

Badanie zjawiska indukcji elektromagnetycznej w ziemskim polu magnetycznym: a – układ doświadczalny; m – ruchoma część przewodu, n – nieruchoma część przewodu, \vec{B} – wektor indukcji magnetycznej wskazujący kierunek linii ziemskiego pola magnetycznego, S – statyw, b-f – różne sposoby wprawiania przewodu w ruch.

Powszechnie wiadomo, że nasza planeta – Ziemia – jest źródłem pola magnetycznego. Każdy zapewne używał przyrządu, wykorzystującego działanie ziemskiego pola magnetycznego, nazywanego kompasem lub busolą. Badania archeologiczne wykazały, że kompasy już w starożytności były znane w Chinach i na Bliskim Wschodzie. Ziemskie pole magnetyczne wykazuje wiele interesujących właściwości. Rozkład przestrzenny linii tego pola jest taki, jakby Ziemia była ogromnym magnesem sztabkowym, którego bieguny magnetyczne leżą w pobliżu biegunów geograficznych.

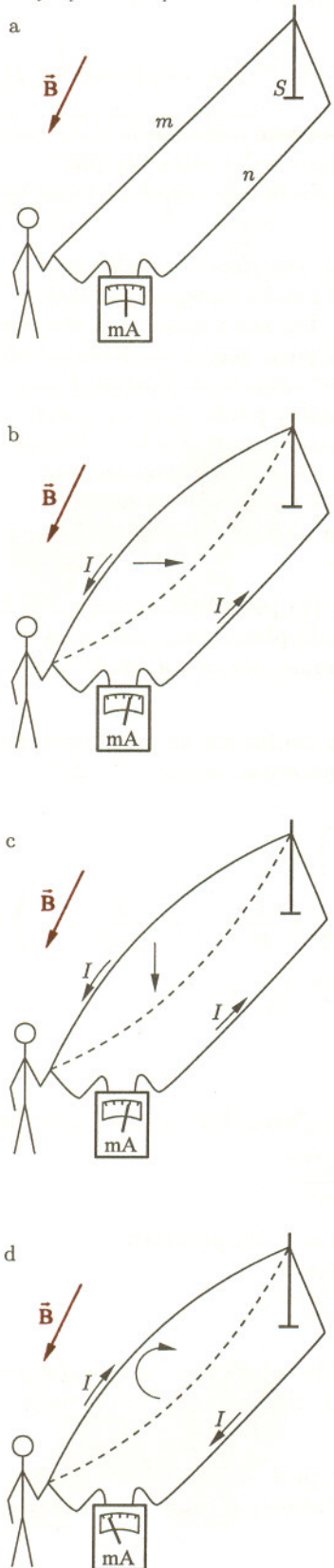
Położenie biegunów magnetycznych Ziemi nie jest stałe. Badania kierunku namagnesowania niektórych skał wykazały, że położenie to ulega okresowym zmianom, a co pewien czas bieguny nawet zamieniają się miejscami. Na szczęście procesy te trwają dziesiątki tysięcy lat, więc na razie możemy być spokojni o poprawność wskazań naszych kompasów. Linie pola magnetycznego Ziemi tworzą pewien kąt z jej powierzchnią, dlatego wyróżnia się składową poziomą i pionową tego pola. Ziemskie pole magnetyczne ma również istotne znaczenie dla ochrony życia na naszej planecie przed szkodliwym wpływem naładowanych cząstek promieniowania kosmicznego. Pole to odchyła i pułapkuje nadlatujące cząstki zmniejszając w ten sposób liczbę tych, które dochodzą do powierzchni Ziemi.

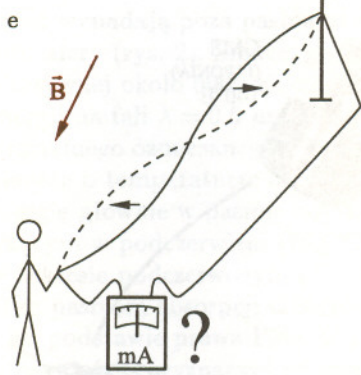
Żeby wyjaśnić przyczyny powodujące ziemskie pole magnetyczne, Elsasser i Bullard założyli, że wewnątrz ciekłego jądra Ziemi, utworzonego z roztopionych skał, przepływają prądy elektryczne tworzące szczególny układ przestrzenny. Prądy te, podobnie jak prąd płynący w przewodniku ze znanego doświadczenia Oersteda, są głównym źródłem ziemskiego pola magnetycznego. Przeprowadzone ostatnio symulacje komputerowe przekonują o słuszności tych założeń i opracowanego na ich podstawie modelu wytwarzania ziemskiego pola magnetycznego nazywanego dynamem geomagnetycznym.

