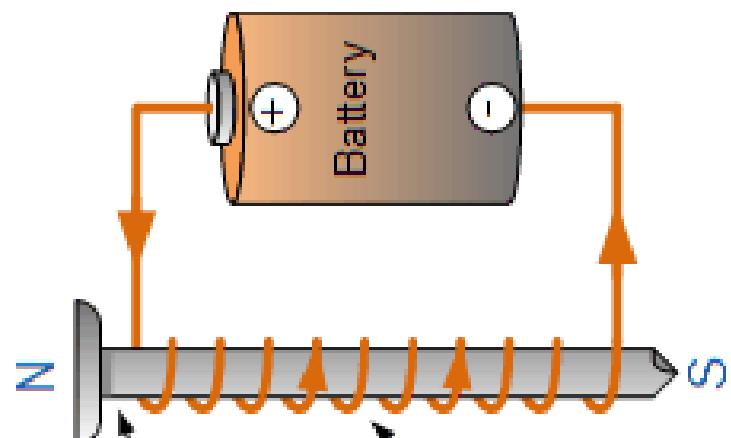
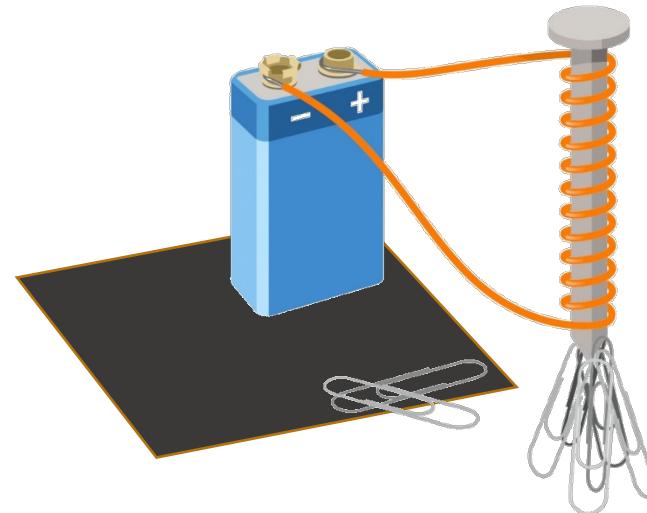


Vremenski konstantno magnetsko polje



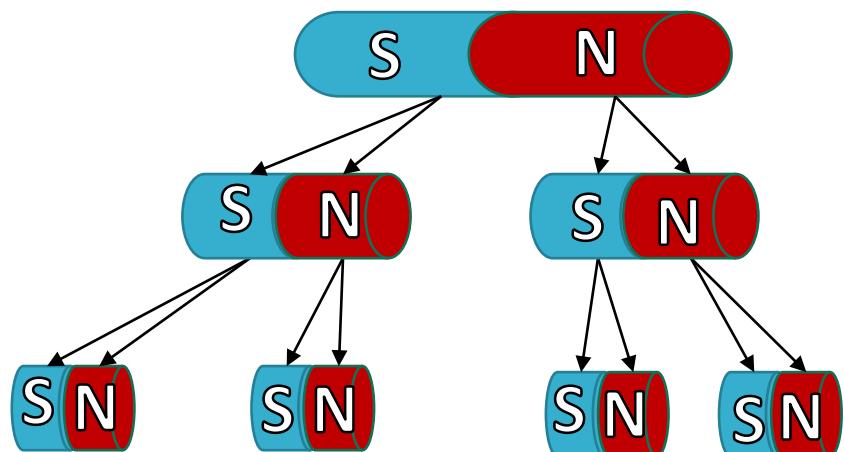
Izvori magnetskog polja

- Naelektrisanja koja se kreću menjaju prostor oko sebe. Takvo izmenjeno fizičko stanje naziva se magnetsko polje.
- Izvori magnetskog polja su:
 1. stalni magneti (imaju mikroskopske struje u okviru grupe molekula)
 2. električne struje (organizovano kretanje naelektrisanja)



Stalni magneti

- Materijali, koji poseduju magnetske osobine nazivaju se **stalni magneti**.
- Magnetsko delovanje je najizraženije na krajevima magneta koji se nazivaju **polovi**.
- Polovi su nazvani
 - **severni pol (N – North)**
 - **južni pol (S – South)**
- Sečenjem stalnog magneta dobijaju se dva magneta od kojih svaki ima dva pola.
Polovi se ne mogu razdvojiti.

