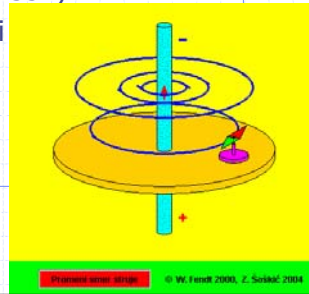
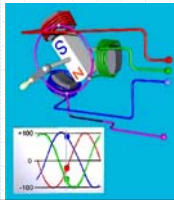


## Elektromagnetizam



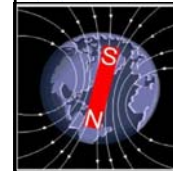
- ◆ Magnetno polje električne struje (AP301-302)
- ◆ Magnetno polje dva pravolinijska provodnika (AP312-314)
- ◆ Magnetna indukcija (AP329-331)
- ◆ Elektromagnetna indukcija i samoindukcija (AP331-337)



## Elektromagnetizam

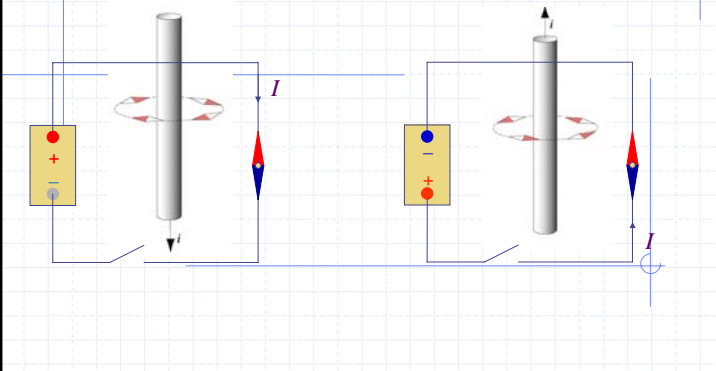


- Prvi zapisi o magnetizmu se nalaze još u starom veku:
  - ◆ pronalazak rude gvožđa (magnetne rude) u Magneziji sa osobinama:
    - privlači slične rude i gvozdene predmete;
    - u obliku igle se uvek postavlja u pravcu sever-jug (N-S).
- Pojava prvog kompasa oko 1000. godine.
- Žilbert je 1600. godine dao prvo racionalno objašnjenje ponašanja strelice kompasa:
  - ◆ Zemlja je prirodni magnet sa magnetnim poljem koje je nagnuto pod uglom od  $11.5^\circ$  u odnosu na osu rotacije.



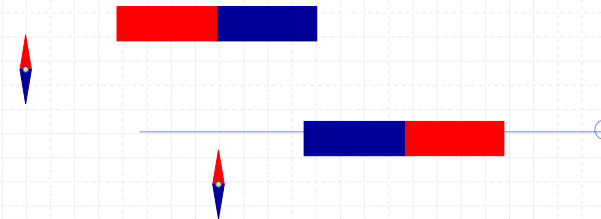
## Elektromagnetizam

- Ersted je 1820. otkrio dejstvo električne struje na magnetnu iglu čime je otkrio postojanje magnetnog polja u okolini provodnika kroz koji protiče električna struja.



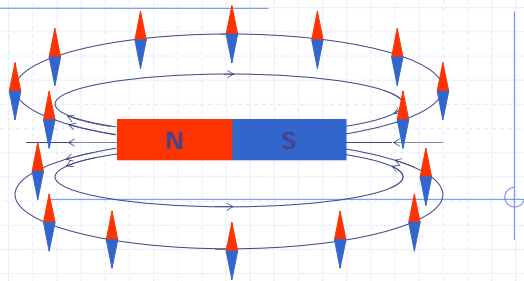
## Elektromagnetizam

- Amper je 1820. pokazao da se dva paralelna provodnika:
  - ◆ privlače ako kroz njih protiče struja istog smera;
  - ◆ odbijaju ako kroz njih protiče struja različitog smera.
- Magnetni materijali imaju dva pola:
  - ◆ severni (N) i
  - ◆ južni (S).
- Istoimeni polovi se odbijaju, a raznoimeni se privlače.



## Elektromagnetizam

- Linije magnetnog polja izvire iz severnog magnetnog pola, a završavaju na južnom magnetnom polu.
  - Što su linije gušće to je polje intenzivnije;
  - uvek su zatvorene, nikad se ne seku.

