



ELEKTROMAGNETIZAM

Predmetni nastavnik: dr Aleksandra Grujić, prof. VIŠER
Predmetni saradnik: Miloš Milivojčević, mast. inž.

- Prirodna ruda-Magnetit (Fe_3O_4) – magnetizam
- Svako telo koje ima osobinu da privlači predmete od gvožđa, čelika, kobalta i nikla nzv. se magnet



MAGNETI:

- Prirodni (u prirodi jako malo)
- Veštački (uglavnom)

Magnetna igla-stalni magnet koja zauzima pravac sever-jug
Severni pol magnetne igle uvek pokazuje sever Zemlje, a južni pol jug Zemlje

- Podela magnetata:
- stalni (permanentni)
- elektromagneti



Polovi magnetata:

N- NORTH- SEVER

S- SOUTH- JUG

Kompas (busola)



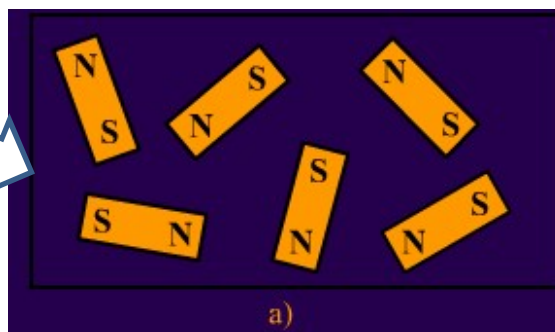
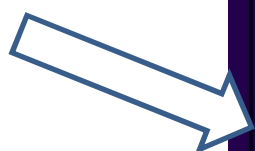
Magnetno polje

- U blizini prirodnih (stalnih) magneta (dodirom) gvozdeni predmeti se namagnetišu-veštački magneti
- Elektromagneti su oni magneti koji zadržavaju magnetna svojstva dok su u magnetnom polju
- Raznoimeni polovi magneta se privlače, a istoimeni odbijaju kao kod naelektrisanja
- Prostor u kome se opaža dejstvo jednog magneta na druge magnete nazv se magnetno polje
- Sila kojom međusobno deluju dva magneta je sila kojom magnetno polje jednog magneta deluje na drugi magnet
- Magnetno polje se stvara i oko svakog naelektrisanog tela koje se kreće i oko provodnika kroz koji protiče struja
- Magnetne sile su mnogo većeg intenziteta nego električne

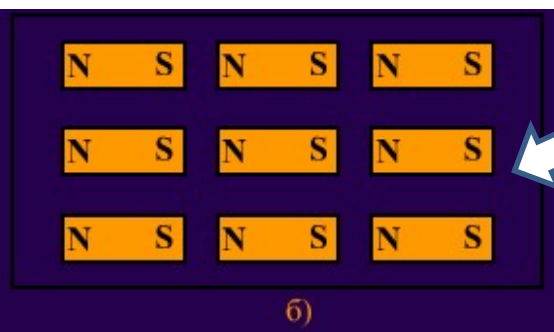
Veberova teorija o elementarnim magnetima koji se nalazi u svakom komadu gvožđa



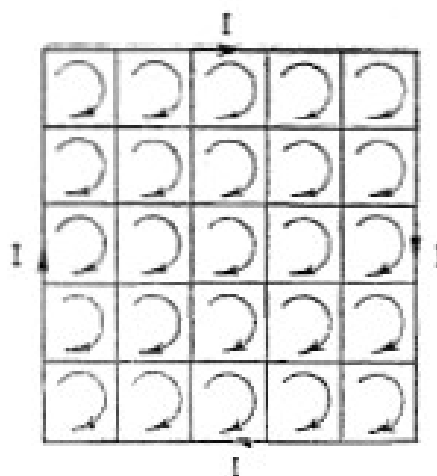
nije magnet



jesto magnet



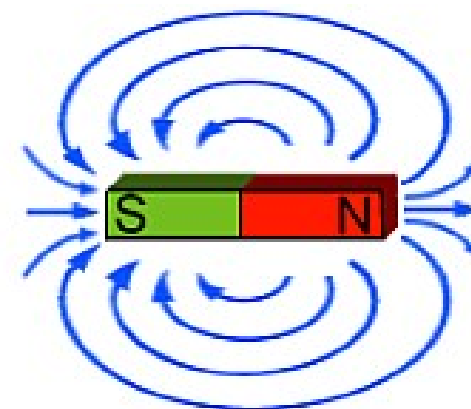
Amperova teorija-
magnetno polje stalnih magneta potiče od elementarnih električnih struja unutar magneta.



