

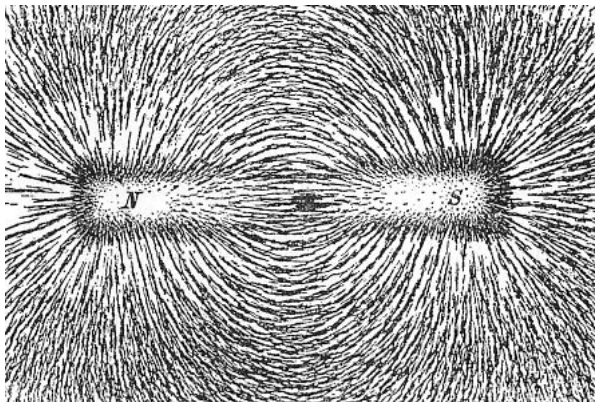
# Magnetsko polje

Duje Jerić- Miloš

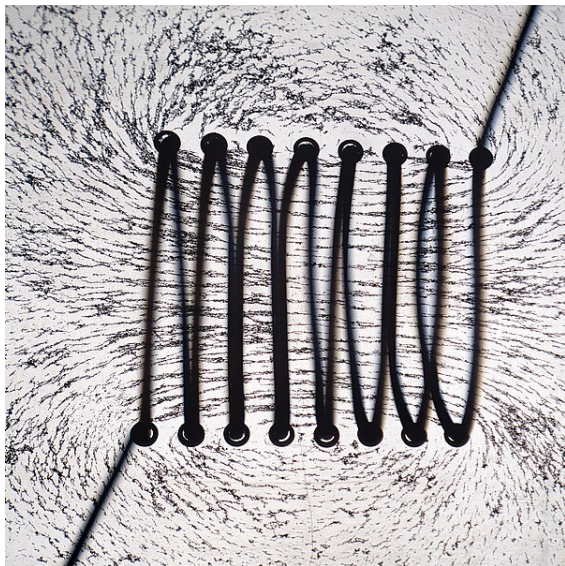
8. prosinca 2024.

# Magnetsko polje

- ▶ Isto kao što nabijeno tijelo oko sebe stvara električno vektorsko polje  $E$ , magneti i struje oko sebe stvaraju magnetsko vektorsko polje  $B$ . Željezna piljevina prati to polje:

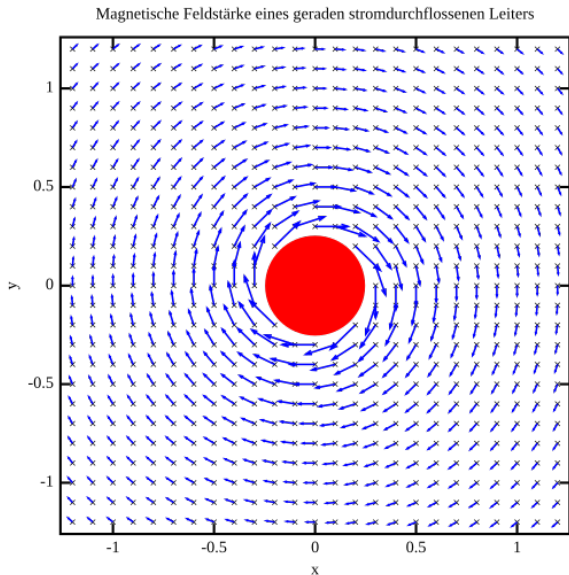


# Magnetsko polje

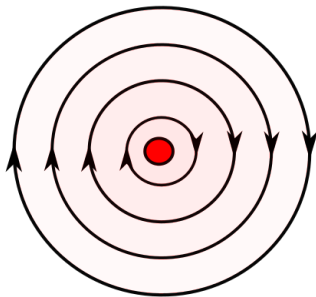
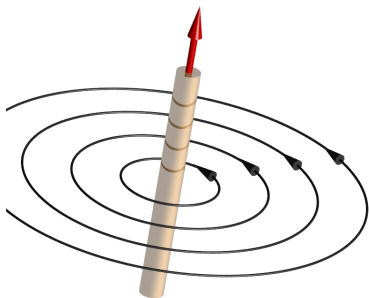


