

## MAGNETNO POLJE

### 15.1. UVOD

### 15.2. MAGNETNA SILA

### 15.3. NAVOR ZANKE V MAGNETNEM POLJU

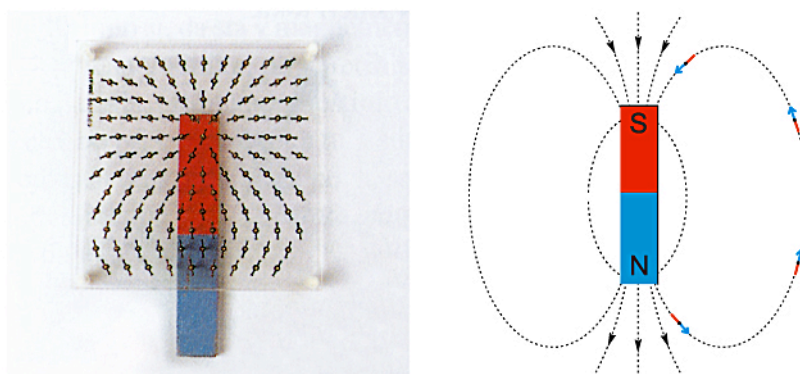
### 15.4. MAGNETNI PRETOK

### 15.1. UVOD

Magnetno polje je prostor okoli trajnih magnetov ali vodnikov, po katerih teče električni tok, v katerem lahko zaznamo magnetno silo in magnetni navor. Določeno je z gostoto magnetnega polja.

Magnetnica v magnetnem polju niha okrog svojega težišča. Ker je nihanje bolj ali manj dušeno, se magnetnica prej ali slej umiri v ravnovesni legi. Smer puščice magnetnice v ravnovesni legi izberemo kot smer magnetne silnice. Magnetna silnica je krivulja, katere tangente kažejo smer magnetnice v ravnovesni legi.

© Modrijan založba, d. o. o.



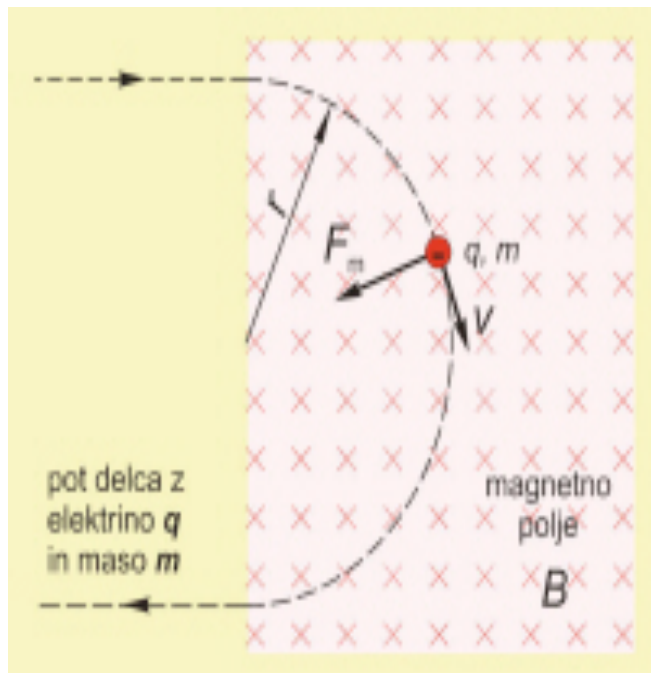
Slika magnetnih silnic v okolici paličastega magneta: silnice izhajajo iz severnega pola in poniknejo v južnem polu.

Za razliko od silnicelektričnega polja, ki imajo svoj izvor v pozitivnem naboju in ponor v negativnem naboju, so silnice magnetnega polja zaključene zanke (izjemoma lahko potekajo iz neskončnosti v neskončnost). Zato pravimo, da je magnetno polje brezizvirno.