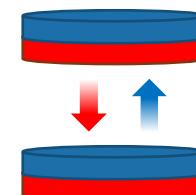
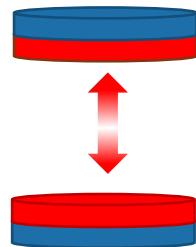
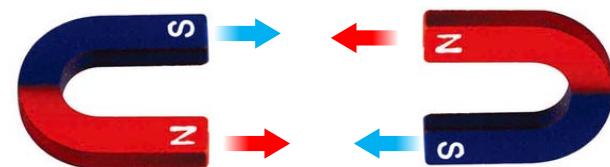
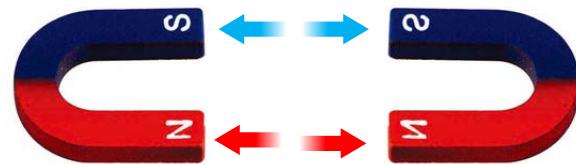
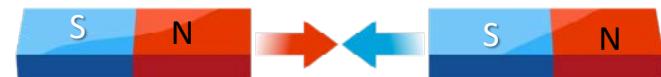


Stalni magneti - interakcija

- Istoimeni polovi se **odbijaju**

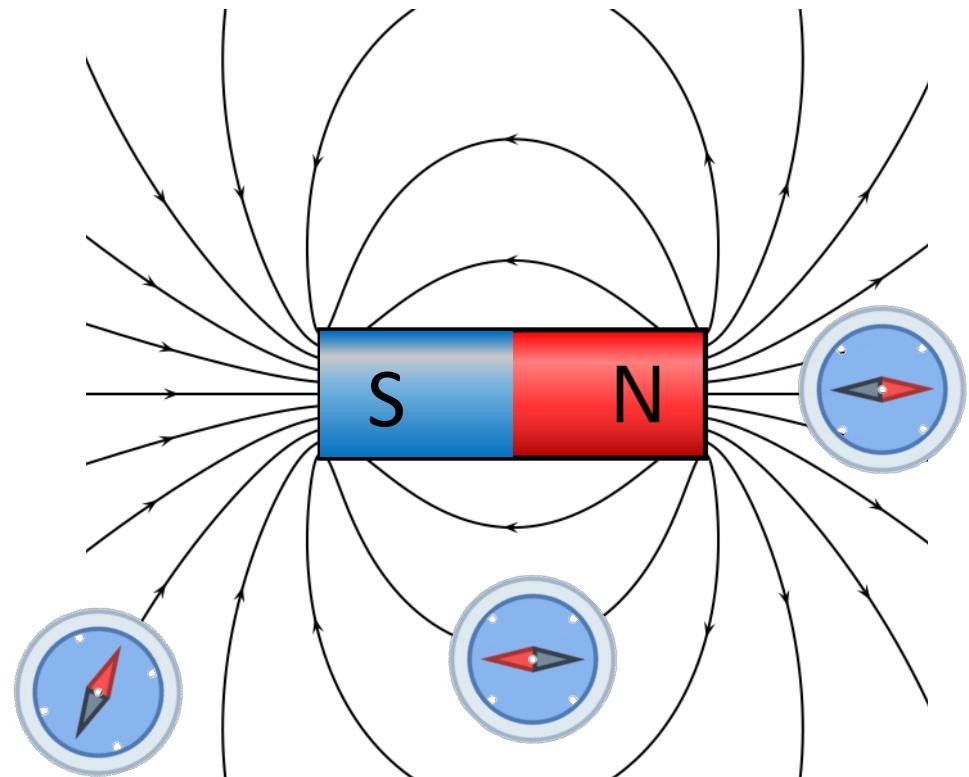


- Raznoimeni polovi se **privlače**

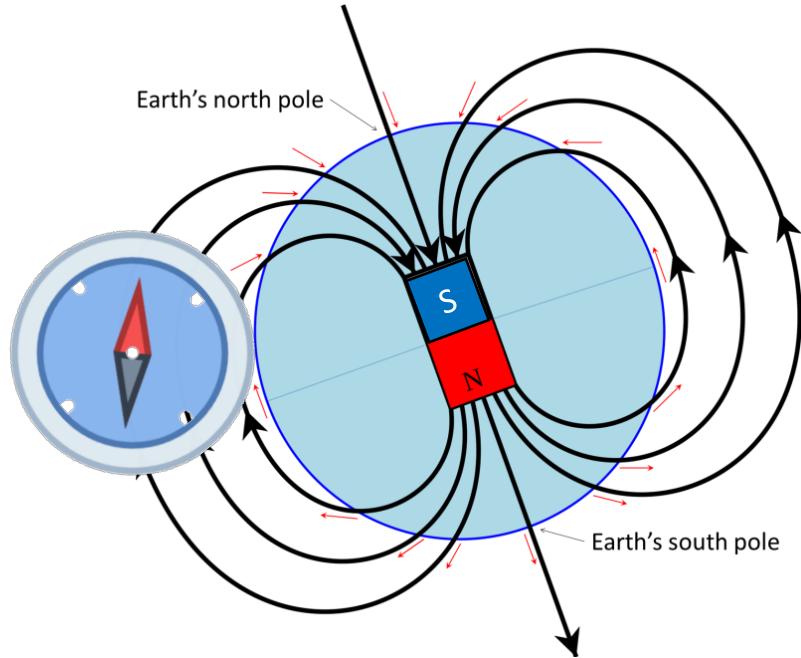


Linije magnetskog polja

- Služe za grafičko prikazivanje magnetskog polja.
 - Izvan magneta linije su usmerene od N ka S
 - U magnetu linije su usmerene od S ka N
- Linije su zatvorene.
- Magnetsko polje može se detektovati magnetskom iglom.
 - Severni pol magnetske igle pokazuje južni pol magneta.



Zemljino magnetsko polje



Severni geografski pol = **južni magnetski pol**

*Earth's North pole = **South magnetic pole***

