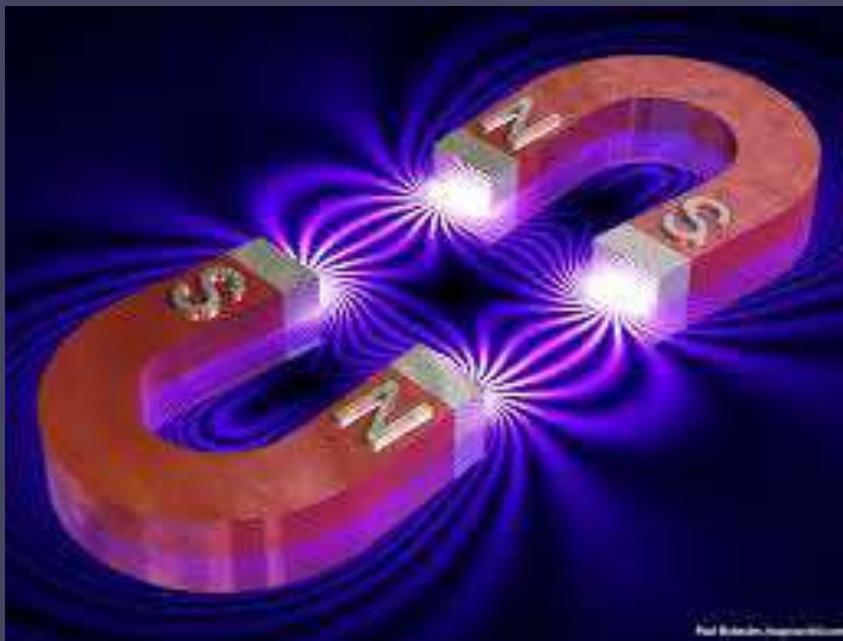


Magnetizam



Magnetizam

- Magnetizam (lat. *magnes* , gen. *magnetis* - kamen iz Magnezije) je skup pojava povezanih sa magnetskim poljem i sa ponašanjem materije u magnetskom polju.
- Magnetizam atoma je posledica magnetizma elektrona i atomskog jezgra i njihovih međudelovanja.

Magnetizam

- Magnetizam je pojava privlačenja ili odbijanja **gvozdenih** predmeta. Za magnetizam je vezano postojanje dve vrste polova. Istovrsni polovi se odbijaju, a različiti se privlače. Magnetni polovi su neraskidivi, odnosno ne može jedno telo biti samo jednog pola a drugog da nema. Uobičajeno je da se polovi zovu severni i južni, iz istorijskih razloga. Fizički je nemoguće imati jednopol, magnet sa jednim polom. Zato se magnet zove dipol, jer ima oba pola. Magnete možemo podeliti na:
 - Prirodne (**magnetit**, Fe_3O_4);
 - Veštačke.
- Magnetizam je jedan oblik pojavljivanja dualne, elektromagnetske sile, prema **Maksvelovim jednačinama**. Dualnost se ogleda u činjenici da električna struja (kretanje elektriciteta) izaziva (indukuje) magnetsko polje, a da promena magnetskog polja izaziva električno polje (i kretanje slobodnih nosilaca elektriciteta, električnu struju).

Magnetsko polje je posrednik uzajamnog delovanja magnetskim silama.

- Veličina koja karakteriše magnetsko polje u nekoj njegovoj tački je vektorska veličina sa svojim smerom, pravcem kao i intenzitetom. Sa obzirom da se vizuelizacija magnetskog polja ostvaruje crtanjem linija sila magnetskog polja to se jačina polja dočarava gustinom linija. Jedinica fluksa (količine linija sila polja) je Veber (Wb), ali je to nepraktična veličina jer nije značajan fluks za intenzitet magnetskih sila već gustina linija koja se naziva indukcija magnetskog polja i njena jedinica je Tesla (T).

