

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

Praktikum II – Elektřina a magnetismus

Úloha č. IXX

Název: Měření s torzním magnetometrem

Pracoval: Matyáš Řehák stud.sk.: 13 dne: 31.10.2008

Odevzdal dne:

Hodnocení:

Připomínky:

kapitola referátu	možný počet bodů	udělený počet bodů
Teoretická část	0 - 3	1
Výsledky měření	0 - 10	9,5
Diskuse výsledků	0 - 4	4
Závěr	0 - 2	2
Seznam použité literatury	0 - 1	0,5
Celkem	max. 20	17

Posuzoval:.....

dne:

Pracovní úkol

1. Změřte závislost výchylky magnetometru na proudu protékajícím cívku. Měření proveďte pro obě cívky a různé počty závitů (5 a 10). Maximální povolený proud obvodem je 4 A.
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).

Teorie (viz. [1]) =kopie

Je-li magnetický dipól vložen do homogenního magnetického pole o intenzitě H , působí na něj silový moment:

$$M = pH \sin \vartheta, \quad (1)$$

kde p je magnetický moment a ϑ je úhel, jež svírá osa dipólu se směrem intenzity magnetického pole. V našem případě je $\sin \vartheta \approx 1$. Malý permanentní magnet, sloužící jako dipól, je zavěšen na napjatém kovovém vlákně, při jehož zkroucení se vyvolá direkční silový moment M_d :

$$M_d = D\alpha, \quad (2)$$

kde α je úhel, o který bylo vlákno zkrouceno a D je direkční moment.

Rovnováha nastane tehdy, jestliže se momenty (1) a (2) sobě rovnají. Potom platí:

$$H = \frac{\alpha D}{p}. \quad (3)$$

Umístíme-li magnet doprostřed kruhové cívky s N závitů a o poloměru r , protékané proudem I , platí pro intenzitu pole z Biot-Savartova zákona:

$$H = \frac{NI}{2r}. \quad (4)$$

Dosazením do vztahu (3) dostaneme:

$$I = \frac{2rD\alpha}{Np}. \quad (5)$$

Direkční moment D vlákna nejvhodněji určíme metodou torzních kmitů. Necháme-li kmitat těleso o známém momentu setrvačnosti J zavěšené na vlákně, jehož direkční moment určíme, bude doba kmitu T :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{D}}, \quad (6)$$

odtud pro direkční moment platí:

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

Mezi výchylkou magnetu α a výchylkou značky na stínítku x platí vztah

$$\alpha = \frac{1}{2} \arctan\left(\frac{x}{l}\right), \quad (8)$$

kde l je vzdálenost stínítka od zrcátka.

Výsledky měření

Tab. 1: Perioda torzních kmitů kovové tyče

	1	2	3	4	5	6	7	Průměr	σ_T
10T [s]	40,1	40,3	40,6	40,3	40,1	40,2	40,5	40,3	
T [s]	4,01	4,03	4,06	4,03	4,01	4,02	4,05	4,03	0,04

σ_T - chyba daná spojením odhadované reakční doby pozorovatele (0,2 s) a standardní odchylky

Moment setrvačnosti tyče je dle [1] $J = 2,72 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$. Tedy direkční moment vlákna je dle (7) $D = (6,62 \pm 0,01) \cdot 10^{-4} \text{ N.m}$. Vzdálenost zrcadla od stínítka je $l = (121,0 \pm 0,5) \text{ cm}$. Chyba je odhadnuta z metody – tedy pásmového měřidla, které se mohlo při měření např. prohýbat.

Tab. 2: Poloměry cívek

	1	2	3	4	5	6	7	8	průměr	σ_R
D_V [cm]	40,8	40,4	40,5	39,9	40,2	40,7	40,9	40,0		
R_V [cm]	20,4	20,2	20,3	20,0	20,1	20,4	20,5	20,0	20,21	0,27
D_M [cm]	20,5	20,4	20,6	20,4	20,5	20,7	20,3	20,5		
R_M [cm]	10,3	10,2	10,3	10,2	10,3	10,4	10,2	10,3	10,24	0,16