Linije magnetnog polja

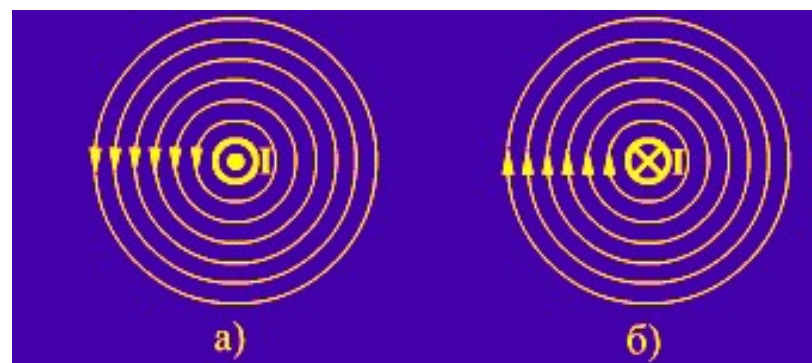
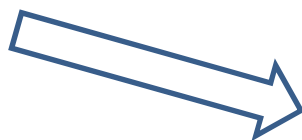


- Magnetno polje se može prikazati pomoću linija magnetnog polja
- Linije magnetnog polja prolaze kroz magnet od južnog ka severnom polu
- Zatim izlaze iz severnog pola i zatvaraju se u prostoru oko magneta i ulaze u južni pol
- Magnetni spektar daje približnu predstavu o magnetnom polju u ravni



Za pravolinijski provodnik kroz koji teče struja spektar magnetnog polja je skup koncentričnih kružnica oko provodnika sa centrom na osi provodnika

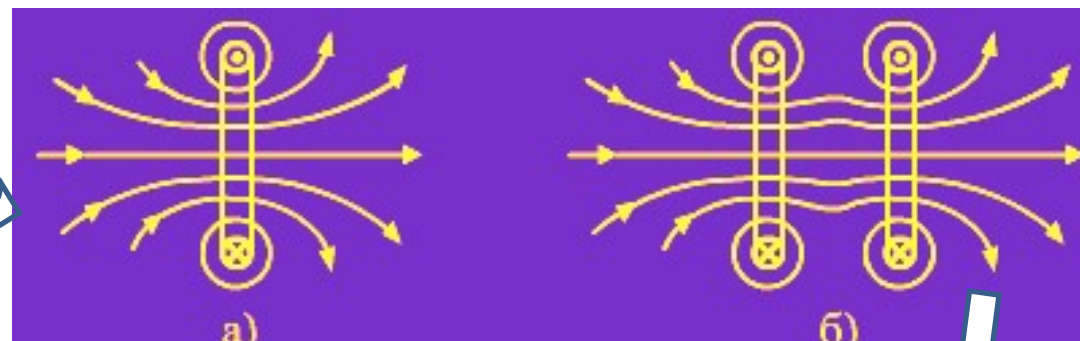
Pravilo desnog zavrtnja



Linije magnetnog polja



Ako je provodnik kružnog oblika
spektar magnetnog polja izgleda



MAGNETNO POLJE:

- Homogeno;
- Nehomogeno;
- U slučaju dva bliska navojka u izvesnom području oko ose navojaka dobija se homogeno polje
- Sa porastom broja navojaka i smanjenjem rastojanja između navojaka magnetno polje će biti sve homogenije
- Oblik magnetnih linija zavisi od oblika provodnika sa strujom i od ravni u kojoj se posmatra magnetno polje

STACIONARNO MAGNETNO POLJE



Vidljiva manifestacija magnetnih pojava u vidu mehaničke sile kao posledica dejstva:

- Dva stalna magneta
- Stalnog magneta i provodnika sa strujom

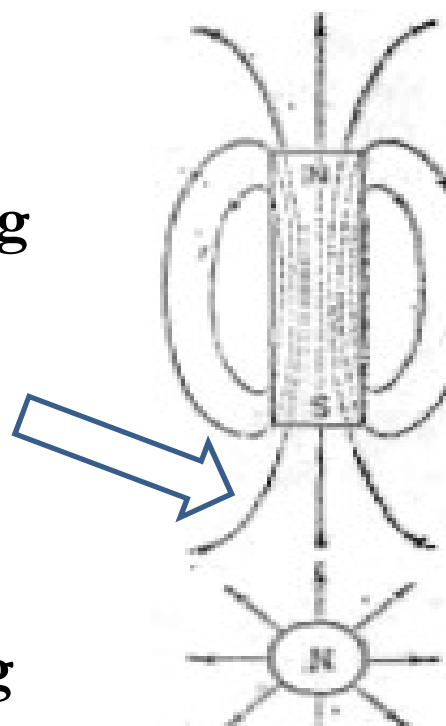
Magnetno polje se stvara u okolini:

