

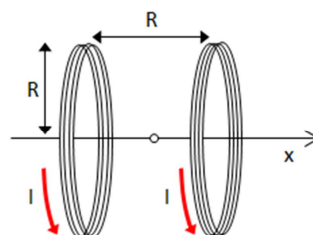
Državno natjecanje iz fizike
Brodarica, 25.-28. svibnja 2016.

RJEŠENJE EKSPERIMENTALNOG ZADATKA

3. skupina

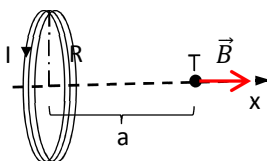
1. dio

Helmholtzove zavojnice su dvije jednake zavojnice, polumjera R , sa N namotaja, postavljene paralelno sa zajedničkom osi koja prolazi njihovim središtima i razmaknutih za R . Ako se spoje tako da njima teku struje u istom smjeru, između zavojnica nastaje približno homogeno magnetsko polje.



1 bod

Smjer vektora magnetske indukcije u točki T određuje se pravilom desne ruke, savijeni prsti pokazuju smjer obilaska struje u pelji, a palac smjer magnetske indukcije:



1 bod

Magnetska indukcija za slučaj da su zavojnice sa N namotaja, razmaknute na udaljenosti njihovog promjera R , u točki koja je u sredini između jedne i druge zavojnice, i kojima teku struje u istom smjeru, određena je pomoću preklapanja magnetskih indukcija dviju kružnih petlji:

$$B = B\left(\frac{R}{2}\right) + B\left(-\frac{R}{2}\right) = 2B\left(\frac{R}{2}\right)$$

Za zavojnicu se iznos poveća za broj namotaja, N puta:

$$B = \mu \frac{NIR^2}{\left[R^2 + \left(\frac{R}{2}\right)^2\right]^{3/2}}$$

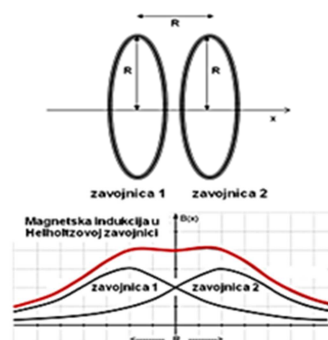
Za $\mu_r=1$ slijedi:

$$B = \left[\frac{4}{5}\right]^{3/2} \frac{\mu_0 NI}{R}$$

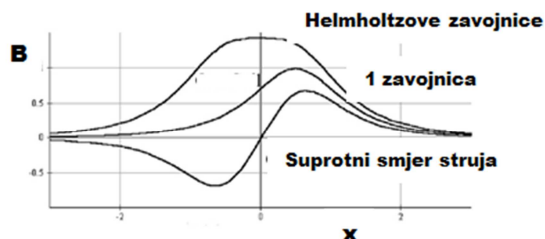
3 boda

Homogeno magnetsko polje dviju zavojnica kojima teku struje u istom smjeru može se predložiti preklapanjem magnetskih indukcija svake zavojnice zasebno:

1 bod

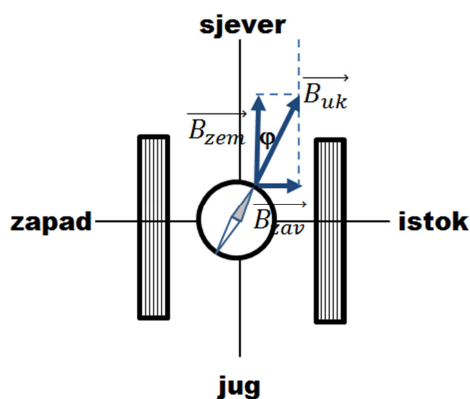


Grafički prikaz ovisnosti magnetske indukcije Helmholtzovih zavojnica, jedne zavojnice kad njima teku struje, te dviju usporednih zavojnica kad struje teku u suprotnim smjerovima. U tom slučaju magnetsko polje iščezava, potencijal je jednak nuli.



1 bod

Zavojnice treba tako usmjeriti da je njihova os okomita na smjer magnetskog polja Zemlje.



2 boda

Kompas postavljen u magnetsko polje zavojnica pokazuje smjer rezultatnog magnetskog polja zavojnica i Zemlje.

Mijenjanjem jakosti struje kroz zavojnice mijenja se kut otklona magnetske igle od pravca sjever-jug. Mjerenjem jakosti struje može se odrediti magnetska indukcija između zavojnica.

Kako bi se odredila horizontalna komponenta magnetske indukcije Zemlje mjeri se kut otklona.

