

## Vaja 45

# TULJAVA V MAGNETNEM POLJU

Magnetni dipolni moment je lastnost mnogih teles, med drugim permanentnih magnetov, tokovnih zank pa tudi elektronov in atomov. V zunanjem magnetnem polju  $\mathbf{B}$  na telo z magnetnim dipolnim momentom  $\mathbf{p}_m$  deluje navor

$$\mathbf{M} = \mathbf{p}_m \times \mathbf{B}. \quad (45.1)$$

Za tuljavo s presekom  $S$  in z  $N$  ovoji, skozi katero teče tok  $I$ , velja

$$\mathbf{p}_m = NIS. \quad (45.2)$$

Smer površinskega vektorja  $\mathbf{S}$  pove gibanje desnega vijaka, ki ga sukamo v smeri toka. Navor na tuljavo v zunanjem magnetnem polju je tako enak

$$\mathbf{M} = NI \mathbf{S} \times \mathbf{B}. \quad (45.3)$$

Pri vaji bomo kot vir zunanjega magnetnega polja uporabili par Helmholtzovih tuljav. To je priprava, ki jo sestavljata dve enaki okrogli zaporedno vezani tuljavi (vsaka z  $N_H$  ovoji), ki sta nameščeni na isti osi in sta med seboj oddaljeni toliko, kot znaša njun radij  $R_H$  (slika 45.1). Kadar skozi njiju teče električni tok  $I_H$  v isti smeri, kaže gostota magnetnega polja okoli centra postavitve v smeri osi in je precej homogena. Njeno velikost lahko izpeljemo iz Biot-Savartovega zakona, dobimo:

$$B = \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \frac{\mu_0 N_H I_H}{R_H}. \quad (45.4)$$

Velikost navora je tako:

$$M = \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \frac{\mu_0 N N_H I_H I S}{R_H} \sin \varphi, \quad (45.5)$$

kjer je  $\varphi$  kot med vektorjema  $\mathbf{S}$  in  $\mathbf{B}$ . Pri vaji bomo z ustreznimi kombinacijami parametrov  $I$ ,  $I_H$  in  $M$  skušali ta kot obdržati na  $\pi/2$  in določiti indukcijo konstanto.

## 45.1 Naloga

Z uravnovešenjem navora na tuljavo v homogenem magnetnem polju Helmholtzove tuljave določi induksijsko konstanto!

## 45.2 Potrebščine

1. par Helmholtzovih tuljav s polmerom  $R_H=200\text{ mm}$ , vsaka  $N_H=154$  ovojev,
2. merilna tuljava (na voljo različne),
3. stojalo za merilno tuljavo s torzijskim merilcem navora,
4. tokovni usmernik za Helmholtzovi tuljavi,
5. tokovni usmernik za merilno tuljavo.

## 45.3 Navodilo

Najprej pripravi merilno napravo (glej sliko 45.1). Določi premer in število ovojev merilne tuljave (E), iz česar določiš  $S$  in  $N$ . Vrhnji gumb za nastavljanje navora (A) postavi na nič. Pozor, skala opisuje silo v mN in ne navora! Merjena je sila na dolžini ročice (B), ne pozabi je izmeriti. S spodnjim gumbom (C) nastavi izhodiščni položaj, pomagaj si z indikatorsko prečko (B). Pazi da napajalne žice merilne tuljave (E) nanjo ne povzročajo dodatnega navora. Poskrbi, da bo os Helmholtzovih tuljav (D) pravokotna na os merilne tuljave (E)!

