

LORENTZOVA SILA-MAGNETNA SILA NA NABIJENU ČESTICU

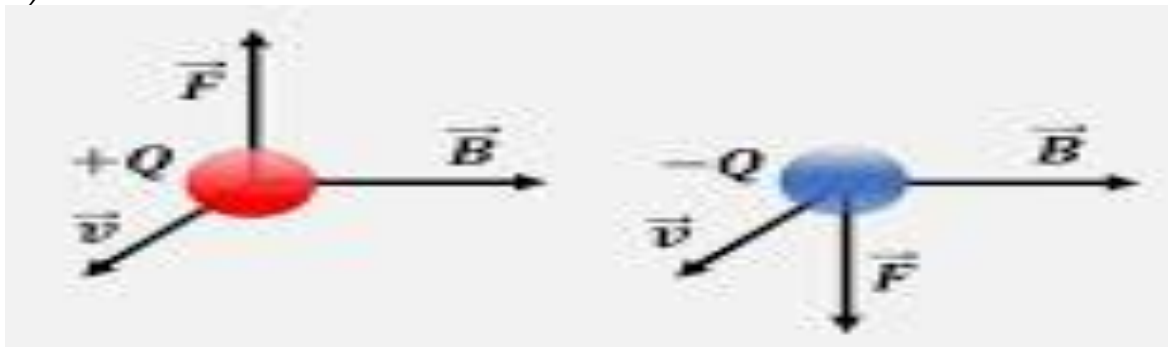
Nizozemski fizičar Lorentz otkrio je da na električki nabijenu česticu koja se giba u magnetnom polju djeluje magnetna sila, koja je prema njemu dobila naziv Lorentzova sila. Lorentz je mjerenjima utvrdio da ta sila ovisi o količini naboja čestice Q , jakosti magnetnog polja (magnetnoj indukciji) B , brzini čestice v te o smjeru brzine s obzirom na smjer magnetnog polja. Ako se čestica naboja Q giba brzinom v okomito na smjer magnetnog polja (magnetne indukcije), tada je Lorentzova sila jednaka:

$$F_L = Q v B$$

Ako brzina v s magnetnom indukcijom B zatvara neki kut, sila na česticu je manja i računa se pomoću obrasca:

$$F_L = Q B v \sin \alpha$$

Smjer Lorentzove sile možemo odrediti pomoću pravila desne ruke. Ako se radi o pozitivno nabijenoj čestici, tada nam ispruženi prsti desne ruke pokazuju u smjeru magnetne indukcije B , ispruženi palac u smjeru brzine čestice v , a Lorentzova sila F_L djeluje u smjeru okomito iz dlana (slika 1.). Ako se radi o negativno nabijenoj čestici, tada je smjer Lorentzove sile suprotan u odnosu na pozitivno nabijenu česticu (slika 2.).



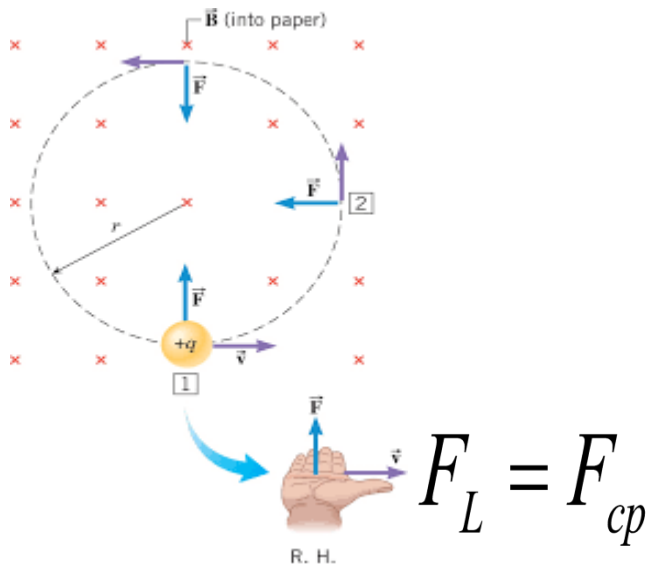
Gibanje nabijene čestice u homogenom magnetnom polju

U homogeno magnetno polje nabijena čestica može ulijetati na tri različita načina: okomito na magnetno polje, paralelno s magnetnim poljem i koso na smjer magnetnog polja.

