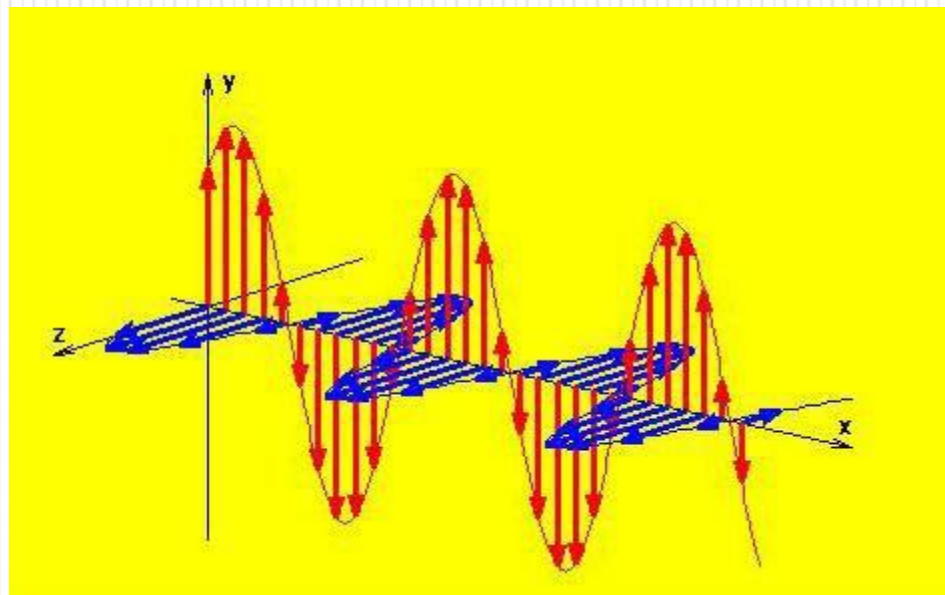


# Holov efekat, Biot Savarov Zakon, Amperov zakon o cirkulaciji vektora magentne indukcije, primeri

## Osnovi elektrotehnike 2

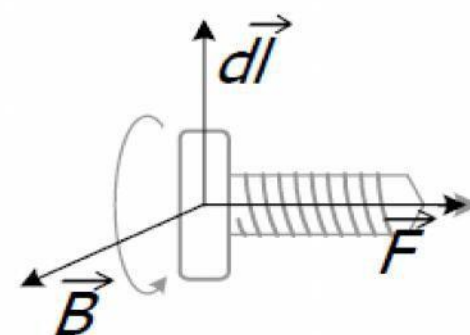
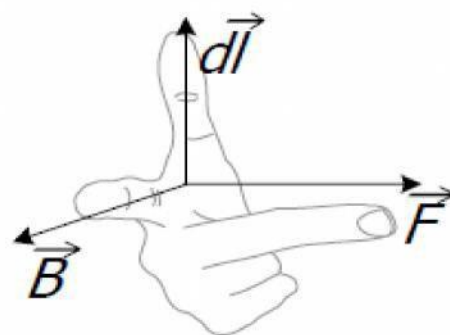
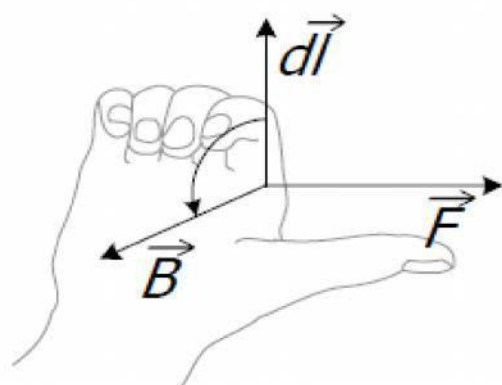


# Podsetnik!

Magnetno polje je prostor u kome se ispoljava posebna vrsta (bezkontaktne) interakcije u prirodi (magnetna interakcija) između tela koja imaju tzv. izražene magnetne osobine (legure gvožđa, nikla i kobalta).

Osim tela sa **izraženim** magnetnim osobinama i **pokretni nosioci naelektrisanja** osećaju dejstvo magnetne interakcije (pod određenim uslovima).

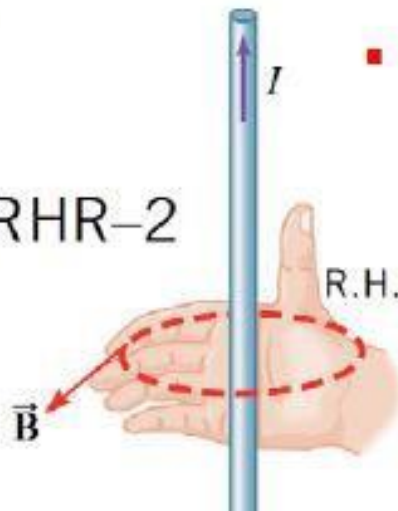
Slično električnom polju, i magnetno polje ima jačinu i pravac, tj. smer – karakterišu ga **linije sile**.