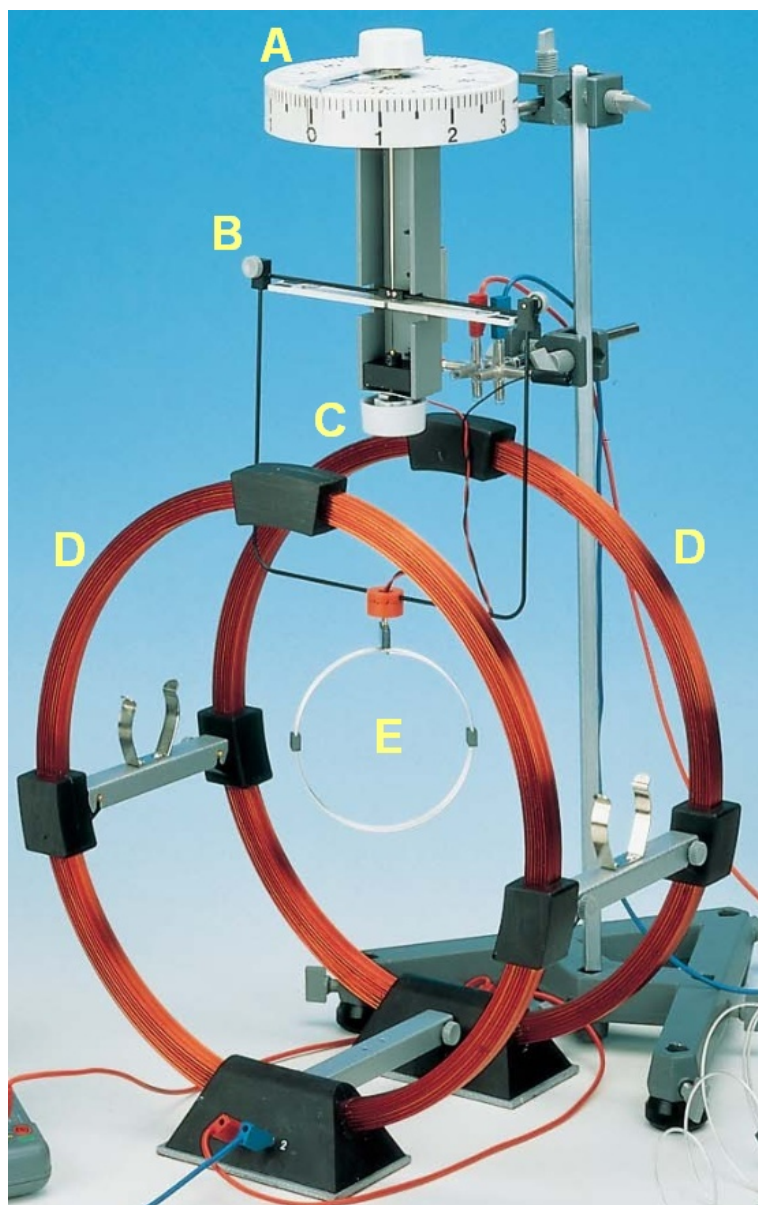
Preveri električno vezavo. Vklopi oba napajalnika. Ko tečeta oba tokova, se na tuljavo pojavi navor, ki jo odkloni iz ravnovesne lege. Z vrtenjem vrhnjega gumba (A) določi navor, ki je potreben, da tuljavo vrneš v ravnovesno lego.

Tok skozi Helmholtzovo tuljavo **ne sme preseči 3 A!**

Zapiši si trojčke parametrov  $F$ ,  $I$  in  $I_H$ , ki obdržijo tuljavo v ravnovesni legi. Indukcijsko konstanto lahko iz (45.5) določiš na več načinov. Če je eden izmed parametrov (npr.  $I$ ) konstanten, lahko  $\mu_0$  izračunaš iz naklona premice v grafu drugih dveh parametrov. Sicer pa jo lahko izračunamo iz strmine grafa, kjer nanašamo produkt (oziroma razmerje) dveh parametrov proti tretjemu. Opravi primerno število meritev in iz primerne grafa določi vrednost induksijske konstante in tudi njeno negotovost! Primerjaj rezultat s predpisano vrednostjo  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$ .

## 45.4 Vprašanja

1. Kako določimo smer magnetnega polja znotraj tuljave, če poznamo smer električnega toka?
2. Kakšno smer ima vektor navora, ki deluje na tuljavo v magnetnem polju?
3. Kako je navor odvisen od kota med smerjo magnetnega polja in osjo tuljave?



Slika 45.1: Merilna naprava: A - gumb za nastavljanje navora, B - indikatorska prečka, C - gumb za nastavljanje izhodišča, D - Helmholtzovi tuljavi, E - merilna tuljava.