Podela:

- S obzirom na ponašanje u magnetskom polju, sve se materije odlikuju svojom magnetskom permeabilnošću, tako razlikujemo: 1. dijamagnetične
- 2. paramagnetične
- 3. feromagnetične
- 4. ferimagnetične
- 5. antiferomagnetične

Kratka istorija

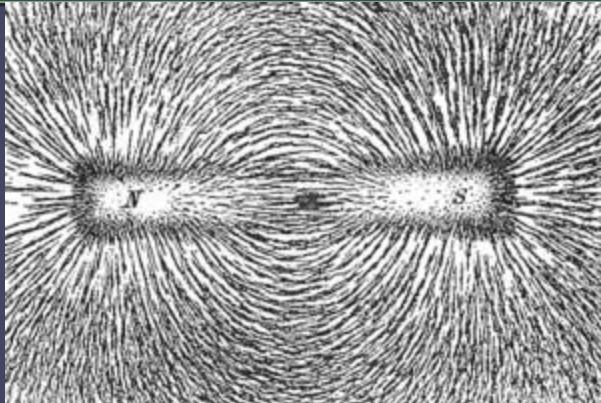
- Svojstva magneta je zapazio, prema predaji, pastir Magnus na grčkom ostrvu Kritu.
- Tales Milećanin je pisao o neobičnom ponašanju železne rude – magnetit, crna ruda metalnog sjaja koja ima sposobnost privlačenja gvožđa
- Magnetizam u drevnoj Kini – do 100. pr.Kr. Je postalo poznato da se magnetna igla usmerava duž pravca sever – jug što se koristilo u pravilnom postavljanju kuća, hramova, grobnica, puteva i dr.
- Magnetizam u srednjem veku – magneti su različitih oblika, u obliku igle, štapića i potkovice
- Petrus Peregrinus, 1296. opisuje navigaciju pomoću magnetne igle
- William Gilbert, 1600. je otkrio magnetizam Zemlje
- Charles-Augustin de Coulomb je 1785. postavio zakon o privlačenju i odbijanju magnetnih polova

Kratka istorija



Model prvobitnog kompasa (sinan) iz dinastije Han (206 pr.Kr.-220.) za koji se pretpostavlja da je napravljen od prirodnog magneta.

Magnetizam



1. Dijamagnetizam

- Je svojstvo mnogih hemijskih elemenata, npr. Ag, Au, Zn, Si, P, H, plemenitih gasova i većine organskih spojeva koje obeležava slaba magnetska permeabilnost koja je manja od 1 i ne zavisi od temperature

2. Paramagnetizam

- Je svojstvo mnogih materijala, hemijskih elemenata npr. Al i O i hemijskih spojeva koje obeležava relativna magnetska permeabilnost nešto veća od 1
- To je u prirodi najčešći oblik magnetizma
- Ti materijali ne pokazuju makroskopsku magnetičnost ali se npr. kuglica od aluminijuma pri padu kroz jako polje potkovičastog magneta usporava

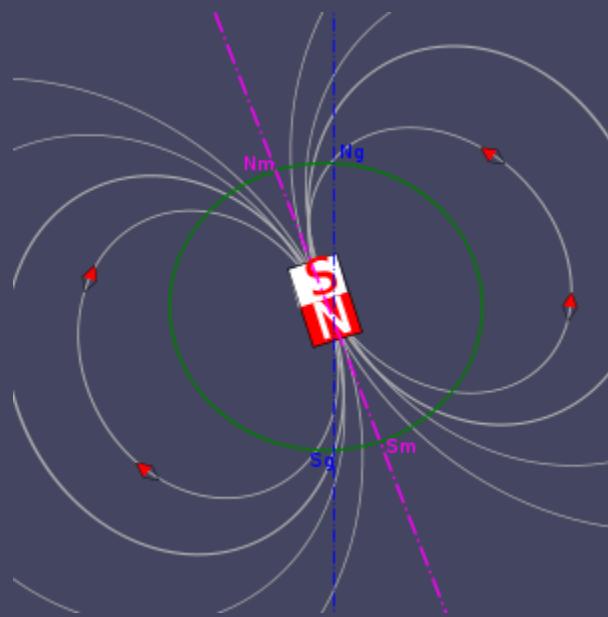
3. Feromagnetizam

- Je svojstvo karakteristično za Fe, Ni, Co, Gd, za njihove međusobne legure i neke spojeve s drugim elementima
- Imaju izrazitu relativnu magnetsku permeabilnost znatno veću od 1 (od 1000 do 10 000)
- Nastaje kao posledica jakih međudelovanja magnetskih momenata atoma, zbog čega nastaje kolektivno magnetsko uređenje tzv. spontna magnetizacija, koja se sa porastom temperature smanjuje
- Vrlo je važna Curieva tačka, tj. granična temperatura iznad koje ti materijali gube feromagnetična svojstva i postaju paramagnetični (Fe – 750°C, Ni – 360°C, Co – 1075°C i Gd – 16°C)

