona na tle kątomierza, mogąca obracać się w płaszczyźnie poziomej.



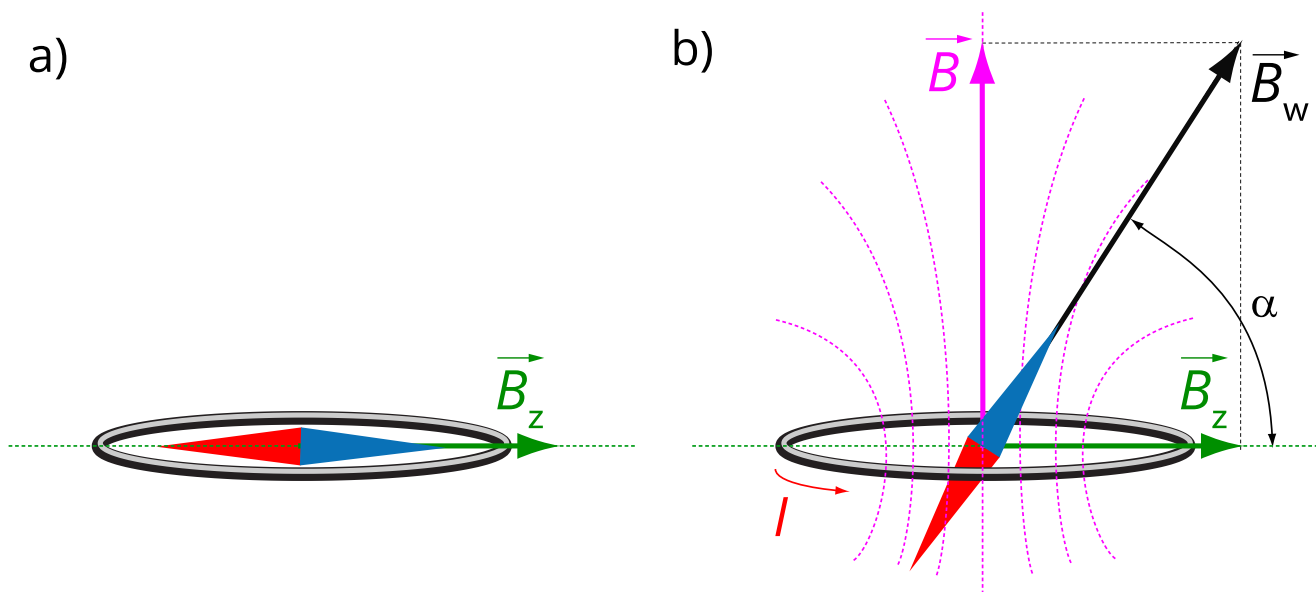
Rys. 1. Busola stycznych.

Źródło: dostępny w internecie: https://www.europeana.eu/sv/item/916118/S_TEK_object_TEKS0004584 [dostęp 11.10.2022], domena publiczna.

Początkowo w uzwojeniu busoli prąd nie płynie. Obracamy przewodnik kołowy, tak aby igła i okrąg leżały w tej samej płaszczyźnie (Rys. 2. b.). Początkowo igła magnetyczna będzie na skali kątomierza ustawiona „na zero”.

Po włączeniu prądu igła obróci się o pewien kąt α , który odczytujemy (Rys. 2. b.). Wartości wektorów indukcji magnetycznej: składowej ziemskiego pola B_z i pola

wytworzonego przez przewodnik kołowy B spełniają relację: $\operatorname{tg}\alpha = \frac{B}{B_z}$.



Rys. 2. Widok „z góry” na uzwojenie busoli (opis w tekście).

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3

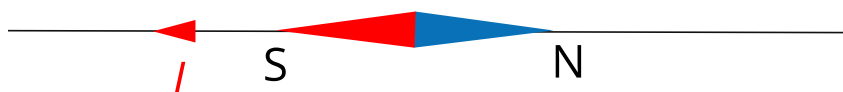


Ćwiczenie 4

Zaprojektuj eksperyment z użyciem busoli stycznych pozwalający wyznaczyć wartość indukcji poziomej składowej ziemskiego pola magnetycznego.