## 15.2. MAGNETNA SILA

Magnetna sila  $F$  na vodnik dolžine  $l$ , ki se nahaja v magnetnem polju, je  $F=BIl$ , kar pomeni: sila na vodnik je sorazmerna toku  $I$  ter dolžini vodnika. Sorazmernostni faktor  $B$  imenujemo **gostoto magnetnega polja**. Izraz za magnetno silo bomo izpeljali.

Poskus kaže da magnetna sila vsiljuje gibajočemu se električnemu delcu radialni pospešek, torej ukrivlja njegovo pot:

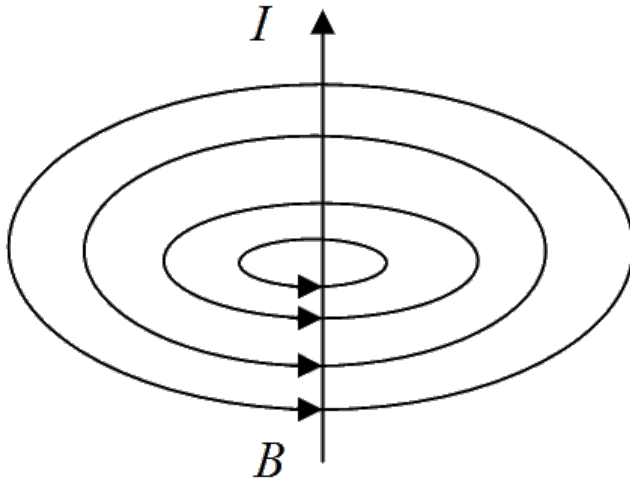


V poskusu še ugotovimo: magnetna sila je premo sorazmerna naboju in hitrosti delca  $F \propto ev \Rightarrow F = evB$ , kjer je sorazmernostni faktor  $B$  vpeljan kot gostota magnetnega polja. Za enoto, ki jo imenujemo tesla, lahko zapišemo  $1T = \frac{1Ns}{Cm} = 1 \frac{Js}{Cm^2} = 1 \frac{Vs}{m^2}$ . Električni tok  $I$  pove naboju, ki v enoti časa preteče skozi prečni presek ( $S$ ) vodnika. Naj je v enoti prostornine vodnika  $n$  prostih elektronov. Potem je  $nSv$ =število elektronov, ki preteče skozi vodnik v enoti časa, kjer je  $v$  povprečna hitrost elektronov. Ker vsak electron nese naboje  $e_0$ , dobimo  $I = nSve_0$ , tok skozi vodnik. Na vsak electron pa deluje sila  $F_m = e_0vB$ . Celotno silo na vodnik dobimo kot produkt  $F_m$  in števila gibajočih se elektronov. To pa je  $nSl$ . Dobimo:  $F = nSlF_m = nSle_0vB = nSlve_0lB = I l B (\vec{F} = \vec{I} \times \vec{B})$

Q.E.D.

## GOSTOTA MAGNETNEGA POLJA V DOLGEM RAVNEM VODNIKU

Naj tok  $I$  teče po zelo dolgem ravnem vodniku. Magnetne silnice so koncentrični krogi v ravnini, ki je pravokotna na vodnik.