Tada je:

$$B_{zem} = \frac{B_{zav}}{\tan \varphi}$$

1 bod

Rezultati mjerenja i grafički prikaz ovisnosti magnetske indukcije zavojnice (B_{zav}) o kutu otklona magnetske igle ($\tan \varphi$):

$N=100$

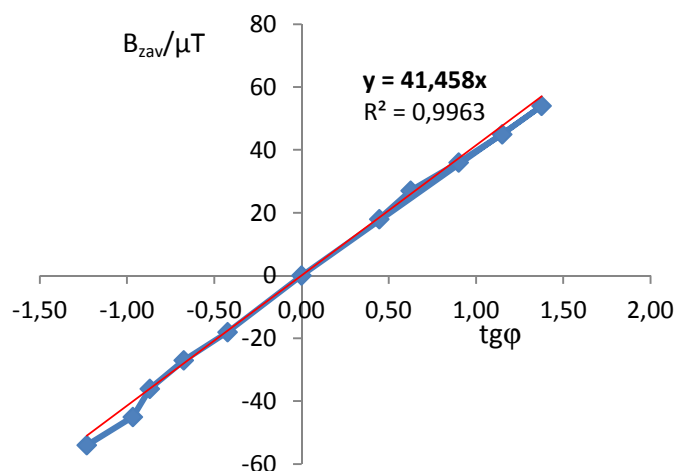
$R=5\text{cm}$

Na osnovu mjerenja jakosti struje kroz zavojnicu određuje se magnetska indukcija zavojnice, i očitava kut otklona magnetske igle.

$$B_{zav} = \left[\frac{4}{5} \right]^{\frac{3}{2}} \frac{\mu_0 N I}{R}$$

1 bod

I/mA	$\varphi/^\circ$	$\text{tg}\varphi$	$B_{\text{zav}}/\mu\text{T}$	$B_{\text{zem}}/\mu\text{T}$
10	24	0,445	18	40,449
15	32	0,625	27	43,200
20	42	0,900	36	40,000
25	49	1,150	45	39,130
30	54	1,376	54	39,244
-30	-23	-0,424	-18	42,453
-25	-34	-0,675	-27	40,000
-20	-41	-0,869	-36	41,427
-15	-44	-0,966	-45	46,584
-10	-51	-1,230	-54	43,902



2 boda

Ako se promijeni smjer struje u zavojnicama, mjerenja bi trebala biti simetrična.

Iz grafa se može očitati: $B_{\text{zav}} = 41,5 \mu\text{T}$ ili

$$B_{\text{zav}} = 4,15 \cdot 10^{-5} \text{T}$$

Horizontalna komponenta magnetske indukcije Zemlje je:

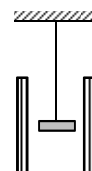
$$B_{\text{zem}} = (43,09 \pm 0,89) \cdot 10^{-5} \text{T}$$

1 boda

S obzirom na moguću prisutnost električnih uređaja, magnetskih materijala, ukupna magnetska indukcija ne proizlazi samo od magnetskog polja zavojnica i Zemlje.

2. dio

Mjerenje magnetske indukcije Zemlje pomoću magnetskog njihala



Ovjesi li se i postavi ravni ili štapičasti magnet u magnetsko polje tako da je magnet usmjeren u smjeru magnetskih silnica vanjskog polja, on je uravnotežen. Pomakne li se magnet za neki kut u odnosu na smjer u kojem se nalazi kad je uravnotežen, izvodit će titranja u horizontalnoj ravnini oko osi koja prolazi okomito kroz njegovo središte (smjer niti), ako je njegov magnetski moment izraženiji od ostalih momenata. Ako su početni otkloni u granicama (nekoliko stupnjeva), titranja će biti harmonijska. Na osnovu toga može se izraziti veza između magnetske indukcije zavojnica i perioda titranja:

$$B = \left(\frac{4\pi^2 I_m}{\mu B} \right) \frac{1}{T^2}$$

Usmjeri li se magnetsko polje zavojnice u smjeru magnetskog polja Zemlje, ukupno polje u kojem se magnet nalazi proizlazi iz magnetskog polja Zemlje i magnetskog polja zavojnica. Tada se ukupna magnetska indukcija može odrediti kao zbroj magnetske indukcije zavojnice i Zemlje:

$$B_{uk}=B_{zem}+B_{zav}$$

$$B_{uk} = B_{zem} + \left[\frac{4}{5}\right]^{\frac{3}{2}} \frac{\mu_0 N I}{R}$$

Tada je

$$\frac{1}{T^2} = \frac{\mu}{4\pi^2 I_m} \left[B_{zem} + \left[\frac{4}{5}\right]^{\frac{3}{2}} \frac{\mu_0 N I}{R} \right]$$

3 boda

Ili se period može izraziti kao funkcija:

$$\frac{1}{T^2} = C_0 + C_1 I$$

gdje su:

$$C_0 = \frac{\mu}{4\pi^2 I_m} B_{zem} \quad i \quad C_1 = \frac{\mu}{4\pi^2 I_m} \left[\frac{4}{5}\right]^{\frac{3}{2}} \frac{\mu_0 N}{R}$$

1 bod

Potrebno odrediti članove C_0 i C_1 na osnovu mjerenja perioda oscilacija magneta u magnetskom polju. Ovisnost recipročne vrijednosti kvadrata perioda titranja $1/T^2$ o jakosti struje I treba prikazati grafički. Pretpostavljena je linearna ovisnost.