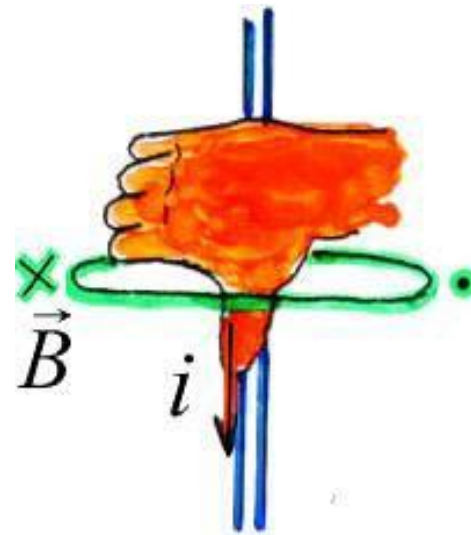
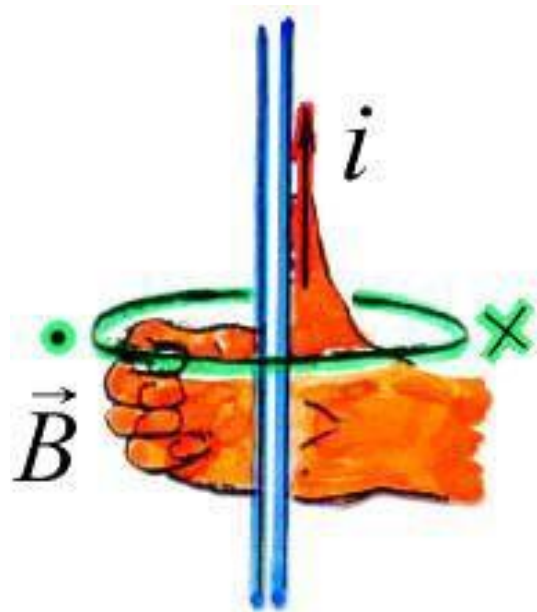
- Oko naelektrisanja koje miruje javlja se **električno** polje, a oko **pokretnog** naelektrisanja (električna struja) i **magnetno** polje. Ovo magnetno polje deluje na druga naelektrisanja **u pokretu**.
- Jedinstvo električnog i magnetnog polja uočio je Hans Ersted (1820.) - **elektromagnetno polje**.

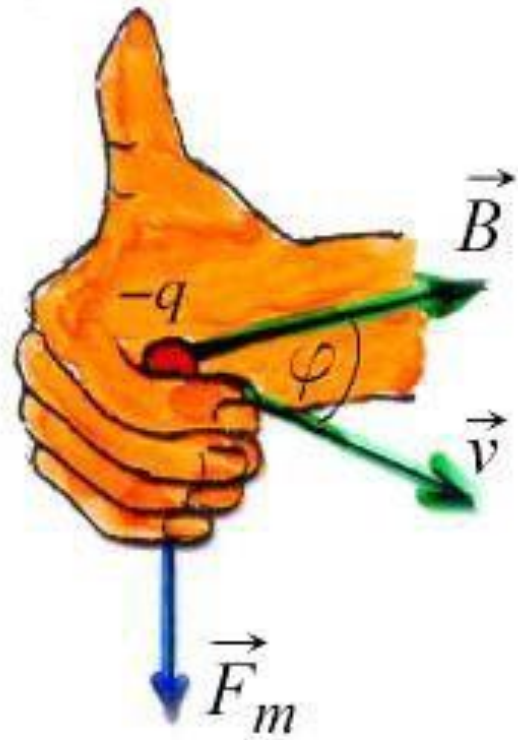
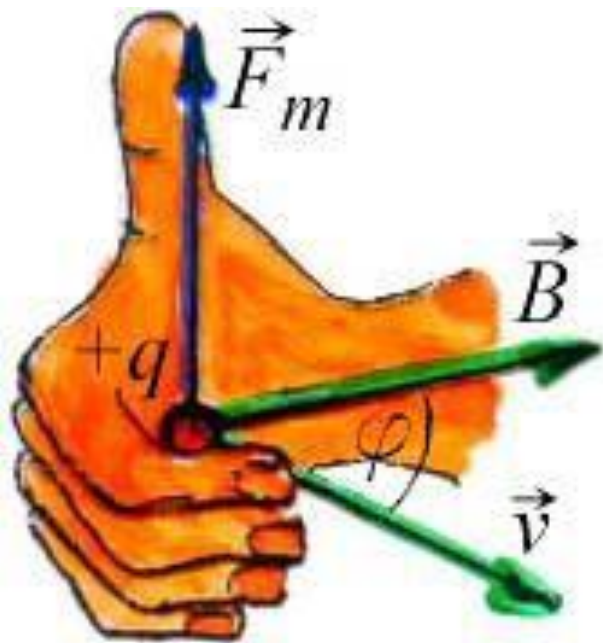


