

# Cztery sposoby na siłę Lorentza

■ MARCIN BRAUN

Siła Lorentza to pojęcie bardzo abstrakcyjne dla przeciętnego ucznia. Żeby działała na ładunek, musi się on poruszać, i to we właściwym kierunku. A siła nie działa ani zgodnie z liniami pola, ani zgodnie z kierunkiem ruchu, tylko w stronę zupełnie nieoczekiwaną. Pojawiająca się przy tym zasada lewej ręki to już zupełna sztuczka magiczna.

Okazuje się jednak, że tę tajemniczą siłę możemy przybliżyć uczniom na podstawie jednego z kilku prostych doświadczeń.

## Akcelerator w każdym telewizorze

Każdy kineskop jest małym akceleratorem elektronów. Są one przyspieszane w polu elektrycznym, ale za sterowanie wiązki w odpowiednie miejsce ekranu odpowiada już pole magnetyczne, czyli siła Lorentza.

Jak można to wykorzystać na lekcji?

Niektórzy zachęcają, aby zbliżyć silny magnes do ekranu telewizora. Natychmiast zaobserwujemy deformację obrazu. Inni jednak ostrzegają, że w wypadku telewizorów kolorowych (a są jeszcze inne?) może to doprowadzić do trwałego uszkodzenia.

Ja zaryzykowałem, odbiornika nie zepsułem, a obraz wspaniale się deformował. Nie mogę jednak odpowiadać za efekty Państwa doświadczeń. Lepiej więc ograniczyć się do starych czarno-białych gratów.

## Czerwony Październik w każdej kuchni

Jeśli nie udało nam się zepsuć telewizora, mamy szansę obejrzeć na nim znany film „Polowanie na Czerwony Październik”.

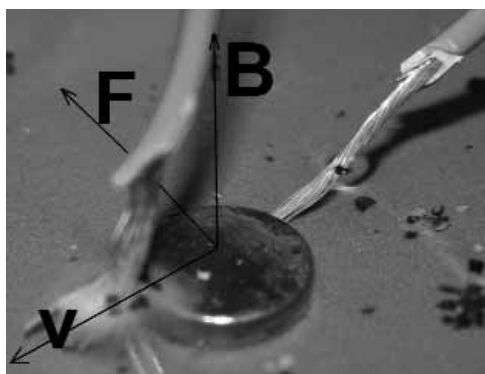
Sean Connery gra tam kapitana radzieckiego okrętu podwodnego napędzanego w tajemniczy sposób bez użycia śruby napędowej. Taki okręt był niemal niewykrywalny dla sonarów nieprzyjaciela.

Cóż to za napęd? Kto czytał książkę, wie, że śruby tak naprawdę były, ale ukryte w specjalnych rurach tłumiących hałas. Ale fizycy przypomnieli, że ruch wody (i, na zasadzie odrzutu, okrętu) można wywołać bez żadnych ruchomych, mechanicznych części.

Wystarczy przepuścić przez wodę prąd elektryczny (w kierunku od burty do burty) i wytworzyć pionowe pole magnetyczne. Na poruszające się jony działać będzie siła Lorentza wyrzucająca je w kierunku rufy. (Tak się szczęśliwie składa, że aniony i kationy poruszają się w przeciwne strony, ale mają też przeciwny znak ładunku, a więc zwrot siły Lorentza jest dla nich jednakowy).

Okazuje się, że okręt na siłę Lorentza – na razie tylko badawczy i nawodny, ale już taki, że można na nim pływać – zbudowano w roku 1989. Natomiast mały model jego napędu możemy zbudować za pomocą bardzo prostych przyrządów i materiałów dostępnych w każdej kuchni.

Na dnie głębokiego talerza kładziemy magnes. Nalewamy mocno osolonej wody, tak aby go zakryła. Na wodę sypimy mielony pieprz. Teraz z dwóch stron magnesu wkładamy do wody końcówki miedzianych przewodów połączonych z baterią płaską. Siła Lorentza porusza wodę, co łatwo obserwujemy dzięki unoszonym przez nią okruchom pieprzu.



Mamy więc nowy sposób na pokazanie działania siły Lorentza, bezpieczny i nie odwołujący się do tego, co znajduje się wewnątrz zamkniętego kineskopu.

Czy można w warunkach szkolnych zbudować pływający po (słonej!) wodzie stateczek na siłę Lorentza? Podobno można (zob. artykuł [3]), ale nie jest to bardzo proste.

### Silnik z gwoździa

Znają Państwo z pewnością opowieść o tym, jak z gwoździa można ugotować zupę. Trzeba tylko dodać kilka składników do smaku. W podobny sposób zbudujemy z gwoździa silnik – dodamy tylko „pomocnicze” elementy w postaci ogniwa R-20, magnesu i paska folii aluminiowej. Ten silnik wynalazł już Michael Faraday. Naturalnie nie używał on ogniwa R-20, ale zasada była ta sama.

Do łebka gwoździa (ustawionego ostrzem do góry) przystawiamy od dołu magnes

w kształcie pastylki. Teraz gwoździe przystawiamy do ujemnego bieguna trzymanego pionowo ogniwa R-20. Dzięki namagnesowaniu gwoździa trzyma się on przyczepiony „za czubek” do ogniwa. Pozostaje połączyć paskiem folii aluminiowej górny (dodatni) biegun ogniwa z brzegiem magnesu. Magnes zaczyna się kręcić (folię należy przykładać tak, aby w tym nie przeszkadzała!).