# Magnetsko polje ravne žice

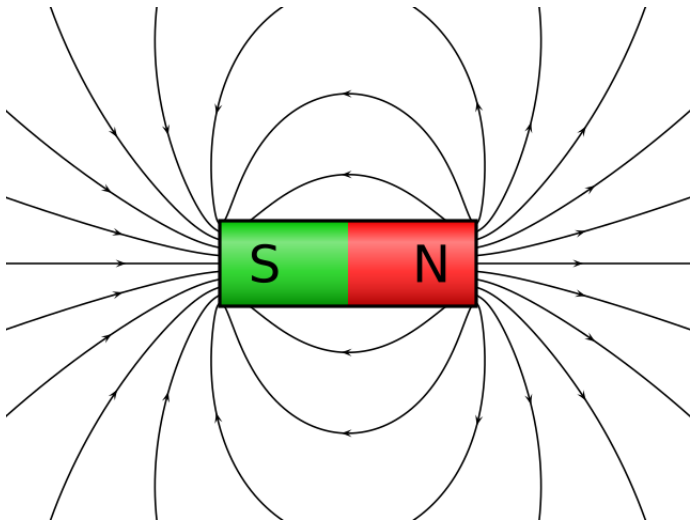
Struja (crveno) ulazi u sliku:



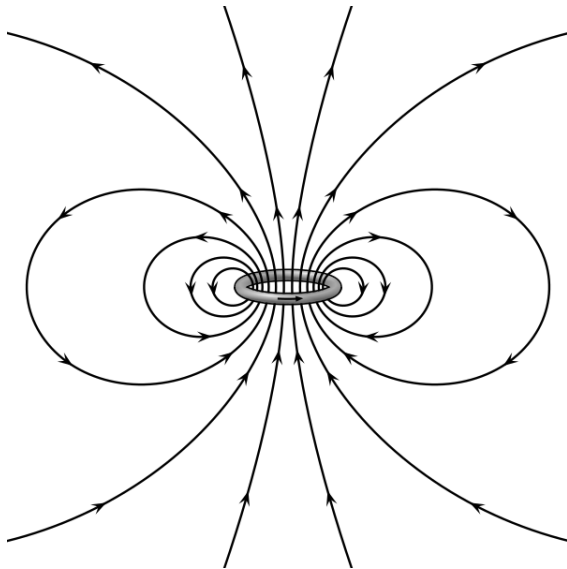
# Linije magnetskog polja ravne žice



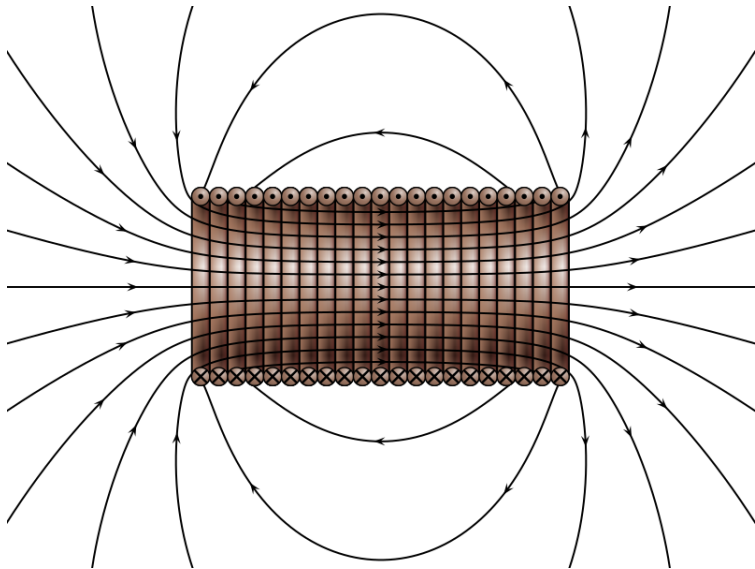
## Linije magnetskog polja magneta



# Magnetsko polje petlje



# Magnetsko polje zavojnice





# Magnetski moment

- ▶ Magnetsko polje magneta, petlje i zavojsnice se razlikuju od polja ravne žice.