RHR-2



- Dakle, električna struja koja protiče kroz provodnik stvara oko njega magnetno polje.
- Smer linija sila se određuje na dva načina: pravilom **desnog zavrtnja** ili **pravilom desne ruke**

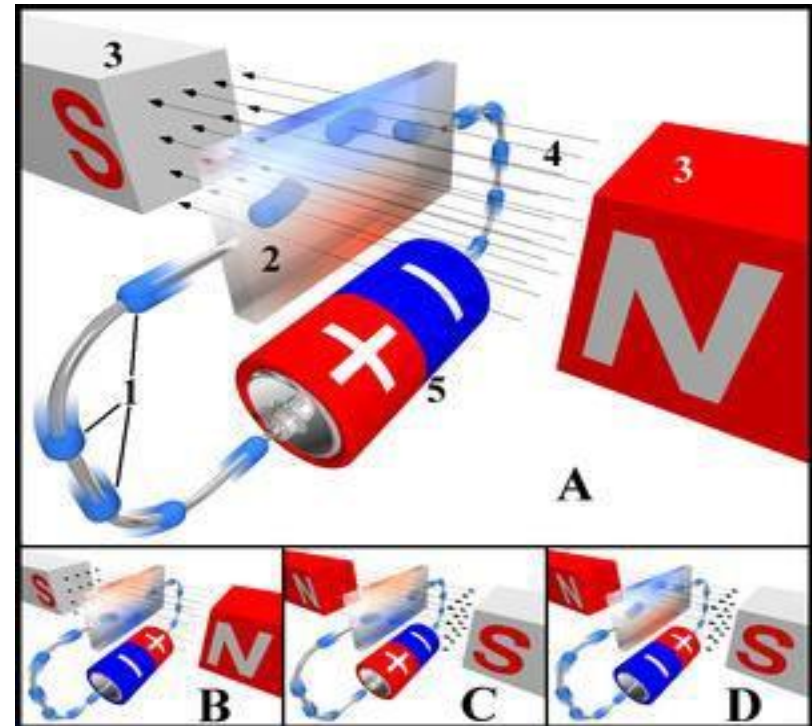




# Holov efekat

- ✓ Holov efekat se javlja usled sila koje deluju unutar provodnika izloženog magnetnom polju
- ✓ Smer i pravac dejstva Lorencove sile određen je vektorskim proizvodom:  $\underline{F} = q(\underline{v} \times \underline{B})$
- ✓ intenzitet i naročito pravac vektora Lorencove sile zavisi od pravca i smera dva vektora: brzine naelektrisanja i magnetne indukcije.
- ✓ Taj pravac će biti, usled osobina vektorskog proizvoda, upravan na vektore  $\underline{B}$  i  $\underline{v}$ ,

