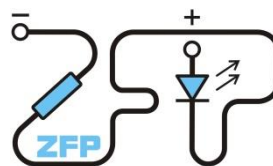


Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum II



Úloha č. 19

Název úlohy: Měření s torzním magnetometrem

Jméno: Ondřej Skácel

Obor: FOF

Datum měření: 12.10.2015

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 úkoly

- 1) Změřte závislost výchylky magnetometru na proudu protékajícím cívkou. Měření proveďte 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 direkční moment vlákna metodou torzních kmitů.
- 5) Určete magnetický moment magnetu užívaného při měření (v Coulombových i Ampérových jednotkách).

Teoretická část

Ke změření magnetického dipólového momentu m magnetu se použije magnetometr[1]. Ten funguje tak, že se na vlákno o direkčním momentu D zavěsí zkoumaný magnet a vlákno se pak umístí tak, aby byl magnet ve středu cívky rovnoběžně s její rovinou. Na magnet pak působí moment síly

$$\vec{M} = \vec{m} \times \vec{H} \quad (1)$$

kde \vec{H} je magnetické pole, jehož velikost lze určit z Biot-Savartova zákona jako

$$H = NI/2r \quad (2)$$

kde I je proud cívkou, N počet závitů a r její poloměr. Rovnice (1) lze díky přibližné kolmosti magnetického pole a dipólu velmi dobře aproximovat jako

$$M = mH \quad (3)$$

Proti tomuto momentu působí torzní moment vlákna daný jako

$$M = D\alpha \quad (4)$$

kde α je úhel zkroucení vlákna, který se zjistí z výchylky odrazu zrcátka umístěném na vlákně podle

$$\alpha = v/2d \quad (5)$$

kde v výchylka na stupnici a d je vzdálenost stupnice od zrcátka. V rovnovážné poloze se momenty sil vyrovnají a kombinací rovnic (2)-(5) zjistíme pro velikost magnetického momentu m

$$m = \frac{Dvr}{NI d} \quad (6)$$

Direkční moment vlákna D lze určit změřením periody kmitů T tyčky zavěšené na vlákně jako

$$D = J \frac{4\pi^2}{T^2} \quad (7)$$

kde J je moment setrvačnosti tyče daný

$$J = \frac{1}{12}ml^2 \quad (8)$$

kde m je její hmotnost a l její délka. Tedy platí

$$D = \frac{1}{12}ml^2 \frac{4\pi^2}{T^2} \quad (9)$$

Výsledky měření

Vnější podmínky neměly vliv na výsledky měření.
Všechny chyby jsou vztaženy na pravděpodobnost 1σ .

Naměřené hodnoty

a) určování direkčního momentu

Za účelem snížení relativní chyby měření bylo měřeno vždy 10 period po sobě.

Hmotnost tyče $m = (56.6 \pm 0.1)g$

Délka tyče $l = (24.0 \pm 0.1)cm$

Tabulka 1 – naměřené periody

10T[s]	T[s]
39.8	3.98
39.6	3.96

Direkční moment byl určen z rovnice (9) a jeho chyba byla kvůli zanedbatelnosti ostatních chyb odhadnuta jako

$$u_D = 2 \frac{u_{10T}}{10T} D \quad (10)$$

kde u_{10T} je chyba měření 10 period, která je 0.2s.

Výsledný direkční moment je

$$D = (6.81 \pm 0.07) \cdot 10^{-4} Nm$$

b) určování dipólového momentu magnetu

Vzdálenost stupnice od zrcátka $d = (114 \pm 0.3)cm$

Poloměr malé cívky $r = (10 \pm 0.1)cm$

Poloměr velké cívky $r = (20 \pm 0.1)cm$

Tabulka 2 – naměřené výchylky pro malou cívku

	I[A]	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
N=5	v[cm]	1,1	2,0	3,0	4,0	4,9	6,0	6,9	7,9
	$\alpha[10^{-3}rad]$	4,8	8,8	13,2	17,5	21,5	26,3	30,3	34,6
N=10	v[cm]	2,1	4,2	6,1	8,1	10,1	12,3	14,3	16,4
	$\alpha[10^{-3}rad]$	9,2	18,4	26,8	35,5	44,3	53,9	62,7	71,9

Tabulka 3 - naměřené výchylky pro velkou cívku

	I[A]	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
N=5	v[cm]	0,5	1,0	1,6	2,1	2,6	3,1	3,7	4,2
	$\alpha[10^{-3}rad]$	2,2	4,4	7,0	9,2	11,4	13,6	16,2	18,4
N=10	v[cm]	1,0	2,1	3,1	4,2	5,3	6,3	7,3	8,3
	$\alpha[10^{-3}rad]$	4,4	9,2	13,6	18,4	23,2	27,6	32,0	36,4

Magnetický moment magnetu byl určen z rovnice (6), jeho chyba lze díky zanedbatelnosti chyby měření vzdálenosti zrcátka a poloměru cívek odhadnout jako [2]

$$u_m = \bar{m} \sqrt{\left(\frac{u_D}{D}\right)^2 + \frac{1}{n-1} \sum_i \left(\frac{u_v}{v_i}\right)^2 + \left(\frac{u_I}{I_i}\right)^2} \quad (11)$$

kde u_v je chyba měření výchylky rovná 0.1cm a u_I je chyba měření proudu rovná 0.02A.