# Magnetski moment

- ▶ Magnetsko polje magneta, petlje i zavojnice se razlikuju od polja ravne žice.
- ▶ Ravna žica nema mjesto u koje polje ulazi i mjesto iz kojeg polje izlazi (polove).

# Magnetski moment

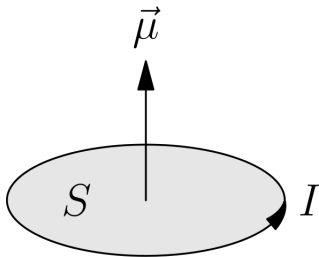
- ▶ Magnetsko polje magneta, petlje i zavojsnice se razlikuju od polja ravne žice.
- ▶ Ravna žica nema mjesto u koje polje ulazi i mjesto iz kojeg polje izlazi (polove).
- ▶ Drukčije rečeno: ravna žica nema magnetski moment (ne zakreće u vanjskom polju)

# Magnetski moment

- ▶ Magnetsko polje magneta, petlje i zavojnice se razlikuju od polja ravne žice.
- ▶ Ravna žica nema mjesto u koje polje ulazi i mjesto iz kojeg polje izlazi (polove).
- ▶ Drukčije rečeno: ravna žica nema magnetski moment (ne zakreće u vanjskom polju)
- ▶ Vektor magnetskog momenta gleda od S prema N

# Magnetski moment

- ▶ Magnetsko polje magneta, petlje i zavojnice se razlikuju od polja ravne žice.
- ▶ Ravna žica nema mjesto u koje polje ulazi i mjesto iz kojeg polje izlazi (polove).
- ▶ Drukčije rečeno: ravna žica nema magnetski moment (ne zakreće u vanjskom polju)
- ▶ Vektor magnetskog momenta gleda od S prema N
- ▶ Magnetski moment petlje:



# Definicija magnetskog polja

- ▶ Električno polje smo precizno definirali pomoću sile na naboj. Isto možemo i s magnetskim poljem.

# Definicija magnetskog polja

- ▶ Električno polje smo precizno definirali pomoću sile na naboj. Isto možemo i s magnetskim poljem.
- ▶ Naboj u magnetskom polju zakreće - giba se po kružnoj putanji.

# Definicija magnetskog polja

- ▶ Električno polje smo precizno definirali pomoću sile na naboj. Isto možemo i s magnetskim poljem.
- ▶ Naboj u magnetskom polju zakreće - giba se po kružnoj putanji.
- ▶ Eksperiment pokaže: sila na naboj je okomita na brzinu i neki fiksni smjer u prostoru (doduše postoje dva takva smjera - npr. gore i dolje).
- ▶ Taj fiksni smjer je smjer magnetskog polja.



# Definicija magnetskog polja

- ▶ Električno polje smo precizno definirali pomoću sile na naboj. Isto možemo i s magnetskim poljem.
- ▶ Naboj u magnetskom polju zakreće - giba se po kružnoj putanji.
- ▶ Eksperiment pokaže: sila na naboj je okomita na brzinu i neki fiksni smjer u prostoru (doduše postoje dva takva smjera - npr. gore i dolje).
- ▶ Taj fiksni smjer je smjer magnetskog polja.
- ▶ Sila okomita na brzinu (tj. pomak)  $\implies$

# Definicija magnetskog polja

- ▶ Električno polje smo precizno definirali pomoću sile na naboj. Isto možemo i s magnetskim poljem.
- ▶ Naboj u magnetskom polju zakreće - giba se po kružnoj putanji.
- ▶ Eksperiment pokaže: sila na naboj je okomita na brzinu i neki fiksni smjer u prostoru (doduše postoje dva takva smjera - npr. gore i dolje).
- ▶ Taj fiksni smjer je smjer magnetskog polja.
- ▶ Sila okomita na brzinu (tj. pomak)  $\implies$  magnetska sila NE obavlja rad

