

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Zpracoval: Ondřej Mikulaščík

Naměřeno: 3. října 2008

Obor: Astrofyzika **Ročník:** 2. **Semestr:** 3.

Testováno:

Úloha č. 4: Měření horizontální složky intenzity zemského magnetického pole

$T=24,4$ °C

$p=977$ hPa

$\phi=42$ %

1. Zadání

- Změřte H_z Gaussovou metodou pomocí magnetometru pro tři vzdálenosti pomocného magnetu od buzoly.
- Změřte H_z tangetovou buzolou pro 10 hodnot proudu. Obě naměřené hodnoty porovnejte s tabelovanou hodnotou.
- Určete magnetický moment M pomocného magnetu.

2. Teorie

Horizontální složku magnetického pole H_z měřenou Gaussovou metodou určíme pomocí vztahu (1):

$$(1) \quad \frac{M}{H_z} = \frac{4\pi\mu_0 r^3}{7} \left(\frac{3}{2} \tan \varphi_1 + 4 \tan \varphi_2 \right)$$

kde úhly φ_1 a φ_2 jsou výchylky střelky v jednotlivých Gaussových polohách magnetu ve vzdálenosti r od střelky buzoly.

Magnetický moment M magnetu určíme z doby kyvu magnetu τ_0 v homogenním magnetickém poli pomocí vztahu (2):

$$(2) \quad M \cdot H_z = \frac{\pi^2 \cdot J}{\tau_0^2}$$

kde moment setrvačnosti J válcového magnetu o hmotnosti m , poloměru R a délce l je dán vztahem (3):

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

H_z pak dostaneme jako odmocninu podílu rovnic (2) a (1). Podobně M dostaneme jako odmocninu ze součinu rovnic (2) a (1).

Při měření výchylky střelky φ tangentovou buzelou o poloměru cívky R a počtu závitů N , kterou protéká proud I , určíme H_z ze vztahu (4):

$$(4) \quad H_z = \frac{N I}{2 R \tan \varphi}$$

3. Měření

3.1. Měření H_z Gaussovou metodou a měření magnetického momentu M

V tabulce 1 jsou hodnoty naměřené magnetometrem pro obě Gaussovy polohy, dvě opačné polarity magnetu přiloženého k buzole ze dvou stran ve vzdálenosti r . Hodnoty φ_{11} až φ_{14} jsou v gradech, φ_1 je vypočteno jako $\varphi_1 = \frac{\varphi_{11} \cdot \varphi_{12} \cdot \varphi_{13} \cdot \varphi_{14}}{4}$ a následně převedeno na stupně. Analogicky je vypočtena i hodnota φ_2 .

Další nutná měření: Délka magnetu l změřená posuvným měřítkem:

$$l = (122 \pm 0,2) \text{ mm}$$

Poloměr magnetu změřený posuvným měřítkem:

$$R = (10,5 \pm 0,5) \text{ mm}$$

Hmotnost magnetu změřená na rovnoramenných vahách:

$$m = (288,6 \pm 0,3) \text{ g}$$

Doba kyvu magnetu τ_0 (viz tabulka 2):

$$\tau_0 = (4,5 \pm 0,3) \text{ s}$$

	Gaussova poloha 1					Gaussova poloha 2				
r [cm]	φ_{11}	φ_{12}	φ_{13}	φ_{14}	$\varphi_1 [^\circ]$	φ_{21}	φ_{22}	φ_{23}	φ_{24}	$\varphi_2 [^\circ]$
50,0	42	48	46	46	40,95	23	23	25	27	22,05
45,0	52	57	54	55	49,05	29	30	31	34	27,90
40,0	64	69	66	69	60,30	41	39	41	42	36,68

Tabulka 1: Měření H_z magnetometrem

Měření	Čas t [s]
1	4,6
2	4,5
3	4,5
4	4,7
5	4,4

Tabulka 2: Doba kyvu magnetu

3.2. Měření H_z tangentovou buzolou

Měření tangentovou buzolou jsou shrnuta v tabulce 3. Zbylé hodnoty do vztahu (4) jsou zadány jako počet závitů cívky $N=80$ a poloměr cívky $R=0,31\text{m}$. Výchylka φ je vypočtena jako aritmetický průměr

$$\varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}, \text{ kde } \varphi_1, \varphi_2 \text{ a } \varphi \text{ jsou ve stupních.}$$

Měření	I [mA]	$\varphi_1 [^\circ]$	$\varphi_2 [^\circ]$	$\varphi [^\circ]$
1	150	46	52	49,0
2	140	45	47	46,0
3	130	42	47	44,5
4	120	39	45	42,0
5	110	40	42	41,0
6	100	38	40	39,0
7	90	34	38	36,0
8	80	29	33	31,0
9	70	27	30	28,5
10	60	22	23	22,5

Tabulka 3: Měření H_z tangentovou buzolou pro dvě opačné polarity proudu

4. Zpracování

Dosažením φ_1 a φ_2 do vztahů (1) a (2) a zprůměrováním tří hodnot pro tři vzdálenosti jsem získal tyto hodnoty:

$$H_z = (14,9 \pm 0,1) \text{ A} \cdot \text{m}^{-1} \text{ s relativní chybou } \delta_{H_z} = 0,7\% .$$

$$M = (1,20 \pm 0,01) \text{ kg} \cdot \text{m}^3 \text{ A}^{-1} \cdot \text{s}^{-2} \text{ s relativní chybou } \delta_M = 0,8\% .$$

Dosažením do vztahu (4) a zprůměrováním desíti měření jsem získal hodnotu:

$$H_z = (16,9 \pm 0,4) \text{ A} \cdot \text{m}^{-1} \text{ s relativní chybou } \delta_{H_z} = 2,3\% .$$

5. Závěr

Tabulková hodnota horizontální složky intenzity zemského magnetického pole pro Brno je

$H_z = 16,4 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$. U měření Gaussovou metodou je odchylka značná. Domnívám se, že je to způsobeno tím, že při měření a výpočtu se vyskytuje velký počet proměnných, přičemž zde figurují druhé mocniny periody kyvu, délky a průměru magnetu a třetí mocnina jeho vzdálenosti.

Měření tangentovou buzolou se ukázalo jako přesnější, vzhledem k poměrně velkému rozsahu měřených hodnot proudu a úhlů. Pokud jsem si dobře všiml při měření, ručička použitého kompasu se pohybovala poměrně ztuhla a mohla tak do měření zanášet další chyby. Je možné, že s přesnějším kompasem by se dalo i v našich podmínkách dosáhnout měření, které by se v rámci odchylky dobře shodovalo s tabulkovou hodnotou.