Zemljin magnetizam

- Zemlja predstavlja ogroman magnet
- U njenom magnetskom polju se svaki slobodno pokretljivi magnet orijentiše tako da mu je jedna strana okrenuta približno prema severu, a druga prema jugu
- Kraj magnetne igle koji pokazuje prema severu naziva se severnim polom N, dok je drugi južni pol S.
- Polovi magneta i geografski polovi se ne poklapaju u potpunosti, to jest smer magnetske igle se ne podudara u potpunosti sa pravcem sever – jug.
- Odstupanje od tog pravca se naziva magnetska deklinacija, a ugao deklinacije između Zemljine ose i magnetske ose iznosi 15°
- Za utvrđivanje smera severa koristi se lagani magnet koji čini kompas ili busolu.

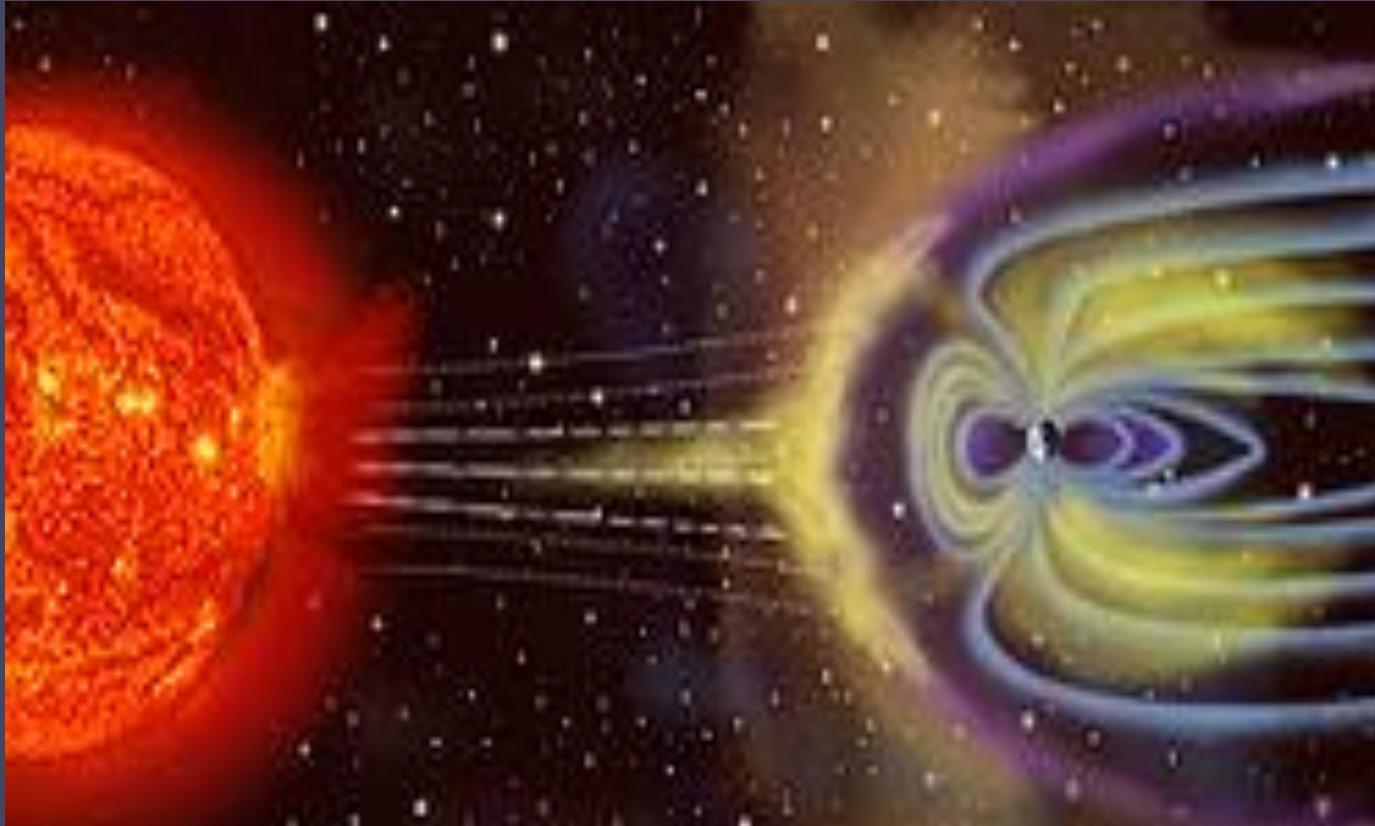
Zemljino magnetsko polje



Magnetosfera

- Magnetsko polje Zemlje može se predstaviti kao polje magnetskog dipola, čiji se jedan pol nalazi u blizini severnog geografskog pola, a drugi u blizini južnog geografskog pola
- Prostor u kojem se oseća delovanje magnetskog polja Zemlje naziva se magnetosfera
- Magnetosfera štiti Zemlju od štetnog delovanja Sunčevog vetra, ima oblik kapi – spljoštena je na strani koja je okrenuta ka Suncu, a izdužena na suprotnoj.

Magnetosfera Zemlje i Sunčev vetar



Magnetosfera štiti površinu Zemlje od nanelektrisanih čestica sunčevog veta. Pod pritiskom nadirućih čestica, magnetosfera je stisnuta na strani okrenutoj ka Suncu.