- Stalnog magneta
- Provodnika sa strujom

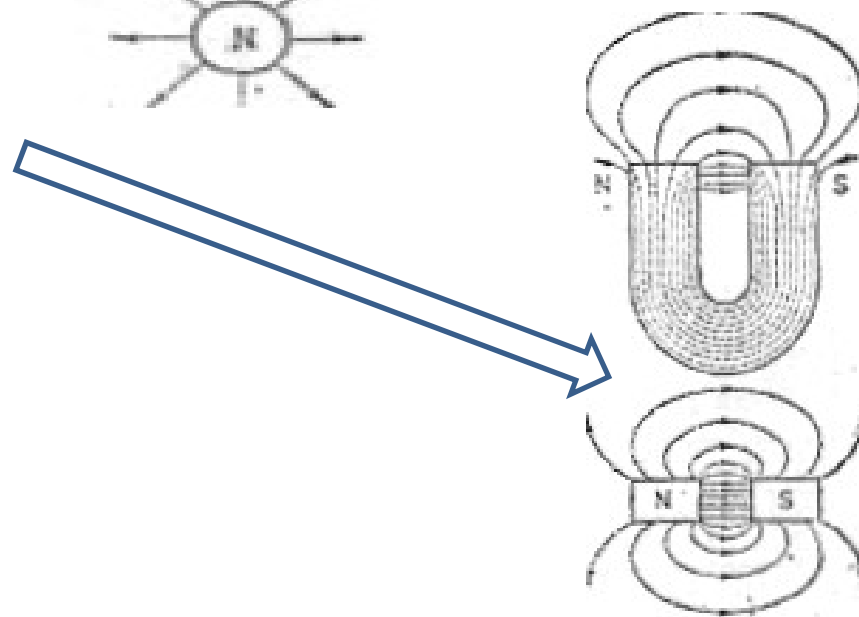
Stacionarno magnetno polje –konstantno u toku vremena:

- Magnetno polje stalnog magneta
- Magnetno polje provodnika sa stacionarnom strujom

**Magnetni spektar stalnog
magneta u vidu šipke;**



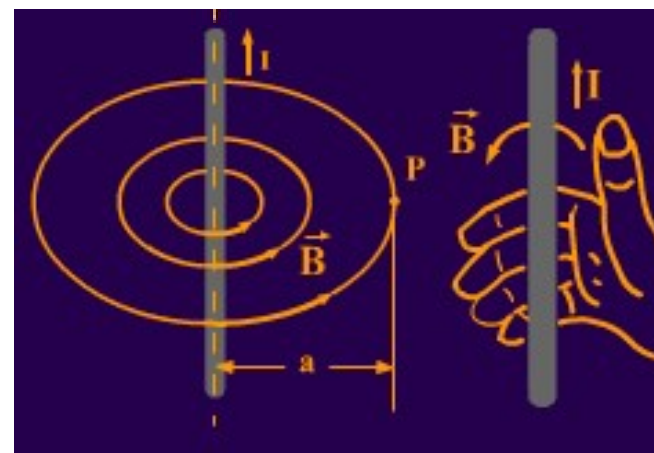
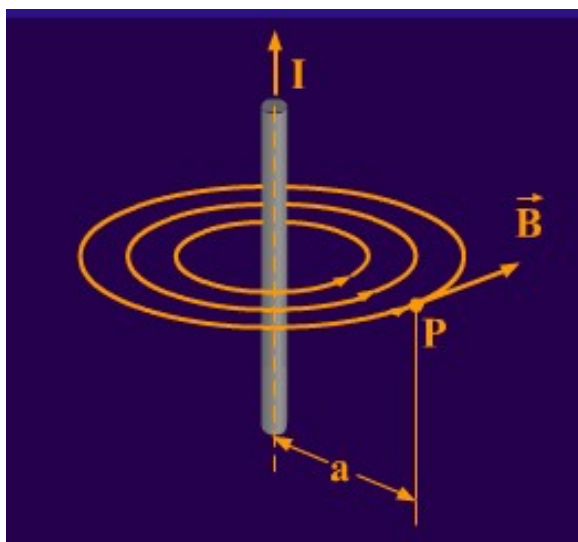
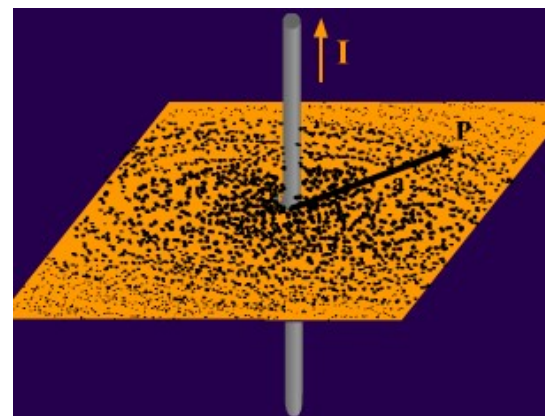
**Magnetni spektar stalnog
magneta u vidu potkovice;**





