

## B2\_05 Navor na tuljavo v magnetnem polju

### Teoretični uvod

V dolgo ravno tuljavo z  $N$  ovoji in dolžino  $l$  postavimo manjšo tuljavo z  $N'$  ovoji in presekom  $S'$ . Ta tuljava je vrtljiva okoli navpične osi, postavimo pa jo tako, da je njena geometrijska os pravokotna na geometrijsko os velike tuljave (glej sliko 1a). Tuljavi priključimo na enosmerni napetosti, tako da steče po veliki tuljavi tok  $I$ , po mali tuljavi pa tok  $I'$ . V veliki tuljavi je magnetno polje z gostoto  $B_V = \mu_0 NI/l$ , ki je vzporedno z geometrijsko osjo tuljave. Zaradi toka po mali tuljavi ima le-ta magnetni moment  $p_m = N'I'S'$ . Na malo tuljavo deluje v magnetnem polju velike tuljave navor, ki je največji, kadar sta osi tuljav pravokotni:  $M_{\text{mag}} = p_m B_V = N'I'S'(\mu_0 NI/l)$ . Magnetni navor skuša zasukati geometrijsko os male tuljave vzporedno z magnetnim poljem velike tuljave (slika 1b). Če želimo malo tuljavo obdržati v prvotni legi, moramo navor magnetnega polja uravnovesiti z nasprotno enakim zunanjim navorom, npr. z navorom sile teže  $M_{\text{meh}}$  (sliki 1c,d). V ravnovesju velja

$$\mu_0 N'I'S'NI/l = mgr, \quad (1)$$

pri čemer je  $m$  masa uteži,  $r$  pa dolžina ročice. Iz te enačbe lahko določimo indukcijsko konstanto  $\mu_0$ .

Poglej si tudi teoretični uvod pri vaji B2\_03.

### Naloga

Določi indukcijsko konstanto  $\mu_0$ !

### Potrebščine

Dva usmernika, ampermeter (10 A), ampermeter (1 A), dolga tuljava, mala tuljava (50 mm x 80 mm, 150 ovojev), utež, laserski kazalec.

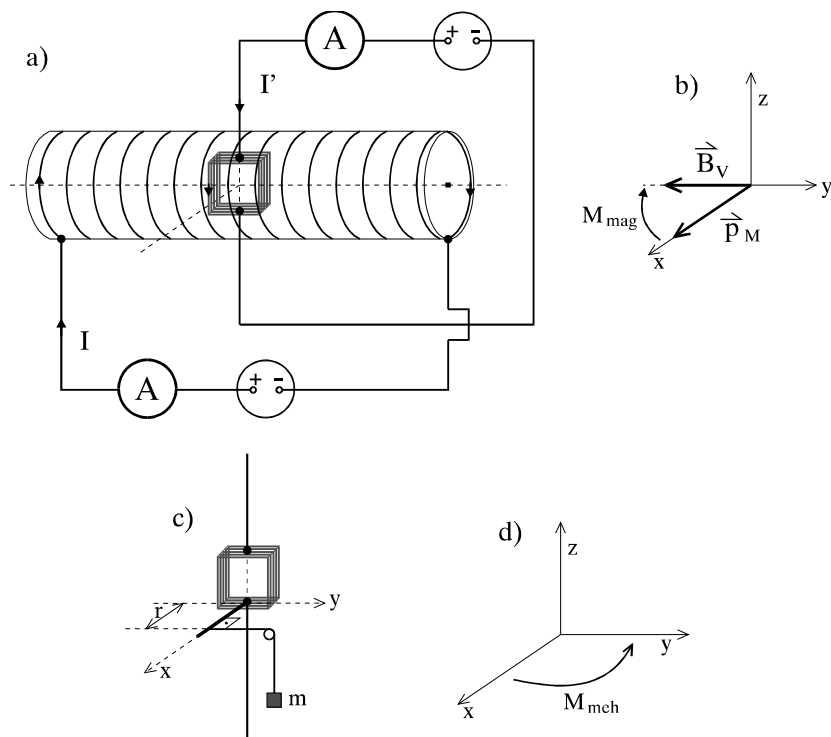
### Navodilo

Poglej, če stoji mala tuljava pravokotno na veliko in jo po potrebi naravnaj. Zapomni si lego na zaslonu, kamor pada svetlobni curek, ko na malo tuljavo ne deluje noben zunanji navor. Na vrstico obesi utež, vključi stikalo in naravnaj tok v mali tuljavi na 0,3 A, v veliki pa na nekaj amperov. Prepričaj se, da magnetni navor nasprotuje navoru teže. Če delujeta oba v isto smer, zamenjaj smer toka skozi malo tuljavo. S spreminjanjem toka v veliki tuljavi poišči ravnovesno lego - glej svetlobni curek na zaslonu. Magnetni navor je tedaj enak navoru sile teže. Meritev nekajkrat ponovi. Meri tudi pri dvakrat večjem številu ovojev - zaporedno veži belo in črno navitje na veliki tuljavi.

Po enačbi (1) izračunaj vrednosti  $\mu_0$ , povprečno vrednost in oceni napako meritve. Dobljeno vrednost primerjaj s pravo vrednostjo:  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Vs/Am}$ .

### Podatki:

- mala tuljava: 150 ovojev, 50 mm x 80 mm
- največji dovoljeni tok v mali tuljavi: 0,3 A
- največji dovoljeni tok v veliki tuljavi: 10 A
- ročica pri navoru sile teže:  $r = 30 \text{ mm}$
- masa uteži:  $m = 1,0 \text{ g}$



Slika 1. a) Postavitev male in velike tuljave. b) Magnetni navor poskuša zavrteti os male tuljave v smeri osi velike tuljave. c) Magnetni navor uravnesimo z mehanskim navorom. d) Mehanski navor poskuša tuljavo zavrteti v nasprotni smeri kot magnetni navor.

**Opomba:** Izraz  $B = \mu_0 NI/l$  velja le za polje v sredini dolge tuljave, pri krajši tuljavi pa je v sredini osnega preseka (izpelji!)

$$B = \mu_0 NI / \left( l \sqrt{1 + (2r/l)^2} \right),$$

kjer je  $2r$  premer tuljave. Če razmerje  $2r/l$  ni majhno, računaj raje s to vrednostjo.

### Razmisli

1. Narišite gostotnice magnetnega polja okoli ravnega vodnika, po katerem teče tok  $I$ , in za kratko in dolgo tuljavo, po kateri teče tok  $I$ .
2. Kako se gostota magnetnega polja spreminja z oddaljenostjo od ravnega vodnika po katerem teče tok?
3. Nariši grafa, kako se spreminja vrednost a) navora in b) energije v tuljavici v odvisnosti od kota zasuka. Razmisli, zakaj je v enačbah enkrat vektorski, drugič pa skalarni produkt.
4. Kako določimo smer magnetnega polja tuljave, če poznamo smer električnega toka?
5. Kakšno smer ima vektor navora, ki deluje na tuljavo v magnetnem polju?
6. Kako bi postavil tuljavi, da zemeljsko magnetno polje ne bi motilo poskusa?
7. Z računom oceni, ali moramo pri naših meritvah upoštevati vpliv zemeljskega magnetnega polja? Vodoravna komponenta zemeljskega magnetnega polja je  $2 \cdot 10^{-5}$  T.
8. Po ravnem tokovodniku teče tok  $I$ . Kako bi se v različnih položajih obrnila magnetna igla kompasa?