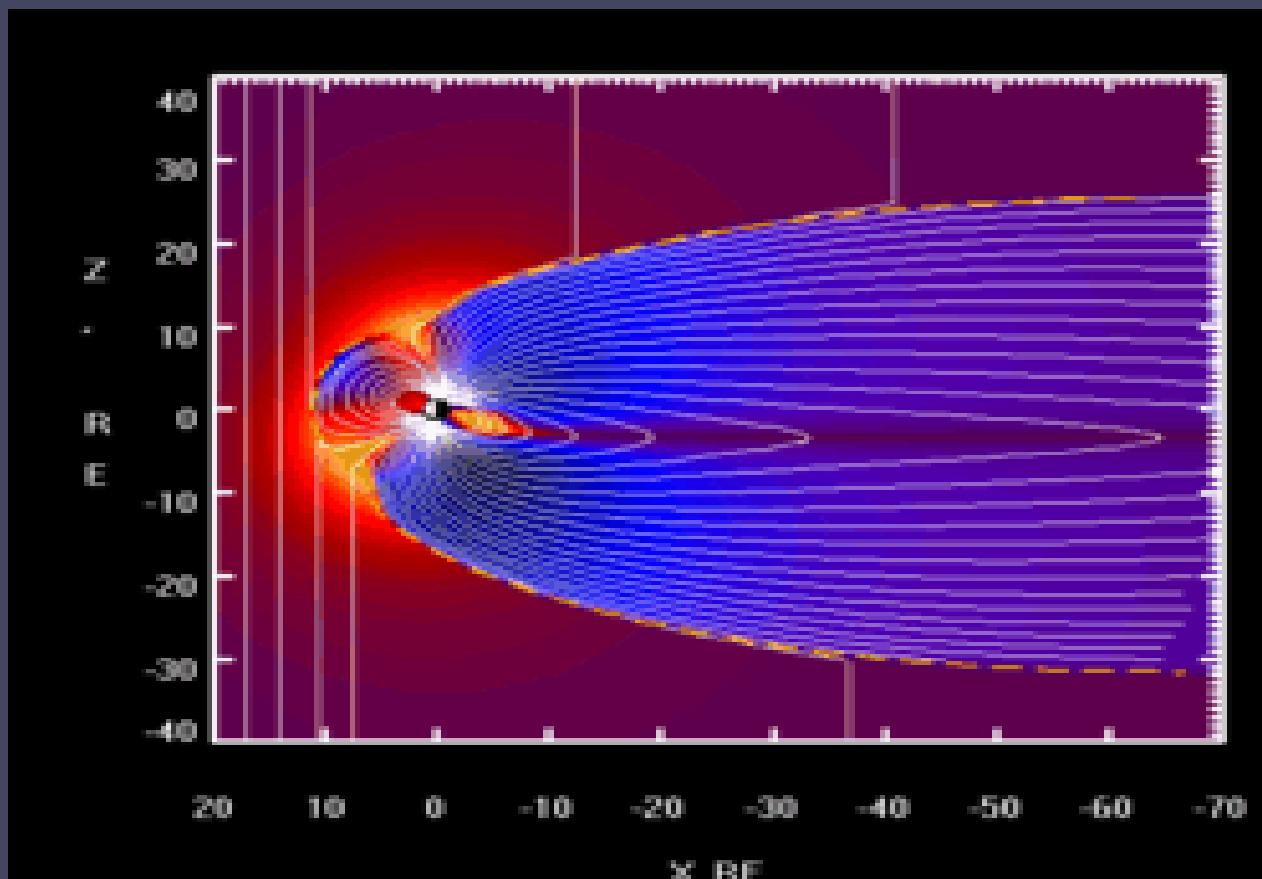
Magnetski polovi

- Magnetski polovi Zemlje su mesta na Zemljinoj površini gde su magnetske silnice normalne na površinu Zemlje
- Magnetski polovi nisu predstavljeni jednom tačkom, već delom Zemljine kore, površine nekoliko kvadratnih kilometara
- Južni magnetski pol se nalazi na 73° se.geografske širine i 100°
- zapadne geografske dužine, na ostrvu Princa od Walesa
- Severni magnetski pol se nalazi na 70° južne geografske širine i 148° istočne geografske dužine, na Antarktiku – južno od Novog Zelanda
- Geografski polovi se nalaze na suprotnim Zemljinim hemisferama u odnosu na magnetske polove, tj. severni geografski pol je dobio naziv po tome što se nalazi na hemisferi prema kojoj se okreće severni kraj igle kompasa (koju privlači južni kraj "Zemljinog magneta")

Karakteristike polja

- Temperatura Zemljinog jezgra je viša od 1043 K, Curieve temperature, na kojoj gvožđe gubi magnetska svojstva
- Zbog toga Zemljin magnetizam nema veze sa magnetskim svojstvima gvožđa unutar Zemljinog jezgra, već je posledica električnih struja, koje unutar Zemlje nastaju zbog relativnog kretanja jezgra i njenog omotača

Zemljino magnetsko polje



Reverzije polja

- Na osnovu istraživanja bazalta širom sveta je otkriveno da se reverzija Zemljinog magnetskog polja događa s prosečnim intervalom od oko 250 hiljada godina
- Poslednja reverzija, koju zovemo reverzija Bruns-Macujama, najverovatnije se dogodila prije 780 hiljada godina
