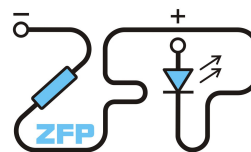


Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum ...



Úloha č.

Název úlohy:.....

Jméno:Datum měření:

Datum odevzdání:

Připomínky opravujícího:

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Práce při měření	0 - 5	
Teoretická část	0 - 1	
Výsledky měření	0 - 8	
Diskuse výsledků	0 - 4	
Závěr	0 - 1	
Seznam použité literatury	0 - 1	
Celkem	max. 20	

Posuzoval:.....

dne:

Pracovní úkol

1. Změřte závislost výchylky magnetometru na proudu protékajícím cívku. Měření proved' te pro obě cívky a různé počty závitů (5 a 10).
2. Výsledky měření znázorněte graficky.
3. Diskutujte výsledky měření z hlediska platnosti Biot-Savartova zákona.
4. Změřte směrní moment vlákna metodou torzních kmitů.
5. Určete magnetický moment magnetu užívaného při měření (v Coulombových i Ampérových jednotkách).

1 Teorie

Vložíme-li do magnetického pole o intenzitě H magnetický dipól, působí na něj silový moment M o velikosti

$$M = pH \sin \delta \quad (1)$$

kde p je magnetický moment dipólu a δ úhel, který svírá s H [1]. V našem přiblížení je možné považovat $\delta = \frac{\pi}{2}$, tedy

$$M = pH \quad (2)$$

Je-li zkrouceno vlákno magnetometru, působí na něj směrní silový moment [1]

$$M_d = D\alpha \quad (3)$$

kde D je směrní moment a α úhel zkroucení vlákna, který vypočítáme z geometrie systému jako

$$\alpha = \frac{1}{2} \arctan \frac{x}{l} \quad (4)$$

kde x je velikost výchylky na stupnici a l jeho vzdálenost od zrcátka. Směrní moment lze určit pomocí torzních kmitů ze vztahu [1] a vztahu pro moment setrvačnosti J [3]:

$$D = \frac{\pi^2 m (r^2 + \frac{v^2}{3})}{T^2} \quad (5)$$

kde m je hmotnost tyče, r její poloměr, v její délka a T perioda kmitů. Magnet je v rovnovážné poloze, jestliže $M = M_d$, tedy platí [1]

$$H = \frac{D\alpha}{p} \quad (6)$$

Podle Biot-Savartova zákona pro intenzitu magnetického pole cívky protékané proudem platí [1]:

$$H = \frac{NI}{d} \quad (7)$$

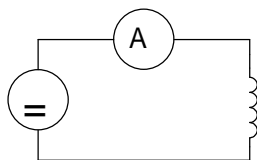
kde N je počet závitů cívky, I proud jí procházející a d její poloměr. Po dosazení do (6) získáme vztah

$$I = \frac{dD\alpha}{Np} \quad (8)$$

pomocí něhož lze spočítat magnetický moment magnetu. Ten lze vyjádřit jednak v Ampérových jednotkách $[p_A] = \text{A} \cdot \text{m}^2$, jednak v Coulombových jednotkách $[p_C] = \text{Wb} \cdot \text{m}$. Mezi nimi platí vztah [3]

$$p_C = \mu_0 p_A \quad (9)$$

kde $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{H} \cdot \text{m}^{-1}$ je permeabilita vakua.



Obrázek 1: Schéma zapojení obvodu

2 Pomůcky

velká a malá cívka, propojovací vodiče, torzní magnetometr, magnetický dipól, tyč pro určení směrného momentu, brzdící ploutvička, milimetrová stupnice, ampérmetr, zdroj proudu, pásové měřidlo, stopky

3 Výsledky měření

Podmínky měření

Chyby zadaných parametrů byly odhadnuty.

hmotnost tyče¹: $m = 56,6 \text{ g}$

průměr tyče: $2r = (6,00 \pm 0,02) \text{ mm}$

délka tyče: $v = (240 \pm 1) \text{ mm}$

vzdálenost stupnice od zrcátka: $l = (1,150 \pm 0,005) \text{ m}$

Pro měření proudu používáme analogový ampérmetr (t.p. 0,2%), rozsah 7,5 A. Chyba měření I byla stanovena dle [2] jako $\pm 0,009 \text{ A}$.