Južni geografski pol = **severni magnetski pol**

*Earth's South pole = **North magnetic pole***

Severni magnetski pol igle kompasa pokazuje severni geografski pol Zemlje.

Podjela materijala

NEMAGNETSKI

- Većina materijala u prirodi
- Ne reaguju na magnetsko polje
- Ne menjaju magnetsko polje

Bakar



Aluminijum



MAGNETSKI

- Gvožđe, kobalt, nikl, i njihove legure
- Reaguju na magnetsko polje
- Menjaju magnetsko polje

Gvožđe



Kobalt



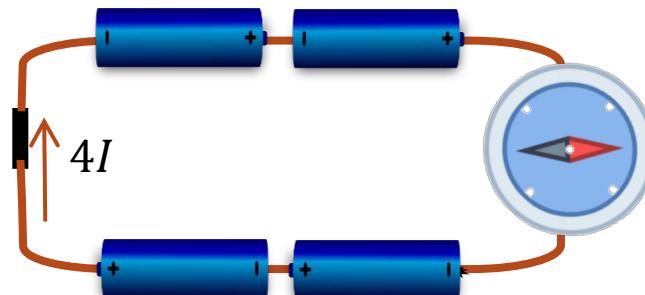
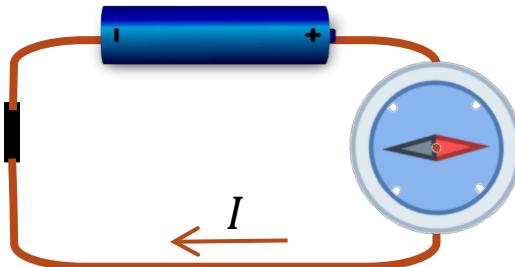
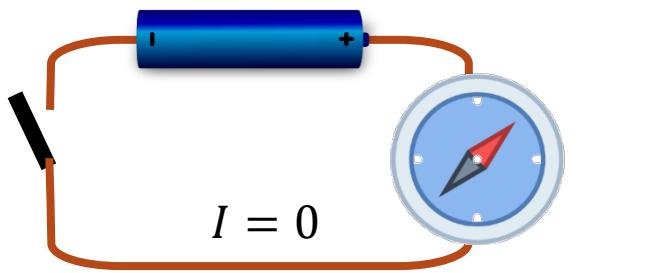
Nikl



Nazivaju se i feromagnetski materijali

Magnetsko polje električnih struja

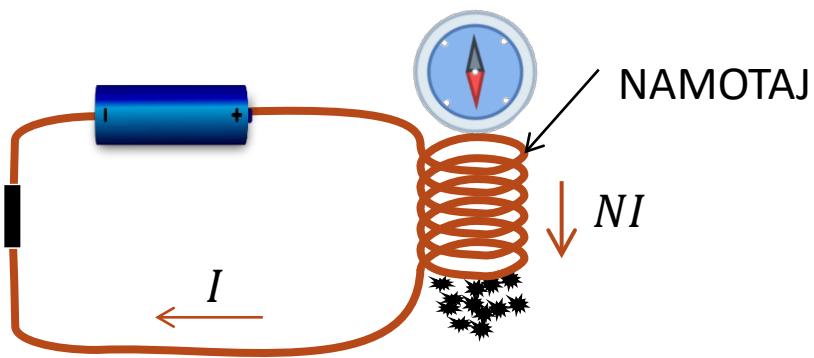
- Električna struja stvara magnetsko polje u svojoj okolini.
 - Nakon zatvaranja prekidača igla kompasa zauzima novi položaj.