- Holov sistem

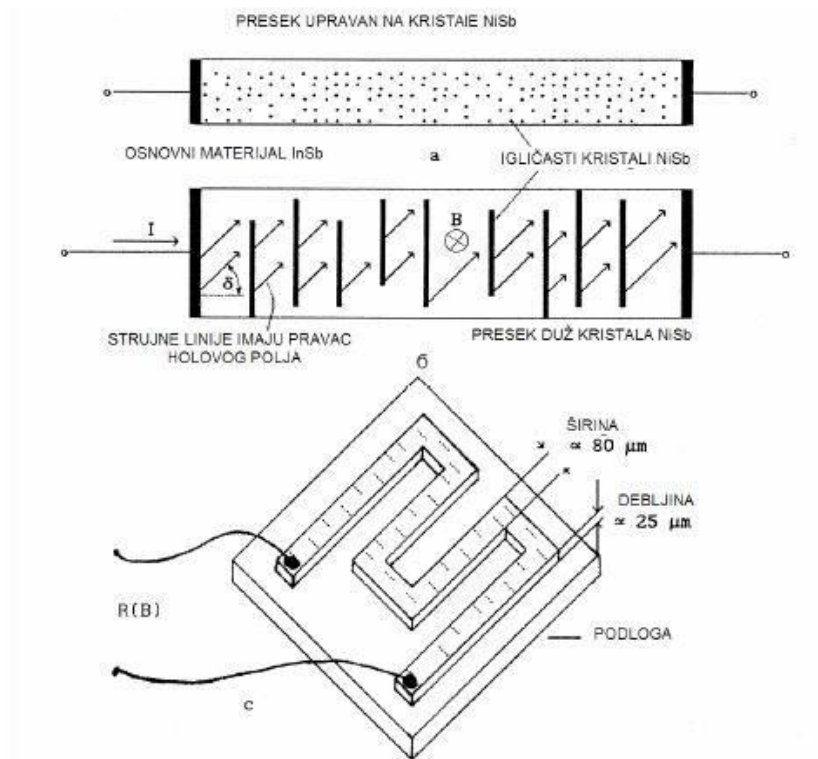


- ✓ Smer Lorencove sile će za naelektrisanja suprotnog polariteta biti suprotan tako da će, prema slici, za negativne nosioce biti usmeren naviše a za pozitivne naniže.
- ✓ usled dejstva Lorencove sile pojavice se, pored linijskog-horizentalnog kretanja naelektrisanja u pravcu provodnika i bočno-vertikalno kretanje
- ✓ negativni nosioci se nagomilavaju uz gornju ivicu provodnika a pozitivni nosioci uz donju ivicu provodnika.
- ✓ Usled nagomilavanja naelektrisanja suprotnog znaka, doći će do pojave električnog polja unutar trakastog elementa.

# Holovi senzori

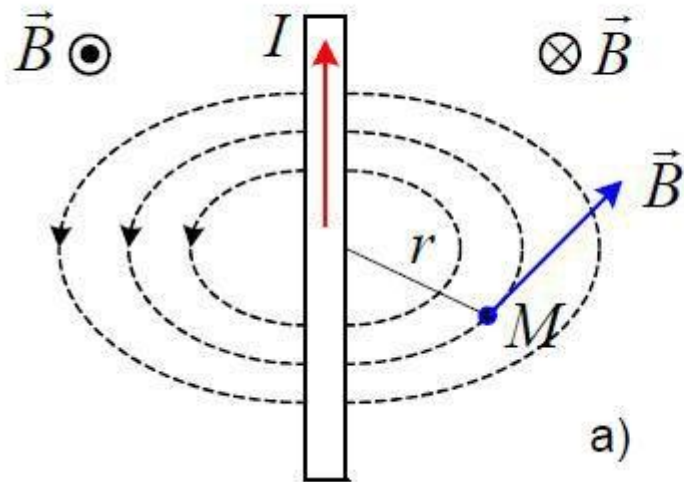
- ✓ Uređaji zasnovani na Holovom efektu po prirodi proizvode odzivni signal koji je malog intenziteta i zahteva pojačavanje.
- ✓ Pojačavači na principu vakuumskih cevi, korišćeni u prvoj polovini dvadesetog veka, bili su zbog visoke cene, gabarita, potrošnje energije, i nepouzdanosti u uslovima svakodnevnog upotrebe, primenljivi isključivo u laboratorijskim uslovima.
- ✓ Brojni uređaji koji su trenutno dostupni na tržištu, u sebi zapravo sadrže Holov senzor i integrisano kolo koje je zapravo pojačavač sa visokim koeficijentom pojačanja





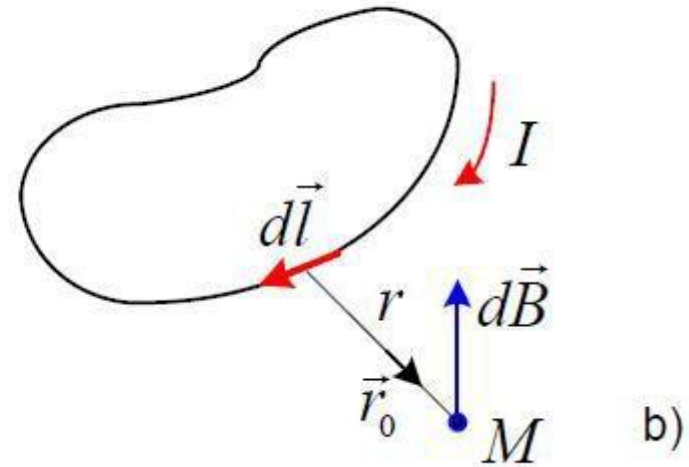
Magnetootporni senzor od InSb u čiju strukturu su ugrađeni igličasti kristali NiSb