Pole magnetyczne Ziemi jest raczej słabe. Typowy magnes używany do przytrzymywania obrazków na tablicy magnetycznej wytwarza pole około 5000 razy silniejsze od ziemskiego. Okazuje się, że mimo to ziemskie pole magnetyczne można wykorzystać do badania zjawiska indukcji elektromagnetycznej i wytwarzania prądu indukcyjnego. W tym celu należy przygotować jednożyłowy elastyczny przewód o długości co najmniej 20 m i polu przekroju poprzecznego około 1 mm² lub większym. Najlepiej nadaje się do tego celu przewód wykonany z linki miedzianej w izolacji z tworzywa sztucznego. Grubszy i dłuższy przewód umożliwia łatwiejsze uzyskanie prądu indukcyjnego o większym natężeniu. Oprócz tego potrzebny jest miliamperomierz prądu zmiennego z zakresem 1 mA i ciężki statyw. Jako miliamperomierz może służyć miernik uniwersalny (tzw. multimetr) ze wspomnianym zakresem pomiarowym.

Schemat układu doświadczalnego przedstawia rysunek a. W długim pomieszczeniu, np. w korytarzu, ustawiamy statyw S i przywiązujemy do niego przewód mniej więcej w połowie długości. Zamiast statywu można wykorzystać np. klamkę lub hak wbity w ścianę. Końce przewodu przyłączamy do zacisków miliamperomierza. Jedna część przewodu n będzie leżała nieruchomo na podłodze, a drugą m będziemy trzymać poziomo w rękę i na różne sposoby wprawiać w ruch. Doświadczenia te możemy wykonać również na zewnątrz budynku, np. na boisku szkolnym, i wtedy zamiast statywu wystarczy słupek lub drzewo. Należy zwrócić uwagę, żeby w pobliżu miejsca eksperymentu nie było sztucznych źródeł pola magnetycznego, np. linii elektroenergetycznych czy stacji transformatorowych.

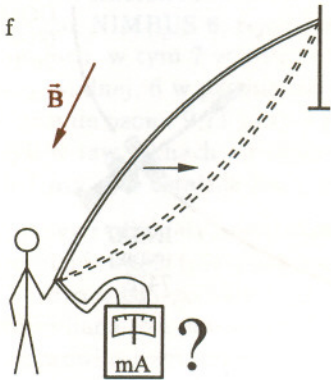
Kiedy obie części przewodu są nieruchome (rys. a), miliamperomierz nie pokazuje przepływu prądu. Potrząsając około raz na sekundę trzymaną w rękę częścią przewodu m w płaszczyźnie poziomej (rys. b) wytwarzamy falę stojącą, której strzałka powinna wynosić kilkadziesiąt centymetrów. Długość tej fali powinna być dwa razy większa niż długość ruchomej części przewodu. Poruszające się elementy przewodu przecinają prostopadłą do nich składową pionową ziemskiego pola magnetycznego. Suma indukowanych w tych elementach sił elektromotorycznych powoduje przepływ prądu wskazywany przez miliamperomierz.





Zmienimy szybkość i amplitudę potrząsania przewodem. Zobaczymy, jak te zmiany wpływają na wskazania miliamperomierza. Spróbujemy również ustalić, jaki związek istnieje między kierunkiem przepływu prądu indukcyjnego a kierunkiem ruchu przewodu i kierunkiem linii ziemskiego pola magnetycznego, który możemy określić posługując się kompasem lub igłą magnetyczną.

To samo doświadczenie powtarzamy potrząsając ruchomą częścią przewodu m w płaszczyźnie pionowej (rys. c). Obserwujemy analogiczny efekt. W tym przypadku prąd indukcyjny powstaje w wyniku przecinania przez elementy przewodu prostopadłej do nich składowej poziomej ziemskiego pola magnetycznego. Część przewodu m można również wprawić w ruch obrotowy zataczając nią okręgi w sposób pokazany na rysunku d. Prąd indukcyjny będzie wtedy powstawał w rezultacie przecinania przez elementy przewodu obu składowych ziemskiego pola magnetycznego. Zmieniając kąt, jaki tworzy kierunek ustawienia ruchomej części przewodu z płaszczyzną południka magnetycznego, którą wyznacza igła kompasu, możemy zbadać wpływ tego parametru na wskazania miliamperomierza.