Magnetska indukcija Zemlje se može izraziti preko omjera prethodnih izraza:

$$B_{zem} = \frac{C_0}{C_1} \left[\frac{4}{5}\right]^{\frac{3}{2}} \frac{\mu_0 N}{R}$$

2 boda

Rezultati mjerenja:

Broj njihaja = 10

N=100

R=5cm

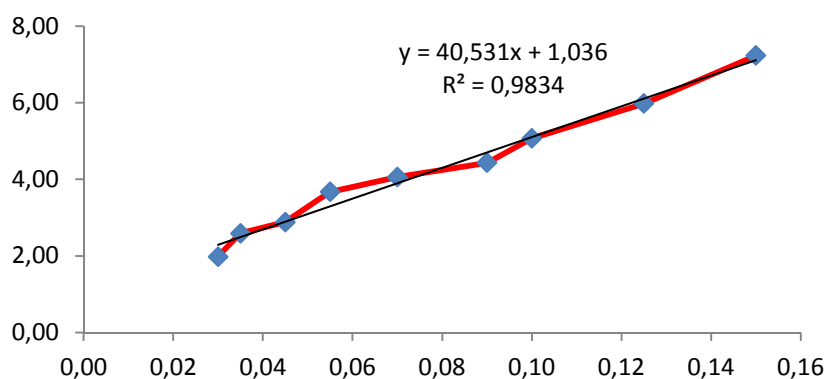
I/A	t/s	T/s	$T^2(s^2)$	$1/T^2(s^{-2})$
0,15	3,72	0,37	0,14	7,23
0,13	4,09	0,41	0,17	5,98
0,10	4,44	0,44	0,20	5,07
0,09	4,75	0,48	0,23	4,43
0,07	4,96	0,50	0,25	4,06
0,06	5,22	0,52	0,27	3,67
0,05	5,89	0,59	0,35	2,88
0,04	6,21	0,62	0,39	2,59
0,03	7,11	0,71	0,51	1,98

1 boda

$1/T^2 (s^{-2})$

Graf ovisnosti $1/T^2$ o I

2 boda



Na osnovu linearne regresije može se očitati se i izračunati:

nagib pravca: $a=40,531 \text{ s}^{-2}/\text{A}$, standardna devijacija: $\sigma_a=1,093 \text{ s}^{-2}/\text{A}$

odsječak na ordinati: $b=1,036 \text{ s}^{-2}$, standardna devijacija $\sigma_b=0,054 \text{ s}^{-2}$ **2 boda**

Odnosno:

$$C_0 = (1,036 \pm 0,054) \text{ s}^{-2}$$

$$C_1 = (40,531 \pm 1,093) \text{ s}^{-2}/\text{A}$$

Uvrštavanjem ovih parametara, polumjera zavojnice, broja namotaja, može se izračunati iznos horizontalne komponente magnetske indukcije Zemlje:

$$\mathbf{B} = 4,38 \cdot 10^{-5} \text{ T} \quad \mathbf{1 \text{ bod}}$$

Ukupna magnetska indukcija Zemlje odredila bi se na osnovi tangencijalne i radijalne komponente.

1 bod

Diskusija rezultat:

3 boda

Neki mogući uzroci koji utječu na rezultate mjerenja:

Uz najveći problem, prisutnost električnih uređaja oko nas i niz dodatnih uzroka koje dovode do određenih odstupanja u mjerenjima. Početno već smo osuđeni na postojanje dodatnog magnetskog polja, a koje znatno utječe na rezultate.

Jedan od ozbiljnih razloga odstupanjima u mjerenjima može biti i nehomogenost polja. Ograničenja su i veličine zavojnica. Te njihovo postavljanje.

Baterija nije najbolji primjer izvora napona.

Preciznost izrade i veličina kompasa uvjetuju tačnost očitavanja. Između igle kompasa i osovine postoji trenje, a samim tim i određeni gubici.

Magnet je jači izvor magnetskog polja. Osjetljiviji za mjerenje, ali i osjetljiv na vanjske utjecaje.

I duljina niti uvjetuje koliko su oscilacije harmonijske.

Magnet bi trebao biti vrlo precizno postavljen kako bi mu gibanje bilo ograničeno samo u horizontalnoj ravni...

Napomena: u ovisnosti o eksperimentalnom postavu, rezultati se mogu razlikovati. Boduje se ispravan prikaz rezultata, obrada i obrazloženje.