# Bio Savarov Zakon



$$B = k \frac{I}{r}$$

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



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

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

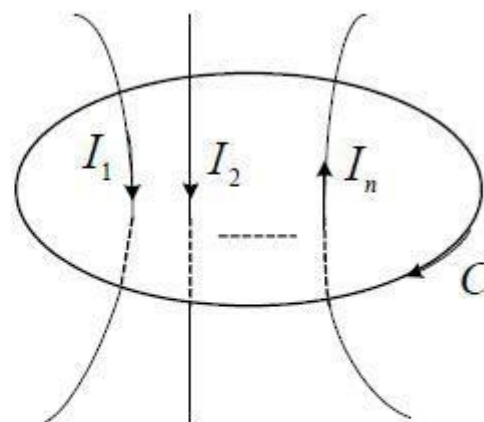
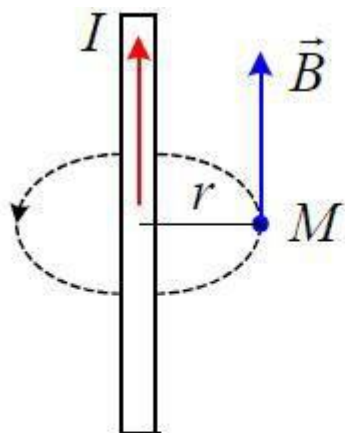
- magnetna permeabilnost vakuuma

# Amperov zakon o cirkulaciji vektora magnetne indukcije

$\oint_C \vec{B} d\vec{l}$  - cirkulacija vektora magnetne indukcije duž zatvorene konture

$$\oint_C \vec{B} d\vec{l} = B \cdot 2r\pi = \frac{\mu_0 I}{2r\pi} 2r\pi = \mu_0 I$$

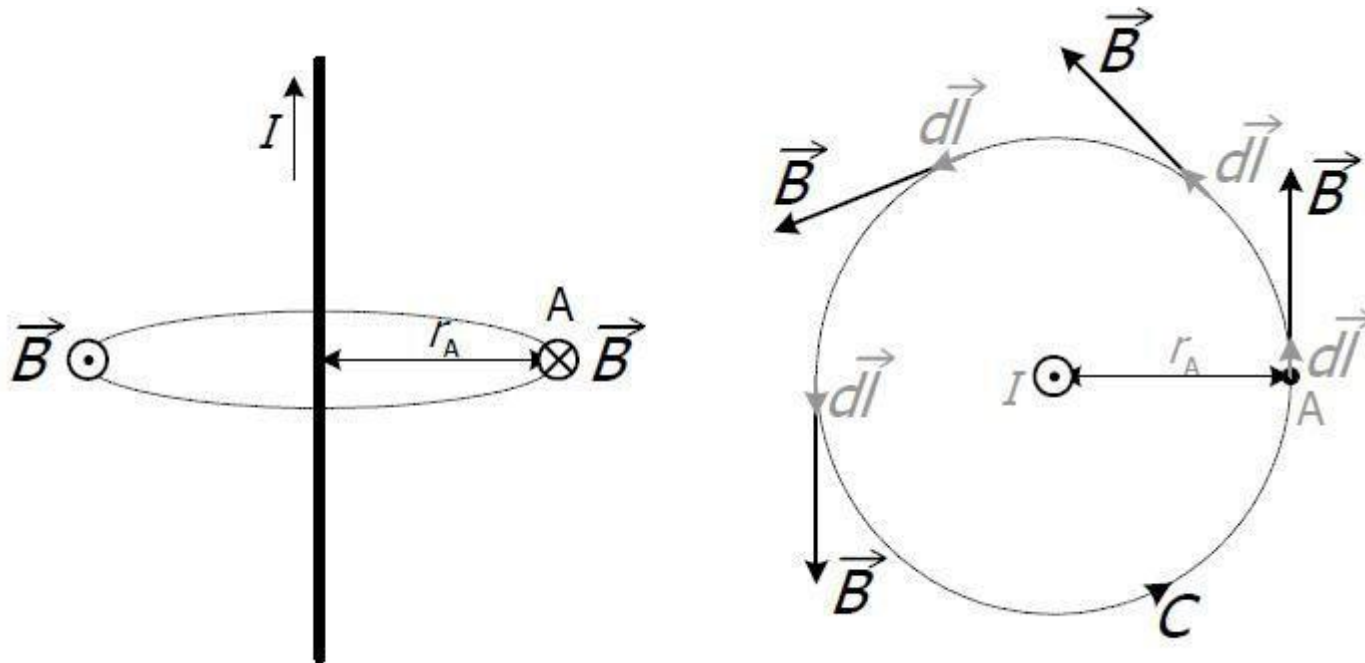
$$\oint_C \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum_{k=1}^n I$$



Cirkulacija vektora magnetne indukcije duž proizvoljne zatvorene konture  $C$  u vakuumu jednaka je proizvodu magnetne permeabilnosti vakuuma i algebarskog zbira struja obuhvaćenih tom konturom.

a) Kolika je magnetna indukcija u tački A, koja se nalazi na rastojanju  $r_A = 2 \text{ cm}$  od beskonačnog pravolinijskog provodnika sa strujom jačine  $I = 2 \text{ A}$ ?

b) Ako bi se na rastojanju  $r_A = 2 \text{ cm}$  od provodnika, paralelno sa njim, postavio drugi pravolinijski provodnik dužine  $l = 1 \text{ m}$ , sa strujom jačine  $I' = 1 \text{ A}$ , istog smera kao struja  $I$ , kolika bi sila delovala na taj provodnik? Da li je ova sila privlačna ili odbojna?



$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum_k I_k$$

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint_C B \cdot dl \cdot \cos(\vec{B}, d\vec{l}) = \oint_C B \cdot dl = \mu_0 I.$$

$$B \oint_C dl = \mu_0 I$$

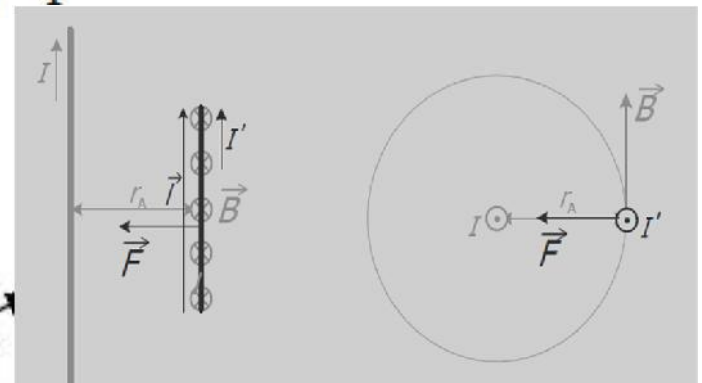
$$B \cdot 2\pi r_A = \mu_0 I \quad \Rightarrow \quad B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_A}.$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_A} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2} \cdot 2 \text{ A}}{2\pi \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 2 \cdot 10^{-7+2} \text{ T} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

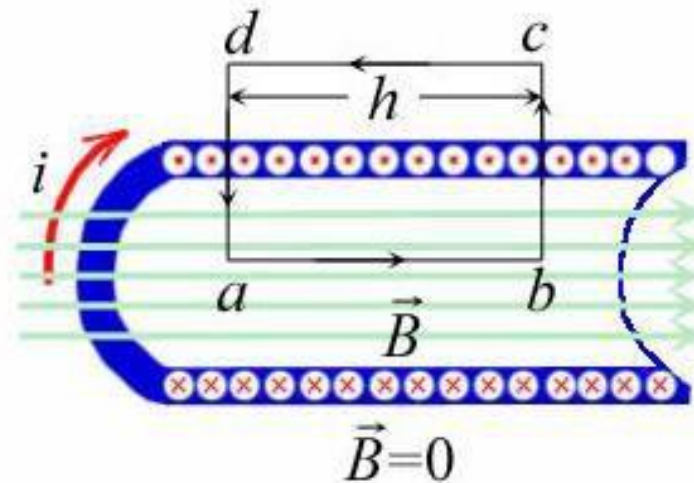
$$\vec{F} = I' \cdot \vec{l} \times \vec{B}$$

$$|\vec{F}| = I' |\vec{l}| \cdot |\vec{B}| \sin(\vec{l}, \vec{B}) = I' |\vec{l}| \cdot |\vec{B}| \sin \frac{\pi}{2}$$

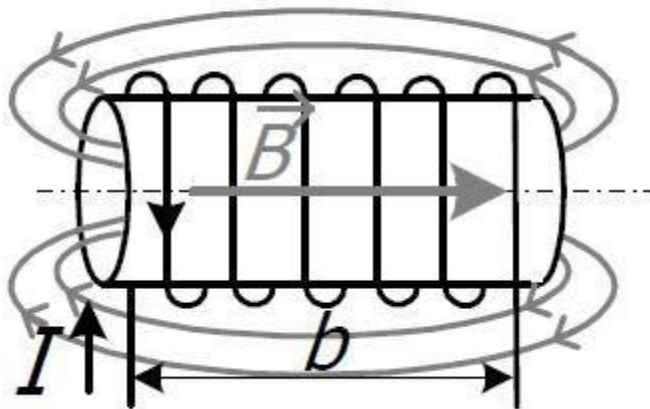
$$F = I' \cdot l \cdot B = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ m} \cdot 2 \cdot 10^{-5} \text{ T} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$



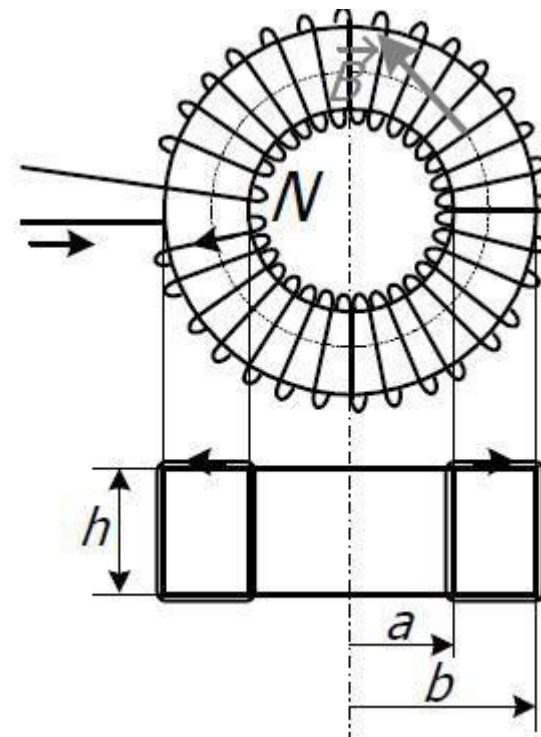
- Kalem je električna komponenta koja se sastoji od namotaja izolovane, provodne žice i deluje kao mnogo elementarnih strujnih kontura zajedno namotanih jedna do druge (to su namotaji).
- Postoje različiti kalemovi po obliku (solenoid, torus), a i zavojci mogu biti motani bez razmaka (jedan do drugog) i sa razmakom.
- Svi kalemovi imaju kalemско telo (koje se pravi od dielektri namotaj (od bakarne žice). Neki kalemovi imaju i jezgro, koje se postavlja kroz kalemско telo (telo je šuplje) i izradeno je od papira, kartona, feromagnetika
- Za svaki kalem može se izracunati magnetna indukcija, jacina magnetnog polja, fluks kroz jezgro i induktivnost.



- Solenoid je kalem štapicastog oblika koji ima velike gubitke, jer se put magnetne indukcije zatvara kroz vazduh. Zato se oklopljava u kucište



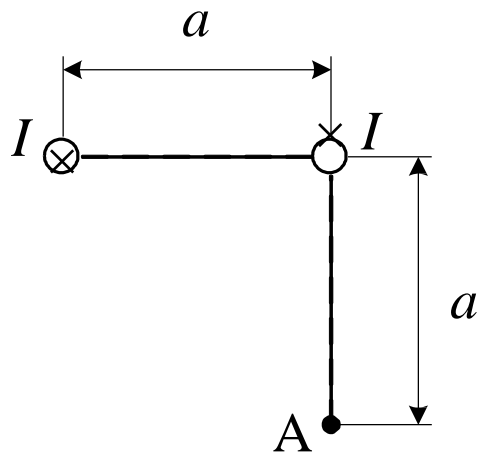
- Torus je takoreci idealan kalem, jer se može smatrati da je kompletna magnetna indukcija zadržana u njemu (ukoliko je namotaj motan zavojak do zavojka).
- nema rasipanja magnetne indukcije!!!



**Zadatak 2** – Dva neograničeno duga prava provodnika, kroz koje protiču struje istog intenziteta  $I$ , postavljena su kao na slici. Odrediti vektor magnetne indukcije u tački A.

Poznato je:

$$I = 100 \text{ A}, a = 20 \text{ cm.}$$



$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a\sqrt{2}},$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi a},$$

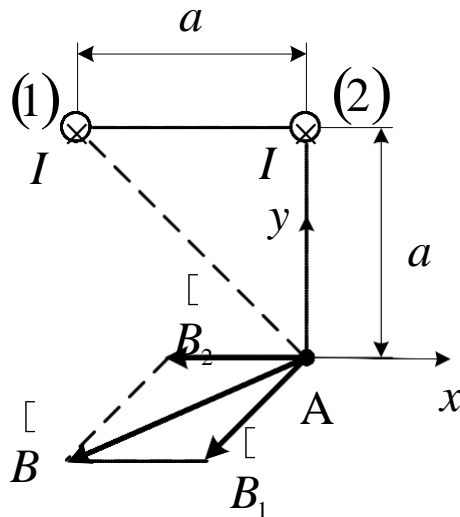
$$B_{1x} = -B_1 \cos 45^\circ = \frac{\mu_0 I}{2\pi a\sqrt{2}} \frac{\sqrt{2}}{2} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi a},$$

$$B_{1y} = -B_1 \sin 45^\circ = -\frac{\mu_0 I}{4\pi a},$$

$$B_{2x} = -B_2 = -\frac{\mu_0 I}{2\pi a},$$

$$B_{2y} = 0,$$

$$B_{rx} = B_{1x} + B_{2x} = -\frac{\mu_0 I}{4\pi a} - \frac{\mu_0 I}{2\pi a} = -\frac{3\mu_0 I}{4\pi a},$$