3.1 Měření závislosti výchylky na napětí

Nejprve byly změřeny parametry cívek d_m (malá) a d_v (velká) a perioda deseti kmitů $10T$ pro zvýšení přesnosti. Reakční dobu odhaduji jako 0,2 s, přesnost měření pásovým měřítkem jako 2 mm. Naměřené hodnoty jsou v tab. 1. Chyby byly vypočítány podle [2]

Tabulka 1: Parametry cívek a magnetometru

	$10T$ [s]	d_v [mm]	d_m [mm]
1	40,16	404	204
2	39,97	405	203
3	40,37	404	205
4	40,03		
5	40,25		
\bar{x}	40,2	404	204
σ_x	0,3	3	3

Direkční moment byl vypočítán podle (6), jeho chyba podle zákona přenosu chyb [2].

$$D = (6,6 \pm 0,4) \cdot 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{rad}^{-1}$$

¹předpokládám vážení na analytických vahách, tedy se zanedbatelnou chybou oproti ostatním hodnotám

Tabulka 2: Závislost natočení magnetometru na proudu procházejícím cívkou
malá 10z malá 5z velká 10z velká 5z

I [A]	x [mm]	α [rad]	σ_α [rad]	x [mm]	α [rad]	σ_α [rad]	x [mm]	α [rad]	σ_α [rad]	x [mm]	α [rad]	σ_α [rad]
0	0	0	0,001	0	0	0,001	0	0	0,001	0	0	0,001
0,45	23	0,010	0,001	12	0,005	0,001	10	0,004	0,001	6	0,003	0,001
0,95	45	0,020	0,001	23	0,010	0,001	21	0,009	0,001	11	0,005	0,001
1,45	67	0,029	0,001	33	0,014	0,001	33	0,014	0,001	17	0,007	0,001
1,95	84	0,036	0,001	44	0,019	0,001	43	0,019	0,001	22	0,010	0,001
2,45	109	0,047	0,001	55	0,024	0,001	53	0,023	0,001	28	0,012	0,001
2,95	128	0,055	0,001	65	0,028	0,001	65	0,028	0,001	33	0,014	0,001
3,45	152	0,066	0,001	75	0,033	0,001	76	0,033	0,001	38	0,017	0,001
3,95	174	0,075	0,001	86	0,037	0,001	87	0,038	0,001	42	0,018	0,001

Dále byly změřeny závislosti $\alpha(I)$ pro obě cívky pro 5 a 10 závitů. Chyba měření x byla odhadnuta jako 3 mm. Chyba α opět pomocí přenosu chyb [2]. Pro naměřené hodnoty viz tab. 2.

3.2 Určení dipólového momentu magnetu

Magnetický dipólový moment byl získán jako parametr p_C lineární regrese přímky tvaru

$$\alpha = p_c \cdot \frac{NI}{dD}$$

Výsledkem je (s uvážením vztahu (8))

$$p_C = (2,56 \pm 0,02) \cdot 10^{-7} \text{ Wb} \cdot \text{m}$$

$$p_A = (0,204 \pm 0,002) \text{ A} \cdot \text{m}^2$$

4 Diskuze výsledků

Z obr. 2 je zřejmá lineární závislost $\alpha(I)$, což je v souladu se vztahem (9). Intenzita mag. pole H je dále přímo úměrná N a nepřímo úměrná d cívky, což experimentálně potvrzuje Biot-Savartův zákon (7).

Přesnost měření p je relativně dobrá, je zejména díky dostatečnému množství dat při provádění lineární regrese.