Ćwiczenie 5

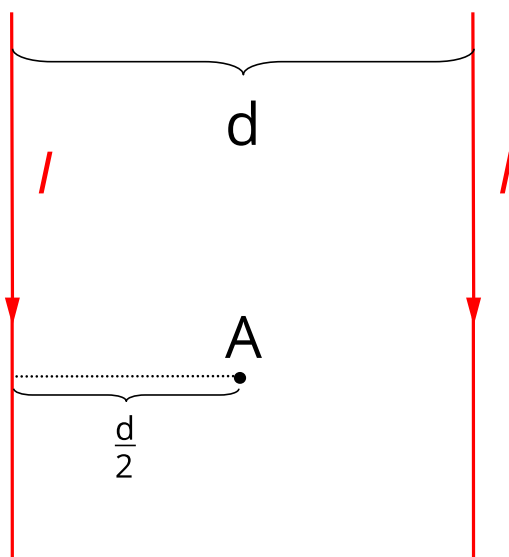


Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Ćwiczenie 6

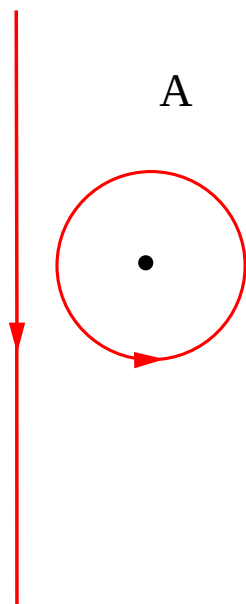


Punkt A znajduje się pomiędzy dwoma prostoliniowymi i równoległymi do siebie przewodnikami, w których płyną prądy o tych samych natężeniach (zob. rysunek poniżej). Odległość punktu A od obu przewodników jest identyczna. Jak zachowa się igła magnetyczna, mogąca obracać się w płaszczyźnie prostopadłej do rysunku ustawiona w punkcie A. Przewodniki są tak usytuowane w przestrzeni, że linie ziemskiego pola magnetycznego są równoległe obydwu przewodów z prądem.



Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Ćwiczenie 7



A

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Ćwiczenie 8



Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Imię i nazwisko autora:	Nina Tomaszewska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Badanie wpływu przewodników z prądem na zachowanie igły magnetycznej
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach;</p> <p>10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji;</p> <p>19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.</p> <p>IX. Magnetyzm. Uczeń:</p> <p>2) posługuje się pojęciem wektora indukcji magnetycznej wraz z jego jednostką, analizuje oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem oraz na poruszającą się cząstkę naładowaną (siła Lorentza, siła elektrodynamiczna); opisuje rolę pola magnetycznego Ziemi jako osłony przed wiatrem słonecznym.</p>

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: <ul style="list-style-type: none"> • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. wyjaśnia zasadę superpozycji pól magnetycznych, 2. stosuje zasadę superpozycji do znalezienia pola będącego złożeniem dwóch pól magnetycznych (od prądu prostego i prądu kołowego lub pola magnetycznego Ziemi) 3. wyjaśnia metodę wyznaczania za pomocą igły magnetycznej wartości indukcji magnetycznej pola, którego źródłem jest przewodnik z prądem, 4. opisuje zasadę działania przyrządu zwanego busolą stycznych, 5. przeprowadza doświadczenie w wirtualnym laboratorium, w którym korzysta z busoli stycznych w celu wyznaczenia wartości wektora indukcji dla pola magnetycznego Ziemi.
Strategie nauczania	blended-learning
Metody nauczania	wykład informacyjny wspomagany pokazem multimedialnym
Formy zajęć:	praca w zespole klasowym
Środki dydaktyczne:	niniejszy e-materiał + komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiały pt.: „Pole magnetyczne wytworzone przez prąd płynący w przewodniku prostoliniowym, kołowym i zwojnicy”, „Niepewność wielkości mierzonej pośrednio”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	

Nauczyciel pyta uczniów, czy wiedzą, czym jest igła magnetyczna. Zapewne część z uczniów widziała igłę magnetyczną w kompasie. Nauczyciel pokazuje uczniom przyrząd i demonstruje ustawianie się igły zgodnie z liniami ziemskiego pola magnetycznego. Przypomina działanie kompasu. Po czym przysuwa w pobliżu igły (nie za blisko) magnes ustawiony w kierunku prostopadłym do pierwotnego położenia igły, a następnie powoli zmniejsza odległość od igły. Widoczne będzie, że igła zmienia swoją orientację w przestrzeni. (Wykonuje też drgania wokół położenia równowagi.) Nauczyciel pyta uczniów dlaczego tak się dzieje. Odpowiadają, że igła będzie ustawiała się wzdłuż linii pola wypadkowego – ziemskiego i magnesu.

Faza realizacyjna:

Nauczyciel rysuje na tablicy wektor \vec{B}_z indukcji pola magnetycznego Ziemi i prostopadły do niego wektor \vec{B} indukcji pola od magnesu. Postępując zgodnie z tekstem w części „Warto przeczytać” materiału wyznacza tangens kąta odchylenia igły od kierunku ziemskiego pola magnetycznego. Następnie nauczyciel omawia przyrząd fizyczny – busolę stycznych i mówi o zastosowaniu busoli do wyznaczania wartości B_z wektora indukcji ziemskiego pola magnetycznego. Następnie uczniowie wykonują doświadczenie w wirtualnym laboratorium. Po zakończeniu pracy w laboratorium porównują ze sobą wyniki i wyciągają wnioski. W szczególności dyskutują sposób wyznaczenia niepewności $u(B_z)$.

Faza podsumowująca:

W fazie podsumowującej nauczyciel powinien wraz z uczniami rozwiązać zadania: 5, 6 i 8 z zestawu ćwiczeń. Poprzez analizę wypowiedzi uczniów nauczyciel określa, w jakim stopniu uczniowie przyswoili omawiane na lekcji zagadnienia.

Praca domowa:

W celu powtórzenia i utrwalenia wiadomości o wpływie przewodników z prądem na zachowanie igły magnetycznej uczniowie rozwiązują zadania: 1, 2, 3, 4 i 7 z zestawu ćwiczeń.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące
różne
zastosowania
danego
multimedium**

Jeśli nauczyciel nie skorzystał z wirtualnego laboratorium podczas lekcji, wtedy powinien z uczniami omówić zadanie 4. Natomiast pracę z wirtualnym laboratorium można potraktować jako pracę domową.