Razmotrit ćemo slučaj kada čestica ulijeće okomito na magnetno polje, tj. kada je brzina nabijene čestice v okomita na magnetnu indukciju B . Za taj primjer Lorentzova sila ima stalan iznos:

$$F_L = Q v B$$

U tom primjeru Lorentzova sila djeluje kao centripetalna sila pa se čestica giba jednoliko kružno po kružnici polumjera r . Polumjer r možemo izračunati tako što Lorentzovu silu F_L izjednačimo s centripetalnom silom F_{cp} :



$$QvB = m \frac{v^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{QB}$$

MAGNETNO POLJE STRUJE

MAGNETNO POLJE RAVNOG VODIČA, KRUŽNOG VODIČA I ZAVOJNICE

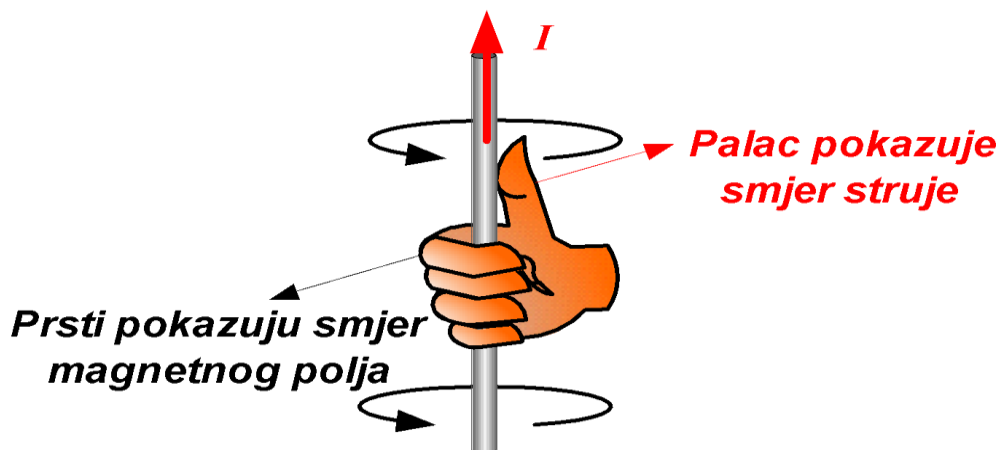
Danski fizičar Oersted otkrio da u prostoru oko vodiča kojim teče struja postoji magnetno polje. Rekli smo da je on izvodeći pokuse s električnom strujom primijetio da se magnetna igla otkloni kad se nađe u blizini vodiča kojim teče struja. Isključenjem struje magnetna igla se vrati u prvobitni položaj. Na temelju toga zapažanja on je zaključio da električna struja, tj. naboj u gibanju stvara magnetno polje i ono uzroči otklanjanje magnetne igle. Time je dokazano postojanje magnetnog polja električne struje. Taj pokus prvi je potvrdio vezu između elektriciteta i magnetizma, a to je kasnije bitno pridonijelo razvoju elektromagnetizma.

Prema obliku vodiča razlikujemo:

- magnetno polje ravnog vodiča
- magnetno polje kružnog vodiča (strujne petlje)
- magnetno polje zavojnice

Magnetno polje ravnog vodiča

Kada ravnim vodičem prolazi struja oko njega postoji magnetno polje. Magnetno polje ravnog vodiča slikovito prikazujemo pomoću silnica koje imaju oblik koncentričnih kružnica sa središtem na osi vodiča (slika.). Kružnice leže u ravninama koje su okomite na vodič.



Smjer magnetnog polja (magnetne indukcije) ravnog vodiča određujemo pomoću pravila desne ruke tako što ispružimo palac ruke, a vodič obuhvatimo prstima ruke (slika.). Pritom palac pokazuje smjer struje, a savijeni prsti smjer kojim silnice obilaze vodič.

Magnetno polje ravnog vodiča prvo je utvrđeno pokusima, a kasnije je i matematički formulirano. Matematički obrazac za magnetnu indukciju ravnog vodiča jest:

$$B = \mu \frac{I}{2\pi r}$$

Magnetna indukcija B ravnog vodiča razmjerna je jakosti struje I kroz vodič, a obrnuto razmjerna udaljenosti r od osi vodiča. Magnetna indukcija ovisi još i o sredstvu u kojem djeluje magnetno polje, tj. o magnetnoj permeabilnosti sredstva .

$\mu = \mu_r \mu_0$, pa uvrštavanjem u prethodni obrazac dobivamo:

$$B = \mu_r \mu_0 \frac{I}{2\pi r}$$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Tm}{A}$ magnetna permeabilnost vakuuma.