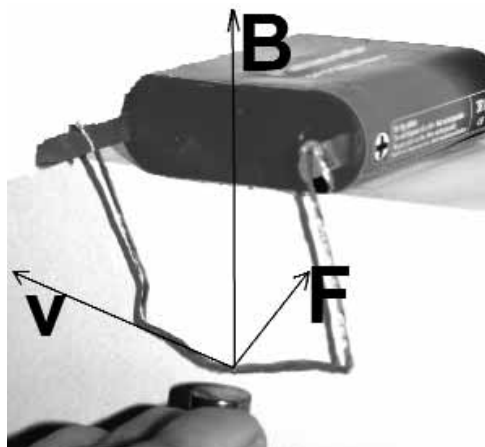


Mamy tu nie tylko siłę Lorentza, ale także doświadczalne potwierdzenie faktu, że pole magnetyczne występuje także wewnątrz magnesu. Elektrony płyną od ujemnego bieguna ogniwa przez gwoździe, magnes i folię do jej dodatniego bieguna. Wewnątrz magnesu znajdują się w pionowym polu magnetycznym, a poruszają się od środka magnesu ku jego brzegowi. Siła Lorentza powoduje obrót magnesu. I to jak szybki! Dzieci są zachwycone efektem, a zwłaszcza charakterystycznym zapachem spalenizny rozsiewanym przez iskry skaczące między magnesem a folią.

### Przewodnik z prądem

Szczególnym przypadkiem siły Lorentza jest tzw. siła elektromotoryczna, czyli siła działająca na umieszczony w polu magnetycznym przewodnik z prądem. Jej zaobserwowanie nie jest najprostszym z opisywanych dzisiaj doświadczeń.

Odegnijmy bieguny baterii płaskiej pod kątem prostym do ich zwykłego położenia. Połóżmy baterię na stole, tak aby bieguny wystawały poza stół. Na biegunach powieśmy kawałek drutu miedzianego wygiętego w kształt przedstawiony na zdjęciu. Gdy od dołu zbliżymy do poziomej części drutu magnes, drut wyraźnie się odchyli.



Przy tym doświadczeniu trzeba trochę uważać aby uniknąć nieprzyjemnych (choć niegroźnych) oparzeń palców. Przez drut płynie prąd zwarcia baterii, a więc prąd o natężeniu kilku amperów. Dlatego drut może się mocno rozgrzać, zwłaszcza w miejscach ztknięcia z biegunami baterii. Lepiej zrzucić go z biegunów, przechylając baterię, niż zdejmować palcami.

Doświadczenie wychodzi doskonale. I łatwo zobaczyć, co się stanie, gdy odwrócimy magnes do góry nogami: siła elektromotoryczna zmienia zwrot.

### Refleksja na koniec

Co właściwie uczeń powinien wiedzieć po lekcji o sile Lorentza? Powinien wiedzieć, że działa ona na poruszający się ładunek. Powinien umieć określić jej kierunek. Ale zwrot – moim zdaniem już niekoniecznie. Zostawmy znajomość reguł różnych rąk tym, którzy fizyką zajmą się poważniej, a więc licealistom zakresu rozszerzonego. Natomiast będzie dobrze, jeśli już w gimnazjum uczeń będzie umiał zastosować taką regułę (podaną np. w treści zadania) do danego przypadku.

Ale najważniejsze, aby kojarzył pojęcie z wykonanym przez siebie czy choćby obejrzanym na własne oczy eksperymentem.

I aby wiedział, że siła Lorentza, siła elektromotoryczna i „zwykła” siła magnetyczna działająca pomiędzy magnesami stałymi mają tę samą naturę. Używanie trzech nazw temu nie sprzyja. Może więc najlepiej byłoby w każdym z tych wypadków używać tego samego terminu: siła magnetyczna?

### Skąd brać magnesy?

Pozostaje jeszcze praktyczna wskazówka. Do doświadczeń najlepiej używać magnesów neodymowych w kształcie walca („pastylki”). Można je kupić m.in. w Cezasie, w kompletach po 10 szt. po około 2 zł za sztukę. Magnesy przystosowane są raczej do tablic magnetycznych i dlatego umieszczone są w plastikowych otoczkach, które na szczęście łatwo zdjąć. Można ich szukać także w innych sklepach – mogą być jeszcze tańsze.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Tom Clancy, Polowanie na Czerwony Październik, Wydawnictwo G i G, Warszawa 1991.
- [2] Willem H. van den Berg, Kirk A. Miller: Moving Water with No Moving Parts, „The Physics Teacher”, Vol. 42, December 2004, p. 553.
- [3] Gabriel L. Font, Scott C. Dudley, Magneto-hydrodynamic Propulsion for the Classroom, „The Physics Teacher”, vol. 42, October 2004, pp. 410-415.  
(Artykuł dostępny w internecie. Wpisz w Google’u jego tytuł)
- [4] Y. Sasakawa, S. Takezawa, Y. Sugawara, Y. Kyotani: The superconducting MHD-propelled ship YAMATO-1, Proceedings of the World Congress on Superconductivity, NASA Conf. Publ. 3290, 1994: 167-76 vol. 1.
- [5] [http://en.wikipedia.org/wiki/hasto\\_Yamato\\_1](http://en.wikipedia.org/wiki/hasto_Yamato_1)
- [6] Christopher Chiaverina, The Simplest Motor?, „The Physics Teacher”, Vol. 42, December 2004, p. 553.
- [7] Jorge Guala-Valverde, Pedro Mazzoni, Picardo Achilles, The homopolar motor: A true relativistic engine, „American Journal of Physics”, Vol. 70, October 2002, pp. 1052-1055.

### MARCIN BRAUN

Marcin Braun jest autorem książek edukacyjnych, a także nowego programu do nauczania fizyki w gimnazjum. Współpracuje z wydawnictwem Nowa Era. Od lat prowadzi także zajęcia dla stypendystów Krajowego Funduszu na rzecz Dzieci.