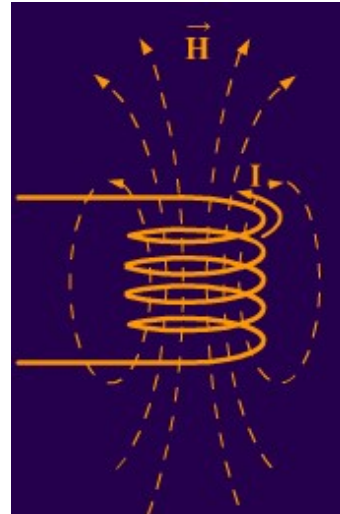
MAGNETNO POLJE ELEKTRIČNE STRUJE U VAKUMU

Magnetni spektar polja nastalog pod dejstvom stacionarne električne struje zavisi od oblika provodnika.



Spektar magnetnog polja vrlo dugog pravolinijskog provodnika sa strujom.

Spektar magnetnog polja namotaja



Određivanje smeru



Magnetna svojstva materije



- Unošenjem nekog materijala u magnetno polje dolazi do izmene tog magnetnog polja – pojava magnećenja
- Sposobnost magnećenja nekog materijala opisuje se veličinom – magnetna propustljivost (permeabilnost) materijala
- μ_0 magnetna permeabilnost (propustljivost) vakuuma $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{Tm}{A}$
- μ_r relativna magnetna permeabilnost (propustljivost) je neimenovani broj koji pokazuje odnos vrednosti magnetne permeabilnosti neke sredine prema magnetnoj permeabilnosti vakuuma $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$
- Prema vrednosti relativne magnetne permeabilnosti razlikuju se: feromagnetni, paramagnetni i dijamagnetni materijali
- Feromagnetni materijali $\mu_r = 10^2 - 10^6$ (gvožđe, kobalt, nikal i legure)
- Paramagnetni materijali μ_r nešto malo veće od 1 (aluminijum, platina, mangan, kiseonik, vazduh i dr.)
- Dijamagnetni materijali μ_r nešto malo manje od 1 (srebro, cink, grafit, kadmijum, voda i dr.)



Magnetna indukcija

- Za linearne magnetne sredine magnetna indukcija je stepen namagnetisanosti materije u magnetnom polju $\vec{B}$ (T)
- Delovanje magnetnog polja zavisi od jačine magnetnog polja i materijala u kome to polje deluje
- Magnetna indukcija zavisi od jačine magnetnog polja $\vec{H}$, ali i od magnetne propustljivosti materije μ u kojoj to polje deluje
- Magnetna indukcija u linearnim sredinama je upravno srazmerna jačini magnetnog polja $\vec{H}$ i magnetene permeabilnosti μ
- Magnetna indukcija je vektorska veličina, ima isti pravac i smer kao i vektor magnetnog polja

