

4b. Magnetski dipolni moment u magnetskom polju

1. Ključni pojmovi

Magnetski dipolni moment, homogeno magnetsko polje, Helmholtzove zavojnice, moment sile, torzijski dinamometar

2. Teorijski uvod

Magnetski dipolni moment strujne petlje koja leži u nekoj ravnini iznosi¹

$$\vec{m} = N \cdot I \cdot A \cdot \vec{n}_0, \quad (1)$$

gdje je N broj zavoja u petlji, I jakost struje, A površina petlje, a \vec{n}_0 je jedinični vektor okomit na ravninu u kojoj leži petlja. Predznak se izabire tako da se smjer struje u petlji i smjer vektora \vec{m} odnose prema pravilu desne ruke. Ako je takva strujna petlja smještena u magnetsko polje \vec{B} , na nju djeluje moment sile

$$\vec{T} = \vec{m} \times \vec{B}. \quad (2)$$

Za postizanje približno homogenoga magnetskog polja često se upotrebljava par zavojnica u Helmholtzovoj konfiguraciji. Pokazuje se da je polje između dviju paralelnih zavojnica vrlo homogeno ako je udaljenost zavojnica jednaka njihovom polumjeru. Magnetska indukcija u takvoj konfiguraciji dana je strujom I_H koja prolazi kroz zavojnice i konstantom C Helmholtzovih zavojnica:

$$|\vec{B}| = C \cdot I_H. \quad (3)$$

Apsolutna vrijednost momenta sile dobiva se iz relacija (1)-(3)

$$|\vec{T}| = |\vec{m}| |\vec{B}| \sin \alpha = C \cdot N \cdot A \cdot I \cdot I_H \sin \alpha. \quad (4)$$

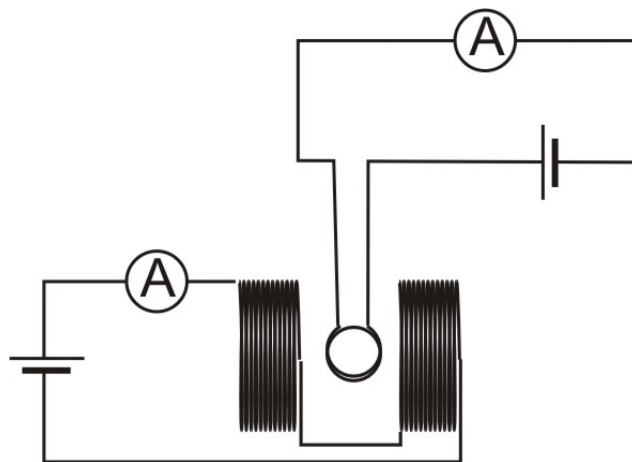
3. Mjerni uređaj i mjerenje

Mjerni uređaj prikazan je na slici 1. Sastoji se od para zavojnica u Helmholtzovoj konfiguraciji, strujne petlje polumjera $r = 62$ mm, torzijskog dinamometra, dva izvora istosmjerne struje, dva mjerna instrumenta (ampermetra) i više dovodnih žica. Jedan strujni izvor služi za strujnu petlju (magnetski moment \vec{m}), a drugi za Helmholtzove zavojnice (polje \vec{B}). Ampermetri se uključuju serijski u strujne krugove. Helmholtzove zavojnice trebaju biti serijski spojene tako da njima teče ista struja I_H . Važno je da smjer struje u zavojnicama bude takav da obje daju polje \vec{B} istoga smjera. To se može provjeriti zasebnim uključivanjem pojedinih zavojnica i praćenjem smjera zakretanja strujne petlje (magnetskog momenta). Kut između strujne petlje i Helmholtzovih zavojnica namješta se u razmacima od 15° naizmjeničnom uporabom zarezna na nosaču male zavojnice. Dovodne žice u svakom krugu također stvaraju neku petlju i uzrokuju neko polje pa je uputno prije mjerenja lagano ispreplesti dovodni par žica kako bi se ta petlja smanjila. Skala na torzijskom dinamometru pokazuje kolika sila djeluje na krak $l = 126$ mm. Očitano vrijednost sile (izraženu u milinjutnima) treba pomnožiti s l da bi se dobio moment sile $|\vec{T}|$.

¹ vidi "Udžbenik fizike Sveučilišta u Berkeleyu" - Svezak II, str. 236, jedn. (10.37) i str. 265, zadatak 6.22.



Slika 1. Mjerni uređaj; desno: pogled odozgo na skalu torzijskog dinamometra



Slika 2. Shema spajanja

Pozor! Pazite da ne propustite prejaku struju kroz bilo koju od zavojnica. Mjerenje počnite malom strujom, a zatim povećavajte njezinu jakost. **Maksimalna dopuštena jakost struje kroz Helmholtzove zavojnice iznosi 3 A za dugotrajnije mjerenje, odnosno 6 A za kratkotrajno uključivanje.** Kad se strujni izvor kratkotrajno uključuje, dolazi do naglih zakreta torzijskog dinamometra. Stoga treba često provjeravati njegov nulti položaj i, prema potrebi, popraviti ga s pomoću sivog gumba s donje strane dinamometra.

4. Zadaci

1. Odaberite kut između magnetskog polja i magnetskoga dipolnog momenta $\alpha = \pi/2$. Za konstantnu struju I_H kroz Helmholtzove zavojnice, izmjerite ovisnost iznosa momenta sile $|\vec{T}|$ o struji I za desetak različitih jakosti struje kroz petlju (do max. 6 A – **pogledajte napomenu u tekstu**) te nacrtajte graf. Iz grafa izračunajte konstantu C Helmholtzovih zavojnica.
2. Odaberite struje $I = I_H = 3$ A i izmjerite ovisnost momenta sile o kutu α . Kutove mijenjajte od 0° do 90° u koracima od 15° . Nacrtajte graf $|\vec{T}| - \sin \alpha$ i provjerite valjanost relacije (4). Izračunajte konstantu C i usporedite s prvim zadatkom.
3. Posudite voltmetar i metodom 4 kontakta izmjerite otpor jedne od Helmholtzovih zavojnica.