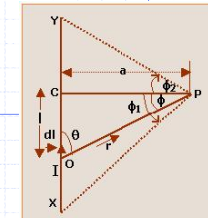


## Elektromagnetizam

### ◆ Magnetno polje električne struje

- Oko provodnika kroz koji teče struja formira se magnetno polje.
  - Magnetno polje je oblik fizičkog stanja koje se u okolnom prostoru, manifestuje magnetnom silom, kojom polje dejstvuje na drugo nenamagnetisano telo uneto u to polje.
- Jačina magnetskog polja je vektorska veličina.
- Intenzitet u okolini provodnika konačne dužine zavisi od:
  - jačine struje u provodniku,
  - rastojanja od provodnika, i
  - dužine provodnika.

$$H = \frac{I}{4\pi r} (\sin \phi_1 + \sin \phi_2)$$

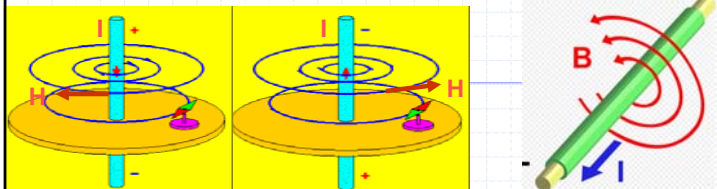


## Elektromagnetizam

### ◆ Magnetno polje električne struje

- Za beskonačno dug provodnik:
  - uglovi  $\phi_1$  i  $\phi_2$  imaju vrednost od  $90^\circ$ ;
  - jačina polja zavisi samo od jačine struje i normalnog rastojanja tačke do tog provodnika;
  - jedinica je amper po metru.
- Linije magnetnog polja su koncentrične kružnice.
- Pravac linija magnetnog polja određuje pravac vektora jačine magnetnog polja.

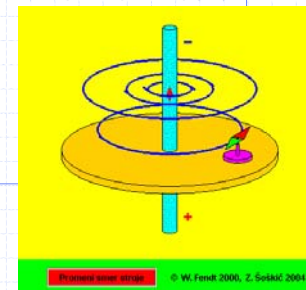
$$H = \frac{I}{2\pi r} \left[ \frac{\text{A}}{\text{m}} \right]$$



## Elektromagnetizam

### ◆ Magnetno polje električne struje

- Smer linija magnetnog polja određuje se pravilom desne ruke:
  - provodnik se obuhvati desnom rukom tako da struja teče u smeru ispruženog palca;
  - vrhovi savijenih prstiju pokazuju smer linija magnetnog polja.



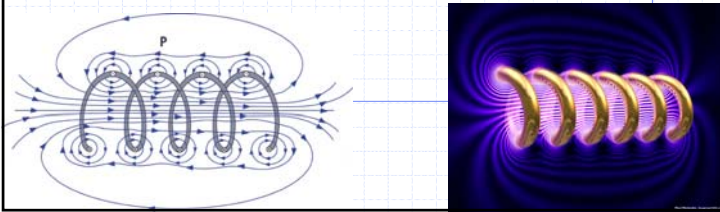
## Elektromagnetizam

### ◆ Magnetno polje električne struje

- U praksi se često sreće provodnik u obliku namotaja koji se naziva solenoid.
  - ◆ Jačina polja zavisi od jačine struje i broja namotaja po jedinici dužine.

$$H = nI = \frac{n_l I}{l}$$

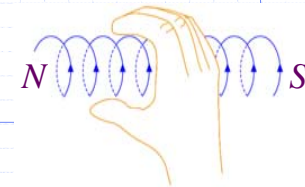
$n_l$  — ukupan broj namotaja u solenoidu  
 $l$  — dužina solenoida



## Elektromagnetizam

### ◆ Magnetno polje električne struje

- Smer magnetnih linija se određuje pravilom desne ruke:
  - ◆ struja teče prema vrhovima prstiju savijene ruke;
  - ◆ ispruženi palac pokazuje smer magnetnih linija.

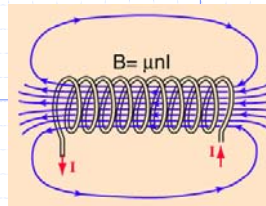


## Elektromagnetizam

### ◆ Magnetno polje električne struje

- Magnetni fluks je merilo magnetizma nekog materijala, odnosno osobine materijala da deluje privlačnom ili odbojnom silom na druge materijale.
- Zavisi od jačine magnetnog polja i određuje broj magnetnih linija kroz neku površinu  $S$  koja se oslanja na zatvorenu konturu.
- Za solenoid magnetni fluks je srazmeran jačini struje koja teče kroz namotaje.