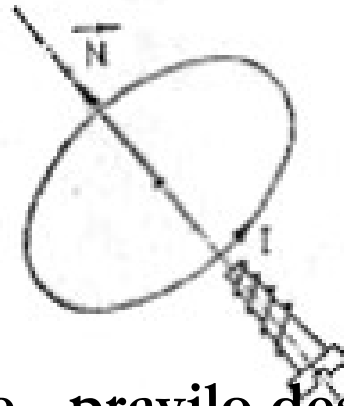
$$\vec{B} = \mu \cdot \vec{H}$$

- Srednja vrednost magnetne indukcije Zemlje je oko 10^{-4} T

MAGNETNA INDUKCIJA

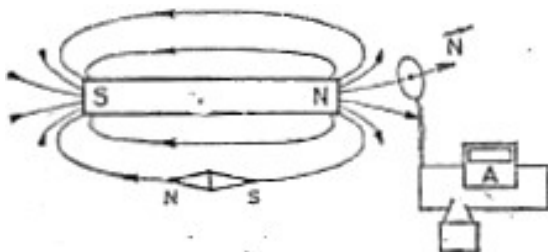


Strujna kontura



Orijentacija konture - pravilo desne zavoynice

Detekcija postojanja magnetnog polja



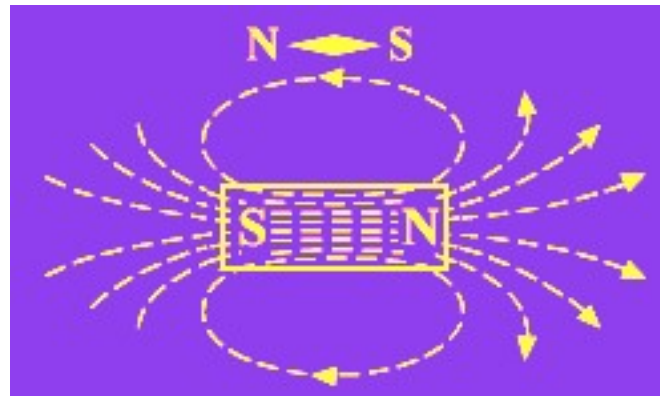
MAGNETNA INDUKCIJA



Magnetna indukcija B –kvantitativna karakteristika magnetnog polja;

→

Vektor B u nekoj tački polja ima pravac tangente na magnetnu liniju u toj tački.



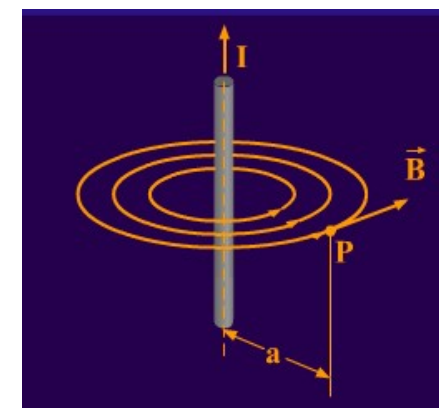
BIO- SAVAROV zakon



Jačina vektora magnetne indukcije je direktno srazmerna jačini struje kroz provodnik, a obrnuto srazmerna dužini linije magnetnog polja

Intenzitet magnetne indukcije u okolini provodnika sa strujom:

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



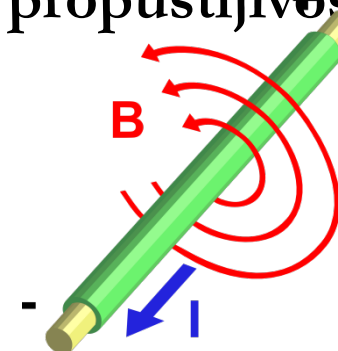
μ_0 - magnetna permabilnost vakuma (magnetna propustljivost)
pravilo desnog zavrtnja

$$H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{I}{2\pi r} \left(\frac{A}{m} \right)$$

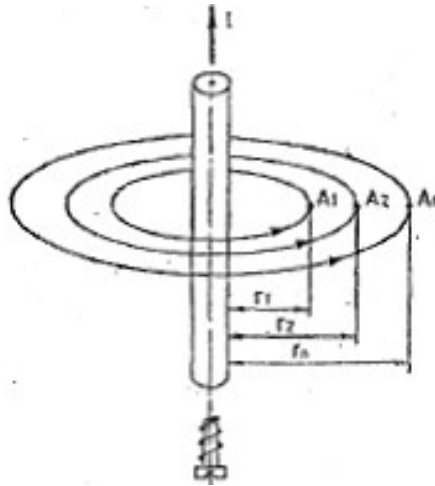


H- vektor jačine magnetnog polja

μ_r - Relativni magnetni permabilitet;



Amperov zakon



Jačina magnetnog polja u tački P u okolini pravolinijskog provodnika kroz koji protiče struja, r poluprečnik linija magnetnog polja