Veća struja – veća magnetska sila

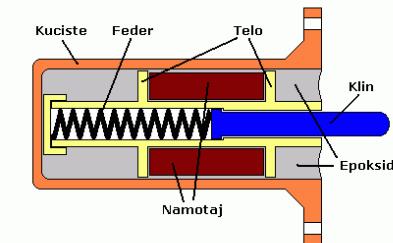
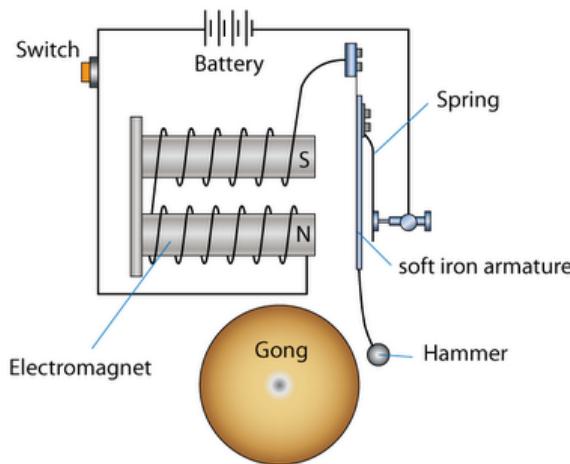
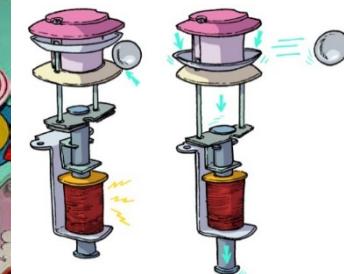
Elektromagnet

- Obično se izrađuje u vidu namotaja
- Magnetska sila se može povećati
 - povećanjem broja namotaja
 - dodavanjem gvožđa.



- Koriste se
 - kao sastavni delovi generatora i električnih motora,
 - za odvojanje gvožđa od drugih materijala, npr. u proizvodnji, ili pri recikliranju.

Primeri elektromagneta

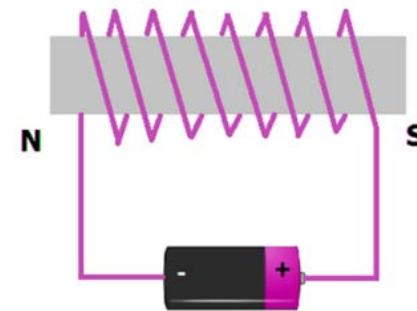


Stalni magneti



vs.

Elektromagneti



- + Ne treba im el. izvor
- Glomazni
- Ne mogu da se isključe
- Mogu da se razmagnetišu (vibracije)

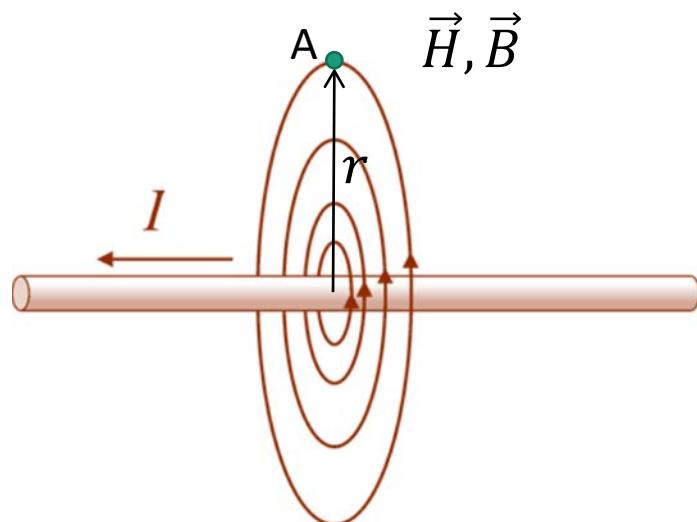
- Treba im el. izvor
- + Manjih dimenzija
- + Mogu da se isključe
- + Ne smeta im vibracija

Veličine koje opisuju magnetsko polje

1. Vektor magnetske indukcije, \vec{B} (T), jedinica Tesla.
2. Vektor jačine magnetskog polja, \vec{H} (A/m) , jedinica Amper po metru.