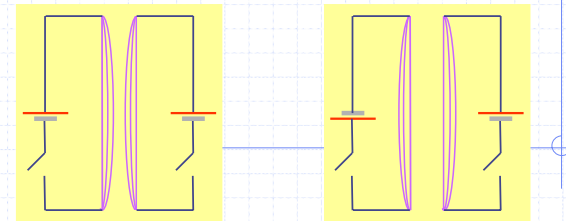
$$\Phi = HS = nSI$$



## Elektromagnetizam

### ◆ Dejstvo magnetnih polja dva pravolinijska provodnika

- Amper je eksperimentalno pokazao da se dva provodnika kroz koji teče struja uzajamno privlače ili odbijaju ako su blizu.
  - ◆ privlače se ako su im smerovi struje iste;
  - ◆ odbijaju se ako su im smerovi struje različiti.



## Elektromagnetizam

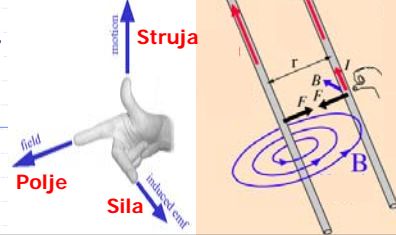
### ◆ Dejstvo magnetnih polja dva pravolinijska provodnika

- Privlačenje ili odbijanje provodnika je posledica uzajamnog dejstva magnetnih polja koja se formiraju oko provodnika.
- Na provodnike deluju magnetne sile kao posledica magnetnog polja.

#### Pravac sile se određuje pravilom desne ruke:

- prsti se uvijaju tako da pravac struje rotira ka vektoru jačine polja;
- palac pokazuje smer sile.

$$\vec{F} = \vec{I} \times \vec{B}$$

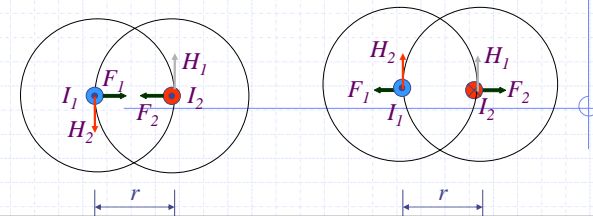


## Elektromagnetizam

### ◆ Dejstvo magnetnih polja dva pravolinijska provodnika

- Sile privlačenja i odbijanja su brojno jednake ali su suprotnog smera.
- Sile su srazmerne jačinama struja u oba provodnika, dužini provodnika, a obrnuto srazmerne njihovom rastojanju.

$$F = \frac{\mu}{2\pi} \frac{I_1 I_2 l}{r} \quad \mu - \text{magnetna permeabilnost ili koeficijent magnetne propustljivosti}$$



## Elektromagnetizam

### ◆ Magnetna indukcija

- Veličina koja definiše broj magnetnih linija kroz jedinicu površine naziva se gustina magnetnog fluksa ili magnetna indukcija.
- Magnetna indukcija je srazmerna jačini magnetnog polja:

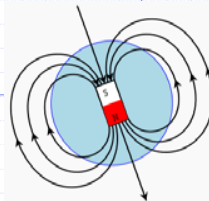
$$\vec{B} = \mu \vec{H} [\text{T}]$$

- Koeficijent magnetne propustljivosti daje odnos magnetne indukcije i jačine magnetnog polja:

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

- Za vazduh:

$$\vec{B}_0 = \mu_0 \vec{H} \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} [\text{H/m}]$$



## Elektromagnetizam

### ◆ Magnetna indukcija

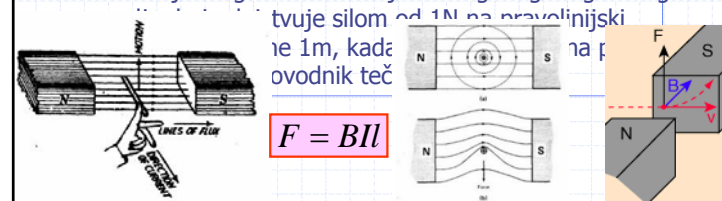
- Koristi se često relativna vrednost koeficijenta magnetne propustljivosti

$$\mu_r = \frac{B}{B_0} = \frac{\mu H}{\mu_0 H} = \frac{\mu}{\mu_0}$$

$$\vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H} [\text{T}]$$

- Jedinica za magnetnu indukciju je Tesla (T):