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

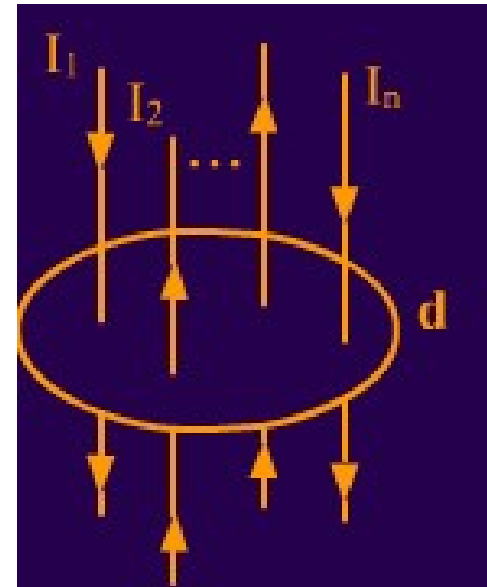
Poseban izraz Amperovog zakona

$$H \cdot d = H_1 \cdot d_1 = H_2 \cdot d_2 = \dots = H_n \cdot d_n = I$$

Gde je d dužina magnetne linije poluprečnika r

Magnetno polje koje potiče od više provodnika sa strujom ako je d dužina zatvorene linije koja obuhvata te provodnike, prema Amperovom zakonu proizvod $H \cdot d$ jednak je algebarskom zbiru obuhvaćenih struja

$$H \cdot d = \sum_{i=1}^n I$$

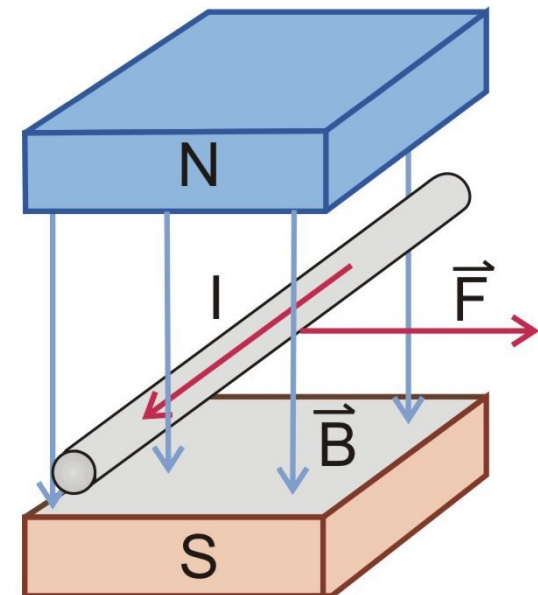
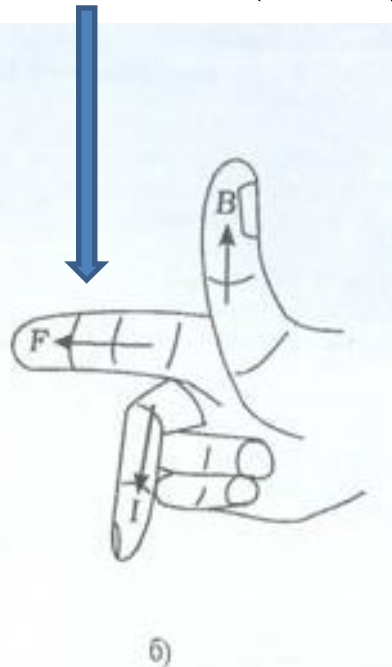
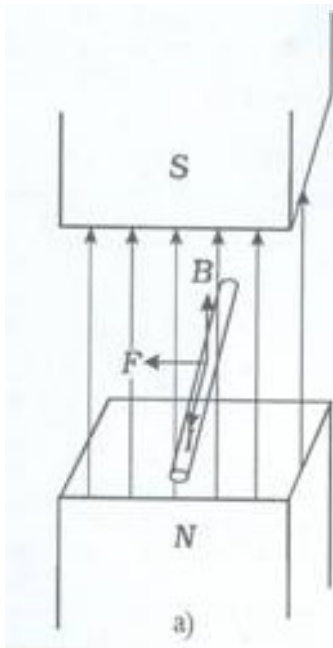


Elektromagnetna sila



- Na magnetnu iglu koja se nađe u blizini provodnika sa strujom deluje mehanička sila i to je osnovni dokaz postojanja magnetnog polja
- Kada se provodnik sa strujom nađe u stranom magnetnom polju, dolazi do uzajamnog delovanja ta dva polja, a rezultat međusobnog dejstva je elektromagnetna sila F

