

Zemeljsko magnetno Polje

Pri tej vaji z dvema metodama merimo velikost vodoravne komponente gostote zemeljskega magnetnega polja B_z .

Kompenzacijska metoda

Postavimo tuljavo v smer silnic magnetnega polja Zemlje, karor jo laze kompas. Velikost toka v tuljavi I nastavimo, da je polje v sredini tuljave ravno enako mejnemu a nasprotno obrnjeno. Vsota gostot polj je znotraj tuljave 0 in magnetna igla raba indiferentna. (Njena mag. en. ni odvisna od smeri) Polje tuljav lahko izracunamo kot:

$$B_T = \frac{\mu_0 N I}{\sqrt{L^2 + (2r)^2}}$$

L... dolzina tuljave
r... premer tuljave
N... st. drojev

Indiferentno ravnotezje je v praksi težko dosežti. Zato je lažje opraviti meritve izven indiferentne lege, ker se igla v koncnem času izniha v ravnovesno lego. Pri tem tuljavo zasulamo za mehen kot δ , glede na smer sever-jug, in izmerimo tok, pri katerem se postavi magnetna igla v smeri simetake smeri severjug in osjo tuljave. Obe poljski gostoti sta takrat spet enaki.

Gaussova metoda

Tu hkrati merimo dve velicini: vodoravno komponento mag. polja B_z in magnetni moment paličastega magneta \vec{p} . Zato moramo napraviti dve meritvi. Pri prvi izmerimo nihajni čas, s katerim naha prosto viseči vodoravni magnet okrog mikrone lege. Okrog narpicne osi najh deluje navor $\vec{M} = \vec{p} \times \vec{B}_z$ ($|\vec{M}| = p B_z \sin\theta$) in nogo govo nihanje opiše:

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} = -p B_z \sin\theta$$

$$J = m \left(\frac{r^2}{2} + \frac{h^2}{12} \right)$$

\vec{J} je vati. mom. Za magnet nose m obli navpične osi, kar je
Valj z višino h in radijem r . Za majhne amplitude velja:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{pB_z}{J}}$$

Iz meritve ω_0 lahko določimo produkt pB_z , druga meritev pa je
potrebna da še določimo kvocient p/B_z . Uporabimo isti paličasti magnet
kot prej in primerjamo njegovo polje z Zemljskim mag. poljem
Magnetno polje paličastega magneti ima v veliki oddaljenosti glede na
dimenzije magneti obliko polja točkastega dipola:

$$\vec{B}_p = \frac{\mu_0}{4\pi r^3} \left[-\vec{p} + \frac{3(\vec{p} \cdot \vec{r})\vec{r}}{r^2} \right]$$

Za lažjo obdelavo rezultatov se zanimamo le za polje dipola v
njegovi ekvatorialni ravnini. Tuhrat je $\vec{p} \cdot \vec{r} = 0$. Meritev opravimo
tako, da paličasti magnet postavimo pravokotno na zemljsko
Mag. polje in postav v različnih oddaljenostih od magneti v
njegovi ekvatorialni ravnini z magnetno iglo določimo smer rezultante
obeh polj. Iščani kvocient p/B_z dobimo iz relacije:

$$\tan \alpha = \frac{B_p}{B_z} = \frac{\mu_0}{4\pi r^3} \frac{p}{B_z}$$

Naloga:

1. Izmeri vodoravno komponento gostote zemljskega magnetnega polja
s kompenzacijo in po Gaussovi metodi.
2. Določi magnetni moment paličastega magneti.

Potrebščine:

- tuljarka na vrtljivi letvi s pristojnim kompasom
- nastavljen tokovni izvor
- ampermeter, žica, $15\ \Omega$ upor
- ravnilo s kompasom
- paličasti magnet
- nihalo - vrstica s plastičnim držalom v obliki tulke
- stoparica, četrtica in lounasto merilo.

Navodilo:

Tuljavo preko ~~kolonnega~~ vpona prilagodimo na tokovni izvir. Merilo kot je opisano v Uvodu. Natančnost orientacije tuljave glede na smer zemeljskega polja dobimo tako, da preverimo če so rezultati sinetrični pri zamenjavi kota $+J$ v $-J$.