# Definicija magnetskog polja

- ▶ Električno polje smo precizno definirali pomoću sile na naboj. Isto možemo i s magnetskim poljem.
- ▶ Naboj u magnetskom polju zakreće - giba se po kružnoj putanji.
- ▶ Eksperiment pokaže: sila na naboj je okomita na brzinu i neki fiksni smjer u prostoru (doduše postoje dva takva smjera - npr. gore i dolje).
- ▶ Taj fiksni smjer je smjer magnetskog polja.
- ▶ Sila okomita na brzinu (tj. pomak)  $\implies$  magnetska sila NE obavlja rad
- ▶ Iznos sile ovisi o naboju i komponenti brzine okomite na magnetsko polje.

# Definicija magnetskog polja

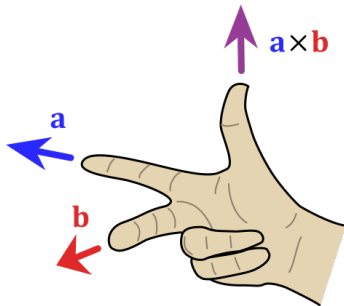
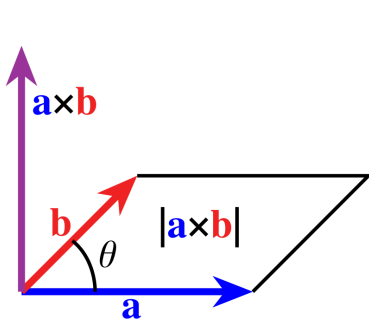
- ▶ Električno polje smo precizno definirali pomoću sile na naboj. Isto možemo i s magnetskim poljem.
- ▶ Naboj u magnetskom polju zakreće - giba se po kružnoj putanji.
- ▶ Eksperiment pokaže: sila na naboj je okomita na brzinu i neki fiksni smjer u prostoru (doduše postoje dva takva smjera - npr. gore i dolje).
- ▶ Taj fiksni smjer je smjer magnetskog polja.
- ▶ Sila okomita na brzinu (tj. pomak)  $\implies$  magnetska sila NE obavlja rad
- ▶ Iznos sile ovisi o naboju i komponenti brzine okomite na magnetsko polje.
- ▶ Magnetsko polje je sila po jedinici naboja i brzine:  $B = \frac{F}{qv_{\perp}}$

# Smjer magnetskog polja

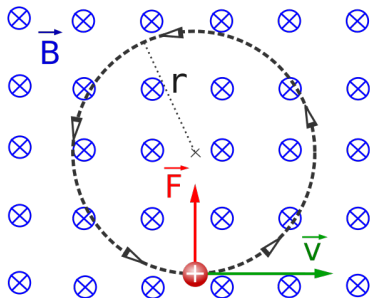
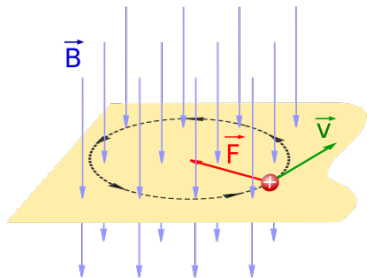
- ▶ Magnetska sila je okomita na magnetsko polje i brzinu. Ovo ne određuje u potpunosti njen smjer (još imamo dvije mogućnosti - npr. gore i dolje).