- Nakon reverzije, magnetski severni pol se ponovo javlja, ali na suprotnoj strani Zemlje, dok linije magnetskog polja dobijaju suprotan smer.
- Istraživanja tokova lave na planini Steens u Oregonu, pokazuju da se magnetsko polje kretalo brzinom od 6 stepena dnevno
- Doslednost reverzija magnetskog polja Zemlje otkrivena je merenjima u okeanskim grebenima. Rastopljena lava (tipično bazaltna) se izliva iz vulkana iznad Curieve temperature, nakon čega se hlađi, prilikom čega se magnetni minerali orjentišu u smeru trenutnog lokalnog magnetskog polja
- Magnetski polovi su menjali položaj nekoliko puta u toku geološke istorije

Magnetsko polje električne struje

- Danski fizičar H. C. Ørsted je prvi pokazao 1820. da postoji uska veza između električne struje i magnetizma. On je uzeo magnetsku iglu i postavio paralelno iznad nje bakrenu žicu, spojenu sa polovima akumulatora. Čim se uključi električna struja, magnetska igla će se odmah pomaknuti iz svog pravca. Taj će otklon biti što veći što je struja jača. Promenimo li smer struje, igla će se otkloniti na drugu stranu. Stavimo li žicu ispod magnetske igle, biće njen otklon suprotan nego kad je žica iznad nje.
- Iz toga zaključujemo da oko električne struje postoji magnetsko polje jer samo ono može djelovati na magnetsku iglu. Svojstvo električne struje da stvara oko sebe magnetsko polje zove se elektromagnetizam.

