

## NAVOR NA (TOKO)VODNIK V MAGNETNEM POLJU (6)

Če na tokovodnik v magnetnem polju deluje sila, potem v primeru vpetja z ročico dolžine  $r$  deluje na vodnik navor

$$\vec{T} = \vec{r} \times \vec{F} \quad (6.1)$$

Velikost navora je torej  $T = r \cdot F \cdot \sin(\theta)$ , kjer je  $\theta$  kot med smerjo ročice in sile. Smer vrtenja je pravokotna na ravnino, ki jo določata vektorja ročice in sile.

**SLIKA: Na tokovodnik v magnetnem polju deluje sila. Navor deluje v smeri vektorskega produkta med silo in ročico.**

**Primer 1.** Vodnik v obliki zanke (tokovna zanka) s tokom 10 A dolžine 10 cm in stranice 5 cm vpet na zgornjem vodniku kot kaže slika. Prečno na zanko, pod kotom  $30^\circ$  na normalo na zanko je homogeno polje 0,1 T. Kolikšen je navor na zanko?

POKAŽI Z VEKTORSKIM IN POENOSTAVLJENIM ZAPISOM.

**Primer 2:** Kolikšen tok bi moral teči skozi tokovno zanko na sliki, če želimo, da se zanka postavi pod kotom  $45^\circ$  na osnovno lego, ko zanka visi vpeta na zgornjo stranico.  $L=10$  cm,  $R=4$  cm,  $B=50$  mT. Pri izračunu poenostavimo navor na zanko zaradi sile gravitacije tako, da upoštevamo le silo na spodnjo stranico z maso 10 g.

Navor na zanko je osnovni princip delovanja vseh vrtljivih delov pri izkoriščanju pojava magnetnega polja kot npr. prikazovalniki z vrtljivimi tuljavicami ali motorji.

### MAGNETNI DIPOLNI MOMENT, NAVOR NA

Običajno nas zanima navor na zanko v magnetnem polju. Vzemimo pravokotno zanko dolžine  $l$  in širine  $d$ , ki v sredini vpeta na os, kot kaže slika. Navor na tako zanko v homogenem polju, ki je za kot  $\theta$  zamaknjeno od normale na površino zanke dobimo z upoštevanjem sile na stranico dolžine  $l$ :  $F = BIl$  in ročice  $r = \frac{d}{2} \sin(\theta)$ . Ker delujeta vzajemno dve sili (na obe strnici), je navor  $T = 2 \cdot F \cdot r = IldB \sin(\theta)$ . Običajno namesto  $l \cdot d$  pišemo površino zanke  $A = l \cdot d$ , saj se izkaže, da je v homogenem polju navor odvisen le od površine zanke in ne njene oblike. Dobimo

$$T = 2 \cdot F \cdot r = IAB \sin(\theta). \quad (6.2)$$

**SLIKA: Navor na pravokotno zanko v homogenem magnetnem polju. Prikaz sil na stranice zanke, smer polja in kota med vektorjem ročice in sile.**

Ker je tokovna zanka osnovni element v magnetiki, tako kot je električni dipol osnovni element v elektrostatiki, jo definiramo kot **magnetni moment**  $m = IA$ , ki je vektor, s smerjo pravokotno na površino zanke (normala na površino):

$$\vec{m} = \vec{e}_n \cdot IA, \quad (6.3)$$

pri čemer smer normale določa smer toka in kaže v smeri polja znotraj zanke.

Z upoštevanjem definicije za magnetni moment lahko enačbo (6.1) za navor na zanko zapišemo tudi z magnetnim momentom kot:

$$\vec{T} = \vec{m} \times \vec{B} \quad (6.4)$$

**SLIKA: Magnetni dipolni moment si predstavljamo v obliki zankice s tokom  $I$ . Njegova velikost je površina zanke pomnožena s tokom zanke. Smer pa je pravokotna na površino zanke.**

Navor deluje na tokovno zanko v polju tako, da jo zasuka pravokotno na smer polja, oziroma tako, da bo smer magnetnega momenta enaka smeri polja. Ko bomo spoznali pojem magnetnega pretoka, bomo lahko dodali, da se tokovna zanka obrne tako, da je pretok skozi zanko največji.

Magnetni dipolni moment je pomemben element magnetike, saj z njim na primer razložimo magnetno polje v snovi, kar bomo tudi v naslednjih poglavjih pokazali.

**Primer 3:** Določite torzijsko konstanto polžaste vzmeti galvanometra z vrtljivo tuljavico in trajnim magnetom tako, da bo odklon kazalca pri toku  $100 \mu\text{A}$  enak  $28^\circ$ . Tuljavica z 250 ovoji je dolga  $2,1 \text{ cm}$  in široka  $2,1 \text{ cm}$  in se nahaja v homogenem polju  $0,23 \text{ T}$ .

$$k \cdot \varphi = NIAB, \quad k = 5,2 \cdot 10^{-8} \text{ Nm/st.}$$

Pokaži izdelek tovarne Magneti, ki izdeluje jedro za navitje za merilni kazalec. Pokaži še kazalec za avtomobil s trajnim magnetom s prečno magnetizacijo in dvema navitjema.

**EKSPERIMENT:** Sila med trajnim magnetom in tuljavico deluje kot zvočnik.

Potrebujem malo tuljavico, trajni magnet, ki gre v tuljavico in selotejp, ki drži skupaj magnet in tuljavico ter obenem deluje kot membrana. Na tuljavico priključimo vir izmeničnega toka.

Ta ustvarja magnetno polje, ki deluje privlačno ali odbojno na magnetno polje trajnega magneta odvisno od polaritete signala. Nariši shemo.

V tem eksperimentu se premika trajni magnet, v zvočnikih se običajno premika tuljavica, ki je povezana z membrano. Nariši shemo.