U vakuumu: $\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$, μ_0 - permeabilnost vakuuma

U nemagnetskim materijalima (uključujući i vazduh) vrlo približno važi ista relacija.



U vazduhu, u okolini provodnika magnetsko polje:

- Direktno proporcionalno jačini struje u provodniku
- Opada sa porastom rastojanja

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

Primeri magnetskog polja u vazduhu

a)

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

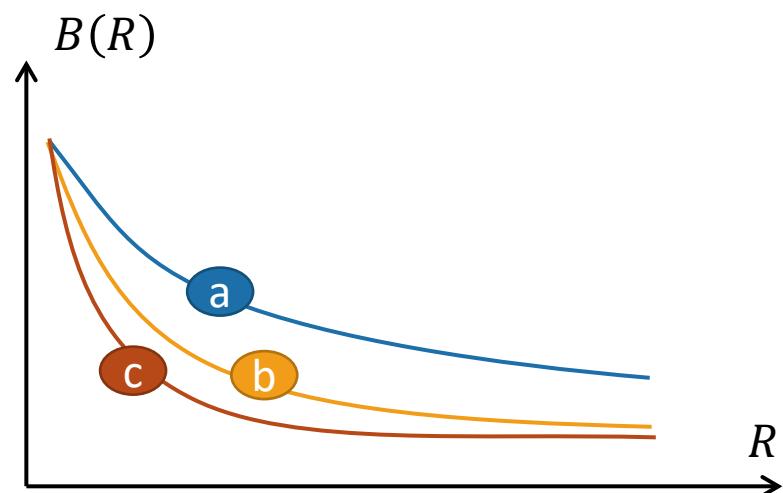
b)

$$B = \mu_0 \frac{Id}{2\pi R^2}$$

c)

$$B = \mu_0 \frac{IS}{4\pi R^3}$$

Polje najsporije opada u okolini usamljenog provodnika.



Primer sa dva provodnika



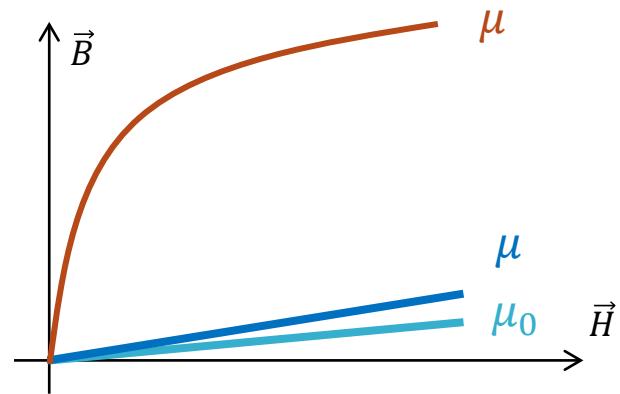
$$\begin{aligned} I &= 10 \text{ A} \\ d &= 8 \text{ mm} \quad H = 1.3 \text{ A/m} \\ R &= 10 \text{ cm} \quad B = 1.6 \mu\text{T} \end{aligned}$$

Permeabilnost

- Permeabilnost materijala μ može se uporediti sa permeabilnošću vakuma μ_0 :

$$\mu = \mu_r \mu_0$$

- μ_r je relativna permeabilnost i to je neimenovan broj.
- jedinica za permeabilnost je H/m