Tabulka 4 - Výsledné magnetické momenty pro jednotlivá měření

m[Am ²]	malá cívka	velká cívka
N=5	2.41±0.12	2.48±0.22
N=10	2.45±0.07	2.49±0.12

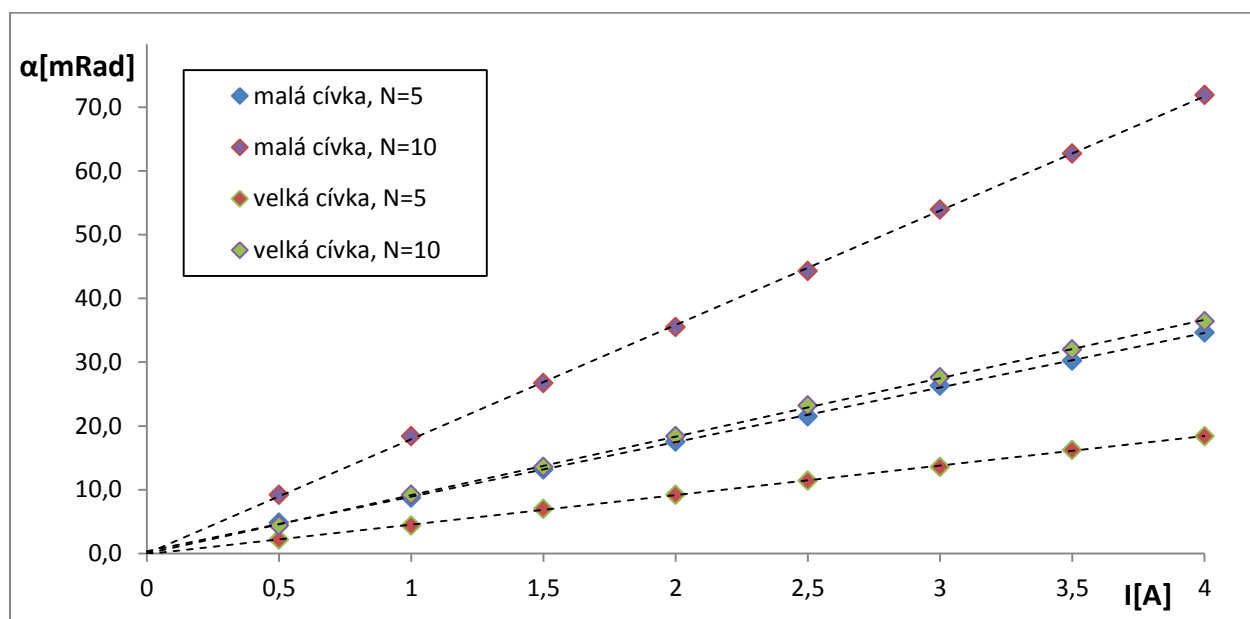
Výsledný magnetický moment pro všechna měření je

$$m = (2.46 \pm 0.07) Am^2$$

nebo v Ampérových jednotkách

$$m = (2,46 \pm 0,07) 10^{-8} kg \cdot m^3 \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$$

Grafy



Graf 1 – Závislost úhlu zkroucení vlákna (v tisících radiánů) na proudu cívky

Diskuze výsledků

Závislosti výchylky na proudu procházejícím cívkou a počtu závitů jsou přibližně lineární a závislost na poloměru cívky je s převrácenou první mocninou, což lze očekávat podle rovnice (6), která je důsledkem Biot-Savartova zákona (pro speciální případ pole uprostřed cívky je to rovnice (2)), tudíž se tímto měřením nepovedlo vyloučit jeho platnost.

Měření direkčního momentu vlákna je pravděpodobně zatíženo větší chybou, než je uvedená statistická chyba a to z důvodu možné nepřesnosti uchycení tyčky přesně ve středu, čímž by se změnil její moment setrvačnosti.

Závěr

Direkční moment je

$$D = (6.81 \pm 0.07) \cdot 10^{-4} Nm$$

Magnetický dipólový moment magnetu je

$$m = (2.46 \pm 0.07) Am^2$$

respektive v Ampérových jednotkách

$$m = (2,46 \pm 0,07) 10^{-8} kg \cdot m^3 \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$$

Použitá literatura

[1] studijní text dostupný na

http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_219.pdf

[2] Jiří English: Úvod do praktické fyziky I, Matfyzpress, Praha 2006