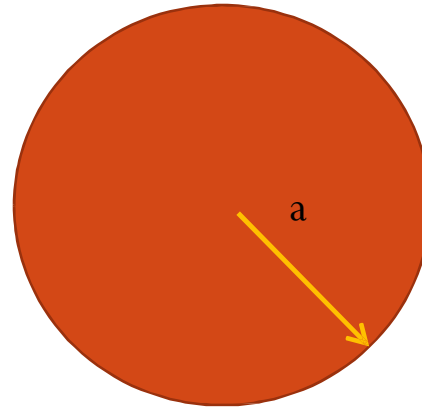
$$B = \sqrt{(\sum B_x)^2 + (\sum B_y)^2} = \sqrt{\left(\frac{3\mu_0 I}{4\pi a}\right)^2 + \left(\frac{\mu_0 I}{4\pi a}\right)^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \sqrt{10}, \quad B = 0,158 \cdot 10^{-3} \text{ T}$$



---

# Primeri izračunvanja vektora magnetne indukcije

Odrediti magnetnu indukciju kabla čiji je poprečni presek prikazan na slici. Smatrati da je struja ravnomerno raspoređena po poprečnom preseku pojedinih provodnika kabla.



$$r \geq a$$

$$\oint B dl = \mu_0 \sum I$$

$$B \oint dl = \mu_0 I r$$

$$B 2\pi r = \mu_0 I r$$

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

$$r \leq a$$

$$\oint B dl = \mu_0 \sum I$$

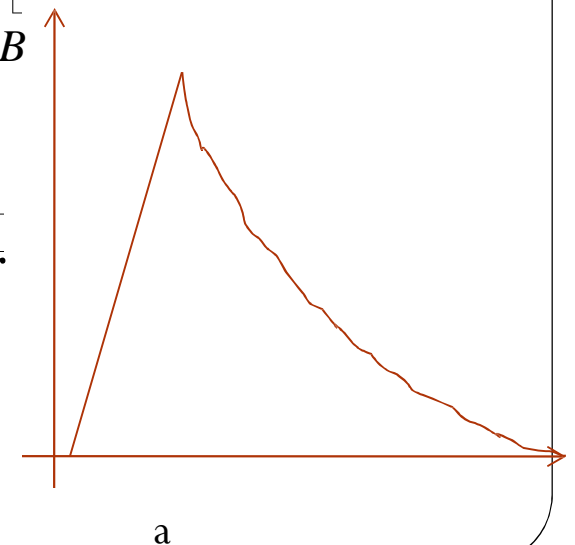
$$B \oint dl = \mu_0 J r^2 \pi$$

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

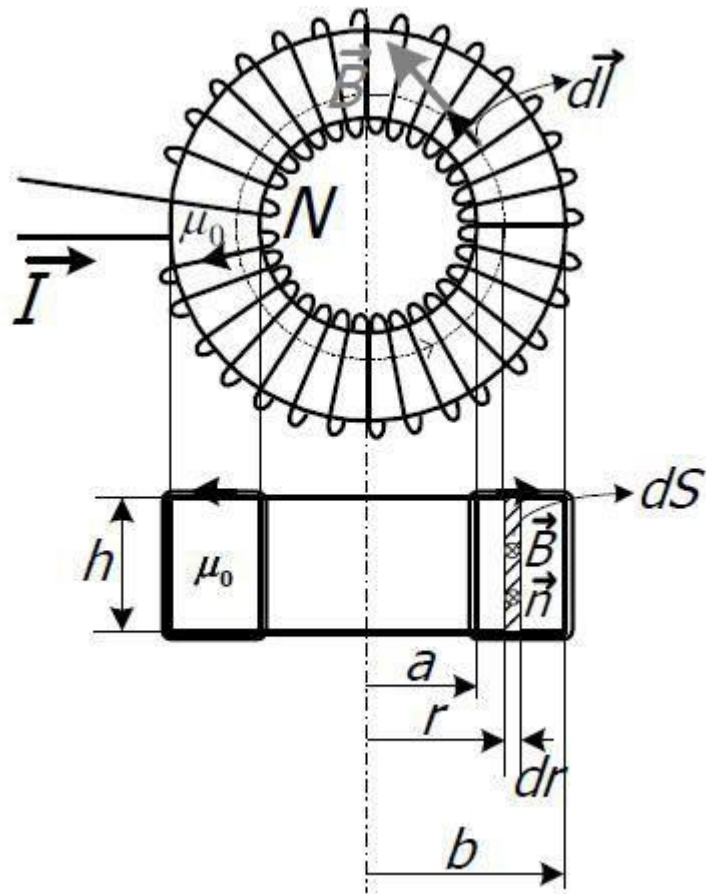
$$B = \mu_0 \frac{I r}{2a^2 \pi}$$

$$J = \frac{I}{S}$$

$$J = \frac{I}{a^2 \pi}$$



# TORUS SA VAZDUŠNIM JEZGROM



$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum_k I_k$$

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} \cdot \cos(\vec{B}, d\vec{l}) = \mu_0 NI$$

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 NI$$

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r}, \quad a < r < b$$