Pri drugem načinu merimo nihajni čas magneta. Merimo po 10 prehodih skozi mirno lego. Zanimamo ga le malo. Stehramo in izmerimo dimenzije magneta. V drugem delu damo magnet v ravnilo s kompasom. Izmerimo odklon magnetne igle v več razdaljah (Kompa je pravilno orientiran). Pri izbrani razdalji r za rezultat vzamemo srednjo vrednost odklonov.

Meritve:

Zaradi epidemije so bile meritve podane kot.txt datoteče.

Kompenzacija		
δ [°]	I [mA]	B_T [T]
20	158,7	1,9829E-05
16	154,2	1,92668E-05
10	155,6	1,94417E-05
4	158,2	1,97666E-05
-4	155,1	1,93792E-05
-10	158,9	1,9854E-05
-16	158,3	1,9779E-05
-20	157,2	1,96416E-05
Average =		1,96197E-05

$$B_T = \frac{\mu_0 N I}{\sqrt{r^2 + (2r)^2}}$$

$$B_T = 1,96 \cdot 10^{-5} T \pm 0,02 \cdot 10^{-5}$$

Ta rezultat neholiko odstopa

Od pričakovane vrednosti mag. polja zemlje v Z smeri. Ker nisem upravljal meritev, ne vem, kaj je bilo narobe. Mogoče je samo manj natančna metoda.

Additional Data	
l [cm]	60
2r ₁ [mm]	134,18
2r _d [mm]	123,32
2r [mm]	128,75
N	60

Gauss zasuk igle				
r [cm]	ϕ_0 [°]	ϕ_{180} [°]	α [°]	B_z [T]
14,4	74	74	74,0	2,81917E-05
16,4	68	72	70,0	2,61327E-05
18,4	64	68	66,0	2,4321E-05
20,4	58	62	60,0	2,37242E-05
22,4	51	54	52,5	2,37703E-05
24,4	44	48	46,0	2,34558E-05
26,4	40	42	41,0	2,27473E-05
28,4	36	36	36,0	2,23002E-05
30,4	28	30	29,0	2,30532E-05
32,4	24	26	25,0	2,28435E-05
34,4	21	24	22,5	2,21547E-05
39,4	14	16	15,0	2,24722E-05
44,4	9	12	10,5	2,2587E-05
49,4	6	9	7,5	2,28356E-05
54,4	4	6	5,0	2,42405E-05
Average:				2,36553E-05

Additional Data	
l _m [mm]	46,38
2r _m [mm]	15,70
m _m [g]	33
l _t [mm]	49,90
2r _{t2} [mm]	19,00
2r _{t1} [mm]	15,78
m _t [g]	6,00
t ₀ [s]	1,94
J _m [kgm ²]	0,00000642
J _t [kgm ²]	0,00000147

Nihajni cas		
10t ₀ [s]	t ₀ [s]	Δt_0 [s]
19,607	1,9607	0,0249
19,223	1,9223	-0,0135
19,417	1,9417	0,0059
19,185	1,9185	-0,0173
t ₀ =		1,94 ± 0,02

Iz Uroda:

$$P = \int \frac{d\tau^2}{B_z t_0^2} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} \cdot \frac{P}{B_z} = \text{const}$$

$$\Rightarrow B_z = \sqrt{\frac{\pi \mu_0 \delta}{t_0^2 r^3 \epsilon \kappa}}$$

$$B_z = 2,4 \cdot 10^{-5} T \pm 0,4 \cdot 10^{-5}$$

Ta rezultat se dobro ujema z mag. poljem Zemlje (danes $\approx 2,2 \cdot 10^{-5} T$).

$$J = J_{\text{mag}} + J_{\text{kulc}}$$

$$J_{\text{mag}} = m_m \left(\frac{r_m^2}{4} + \frac{l_m^2}{12} \right)$$

$$J_{\text{mag}} = 6,42 \cdot 10^{-6} \text{ kgm}^2 \pm 0,2 \cdot 10^{-6}$$

$$J_{\text{kulc}} = \frac{m_t}{12} (3(r_{t2}^2 + r_{t1}^2) + l_t^2)$$

$$J_{\text{kulc}} = 1,47 \cdot 10^{-6} \text{ kgm}^2 \pm 0,25 \cdot 10^{-6}$$

Ko imam izračunan B_z lahko izračunam zdaj še p , magnetni dipolni moment paličastega magneta.

$$p = J \left(\frac{4\pi^2}{\mu_0^2 B_z} \right) \quad p = 3,4 \text{ Am}^2 \pm 0,6$$