Warto również zrealizować warianty doświadczenia przedstawione na rysunkach e,f. Wprawiamy w ruch część przewodu m z tak dobraną częstotliwością, żeby wytworzyła się fala stojąca o długości takiej samej, jak długość tej części (rys. e). Czy wówczas miliamperomierz wskaże przepływ prądu? Spróbujemy również wprawić w taki sam ruch obie części przewodu (rys. f). Żeby ograniczyć niezależne ruchy tych części, można skleić je w kilku miejscach opaskami z taśmy klejącej albo związać sznurkiem. Co wskazuje w tym przypadku miliamperomierz? Dlaczego?

Badane przez nas zjawisko indukcji elektromagnetycznej zostało powszechnie wykorzystane m.in. w prądnicach – zarówno tych małych, zasilających instalację oświetleniową roweru, jak i tych wielkich, które pracują w elektrowniach. W prądnicach występują jednak pola magnetyczne znacznie silniejsze od ziemskiego.

Satelita meteorologiczny

Ryszard BALCER

Orbity satelitów

Pierwszy sztuczny satelita Ziemi wystrzelony został na orbitę przez Związek Radziecki 4 X 1957 r., co zapoczątkowało szybki rozwój astronautyki i związanych z nią dziedzin nauki i techniki. Wkrótce pojawiły się kolejne satelity, w tym również tzw. meteorologiczne. Pierwszym w pełni zasługującym na tę nazwę był TIROS (*Television and InfraRed Observational Satellite*) wystrzelony na orbitę 1 IV 1960 r. na wysokość 644 km. Jego zadaniem było głównie zademonstrowanie możliwości obserwowania zachmurzenia z wysokości orbity satelity za pomocą kamery telewizyjnej. Następnymi, skonstruowanymi w połowie lat 60., były amerykańskie satelity z serii NIMBUS zdolne już do przekazywania danych o procesach zachodzących w atmosferze Ziemi. Wtedy też pojawił się pierwszy radziecki satelita meteorologiczny KOSMOS 122.

Ze względu na zajmowane orbity satelity dzielimy na geostacjonarne i biegunowe. Satelita geostacjonarny obiega Ziemię w płaszczyźnie równika z kątową prędkością orbitalną równą kątowej prędkości rotacji Ziemi, znajduje się więc niezmiennie nad ustalonym punktem równika. Wysokość orbity geostacjonarnej

wynosi około 36 000 km, co odpowiada promieniowi orbity 6,6 promienia Ziemi. Geostacjonarność nie oznacza jednak zupełnej niezmienności położenia względem powierzchni naszego globu. Perturbacje ze strony przede wszystkim Księżycy i Słońca powodują powolne odchodzenie satelity od przewidzianego punktu i po pewnym czasie wymagana jest korekcja jego położenia. Na orbicie geostacjonarnej znajduje się obecnie sześć satelitów meteorologicznych: METEOSAT (Europa), nad długością geograficzną 0° , GOES-E (USA), $75^\circ W$, GOES-W (USA), $135^\circ W$, GMS (Japonia), $140^\circ E$, GOMS (Rosja), $76^\circ E$, INSAT (Indie), $74^\circ E$. Stanowią one razem zespół światowej obserwacji pogody (World Weather Watch).

Satelitą biegunowym z kolei jest satelita, który został wystrzelony na orbitę przechodzącą (prawie) nad biegunami Ziemi. Wysokości orbit meteorologicznych satelitów biegunowych mogą być dowolne, zazwyczaj są równe około 850 km z czasem obiegu rzędu 100 min. Trzy satelity biegunowe: dwa z serii NOAA (USA) oraz METEOR (Rosja) uzupełniają obserwacje satelitów geostacjonarnych. (Na koniec lat 90. planowane jest wysłanie europejskich satelitów polarnych.) Cały zespół dziewięciu satelitów meteorologicznych jest schematycznie przedstawiony na rysunku 1.