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

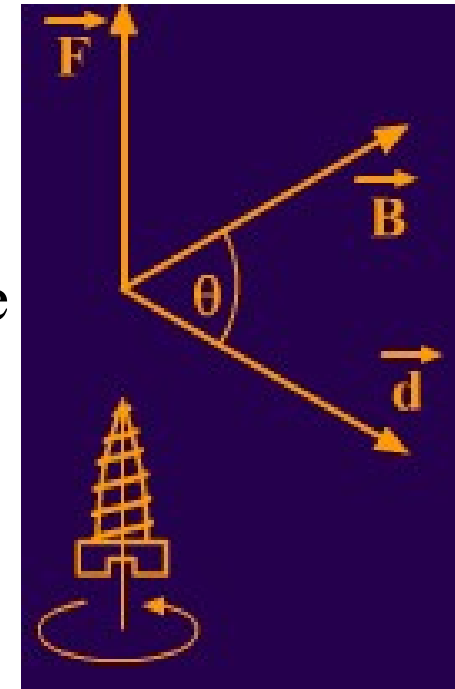


Elektromagnetna sila



- I -jačina struje kroz provodnik
- $\vec{d}$ -vektor koji ima pravac provodnika, intenzitet d , a smer određen smerom struje
- $\vec{B}$ -vektor magnetne indukcije stranog magnetnog polja $F = B \cdot I \cdot d \cdot \sin \Theta$

$$B\left(\frac{N}{A \cdot m} = T\right)$$



Magnetnu indukciju od 1T ima ono homogeno magnetno polje koje na provodnik dužine 1m, sa strujom od 1A, postavljen upravno na pravac polj, deluje elektromagnetnom silom od 1N

Magnetno polje u torusu



Magnetno polje u torusu je homogeno, a van torusa je jednako nuli

Namotano je N navojaka žice i srednji poluprečnik torusa je:

$$r = \frac{r_1 + r_2}{2}$$

Ukoliko je debljina torusa mala, onda je $r \gg a$, a linije vektora jačine magnetnog polja H su krugovi sa centrom u osi torusa, pri čemu se njihove dužine malo razlikuju

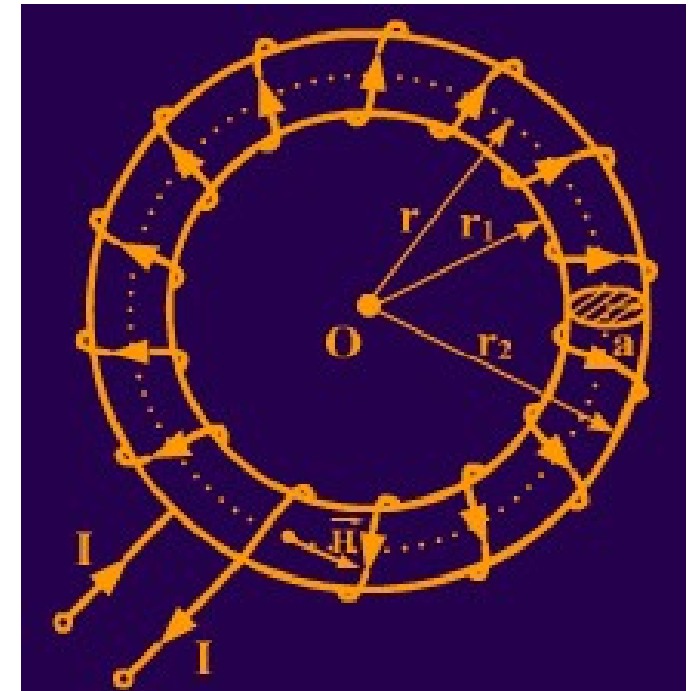
Prema Amperovom zakonu je: $H \cdot d = \sum_{i=1}^n I_i = N \cdot I$

Dužina d je obim srednjeg kruga torusa i iznosi:

$$d = 2 \cdot \pi \cdot r$$

Intenzitet magnetnog polja u torusu je:

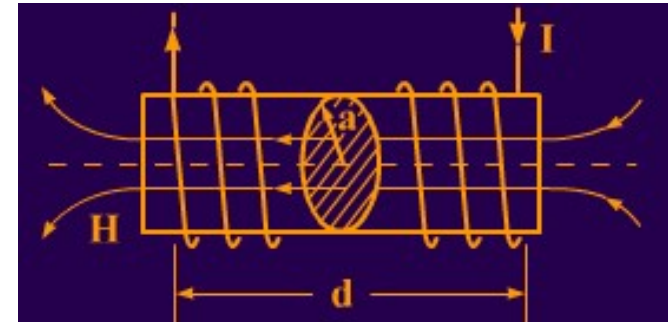
$$H = \frac{N \cdot I}{2\pi r} = \frac{N \cdot I}{d}$$