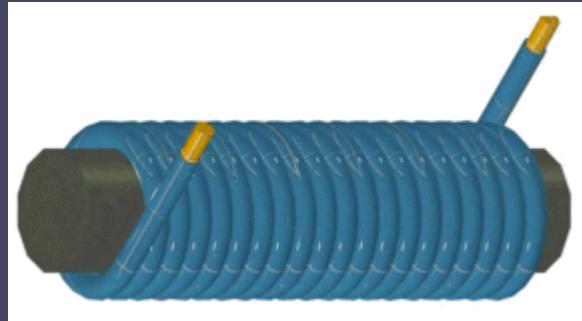
Erstedov ogled

Magnetno djelovanje
električne struje

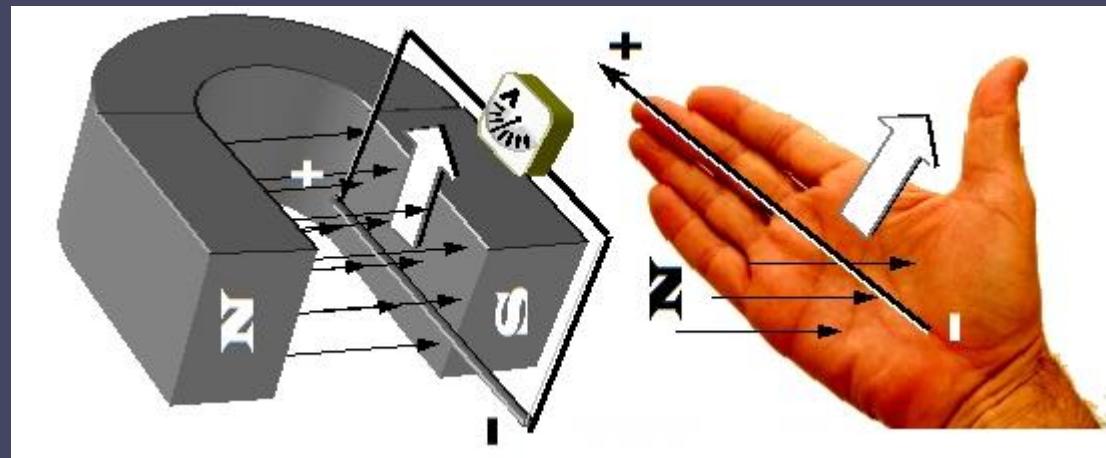
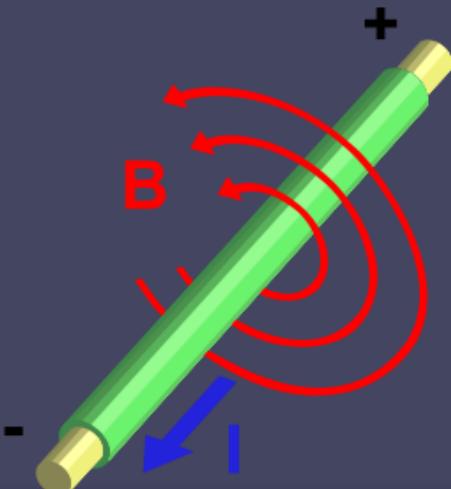
Oerstedov pokus

Elektromagnet

Najjednostavniji elektromagnet je električna zavojnica kroz koju može teći električna struja.



Ampèreov zakon je fizikalni zakon koji izražava činjenicu da magnetsko polje nastaje kao posledica kretanja električnih naboja.



Elektromagnetna sila

- Elektromagnetna sila je jedna od četiri poznate osnovne sile. Ostale tri su:
- Slaba nuklearna sila koja se povezuje sa svim poznatim česticama Standardnog modela i uzrokuje određene oblike radioaktivnog raspada;
- Jaka nuklearna sila koja vezuje kvarkove kako bi oni oformili nukleone i vezuje nukleone kako bi oni oformili atomsko jezgro
- Gravitaciona sila
- Sve druge sile (na primer trenje) konačno proizilaze iz ovih osnovnih sila i momentuma koji stvara kretanje čestica.

VEKTOR MAGNETSKE INDUKCIJE

- Kao i električno polje, magnetsko polje se, takođe, najjednostavnije definiše preko svoje posledice, odnosno, preko delovanja na magnetske supstance ili pokretna naelektrisanja. Prema tome, kaže se da u nekom domenu postoji magnetsko polje, ako na pokretna naelektrisanja, koja se u taj domen postave, deluje sila.
- Naravno, kao i u slučaju električnog polja, pokretna naelektrisanja su neophodna samo za detekciju magnetskog polja, dok polje u domenu postoji i bez prisustva tih naelektrisanja.

VEKTOR MAGNETSKE INDUKCIJE

- Da bi magnetsko polje moglo da se opiše i kvantitativno, potrebno je, kao i kod električnog polja, uvesti veličinu, koja bi mogla brojno da ga opiše.
- Ustanovljeno je da je sila, kojom magnetsko polje deluje na pokretna nanelektrisanja, proporcionalna nanelektrisanju Q i brzini \vec{v} , kojom se to nanelektrisanje kreće, ali da ne deluje u smeru kretanja nanelektrisanja, već normalno na taj sjer, težeći da promeni putanju kretanja nanelektrisanja.
- Zbog toga je izraz za silu u magnetskom polju nešto drugačiji od izraza za silu u električnom polju i glasi:

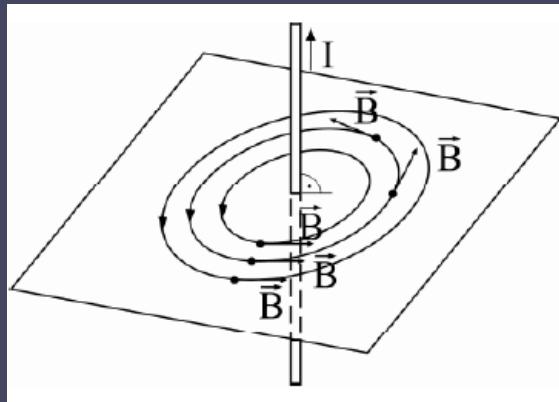
$$\textcolor{blue}{F} = \textcolor{brown}{Q} * \vec{v} * \vec{B}$$

VEKTOR MAGNETSKE INDUKCIJE

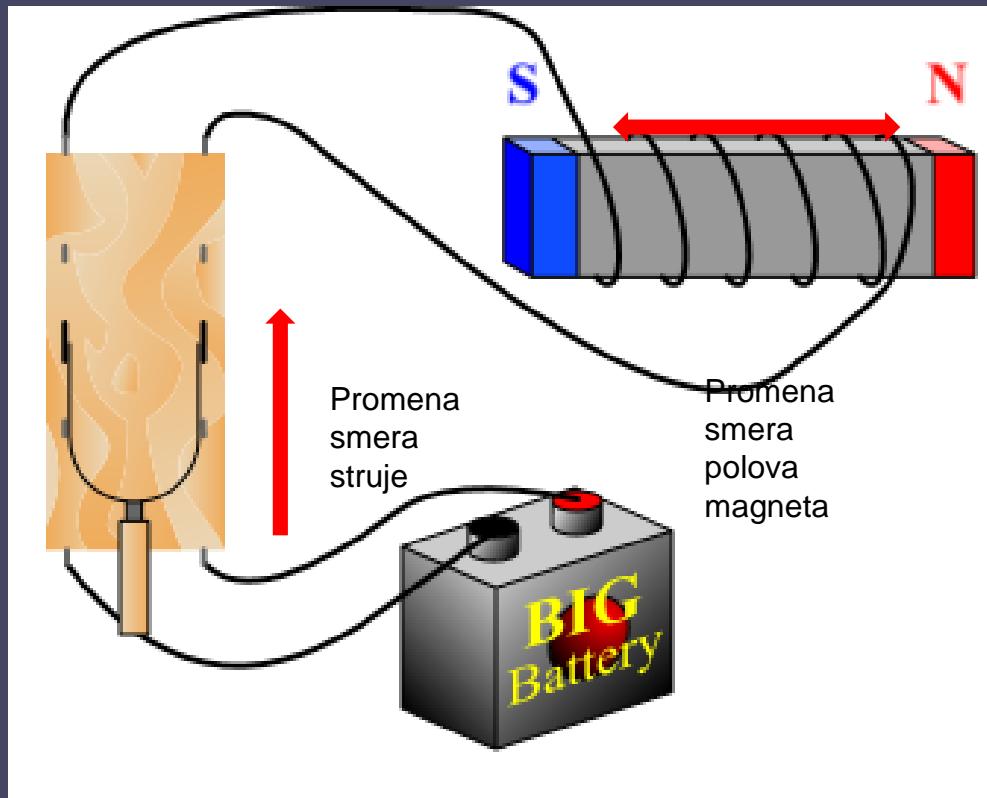
- U gornjem izrazu koeficijent proporcionalnosti \vec{B} predstavlja osnovnu veličinu za opisivanje magnetskog polja i naziva se vektor magnetske indukcije.
- Kao i svaka druga vektorska veličina, definisan je intenzitetom, pravcem i smerom i sve te tri veličine se, u opštem slučaju, menjaju u prostoru i u vremenu.
- U ovom delu će biti opisano samo vremenski konstantno magnetsko polje, što znači da će vektor magnetske indukcije \vec{B} biti funkcija samo koordinata, a da se neće menjati u vremenu.

VEKTOR MAGNETSKE INDUKCIJE

- ◎ Grafički, vektor \vec{B} može da se prikaže strelicom, a celokupno magnetsko polje može da se prikaže linijama vektora \vec{B} , za koje važi sve što je već rečeno o linijama vektora uopšte.
- ◎ Posebna osobina linija vektora \vec{B} je da su one uvek zatvorene same u sebe, što je, u stvari, posledica nemogućnosti razdvajanja polova magneta.