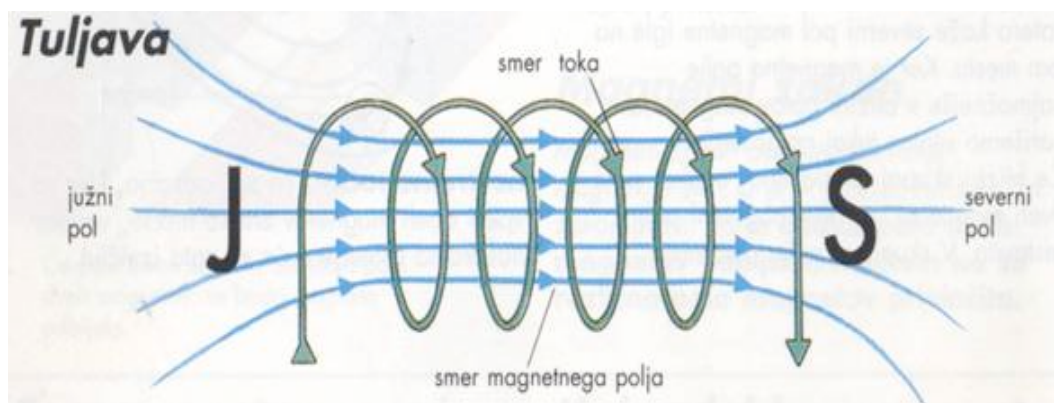


Poskus kaže:  $B \propto \frac{I}{r} \Rightarrow B = \text{const.} \cdot \frac{I}{r}$ . Sorazmernostno konstanto zapišemo v obliki

$\frac{\mu_0}{2\pi}$  in dobimo:  $B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r}$ . Sorazmernostni konstanti  $\mu_0$  pravimo induksijska

konstanta. Njena vrednost je  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Tm}{A}$ .

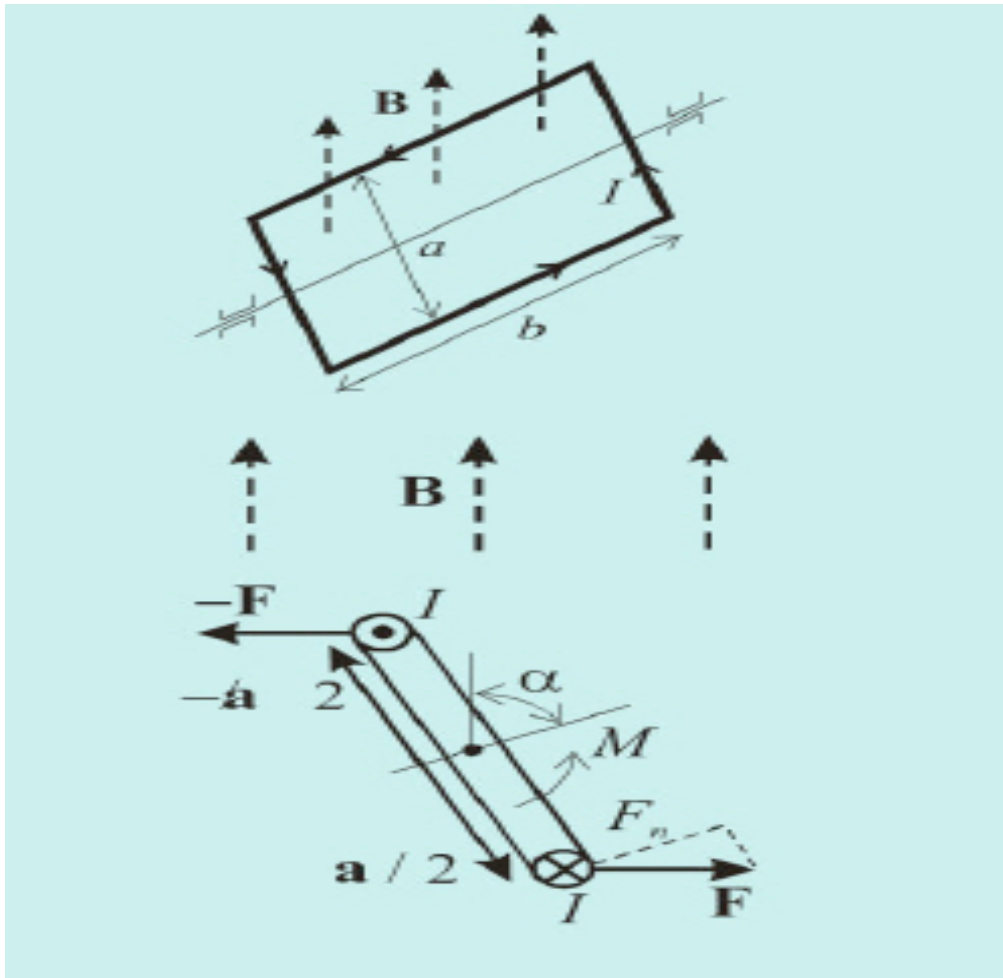
## GOSTOTA MAGNETNEGA POLJA V DOLGI TULJAVI



V primeru dolge tuljave, ugotovimo, da je gostota magnetnega polja v notranjosti premo sorazmerna toku  $I$  in številu ovojev na enoto dolžine tuljave ( $N/l$ ), neodvisna pa je od prečnega preseka tuljave. Dobimo:

$$B \propto I \frac{N}{l} \Rightarrow B = \text{const} I \frac{N}{l} \Rightarrow B = \mu_0 I \frac{N}{l}.$$

### 15.3. NAVOR ZANKE V MAGNETNEM POLJU



Za navor zanke lahko zapišemo:  $M = 2Fr' = Fa \sin \alpha = B l b a \sin \alpha$ , ker je  $ab = S$ , velja  $M = BIS \sin \alpha = M_{\max} \sin \alpha$ . Za okvir iz  $N$  ovojev (zank), je vrtilni navor

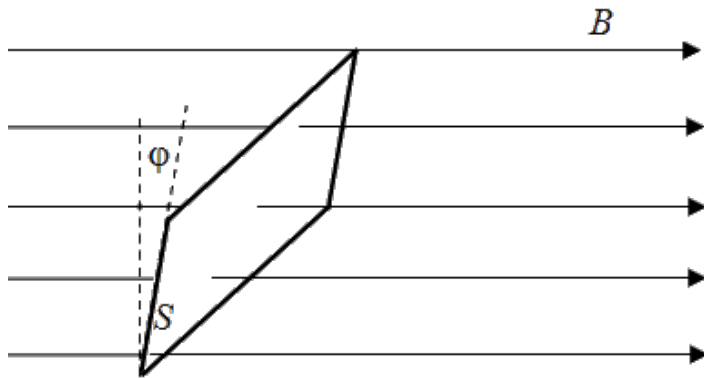
$M = NBIS \sin \alpha$ . Vidimo:  $\alpha = \frac{\pi}{2}; M = M_{\max}$  in  $\alpha = 0; M = 0$ .

V polju podkvastega magneta je na železu navita tuljava z  $N$  ovoji (železo služi za ojačanje magnetnega polja). Tuljavo drži v mirovni legi polžasta vzmet. Pri prehodu toka skozi tuljavo deluje nanjo navor ter ga zavrti do takšne lege, da je v ravnovesju z navorom vzmeti. Tedaj velja:  $M = NISB = D\varphi$ , kjer je  $D$  sučni koeficient vzmeti. Ker so  $B, S, N$  in  $D$  konstantne količine, je zasuk tuljave odvisen

od toka:  $I = \frac{D}{NBS} \varphi = k\varphi$ .

## 15.4. MAGNETNI PRETOK

**Magnetni pretok**  $\Phi$  skozi prečno ploskev  $S$ , ki je pravokotna na silnice, je po definiciji produkt jakosti magnetnega polja  $B$  in ploščine  $S$ :  $\Phi = BS$ . Magnetni pretok skozi ploskev  $S$ , ki ni pravokotna na silnice, je seveda manjši, in je sicer enak  $\Phi = BS' = BS \cos \varphi$ .



**Magnetni pretok skozi tuljavo** definiramo kot:  $\Phi_n = NBS$ . Spomnimo se sedaj, da je gostota magnetnega pretoka v tuljavi sorazmerna s tokom. Isto velja tudi za magnetni pretok. Zato lahko zapišemo:  $\Phi_n = LI$ , kjer sorazmernostni faktor  $L$  imenujemo **induktivnost tuljave**. Induktivnost tuljave lahko izrazimo:  $L = \frac{\Phi_n}{I}$ .

Enota za induktivnost je henry  $\left[1H = 1 \frac{Tm^2}{A}\right]$ . Ker je  $\Phi_n = NBS = N\mu_0 \frac{NI}{l} S = LI$ , dobimo induktivnost prazne tuljave v obliki, ki kaže da je odvisna od njenih geometrijskih razsežnosti:  $L = \mu_0 \frac{N^2 S}{l}$ .