

FYZIKÁLNE PRAKTIKUM

Spracoval: Vladimír Domček

Namerané: 17.10.2012

Obor: Astrofyzika Ročník: II Semester: III

Testované:

Úloha č. 5: Magnetické pole

$$T = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$p = 987 \text{ hPa}$$

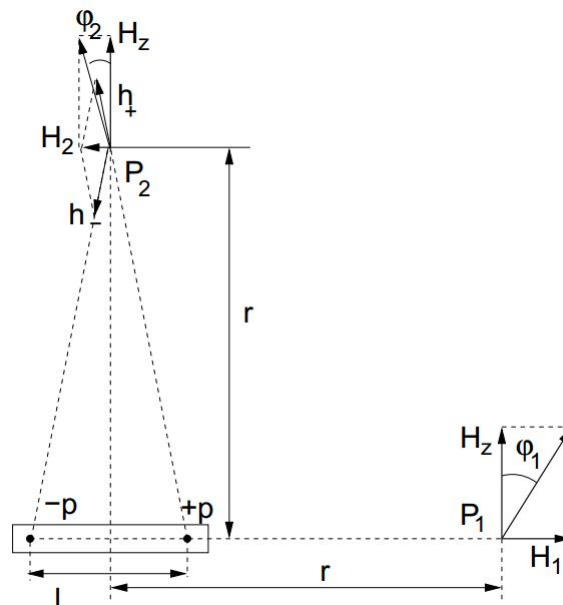
$$\varphi = 40 \text{ } \%$$

1. Zadanie

- Zmerajte horizontálnu zložku intenzity magnetického poľa Zeme Gaussovým magnetometrom
- Zmerajte horizontálnu zložku intenzity magnetického poľa Zeme tangentskou bužolou.

2. Teória

Princíp metódy merania Gaussovým magnetometrom spočíva v porovnaní intenzity zemského magnetického poľa s intenzitou permanentného magnetu pomocou magnetickej strelky ako detektoru smeru lokálneho poľa. Výchylky strelky meriame v 2 Gaussových polohách znázornených na Obr.1.



Obr.1 Schéma experimentálneho usporiadania. Magnetické pole v Gaussových polohách v okolí permanentného magnetu a jeho skladanie s magnetickým poľom Zeme

Prvá Gaussova poloha označuje prípad, kedy meriame pole v ose permanentného magnetu. Magnetická intenzita v bode P_1 je daná vzťahom:

$$H_1 = \frac{1}{4\pi\mu_0} \frac{2M}{r^3(1-\lambda^2)^2} \quad (1)$$

kde $\lambda = \frac{1}{2r}$ a $M = pl$ je magnetický moment magnetu.

Magnetická intenzita v druhej Gaussovej polohe sa spočíta ako:

$$H_2 = \frac{1}{4\pi\mu_0} \frac{2M}{r^3(1+\lambda^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (2)$$

Výchylka strelky v prvej polohe z jej pôvodného smeru k magnetickému poľu Zeme je φ_1 , pričom platí:

$$tg\varphi_1 = \frac{H_1}{H_z} = \frac{1}{4\pi\mu_0 H_z} \frac{2M}{r^3(1-\lambda^2)^2} \quad (3)$$

podobne v druhej polohe:

$$tg\varphi_2 = \frac{H_2}{H_z} = \frac{1}{4\pi\mu_0 H_z} \frac{2M}{r^3(1+\lambda^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (4)$$

Z každého z týchto vzťahov sa dá určiť veľkosť magnetického poľa Zeme, ak poznáme redukovanú dĺžku magnetu l a veľkosť magnetického momentu M . V kombinácii oboch vzťahov však môžeme dospieť k vyjadreniu, kde redukovaná dĺžka magnetu priamo nevystupuje:

$$\frac{M}{H_z} = \frac{4\pi\mu_0 r^3}{7} \left(\frac{3tg\varphi_1}{2} + 4tg\varphi_2 \right) \quad (5)$$

Magnetický moment magnetu M určíme z doby kyvu magnetu τ_0 v homogénnom magnetickom poli:

$$MH_z = \frac{\pi^2 J}{\tau_0^2} \quad (6)$$

kde moment zotrvačnosti valcového magnetu o hmotnosti m , polomeru R a dĺžke l je daný vzťahom:

$$J = \frac{m}{4} \left(R^2 + \frac{l^2}{3} \right) \quad (7)$$

H_z potom dostaneme ako odmocninu podielu rovníc (5) a (6). Obdobne M vypočítame ako odmocninu súčinu týchto dvoch rovníc.

$$H_z = \sqrt{\frac{7\pi J}{4\mu_0 \tau_0^2 r^3} \left(\frac{2}{3tg\varphi_1} + \frac{1}{4tg\varphi_2} \right)} \quad (8)$$

2.1. Tangentová buzola

Princíp merania horizontálnej zložky magnetického poľa tangentovou buzolou spočíva tiež na zrovnání poľa Zeme so známym poľom, v tomto prípade s poľom vybudzovaným cievkou. Horizontálnu zložku magnetického poľa Zeme v tomto prípade určíme zo vzťahu:

$$H_z = \frac{NI}{2R \tan\varphi} \quad (9)$$

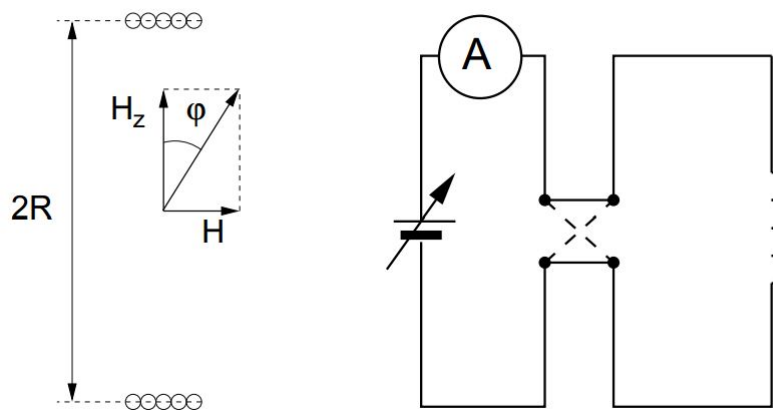
3. Postup

3.1. Gaussov magnetometer

- zmeriame výchylku strečky v oboch Gaussových polohách magnetu (obr.1) pre tri rôzne vzdialenosti r od stredu magnetu. Meranie robíme na obe strany od magnetu a tiež pre magnet otočený o 180°
- zmeriame periódu kmitov magnetu v magnetickom poli Zeme, rozmery a hmotnosť magnetu
- určíme veľkosť horizontálnej zložky magnetického poľa Zeme podľa vzťahov (13), (16) a (19)

3.2. Tangentová buzola

- zapojíme obvod podľa obr.2
- zmeriame výchylku strečky tangentovej buzoly pre asi 10 hodnôt prúdu pre oba smery toku prúdu
- z nameraných hodnôt určíme intenzitu horizontálnej zložky magnetického poľa Zeme



Obr.2 Princíp činnosti tangentovej buzoly a zapojenie obvodu.

4. Meranie

4.1. Gaussov magnetometer

r [cm]	φ_1 [grad]	φ_2 [grad]	$\varphi_1' [^\circ]$	$\varphi_2' [^\circ]$	$\Delta\bar{\varphi} [^\circ]$
25	92	310	82,8	279	$(81,9 \pm 0,9)$
35	73	330	65,7	297	(64 ± 1)
45	46	349	44,1	314,1	$(45,0 \pm 0,9)$

Tab.1 Meranie v polohe 1

r [cm]	φ_1 [grad]	φ_2 [grad]	$\varphi_1' [^\circ]$	$\varphi_2' [^\circ]$	$\Delta\bar{\varphi} [^\circ]$
25	68	331	61,2	297,9	$(61,7 \pm 0,5)$
35	44	354	39,6	318,6	$(40,5 \pm 0,9)$
45	24	370	21,6	333	(24 ± 3)

Tab.1 Meranie v polohe 2

$$M_{obal} = 570 \text{ g}$$

$$M_{obal+magnet} = 874 \text{ g}$$

$$M_{magnet} = 304 \text{ g}$$

$$l = 12,34 \text{ cm}$$

$$d = 2,07 \text{ cm}$$

Meranie	t [s]	Meranie	t [s]
1	10,27	7	71,83
2	20,73	8	81,96
3	30,83	9	92,11
4	41,23	10	102,17
5	51,43	11	112,27
6	61,52	12	122,58

Tab.3 Meranie periódy kmitu

$$T_{kyv} = (5,12 \pm 0,02) \text{ s}$$

$$\overline{H}_{z_1} = (17,2 \pm 0,6) \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$$

4.2. Tangentová buzola

I ₁ [mA]	φ ₁ [°]	I ₂ [mA]	φ ₂ [°]	\overline{I} [mA]	$\overline{\varphi}$ [°]	H _z [A·m ⁻¹]
-140,8	315,5	140,4	225,5	140,6	45	18,142
-115,1	314,5	114,8	226,5	114,95	44	15,359
-103,2	306	103	233	103,1	36,5	17,978
-88,4	301	88,1	238	88,25	31,5	18,582
-78,7	298,5	78,4	241,5	78,55	28,5	18,667
-67,1	294,5	66,8	243,5	66,95	25,5	18,111
-55,4	290	55,1	248	55,25	21	18,572
-42,5	283	42,2	253,5	42,35	14,75	20,756
-31	280	30,9	256	30,95	12	18,788
-20,2	275,5	20,1	260	20,15	7,75	19,104

Tab.4 Namerané hodnoty tangentová buzola, sever = 270°

$$\overline{H}_{z_2} = (18,4 \pm 0,4) \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$$

5. Záver

V tejto úlohe sme sa pokúšali zmerať horizontálnu zložku magnetického poľa Zeme.

V prvej časti sme tak činili pomocou permanentného magnetu, kde sme merali výchylky strelky v rôznych Gaussových polohách. Do vzorca sme potrebovali získať moment zotrvačnosti magnetu, ktorý sme získali zmeraním príslušných hodnôt R , l , m . Taktiež sme zmerali periódu kmitov magnetu v magnetickom poli Zeme. Všetky hodnoty sme dosadili do príslušného vzťahu a dostali sa k hodnote: $\overline{H}_{z_1} = (17,2 \pm 0,6) \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$.

V druhej časti sme tak činili pomocou tangentovej buzoly. V tejto verzii úlohy nám namiesto permanentného magnetu budila magnetické pole cievka. Opäť sme zmerali príslušné veličiny polomer: R a počet ovinutí: N . Dosadili sme do príslušného vzorca a dopočítali sa k hodnote $\overline{H}_{z_2} = (18,4 \pm 0,4) \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$.

V tabuľkách udávaná hodnota pre Brno je: $H_z = 16,36 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$. Môžeme si všimnúť, že obe naše namerané hodnoty sa celkom verne približujú k tabelovanej hodnote.

Najväčší problém pri meraní sme mali pri odčítaní hodnoty, na ktorú ukazuje strelka, pretože do rôznych smerov vychýlenia udávala mierne odlišné hodnoty. To sme však aspoň z časti vyriešili priemerovaním týchto 2 hodnôt.