D_V – průměr velké cívky

R_V – poloměr velké cívky

D_M – průměr malé cívky

R_M – poloměr malé cívky

σ_R - chyba poloměru daná spojením chyby měřidla (0,1 cm) a standardní odchylky

Tab. 3: Závislost výchylky na proudu pro malou cívku

I [A]	10 závitů		5 závitů	
	Δx [cm]	α [rad]	Δx [cm]	α [rad]
0,0	0	0	0	0
0,5	2,4	0,010	0,9	0,004
1,0	4,7	0,019	2,1	0,009
1,5	6,9	0,028	3,4	0,014
2,0	9,3	0,038	4,3	0,018
2,5	11,5	0,047	5,6	0,023
3,0	13,8	0,057	6,7	0,028
3,5	16,3	0,067	7,9	0,033
4,0	18,5	0,076	9,1	0,038

Tab. 4: Závislost výchylky na proudu pro velkou cívku

I [A]	10 závitů		5 závitů	
	Δx [cm]	α [rad]	Δx [cm]	α [rad]
0,0	0	0,000	0	0,000
0,5	1,4	0,010	0,7	0,010
1,0	2,4	0,019	1,2	0,019
1,5	3,6	0,028	1,8	0,028
2,0	4,7	0,038	2,3	0,038
2,5	5,9	0,047	3	0,047
3,0	7,1	0,057	3,6	0,057
3,5	8,3	0,067	4,1	0,067
4,0	9,5	0,076	4,8	0,076

I – procházející proud

Δx – výchylka na stínítku

α – úhlová výchylka

$$0,015 \approx 0,02$$

Proud byl měřen ampérmetrem s třídou přesnosti 0,2, takže při největším rozsahu, na kterém byl proud měřen (7,5 A), byla chyba 0,01 A. Ač mělo stínítko dílky po 0,1 cm, chybu jsem odhadl na 0,2 cm, neboť poloha světelné stopy na stínítku stále fluktovala.

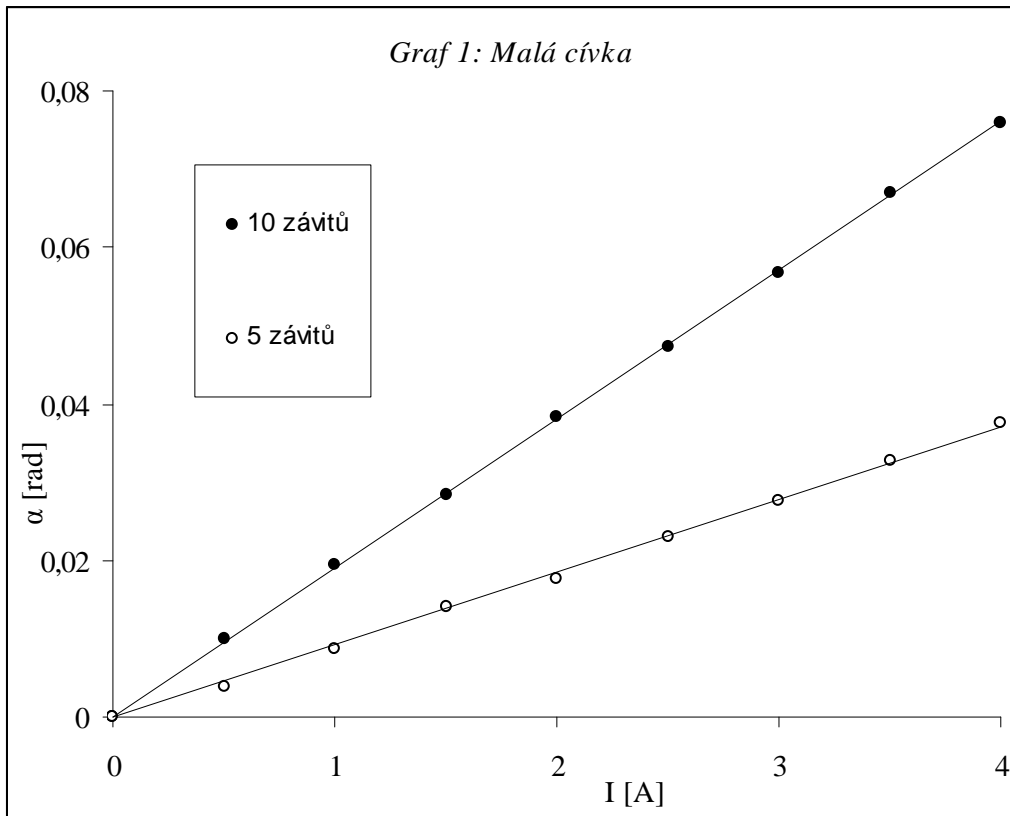
Lineární regresí ze vztahu (5) ve tvaru $\alpha = AI$ a následným vyjádřením p z regresního koeficientu jsem určil hodnoty magnetického momentu pro jednotlivá měření, viz tab. 5.