- Tesla je magnetna indukcija homogenog magnetnog polja koja deluje silom od 1N na pravolinijski provodnik teč



# Elektromagnetizam

## ◆ Magnetna indukcija

- Kod elektromagneta magnetni fluks se definiše kao proizvod magnetne indukcije i površine elektromagneta normalno postavljene na linije sile:

$$\Phi = BS [\text{Wb}]$$

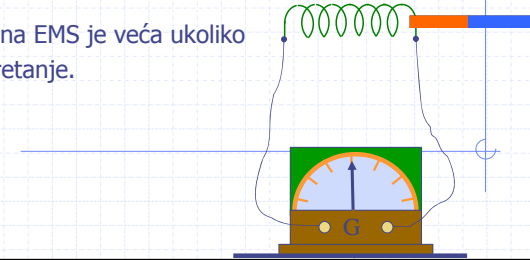
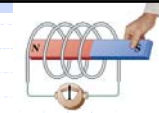
- Jedinica za magnetni fluks je veber:



# Elektromagnetizam

## ◆ Elektromagnetna indukcija

- Elektromagnetna indukcija je pojava da se u provodniku stvara EMS kada se isti kreće u magnetnom polju.
- Promena magnetnog fluksa u zatvorenom kolu indukuje struju.
- Pojavu indukovanih struja prvi je otkrio Faradej 1831. godine.
- Indukovana EMS je veća ukoliko je brže kretanje.

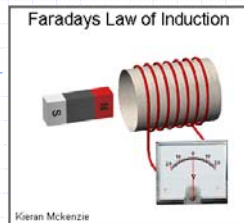


# Elektromagnetizam

## ◆ Elektromagnetna indukcija

- EMS koja generiše struju srazmerna je brzini promene magnetnog fluksa - osnovni zakon elektromagnetne indukcije (Faradejev zakon):

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt}$$



- Ako je zatvoreni provodnik sastavljen iz više namotaja (n) onda je se EMS svih namotaja sabira:

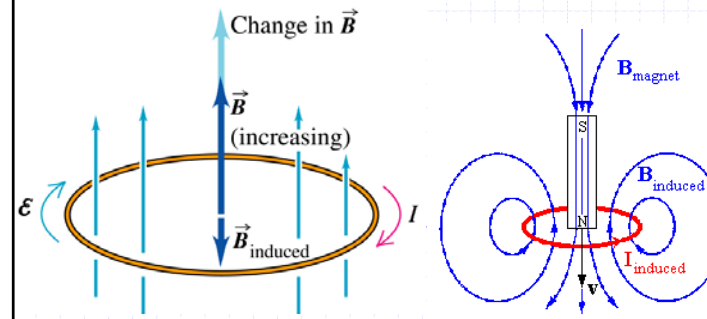
$$\varepsilon = -n \frac{d\Phi}{dt}$$

# Elektromagnetizam

## ◆ Elektromagnetna indukcija

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt}$$

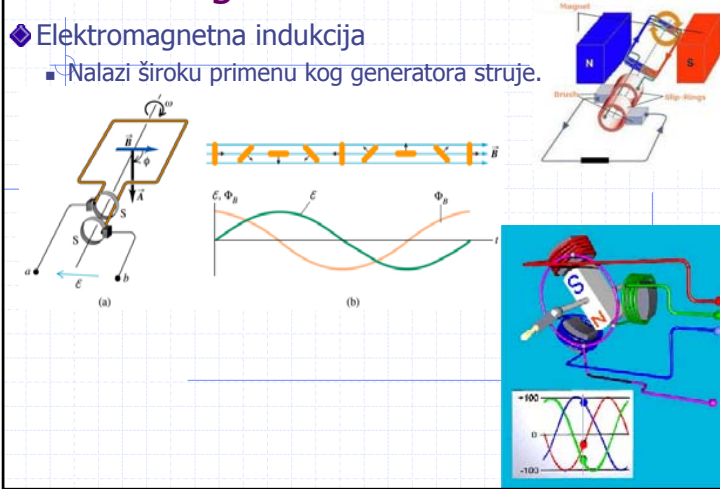
- Znak "-" se objašnjava Lencovim pravicom:
  - ♦ U zatvorenom provodniku se indukuje struja takvog smera da se svojim magnetnim poljem suprotstavlja uzročniku.