Tok struje i elektromagnet



Jedinica za intenzitet vektora magnetske indukcije \vec{B} je Tesla, a oznaka je T.

BIO-SAVAROV ZAKON

- Osnovni izvori magnetskog polja su nanelektrisanja, koja se kreću. Ukoliko se posmatra provodnik sa strujom jačine I , tada može da se smatra da je elementarni izvor magnetskog polja strujni element $I \times dl$. Zbog toga je, za određivanje magnetskog polja, veoma važno odrediti vektor magnetske indukcije, koji stvara strujni element.
- Do matematičkog izraza za vektor magnetske indukcije prouzrokovani strujnim elementom, eksperimentalno su, nezavisno jedan od drugog, došla dva francuska fizičara, Bio i Savar.

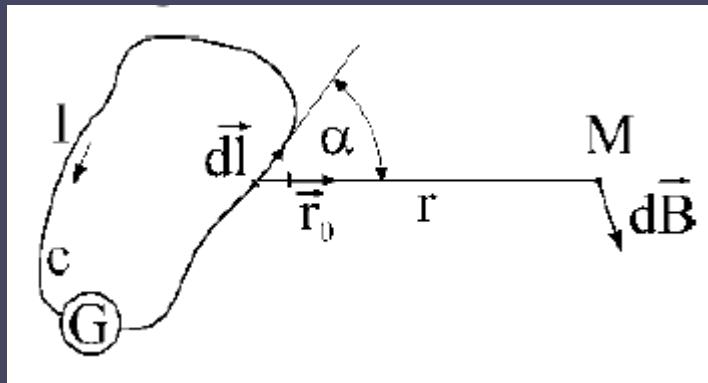
BIO-SAVAROV ZAKON

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot d\vec{l} \times \vec{r}_0}{r^2}.$$

- Konstanta μ_0 se naziva permeabilnost vakuma, analogna je permitivnosti vakuma u električnom polju, a iznosi:

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$$

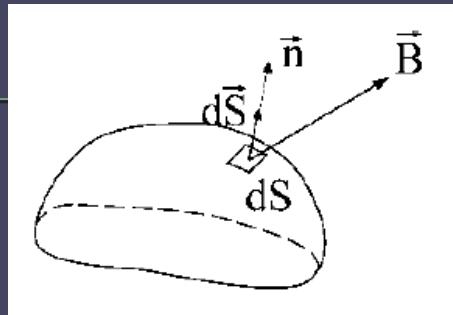
gde je H jedinica za induktivnost, i naziva se "Henri". Vektor r_0 je jedinični vektor od strujnog elementa ka tački u kojoj se određuje vektor magnetske indukcije.



MAGNETSKI FLUKS

- Kao i za svaki drugi vektor, moguće je definisati fluks vektora magnetske indukcije \vec{B} . Međutim, dok se fluksovi ostalih vektora u elektrotehnici redje koriste, fluks vektora magnetske indukcije \vec{B} ima veoma važnu ulogu, posebno u vremenski promenljivom elektromagnetskom polju.
- Zbog toga mu je dodeljena i posebna oznaka, Φ , a vrlo često se naziva i samo magnetski fluks ili čak samo fluks.

MAGNETSKI FLUKS



- Uočimo elementarnu površinu dS , u prostoru u kome postoji magnetsko polje indukcije \vec{B} . Vektor dS je definisan u pravcu i smeru normale n . Magnetski fluks kroz elementarnu površinu dS je tada definisan kao:

$d\Phi = \vec{B} \cdot d\vec{S}$, a magnetski fluks kroz celu površinu S je algebarski zbir flukseva kroz elementarne površi sa jedinicom Weber $Wb = Tm^2$:

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}, \quad d\vec{S} = \vec{n} \cdot dS \quad |\vec{n}| = 1.$$

Fluks kroz
zatvorenu
površinu jednak
je nuli.

Histerezisna petlja

- Prepostavimo da se vrši postepena magnetizacija feromagnetskog materijala od stanja kada materijal nije bio namagnetisan, do zasićenja tog materijala.
- Kriva po kojoj se menja intenzitet vektora B u zavisnosti od promene intenziteta vektora H , naziva se kriva prvobitnog magnećenja ili histerezisna petlja:

