

# Magnetostatyka

Nazwa magnetyzm pochodzi od Magnezji w Azji Mniejszej, gdzie już w starożytności odkryto rudy żelaza przyciągające żelazne przedmioty. Chińczycy jako pierwsi (w III w n.e.) praktycznie wykorzystywali magnetyzm. Zauważyli oni, że pewne minerały oraz żelazne przedmioty, które weszły z nimi w kontakt (magnesy), ustawiają się zawsze w określonej orientacji względem stron świata.

Działania magnetyczne wykazują wyraźną biegunowość: jeżeli dwa magnesy przyciągają się pewnymi obszarami, to po odwróceniu jednego z nich będą się odpychać. Wykazują więc biegunowo przeciwne działanie. Zwyczajowo ten biegun, który ustawia się na północ nazywamy północnym. Jednoimienne bieguny odpychają się, różnoimienne przyciągają.

***Bieguny magnetyczne zawsze występują razem.*** Nie istnieje monopol magnetyczny - samodzielny biegun północny lub południowy.

Początkowo nie łączono zjawisk magnetycznych z elektrycznymi. Dopiero w 1820 Oersted stwierdził, że dookoła przewodu z prądem powstaje pole magnetyczne. Odkrycie wywołało lawinę prac Ampera, Faraday'a i innych, prowadząc do sformułowania klasycznej teorii elektromagnetyzmu (przez Maxwella) i wykrycia fali elektromagnetycznej (Herz, 1888)

# Siła Lorentza

W polu magnetycznym na poruszające się ładunki działa siła. To zjawisko można uznać za najbardziej pierwotne dla magnetyzmu. Siła ta (nazywana *siłą Lorentza*) jest proporcjonalna do wielkości ładunku i prędkości, a do tej ostatniej i do kierunku pola skierowana prostopadle. Można to zapisać tak:

$$\vec{F} = q (\vec{v} \times \vec{B})$$

Wyrażenie na *siłę Lorentza* może być uznane za definicję *indukcji pola magnetycznego  $\vec{B}$*

Jednostkę indukcji pola magnetycznego nazywa się *teslą*  
[N\*s/C\*m] = [T].

Siła Lorentza działa prostopadle do prędkości ładunku. Nie zwiększa prędkości, a jedynie zmienia jej kierunek. Nie zwiększa energii kinetycznej i nie wykonuje pracy.

W przewodniku, w którym płynie prąd elektryczny poruszają się ładunki. Działa na nie siła Lorentza. Rozważmy siłę działającą na niewielką “porcję” płynącego ładunku:

$$d\vec{F} = dq (\vec{v} \times \vec{B})$$

ponieważ

$$I = \frac{dq}{dt}; dt \cdot \vec{v} = d\vec{l}$$

gdzie wektor *d $\vec{l}$*  oznacza element drogi nośników ładunku po przewodzie

$$d\vec{F} = I dt (\vec{v} \times \vec{B}) = I (d\vec{l} \times \vec{B})$$

całkowita siła działająca na przewód z prądem wyniesie więc

$$\vec{F} = I \int_l (d\vec{l} \times \vec{B})$$

musimy policzyć całkę krzywoliniową po całym przewodniku.

W przypadku pola elektrycznego oglądaliśmy “linie sił”. Podobnie w przypadku pola magnetycznego magnesów sztabkowych możemy je zobrazować za pomocą opiłków żelaznych:



Po zdefiniowaniu indukcji pola magnetycznego możemy zdefiniować jej *strumień* przez niewielką powierzchnię:

$$\Delta \Phi_B = \vec{B} \cdot \Delta \vec{S}$$

Jednostką strumienia indukcji magnetycznej jest *weber*

$$[\Phi_B] = \text{Wb} = \text{T} \cdot \text{m}^2 = \text{V} \cdot \text{s}$$

Strumień indukcji pola magnetycznego przez dowolną powierzchnię będzie równy

$$\Phi_B = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

Linie sił stałego pola magnetycznego są zawsze liniami zamkniętymi. Wynika to z faktu, że nie istnieją monopole magnetyczne. Zatem strumień indukcji magnetycznej przez powierzchnię zamkniętą jest zawsze równy zero.

$$\Phi_B = \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

Jest to odpowiednik *prawa Gaussa dla pola magnetycznego*. Podobnie jak dla pola elektrycznego można przejść do postaci różniczkowej tego prawa:

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

Pole magnetyczne jest bezźródłowe w każdym punkcie przestrzeni.

## *Do przemyślenia w długie upojne wieczory:*

-- Dysponujesz dwiema stalowymi sztabkami, z których jedna jest namagnesowana, a druga nie. Jak bez użycia dodatkowych przedmiotów sprawdzić, która jest namagnesowana?

-- Siły magnetyczne działają na ładunki w kierunku prostopadłym do kierunku ich prędkości, a zatem nie wykonują żadnej pracy. Co zatem wykonuje pracę w silniku elektrycznym?!

## *Do policzenia*

-- Policzmy moment siły działający na umieszczoną w jednorodnym polu magnetycznym kwadratową ramkę utworzoną z przewodnika, przez który płynie prąd, a której płaszczyzna jest równoległa do wektora indukcji pola magnetycznego.