

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za matematiko in fiziko*



Oddelek za fiziko

Meritve magnetnega polja z indukcijo

Poročilo pri fizikalnem praktikumu III

avtor: Kristofer Č. Povšič

Asistentka: Jelena Vesić

Uvod

Magnetno polje merimo z majhno tuljavico z veliko ovoji, ki je postavljena vzporedno zunanemu magnetnemu polju. Napetost se v tuljavi inducira v dveh primerih: ob prekinitvi toka elektromagneta ali premiku tuljavice iz področja polja. Inducirano napetost u izračunamo iz enačbe

$$U = -\frac{d\phi}{dt} = -NS\frac{dB}{dt} \cos \alpha \quad (1)$$

kjer je ϕ magnetni pretok, N število ovojev, S ploščina tuljavice, B gostota magnetnega polja in α kot med osjo tuljavice in smerjo magnetnega polja.

Pri indukciji napetosti U je navitje porazdeljeno med notranjim r in zunanjim R radijem:

$$dU = -\frac{dB}{dt} \pi r^2 \cos \alpha dN \quad (2)$$

Gostota navitja dN naj bo konstantna:

$$\frac{dN}{2\pi r dr} = \frac{B}{\pi(R^2 - r^2)} \quad (3)$$

Iz tega dobimo po integriranju v mejah med r in R :

$$U = -N\pi \frac{R^2 + r^2}{2} \frac{dB}{dt} \cos \alpha \quad (4)$$

Inducirana napetost je sorazmerna s spremembo gostote magnetnega polja $\frac{dB}{dt}$. Zanima nas pa vrednost gostote magnetnega polja B . Na izhod priključimo integrator in dobimo

$$U_{iz} = \frac{N}{RC} \frac{R^2 + r^2}{2} \pi B_2 \quad (5)$$

Naloga

1. Izmeri odvisnost gostote magnetnega polja B na osi tokovne zanke z oddaljenostjo od njenega središča
2. Izmeri relacijo med jakostjo električne toka I in gostoto magnetnega polja B v elektromagnetu.

Potrebščine

- 2 merilni tuljavi z notranjim $2r = (18 \pm 0.1)mm$ in zunanjim premerom $2R = (23 \pm 0.5)mm$, $N_1 = 2000$, $N_2 = 200$
- integrator z $R = (10.0 \pm 0.5)k\Omega$ in $C = (1.0 \pm 0.1)\mu F$
- voltmeter, ampermeter, šolski usmernik omejen na $6A$ toka, zaščita pred sunki
- velika tuljava s premerom $2R_0 = (250 \pm 2)mm$, $N_3 = 200$ ovoji z navpičnim nosilcem za merilno tuljavico
- elektromagnet na lesenem nosilcu

Navodilo

Veliko tuljavo priključimo na šolski usmernik s tokom $I = 4A$. Merilno tuljavo z večjim št. navojen natakemo na navpični nosilec in jo priključimo na integrator. Izhod integratorja povežemo z voltmetrom. Zaradi neidealnosti elektronskih elementov izhod integratorja "leže" tudi kadar na vhodu pripeljemo ničlo. Lezenje vstavimo s primerno nastavitvijo potenciometra na integrator, ničlo pa nastavimo s tipko reset. Izmerimo gostoto magnetnega polja B na osi krožnega tokovodnika (tuljave) kot funkcijo razdalje od središča. Dobljeno vrednost $B(h)$ narišemo na graf in jo primerjamo s teoretično krivuljo $B_{zanka}(h)$ za tokovno zanko radija r_0 po kateri teče tok I_0 .

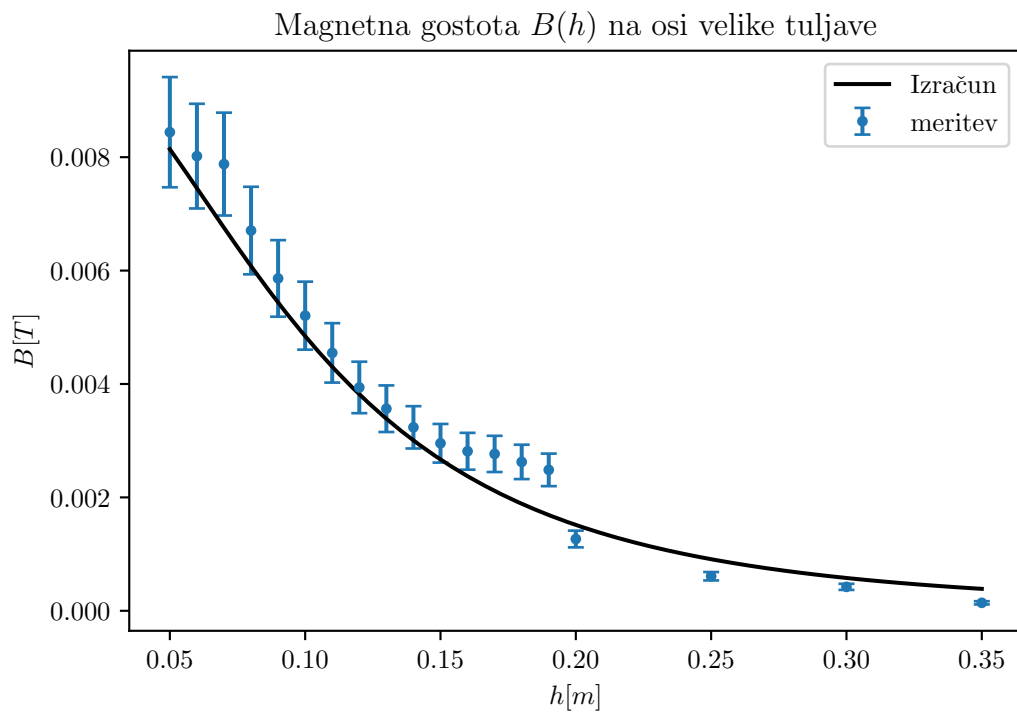
Šolski usmernik zvečemo z elektromagnetom pritrjenim na leseno stojalo. Na integrator priključimo merilno tuljavo z manj navoji. Elektromagnet je sestavljen iz dveh isto orientiranih navitij na ogrodju z magnetno mehkega železa z režo med njima. V slednji sondiramo gostoto magnetnega polja. Z izmeničnim vlečenjem oz. potiskanjem tuljave v rezo izmerimo odvisnost $B(I)$ v intervalu od 0 do $5A$. Narišemo graf. Iz naklona premice izračunamo kolikšen naj bi bil N/L dolge prazne tuljave, ki bi imela enako zvezo med B in I kot obravnan elektromagnet.

