

Uwaga harcerze: kompas nie zawsze pokazuje północ

## Żelazne serce Ziemi

Wnętrze naszej planety skrywa niezwykłą maszynę. Napędzana ciekłym żelazem wytwarza od milionów lat ziemskie pole magnetyczne. Dynamo pracuje zwykle spokojnie, jednak co kilkaset tysięcy lat jakby słabnie, zatrzymuje się, lecz wyróciwszy do góry nogami magnetyczne bieguny Ziemi znów odzyskuje siły. Geofizykom udało się w końcu zrozumieć działanie tej maszyny.

### Stanisław Mrówczyński

Od wieków znano zalety kompasu, jednak przyczyna, która każe namagnesowanej igle kierować się ku północy, pozostawała nieodgadniona. Dopiero William Gilbert – nadworny lekarz Elżbiety I, królowej Anglii – pojął, że Ziemia jest jakby wielkim magnesem. Eksperymentując z modelem naszego globu – żelazną namagnesowaną kulą, zauważył, że igła magnetyczna w jej pobliżu zachowuje się właśnie jak kompas przy powierzchni Ziemi. Gilbert przyjął, że wyznaczony przez oś obrotu biegun geograficzny naszej planety pokrywa się z magnetycznym. Nie wiedział o odkrytej sto lat wcześniej deklinacji magnetycznej, będącej wynikiem nieco różnej w rzeczywistości pozycji owych biegunów. Odkrycia dokonał Kolumb w trakcie pierwszej wyprawy do Nowego Świata. W tydzień od wyruszenia z Wysp Kanaryjskich Wielki Żeglarz zauważył, że igła magnetyczna odchyliła się od kierunku wyznaczonego przez Gwiazdę Polarną (leżącą właśnie na przedłużeniu osi obrotu Ziemi), a odchylenie wzrastało w miarę posuwania się na zachód. W drodze powrotnej genueńczyk potwierdził obserwacje i powtarzał je podczas następnych wypraw. Teraz wiemy, że bieguny geograficzne nie pokrywają się z magnetycznymi, lecz również że te drugie powoli wędrują, przesuwając się o 10–15 km rocznie. Dla celów nawigacyjnych wskazania kompasów trzeba więc korygować wedle wciąż zmieniających się map magnetycznych.

Magnesy z upływem czasu ulegają rozmagnetyzowaniu, szczególnie szybkiemu pod wpływem gorąca. Ponieważ we wnętrzu Ziemi panuje wysoka temperatura, hipoteza Gilberta o wielkim magnesie nie wytrzymała próby czasu. Okazuje się, że nasza planeta nie jest zwykłym magnesem, lecz raczej elektromagnesem – prąd elektryczny bezustannie płynie w jej metalicznym jądrze. Kształtowało się ono od samych narodzin Ziemi. Gdy siły grawitacji formowały rozrzuconą w przestrzeni materię w coraz mniejszy i gęstszy obłok, cięższe pierwiastki zbierały się w jego centrum niby herbaciane fusy opadające na dno szklanki. Tak powstał zewnętrzny płaszcz, w którym dominują związki krzemu, i metaliczne jądro o średnicy 7 tys. km, zbudowane głównie z żelaza i niklu. Wewnętrzna część jądra jest ciałem stałym, zewnętrzna zaś ciecżą. Ponieważ temperatura wzrasta przy zbliżaniu się do środka Ziemi, bardziej rozgrzany płynny metal unosi się w górę, tak jak gorąca woda podczas gotowania. Gdy do tego ruchu konwekcyjnego, odbywającego się z prędkością 10 km na rok, dołożył wirowanie naszego globu, mamy dynamomaszynę. Do pewnego stopnia sama się ona napędza, gdyż prąd wytwarzający pole magnetyczne jest jednocześnie przez to pole generowany. W czerwcu tego roku doniesiono, że fizykom łotewskim i niemieckim udało się niemal jednocześnie zbudować po wielu latach nieudanych prób niewielki model samowzbudzającego się dynamy. Jakkolwiek laboratoryjne dynamo mocno się różni od ziemskiego, użyto w nim np. ciekłego sodu zamiast żelaza, nasze wyobrażenia o maszynierii skrytej we wnętrzu Ziemi zostały potwierdzone.

Teoria geodynamy, chociaż poprawnie opisuje mechanizm generowania ziemskiego pola magnetycznego, była przez długi czas bezradna wobec zjawiska odkrytego jeszcze na początku XX wieku. Stwierdzono wtedy, że północny i południowy biegun Ziemi wielokrotnie zamieniały się miejscami. Kompas więc nie zawsze kierował ku Wielkiej Niedźwiedzicy. Kluczem do odkrycia była obserwacja, że świeżo zastygła lawa wulkaniczna zawierająca dużo minerałów magnetycznych zachowuje się niby igła kompasu – kierunek namagnesowania skały wskazuje północ. Gdy sięgnięto do starszych pokładów geologicznych, okazało się, że północ magnetyczna znajdowała się nieraz na południu. Dzięki dokładnym metodom datowania skał udało się odtworzyć magnetyczną historię Ziemi. Trudno się jednak dopatrzeć w niej jakichkolwiek regularności. W ciągu ostatnich 5 mln lat bieguny zamieniły się miejscami aż 25 razy, ani razu zaś w okresie, który rozpoczął się 114 mln lat temu, a trwał 30 mln.

Nieregularne zachowanie geodynamy okazało się być wynikiem oddziaływania metalicznego jądra z płaszczem Ziemi. W 1996 r. wykryto, zgodnie z teoretycznymi przewidywaniami, ruch jądra względem zewnętrznej skorupy. Zauważono, że czasy, jakich potrzebowały fale, wywołane trzęsieniami Ziemi w 1967 i 1995 r. w okolicach Antarktydy, aby dotrzeć do Alaski, różniły się o 0,4 sekundy. Ponieważ fale sejsmiczne rozchodzą się w jądrze z nieco różniącymi się prędkościami zależnie od kierunku, różnicę zinterpretowano jako efekt obrócenia się jądra pod płaszczem o ok. 30 stopni w ciągu 28 lat. Choć zaobserwowany ruch jest bardzo powolny, jego prędkość na granicy jądro-płaszcz zbliżona jest do prędkości wspomnianych ruchów konwekcyjnych w płynnym jądrze.

Zjawiska zachodzące we wnętrzu Ziemi są tak złożone, że ich komputerowe modelowanie przy uwzględnieniu wszystkich istotnych czynników było przez długi czas właściwie niemożliwe. Dopiero w połowie lat 90. nauczono się odtwarzać dzięki superkomputerom kształt i natężenie ziemskiego pola magnetycznego oraz powolną wędrówkę magnetycznych biegunów. Prawdziwa euforia zapanowała wśród

geofizyków w końcu ubiegłego roku, gdy po kilkunastu dniach nieprzerwanej pracy komputera, wyliczone ziemskie pole nieoczekiwanie osłabło, a bieguny zamieniły się miejscami. Wszystko stało się tak, jak sugerują dane geologiczne. Albert Einstein uważał wyjaśnienie pochodzenia ziemskiego pola magnetycznego za jeden z najważniejszych problemów fizyki. Wydaje się, że jesteśmy świadkami jego rozwiązania.

**Autor jest fizykiem, pracuje w Instytucie Problemów Jądrowych w Warszawie oraz w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Kielcach.**