Relativna permeabilnost vakuuma jest $\mu_r = 1$, a toliko je približno i zraka pa obrazac za vakuum (zrak) pišemo u obliku:

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

Jakost magnetnog polja (H)

Pored magnetne

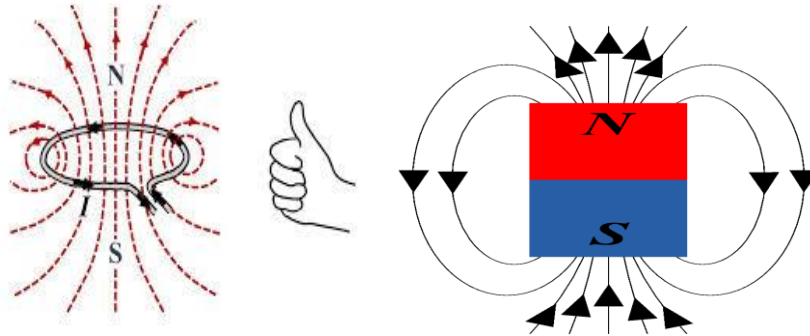
indukcije za opis magnetnog polja koristi se i fizikalna veličina koja se zove jakost magnetnog polja (H). Za razliku od magnetne indukcije, jakost magnetnog polja ne ovisi o sredstvu (permeabilnosti) u kojem djeluje magnetno polje. Dakle:

$$H = \frac{B}{\mu} \quad \Rightarrow \quad H = \frac{I}{2\pi r}$$

Jedinica za jakost magnetnog polja je $\frac{\text{amper}}{\text{metar}}$

$$H = \frac{I}{2\pi r} \left[\frac{A}{m} \right]$$

Magnetno polje kružnog vodiča (strujne petlje) Ako ravnu žicu (ravan vodič) savijemo u krug, dobijemo strujnu petlju. Kada kroz strujnu petlju teče struja, oko petlje postoji magnetno polje, koje je slično magnetnom polju malenog ravnog magneta (slika.). Smjer silnica unutar petlje možemo odrediti pomoću desne ruke. Ako petlju obuhvatimo tako da nam prsti pokazuju smjer struje, ispruženi palac će pokazivati smjer magnetnih silnica.



Magnetna indukcija u središtu kružnog vodiča iznosi:

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

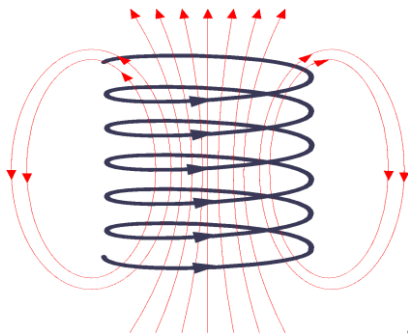
Jakost magnetnog polja u središtu kružnog vodiča iznosi:

$$H = \frac{I}{2r}$$

Magnetno polje zavojnice

Zavojnicu napravimo tako što ravnu žicu savijemo u spiralu. Ako kroz zavojnicu teče struja, oko zavojnice se formira magnetno polje, koje je znatno jače unutar zavojnice nego izvan zavojnice, a to potvrđuje i gustoća silnica. Kada kroz zavojnicu duljine l , koja ima N zavoja, teče struja jakosti I , tada magnetna indukcija unutar zavojnice iznosi:

$$B = \mu \frac{NI}{l} \quad \Rightarrow \quad B = \mu_r \mu_0 \frac{NI}{l}$$



Jakost magnetnog polja unutar zavojnice jest :

$$H = \frac{B}{\mu} = \frac{NI}{l}$$

ZADACI ZA VJEŽBU

1. Zavojnicom koja ima 20 namotaja po centimetru duljine prolazi struja 5 A. Kolika je magnetska indukcija unutar zavojnice?

$$\left. \begin{array}{l} N = 20 \\ l = 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m} \\ I = 5 \text{ A} \\ B = ? \end{array} \right\} B = \mu_0 \frac{NI}{l} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}} \cdot \frac{20 \cdot 5 \text{ A}}{0,01 \text{ m}} = 4\pi \cdot 10^{-3} \text{ T}$$

2. Magnetsko polje u središtu zavojnice kojom prolazi struja iznosi 2 mT. Koliko će to polje iznositi ako se u zavojnicu umetne željezna jezgra relativne permeabilnosti 120?

$$\left. \begin{array}{l} B_0 = 2 \text{ mT} \\ \mu_r = 120 \\ B = ? \end{array} \right\} \begin{array}{l} B_0 = \mu_0 \frac{NI}{l} \\ B = \mu_r \mu_0 \frac{NI}{l} = \mu_r B_0 = 120 \cdot 2 \text{ mT} = 240 \text{ mT} \end{array}$$

3. Proton se giba brzinom $5 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ po kružnoj stazi okomito na silnice magnetskoga polja iznosa 0,2 T. Koliki je polumjer staze gibanja toga elektrona?

$$F_{cp} = F_L$$

$$\frac{m_p v^2}{r} = evB \Rightarrow r = \frac{m_p v}{eB} = \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 5 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0,2 \text{ T}} = 26 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 26 \text{ cm}$$

Domaća zadaća

4. Elektron se giba brzinom $5 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ paralelno s ravnim vodičem kroz koji prolazi električna struja jakosti 2 A. Smjer struje i smjer brzine elektrona prikazani su na slici. Kolikom silom vodič djeluje na elektron ako su oni udaljeni 3 cm?