# Smjer magnetskog polja

- ▶ Magnetska sila je okomita na magnetsko polje i brzinu. Ovo ne određuje u potpunosti njen smjer (još imamo dvije mogućnosti - npr. gore i dolje).
- ▶ Smjer magnetskog polja definiran time da su sila, brzina i magnetsko polje vezane pravilom desne ruke  $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ :

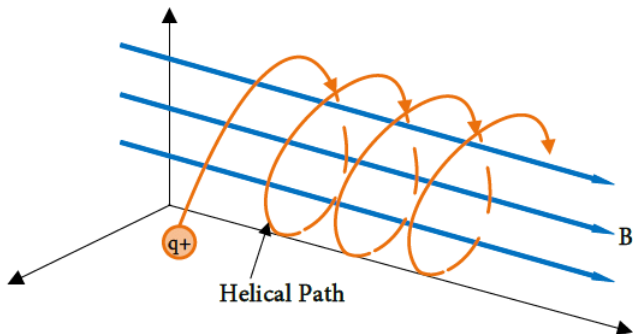


# Gibanje naboja u vanjskom magnetskom polju



## Opći slučaj:

- ▶ Ako naboj ima komponentu brzine duž magnetskog polja, giba se po spirali:



- ▶ Općenito, kada se naboj  $q$  nalazi i u električnom i magnetskom polju, na njega djeluje i električna i magnetska sila:  $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$ .

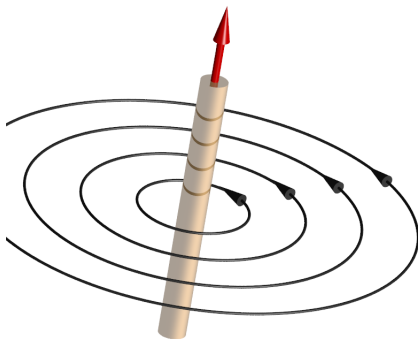


## Dodatak: Amperov zakon

- ▶ Magnetsko polje beskonačno ravne žice kojom prolazi struja  $I$  je na udaljenosti  $r$  od žice:

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

- ▶  $\mu_0 = 1.256 \cdot 10^{-6} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$  je obična konstanta - tzv. permeabilnost vakuma.



## Dodatak: Amperov zakon

- ▶ Ako kroz žicu u nekom kratkom vremenu  $t$  prođe  $q$  naboja i oni se pomaknu za neku malu udaljenost  $L$

## Dodatak: Amperov zakon

- ▶ Ako kroz žicu u nekom kratkom vremenu  $t$  prođe  $q$  naboja i oni se pomaknu za neku malu udaljenost  $L$
- ▶ Brzina je  $v = \frac{L}{t}$ , stoga vidimo da  $qv = q\frac{L}{t} = L\frac{q}{t} = LI$

## Dodatak: Amperov zakon

- ▶ Ako kroz žicu u nekom kratkom vremenu  $t$  prođe  $q$  naboja i oni se pomaknu za neku malu udaljenost  $L$
- ▶ Brzina je  $v = \frac{L}{t}$ , stoga vidimo da  $qv = q\frac{L}{t} = L\frac{q}{t} = LI$
- ▶ Sila na komad žice duljine  $L$  u vanjskom polju  $B$  je  $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} = I\vec{L} \times \vec{B}$ .

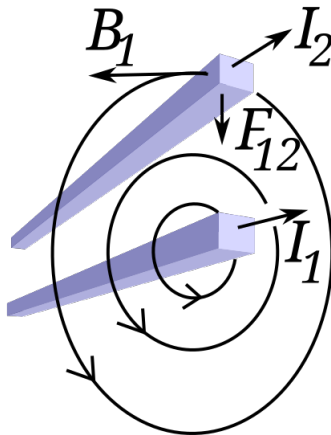
## Dodatak: Amperov zakon

- ▶ Ako kroz žicu u nekom kratkom vremenu  $t$  prođe  $q$  naboja i oni se pomaknu za neku malu udaljenost  $L$
- ▶ Brzina je  $v = \frac{L}{t}$ , stoga vidimo da  $qv = q\frac{L}{t} = L\frac{q}{t} = LI$
- ▶ Sila na komad žice duljine  $L$  u vanjskom polju  $B$  je  $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} = I\vec{L} \times \vec{B}$ .
- ▶ Ova formula vrijedi samo ako je duž žice konstantno magnetsko polje - inače žicu isjeckamo na male komadiće i zbrojimo.