VAKUUM

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$$

Permeabilnost vakuuma

$$\mu_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ H/m}$$

NEMAGNETSKI

$$\vec{B} = \mu_r \mu_0 \vec{H}$$

Relativna permeabilnost

$$\mu_r \approx 1$$

FEROMAGNETSKI

$$\vec{B} = \mu_r \mu_0 \vec{H}$$

Relativna permeabilnost

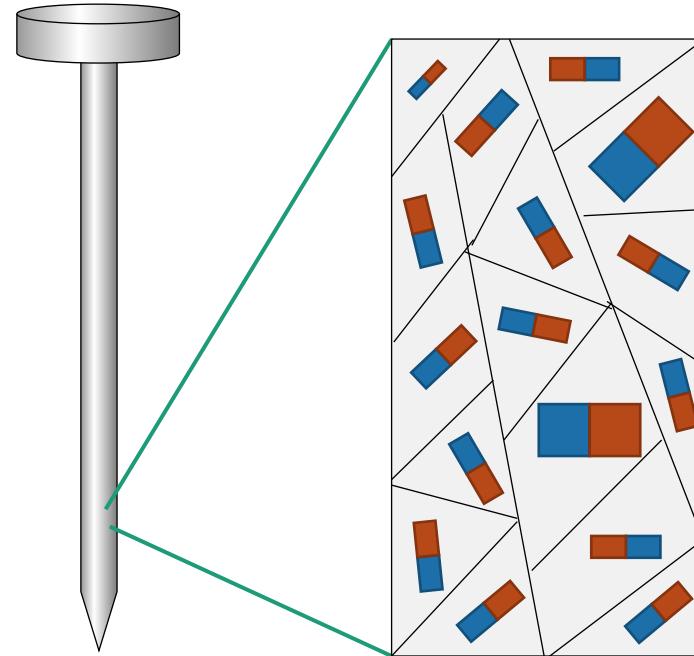
$$\mu_r \gg 1$$

vez je izrazito nelinearna

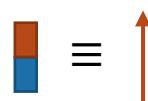
Domeni

Feromagnetski materijali poseduju tzv. domene.

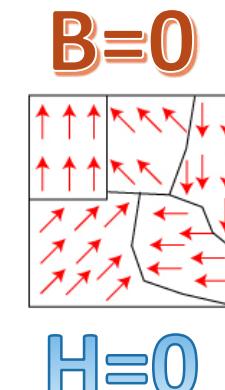
Domeni su kao mali stalni magneti.



Umesto magneta lakše je crtati samo strelice:

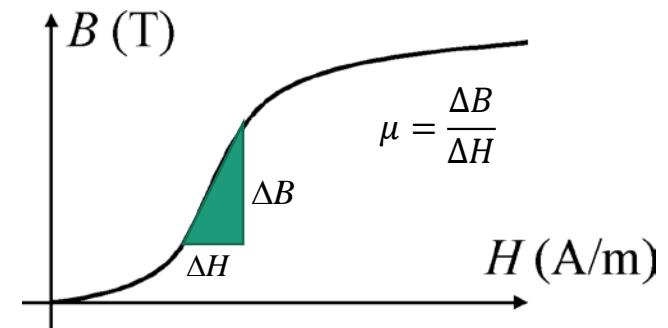
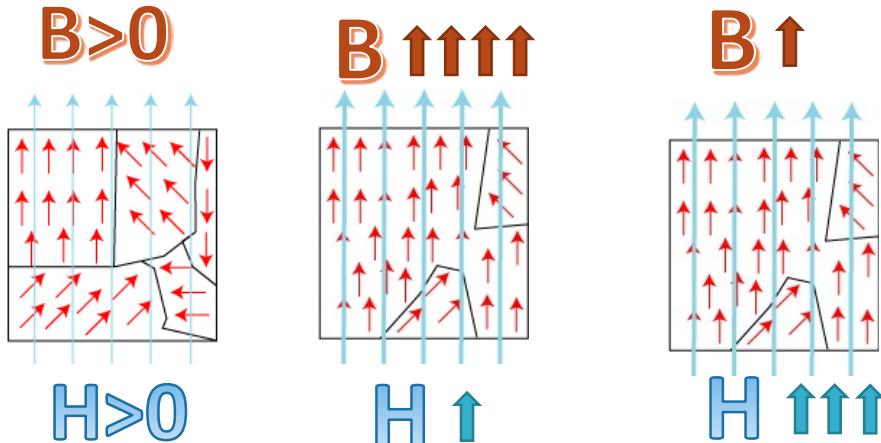


U nенамагнетисаном feromagnetiku, domeni su хаотично оријентисани, и njihov ukupan efekat jednak je nuli.



Feromagnetski materijali

- Ako se postepeno povećava strano polje H , materijal se magnetiše. Domeni se uređuju sve više što je H jače.
- Ako je H dovoljno veliko, materijal ulazi u tzv. zasićenje kada su skoro svi domeni orijentisani u smeru H .