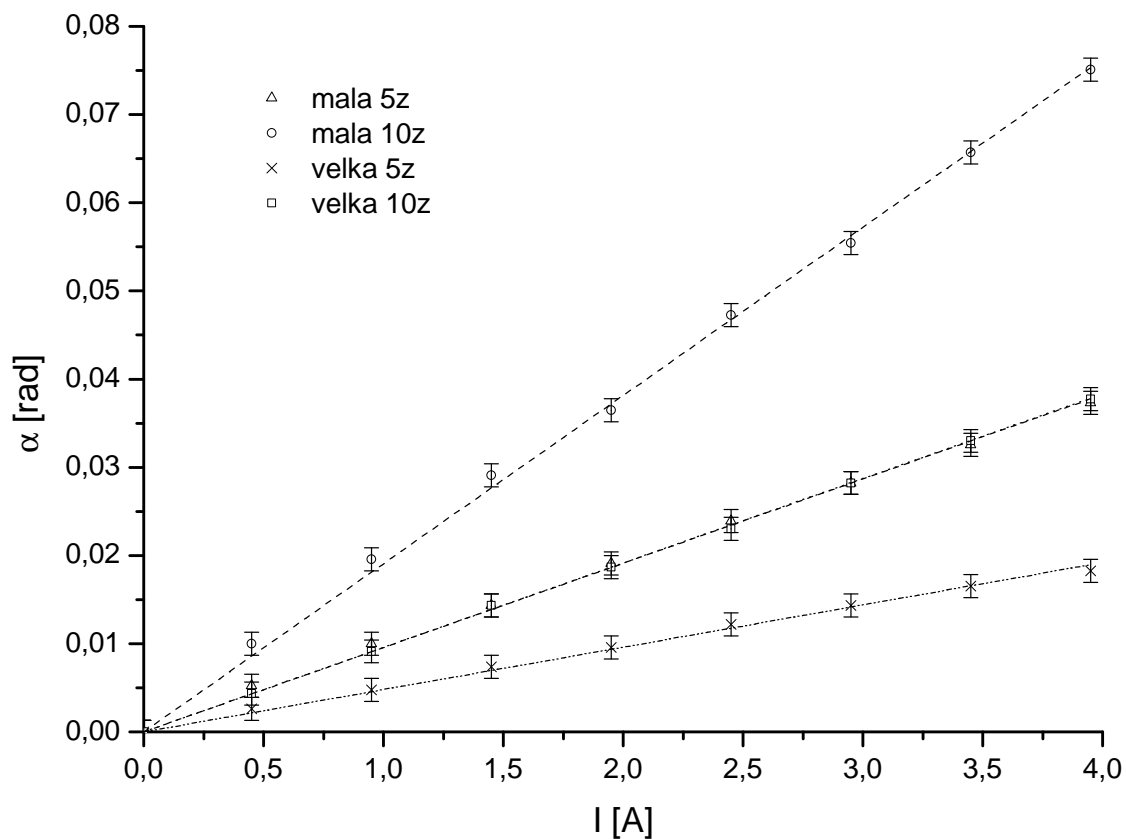
5 Závěr

Byl ověřen Biot-Savartův zákon pro cívku protékanou proudem a dále lineární závislost $\alpha(I)$. Hodnoty směrnice momentu a magnetického momentu dipólu byly vypočteny takto:

$$D = (6,6 \pm 0,4) \cdot 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{rad}^{-1}$$

$$p_C = (2,56 \pm 0,02) \cdot 10^{-7} \text{ Wb} \cdot \text{m}$$

$$p_A = (0,204 \pm 0,002) \text{ A} \cdot \text{m}^2$$



Obrázek 2: Závislost $\alpha(I)$ pro různé cívky a počty závitů (přímky jsou lineárními regresemi)

Reference

- [1] Studijní text k Praktiku II. [online], [cit. 2013-11-28].
URL <http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_219.pdf>
- [2] English, J.: *Úvod do praktické fyziky*. Praha: Matfyzpress, první vydání, 2006, ISBN 80-867-3293-2, 145 s.
- [3] Mikulčák, J.: *Matematické, fyzikální a chemické tabulky a vzorce pro střední školy*. Praha: Prometheus, první vydání, c2003, ISBN 80-719-6264-3, 276 s.