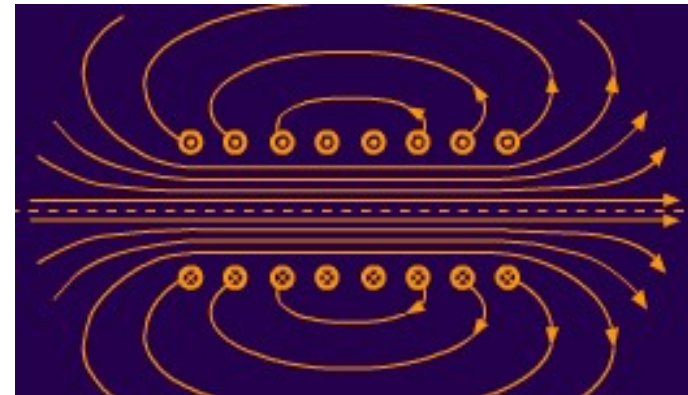
Magnetno polje u solenoidu



- Solenoid je dugačak cilindrični namotaj
- Ako je dužina solenoida d mnogo veća od poluprečnika cilindra a , tada je polje u solenoidu homogeno
- Ako solenoid posmatramo kao deo torusa velikog poluprečnika prema Amperovom zakonu važi:



$$H = \frac{N \cdot I}{d}$$



Nikola Tesla (1856-1943)



Dao značajne doprinose u oblastima :

- Fizike
- Elektrotehnike
- Radiotehnike

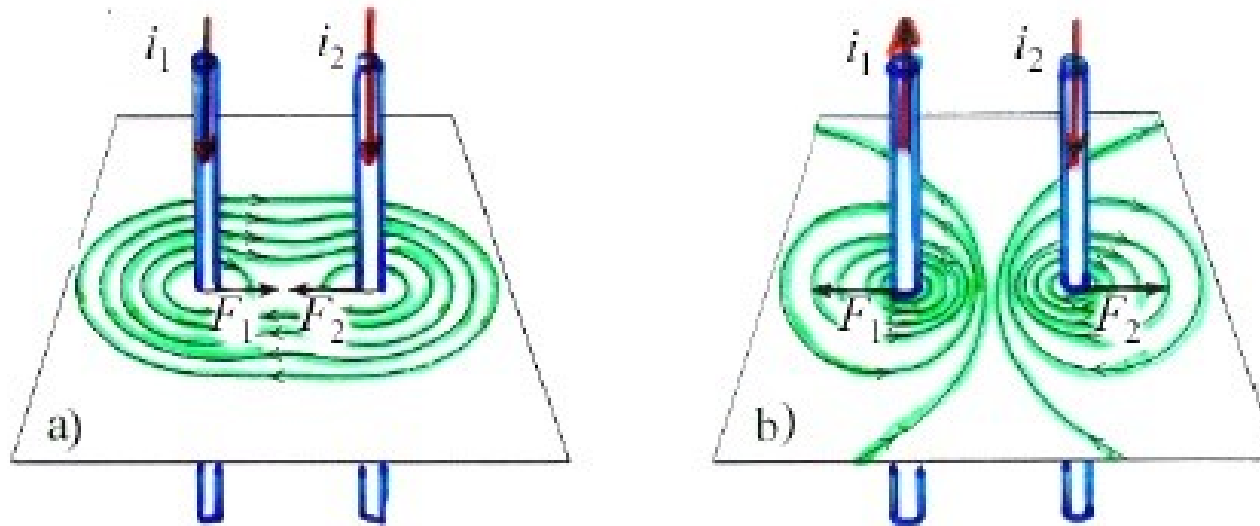
Najznačajniji pronalasci :

- Polifazni sistem (trofazni sistem)
- Obrtno magnetno polje
- Indukcioni motor (asinhroni motor)
- Sinhroni motor
- Teslin transformator

Teslin sistem naizmeničnih struja omogućio je lakši i efikasniji prenos električne energije na daljinu



MEĐUSOBNO DEJSTVO DVA PRAVOLINIJSKA PROVODNIKA SA STRUJOM



$$F_{12} = B_1 \cdot I_2 \cdot d = \mu_0 \frac{I_1}{2\pi a} \cdot I_2 \cdot d = \mu_0 \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi a} \cdot d = F_{21}$$

Sile F_{12} i F_{21} su istog intenziteta i pravca, a suprotnog smera

Magnetni fluks



- Fluks predstavlja sumu linija vektora magnetne indukcije koja prolazi kroz zadatu površinu kroz koju tražimo fluks

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos \alpha (Wb)$$

- Magnetni fluks je skalarni proizvod
vektora $\vec{B}$ i $\vec{S}$