Magnetski fluks, Φ [Wb]

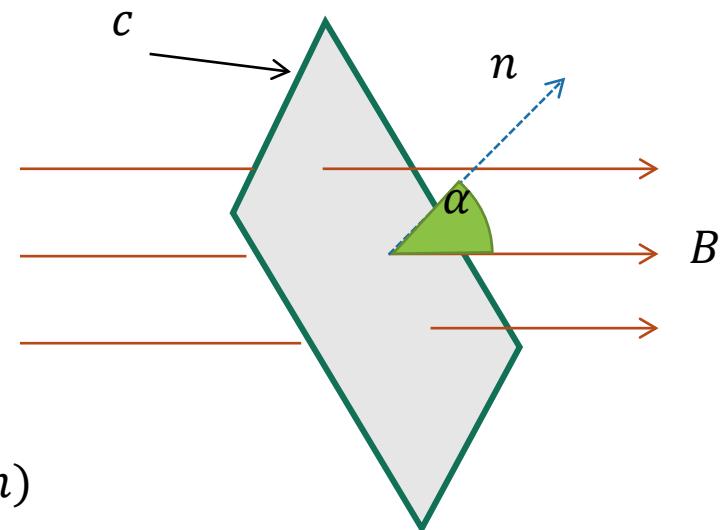
- To je skalarna veličina koja pokazuje koliko linija magnetskog polja prolazi kroz površinu koja se oslanja na ravnu konturu,
- Kada je magnetsko polje homogeno, a površina ravna, fluks se određuje prema izrazu:

$$\Phi = BS \cos \alpha \text{ [Wb], veber}$$

Ako je c kontura, tada je

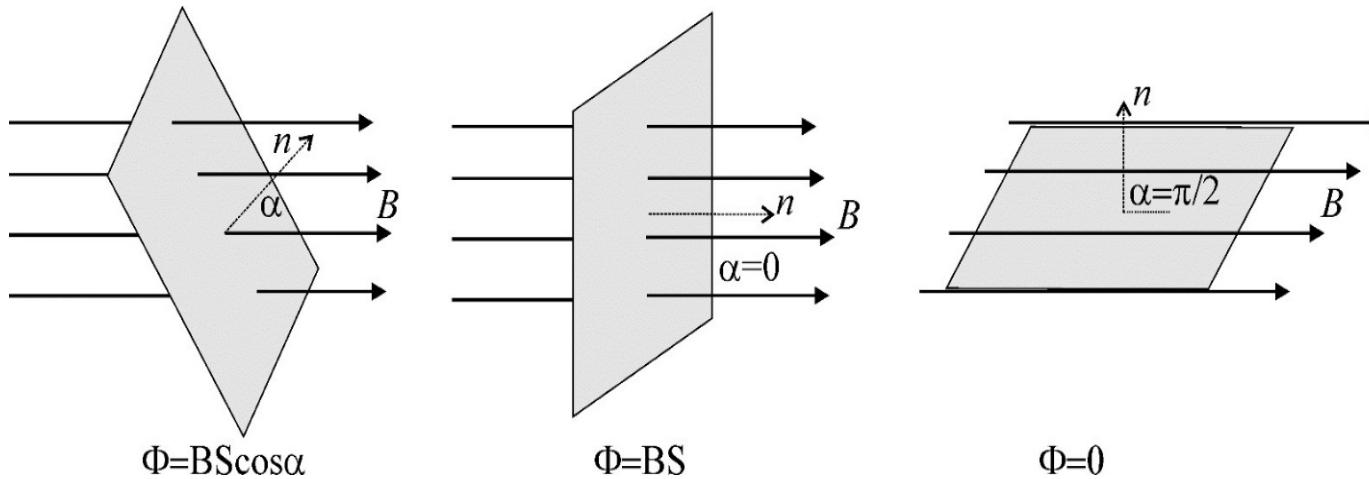
S površina koja se oslanja na konturu

α je ugao između B i normale na površinu (n)



Magnetski fluks, Φ [Wb]