# Elektromagnetizam

## ◆ Elektromagnetna indukcija

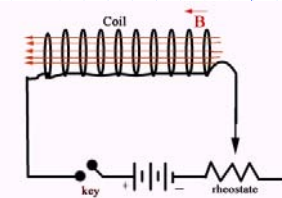
- Nalazi široku primenu kog generatora struje.



# Elektromagnetizam

## ◆ Samoindukcija.

- EMS se indukuje u provodniku ako dolazi do promene magnetnog fluksa.
- EMS se može indukovati i u samom solenoidu ako kroz njega teče promenljiva struja koja dovodi do promene magnetnog fluksa.
- Indukovana EMS ima suprotan smer od napona u kolu.
- Naziva se EMS samoindukcije.



# Elektromagnetizam

## ◆ Samoindukcija.

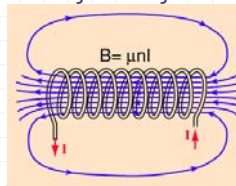
- Za solenoid kroz koji teče promenljiva struja fluks je:

$$\Phi = HS = nSi = Li$$

- EMS samoindukcije:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -L\frac{di}{dt}$$

- EMS samoindukcije srazmerna je brzini promene jačine struje u kolu.
- Koeficijent srazmernosti L predstavlja induktivnost kalema (koeficijent samoindukcije):
  - zavisi od broja namotaja solenoida po jedinici dužine i površine namoraja;
  - brojno je jednaka EMS samoindukcije koju prouzrokuje promena jačine struje od 1A za jednu sekundu.

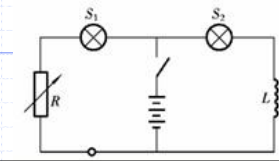
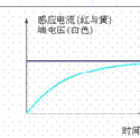
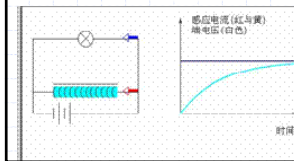


# Elektromagnetizam

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -L\frac{di}{dt}$$

## ◆ Samoindukcija.

- Jedinica za induktivnost je Henri.
  - kalem ima induktivnost od 1H ako se u njemu indukuje EMS samoindukcije od 1V, kada se jačina struje jednoliko menja za 1A u 1s.
- Za kolo sa slike:
  - pri uključivanju strujnog kola prvo se pali sijalica S1 a zatim sijalica S2;
  - javlja se EMS samoindukcije sa smerom koji je suprotan naponu u kolu;
  - pri isključenju kasnije se gasi sijalica S2;
  - EMS indukcije i napon imaju isti smer pa struja još kratko teče.



## Test pitanja - kolokvijum

### 1. Amepov zakon.

- Dva paralelna provodnika kroz koje protiče električna struja se
  - privlače ako kroz njih protiče struja istog smera;
  - odbijaju ako kroz njih protiče struja različitog smera.

### 2. Magnetno polje.

- Magnetno polje je oblik fizičkog stanja koje se u okolnom prostoru, manifestuje magnetnom silom, kojom polje deluje na drugo nenamagnetisano telo uneto u to polje.

### 3. Jačina magnetnog polja za beskonačan provodnik.

- Jačina polja zavisi samo od jačine struje i normalnog rastojanja tačke do tog provodnika.

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

## Test pitanja - kolokvijum

### 4. Smer linija magnetnog polja.

- Određuje se pravilom desne ruke:
  - provodnik se obuhvati desnom rukom tako da struja teče u smeru ispruženog palca;
  - vrhovi savijenih prstoju pokazuju smer linija magnetnog polja.

### 5. Magnetni fluks.

- Magnetni fluks je merilo magnetizma nekog materijala, odnosno osobine materijala da deluje privlačnom ili odbojnom silom na druge materijale.

$$\Phi = HS$$

### 6. Magnetna indukcija.

- Veličina koja definiše broj magnetnih linija kroz jedinicu površine naziva se gustina magnetnog fluksa ili magnetna indukcija.

$$\vec{B} = \mu \vec{H} [\text{T}]$$

## Test pitanja - kolokvijum

### 7. Elektromagnetna indukcija.

- Elektromagnetna indukcija je pojava da se u provodniku stvara EMS kada se isti kreće u magnetnom polju.

### 8. Faradejev zakon.

- EMS koja generiše struju srazmerna je brzini promene magnetnog fluksa

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt}$$