

## B2\_08 Merjenje gostote magnetnega polja

### Teoretični uvod

Gostoto magnetnega polja merimo npr :

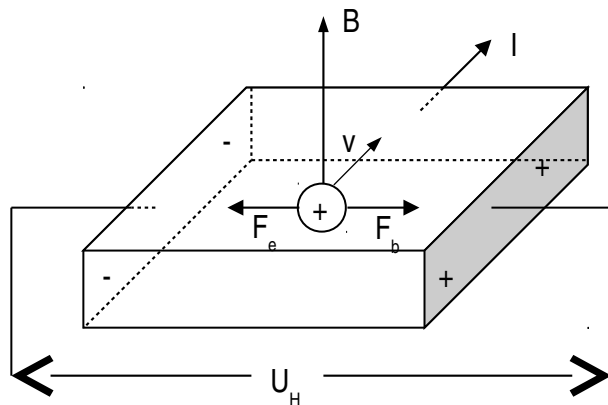
- s tehtanjem sile na vodnik v magnetnem polju,
- s primerjanjem učinkov znanega in neznanega magnetnega polja,
- z indukcijo.

Poišči razlago za posamezne primere.

Za merjenje gostote magnetnega polja lahko izkoristimo tudi Hallov pojav v polprevodniku. V vodnikih, ki sekajo silnice magnetnih polj, električno polje ni vzporedno z osjo vodnika, ampak ima komponento, ki je pravokotna na vodnik. Jakost prečne komponente je sorazmerna z gostoto magnetnega polja. Prečna napetost (Hallova napetost), ki jo lahko preprosto izmerimo z milivoltmetrom, je odvisna od gostote magnetnega polja. V polprevodniku je velikost Hallove napetosti nekaj deset mV. Hallovo napetost  $U_H$  izračunamo po enačbi :

$$U_H = \frac{IB}{neb}.$$

- $I$  - jakost električnega toka
- $B$  - gostota magnetnega polja
- $e$  - naboj večinskih nosilcev električnega naboja
- $b$  - širina vodnika
- $n$  - gostota nosilcev naboja



Vidimo, da je Hallova napetost sorazmerna z gostoto magnetnega polja in jakostjo električnega toka. Če poskrbimo, da imamo pri meritvah vselej enak tok, lahko zapišemo:  $U=kB$ . Koeficient  $k$  določimo z umeritvijo merilnika.

### Naloga

1. Z znanim magnetnim poljem dolge tuljave umeri Hallov merilnik.

Nariši umeritveno krivuljo  $U = U(B)$ .

2. Preveri enačbo za gostoto magnetnega polja v sredini med Helmholtzovima tuljavama:

$$B = \frac{8\mu_0}{\sqrt{125}} NI / r, \quad N=320, \quad r_0 = 0,068 \text{ m.}$$

3. Izmeri gostoto magnetnega polja paličastega magneta v odvisnosti od razdalje od pola magneta.

### Potrebščine

Hallova sonda, dva stabilizirana izvira napetosti, dolga ravna tuljava, Helmholtzovi tuljavi, digitalni merilnik, dva ampermetra, paličasti magnet, ravnilo.

### Navodilo

1. Magnetno polje v dolgi tuljavi, po kateri teče znani tok, je  $B = \mu_0 NI / l$ . Poveži zaporedno napetostni vir, ampermeter in tuljavo (uporabi vsa tri navitja). Nastavi tok na neko vrednost, recimo 0,16 A, izmeri še dolžino  $l$  in odčitaj  $N$ , pa lahko izračunaš, da je gostota 1,0 mT. Preveri in oceni napako. Drugačne gostote dobiš s spreminjanjem toka. Hallova sonda potrebuje vzbujevalni tok.

Zato priključi sondo preko ampermetra na drug napetostni vir. **Preveri, da je napetost vira pred vklopom nastavljena na nič. Napetost nastavi tako, da bo skozi sondo tekel tok 30 mA, pri čemer je napetost okoli 6 V. Večji tok lahko sondo uniči. Nastavljeni tok je parameter pri vseh naslednjih meritvah in naj bo konstanten.** Izhodna priključka sonde priključi na digitalni voltmeter, s katerim boš meril Hallovo napetost. Z gumbom na sondi nastavi ničlo izhodne napetosti. Preveri delovanje sonde, tako da se s sondo približaš trajnemu magnetu.

Pred umerjanjem postavi sondo v sredino dolge tuljave. Merilni del sonde naj bo pravokoten na gostotnice. Nato začni z umerjanjem: tok po veliki tuljavi spreminjaj v korakih po 0,1 A in meri odziv sonde  $U_H$ . Izračunaj gostoto magnetnega polja  $B$  v tuljavi pri danem toku in nariši umeritveni diagram za Hallovo sondo  $U_H = U_H(B)$ .

2. Zaporedno poveži Helmholtzovi tuljavi in ju preko ampermetra priključi na izvir napetosti. Sondo postavi v sredino med tuljavi. Toka za napajanje sonde ne spreminjaj. Spet naj bo občutljivi del pravokoten na gostotnice. Pri več različnih tokovih skozi tuljavi izmeri najprej Hallovo napetosti, iz umeritvenega diagrama pa določi gostoto magnetnega polja v sredini med tuljavama. Nariši diagram  $B = B(\mu_0 NI / r_0)$  in iz strmine odčitaj številski faktor ter ga primerjaj s teoretično vrednostjo.

3. Na ravnilo položi paličasti magnet, sondo pa tako, da boš meril polje v vzdolžni smeri. Pri tem je seveda občutljivi del sonde pravokoten na to smer. Spreminjaj oddaljenost v korakih po 1 cm od enega pola in meri  $U_H$ , doma pa iz umeritvenega diagrama določi pripadajoče gostote. Meritve napravi še za drugi pol (severni je modro obarvan). Nariši diagram  $B = B(x)$ . Meritve za oba pola vnašaj v en diagram v isti kvadrant in označi, katere točke spadajo h kateremu polu. Ali je magnet popolnoma simetričen?

## Razmisli

1. Izpelji enačbo za Hallovo napetost.
2. Iz Biott-Savartovega zakonu izpelji enačbo za  $B(r)$  za neskončen raven vodnik, polneskončen raven vodnik, končen raven vodnik z dolžino  $d$ .
3. Opišite magnetno polje Zemlje, ravnega tokovodnika, kratke in dolge tuljave!
4. Kaj bi izmerili z volt-metrom, če bi se debelina vodnika v Hallovi sondi podvojila?
5. Opišite magnetno polje Zemlje, ravnega tokovodnika, kratke in dolge tuljave!
6. Kaj bi se zgodilo, če bi priključka na eni izmed Helmholtzovih tuljav obrnili?
7. Zakaj med vajo nismo smeli spreminjati napajalnega toka Hallove sonde?
8. Razmisli, če na meritev vpliva zemeljsko magnetno polje.
9. Hallovo sondo smo umerili v dolgi tuljavi. Zakaj?
10. S pomočjo slike pokaži in IZPELJI izraz za gostoto magnetnega polja v središču ene tokovne zanke!
11. Izpelji izraz za gostoto magnetnega polja v središču dveh enakih tuljav, po katerih teče tok tako, da ustvarjata v njunem središču magnetno polje! Geometrijski osi obeh tuljav sta na eni premici, polmer tuljav je  $r$ , razmik med tuljavama je  $r$ . Za poenostavitev vzemi, da je vsaka tuljava le en ovoj. Ali iz geometrije dobimo rešitev  $B = \frac{8\mu_0}{\sqrt{125}} NI / r$  ?