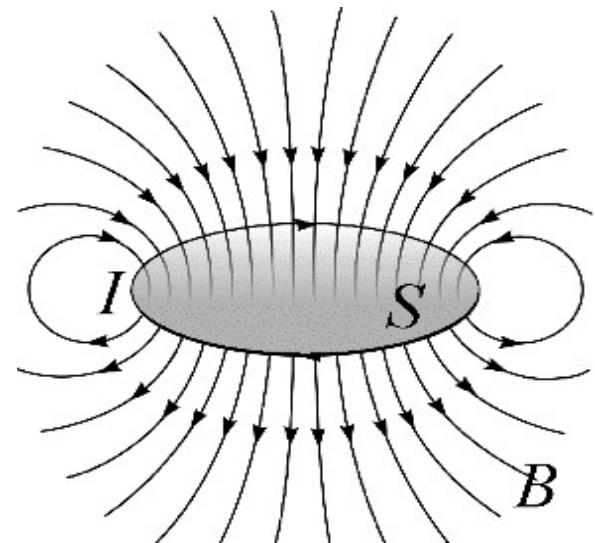
- Položaj konture u odnosu na vektor B se meri pomoću ugla α . Taj ugao može da ima bilo koju vrednost, $\alpha \in \{0, 360^\circ\}$
 - Ako je $\alpha = 0$ tada je fluks najveći: $\Phi = BS \cos 0 = BS$
 - Ako je $\alpha = \pi/2$ tada je fluks nula: $\Phi = BS \cos \pi/2 = 0$
 - Ako je $\alpha > \pi/2$ tada je fluks negativan.



Induktivnost, L [H]

- Pretpostavimo da imamo provodnu žičanu konturu sa strujom jačine I , koja stvara vektor magnetske indukcije \vec{B} .
- Sa povećanjem (smanjenjem) struje, srazmerno se povećava (smanjuje) fluks kroz konturu. Koeficijent srazmere naziva se induktivnost. Obeležava se sa L , jedinica je [H], henri.

$$L = \frac{\Phi}{I}$$



Svaka žičana kontura ima neku induktivnost.
Induktivnost zavisi od oblika i dimenzija konture.

Kalem

Kalem je električna komponenta dizajnirana da ima unapred zadatu vrednost induktivnosti.

Induktivnost kalema u vidu namotaja na jezgro cilindričnog oblika

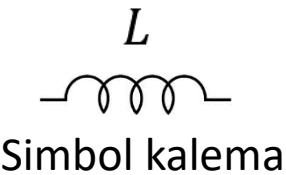
$$L = \mu_r \mu_0 \frac{N^2 S}{l}$$

N – broj zavojaka

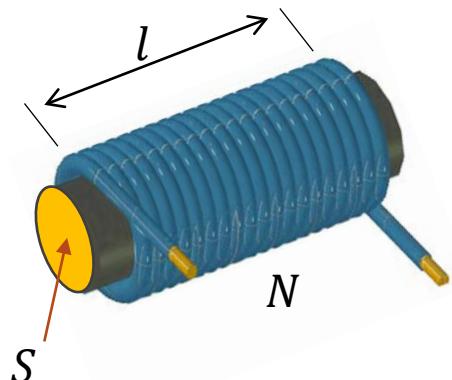
S – površina poprečnog preseka jezgra

μ_r - relativna permeabilnost jezgra

μ_0 - permeabilnost vakuma



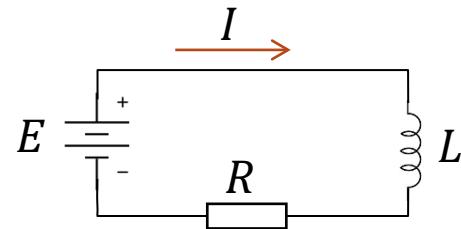
Simbol kalema



Energija uložena u formiranje magnetskog polja

$$W_m = \frac{1}{2} L I^2 \quad [\text{J}]$$

I – jačina struje



$$I = \frac{E}{R}$$

Pitanja

1. Šta su izvori stalnog magnetskog polja?
2. Šta su polovi magneta? Koliko ih ima svaki magnet?
3. Kako možemo podeliti materijale prema magnetskim osobinama?
4. Da li bakar spada u feromagnetske materijale?
5. Šta je to elektromagnet?
6. Koja je prednost elektromagneta u odnosu na stalni magnet?
7. Kojim veličinama opisujemo magnetsko polje? Navesti oznake i jedinice. Kakva je veza između tih veličina u vakuumu?
8. Skicirati grafik zavisnosti vektora B od vektora H za nemagnetski i feromagnetski materijal. U kom slučaju je ta zavisnost linearna?
9. Šta su to domeni unutar feromagnetskog materijala? Šta se desi kada se svi domeni orijentišu u pravcu magnetskog polja?
10. Kada je fluks vektora magnetske indukcije maksimalan? Nacrtati sliku.
11. Kolika je energija kalema induktivnosti 100 mH, ako kroz njega protiče struja jačine 2A.