Obdelava podatkov

Za prvi del meritev sem dobil sledeče podatke:

$h[cm]$	$U[mV]$
5.00	180.00
6.00	171.00
7.00	168.00
8.00	143.00
9.00	125.00
10.00	111.00
11.00	97.00
12.00	84.00
13.00	76.00
14.00	69.00
15.00	63.00
16.00	60.00
17.00	59.00
18.00	56.00
19.00	53.00
20.00	27.00
25.00	13.00
30.00	9.00
35.00	3.00

Izrišem sledeč graf:

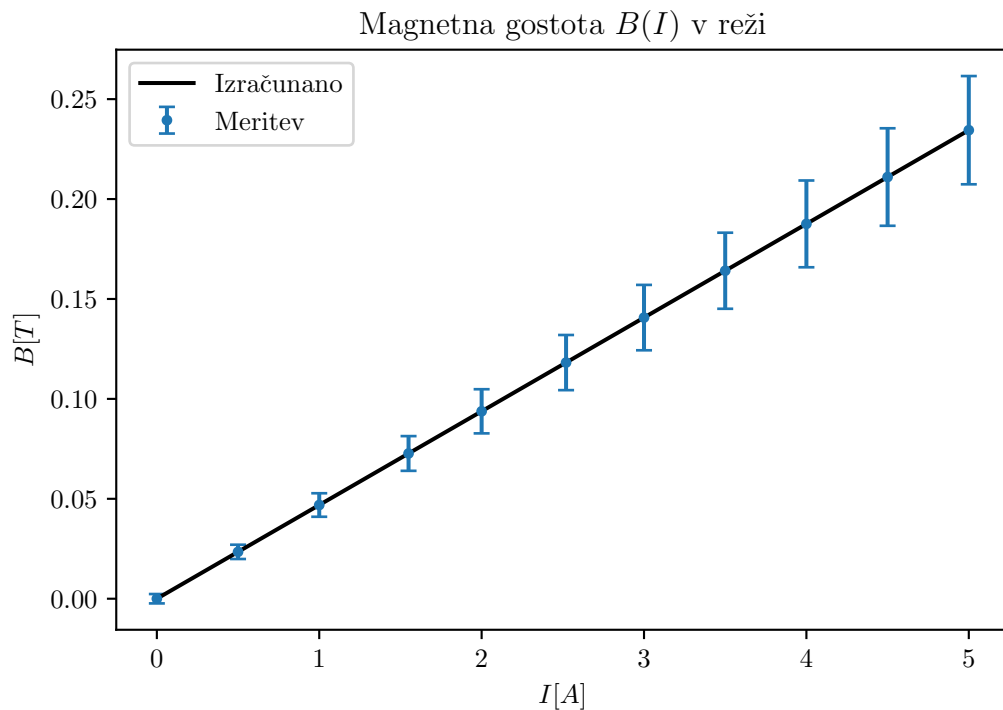


Slika 1: Pričakovana ter izmerjena gostota magnetnega polja z napakami pri različnih oddaljenostih h od središča velike tuljave

Za drugi del izmerim sledeče podatke:

$I[A]$	$U[mV]$
0.00	0.06
0.50	0.60
1.00	1.12
1.55	1.54
2.00	2.07
2.52	2.50
3.00	3.00
3.50	3.45
4.00	4.00
4.50	4.35
5.00	4.68

Izrišem sledeč graf:



Slika 2: Meritve magnetne gostote v reži elektromagneta pri različnih tokovih skozi elektromagnet z regresivno premico.

Na sliki ?? se jasno vidi linearna odvisnost. Naklon regresivne premice je:

$$k = (0.047 \pm 0.008) \frac{T}{A}$$

Če bi torej elektromagnet pri enakem toku nadomestili z dolgo prazno tuljavo, bi potrebovali navitje gostote:

$$\frac{N}{L} = (110000 \pm 6000) m^{-1}$$