## Dodatak: Amperov zakon

- Izraz za silu u magnetskom polju druge paralelne žice (polje i brzina, tj. struja su okomiti):

$$F = qvB = Ll_2B = \frac{\mu_0}{2\pi} L \frac{I_1 I_2}{r}.$$



## Zaključimo (prepišite)

- ▶ Oko trajnog magneta i vodiča kojim teče struja se javlja magnetsko polje.

## Zaključimo (prepišite)

- ▶ Oko trajnog magneta i vodiča kojim teče struja se javlja magnetsko polje.
- ▶ Magnetska sila djeluje na naboj koji se giba (ne djeluje na naboj koji miruje) i pritom ga zakreće



## Zaključimo (prepišite)

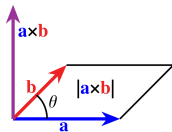
- ▶ Oko trajnog magneta i vodiča kojim teče struja se javlja magnetsko polje.
- ▶ Magnetska sila djeluje na naboj koji se giba (ne djeluje na naboj koji miruje) i pritom ga zakreće
- ▶ Iznos magnetske sile na naboj u magnetskom polju ovisi o: jačini polja, količini naboja, iznosu brzine koja je okomita na magnetsko polje  $\implies F = qv_{\perp}B$ . Magnetska sila ne djeluje na naboj koji se giba u smjeru magnetskog polja.

## Zaključimo (prepišite)

- ▶ Oko trajnog magneta i vodiča kojim teče struja se javlja magnetsko polje.
- ▶ Magnetska sila djeluje na naboj koji se giba (ne djeluje na naboj koji miruje) i pritom ga zakreće
- ▶ Iznos magnetske sile na naboj u magnetskom polju ovisi o: jačini polja, količini naboja, iznosu brzine koja je okomita na magnetsko polje  $\implies F = qv_{\perp}B$ . Magnetska sila ne djeluje na naboj koji se giba u smjeru magnetskog polja.
- ▶ Smjer sile je okomit na brzinu i na magnetsko polje. Sila okomita na pomak  $\implies$  rad magnetske sile je 0.

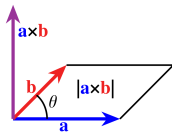
## Zaključimo (prepišite)

- ▶ Oko trajnog magneta i vodiča kojim teče struja se javlja magnetsko polje.
- ▶ Magnetska sila djeluje na naboj koji se giba (ne djeluje na naboj koji miruje) i pritom ga zakreće
- ▶ Iznos magnetske sile na naboj u magnetskom polju ovisi o: jačini polja, količini naboja, iznosu brzine koja je okomita na magnetsko polje  $\implies F = qv_{\perp}B$ . Magnetska sila ne djeluje na naboj koji se giba u smjeru magnetskog polja.
- ▶ Smjer sile je okomit na brzinu i na magnetsko polje. Sila okomita na pomak  $\implies$  rad magnetske sile je 0.
- ▶ Točni smjer sile dobijemo pravilom desne ruke  $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ :



## Zaključimo (prepišite)

- ▶ Oko trajnog magneta i vodiča kojim teče struja se javlja magnetsko polje.
- ▶ Magnetska sila djeluje na naboj koji se giba (ne djeluje na naboj koji miruje) i pritom ga zakreće
- ▶ Iznos magnetske sile na naboj u magnetskom polju ovisi o: jačini polja, količini naboja, iznosu brzine koja je okomita na magnetsko polje  $\implies F = qv_{\perp}B$ . Magnetska sila ne djeluje na naboj koji se giba u smjeru magnetskog polja.
- ▶ Smjer sile je okomit na brzinu i na magnetsko polje. Sila okomita na pomak  $\implies$  rad magnetske sile je 0.
- ▶ Točni smjer sile dobijemo pravilom desne ruke  $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ :



- ▶ Magnetsko polje beskonačne ravne žice:  $B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{r}$ .