Tab. 5: Magnetický moment

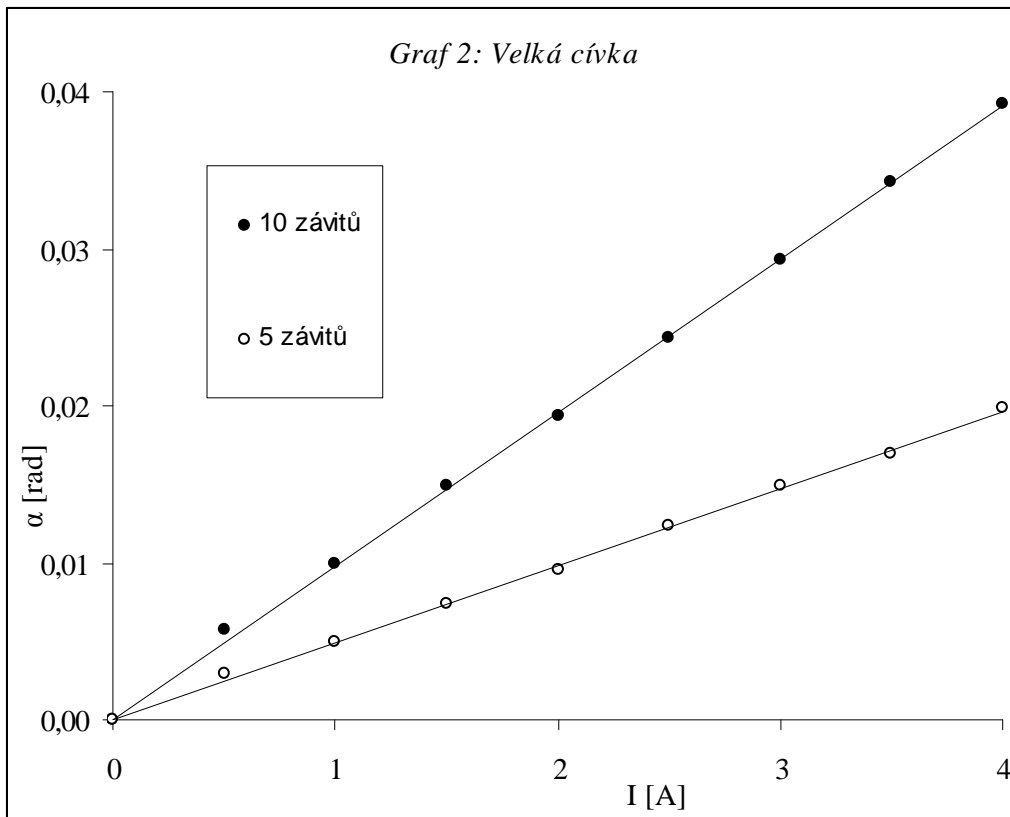
	N	p [10^{-9} Wb.m]	σ_p [10^{-9} Wb.m]
malá cívka	10	257	7
	5	256	13
velká cívka	10	289	10
	5	261	14
průměr		258 \pm 14	

N – počet závitů

σ_p – chyba magnetického momentu přenesením chyb veličin v (5)



Mohlo být v jednom grafu



Diskuse

Závislost výchylky magnetu je dle grafu 1 a 2 přímo úměrná proudu protékajícímu cívkou, což souhlasí s Biot-Savartovým zákonem. Ten je dále potvrzen tím, že dvojnásobný počet závitů cívky má za následek dvojnásobnou intenzitu pole, jak je opět vidět z grafu 1 a 2. Porovnáním obou grafů je vidět, že dvojnásobný průměr cívky způsobuje poloviční pole v ní, což opět souhlasí se zákonem.

Naměřená data poměrně přesně splňují lineární závislost, což je způsobeno velmi přesným ampérmetrem a poměrně přesnou, zrcátkovou metodou. Chyby zde vznikaly zejména fluktuacemi světelné značky na stínítku způsobené zejména vibracemi způsobenými procházejícími lidmi, možná též prouděním kapaliny, ve které bylo ponořeno tlumící křídélko. Nejspíše největším zdrojem chyb však byl asi nekruhový tvar cívek, zejména té větší, která byla poměrně značně deformována.

Závěr

Určil jsem direkční moment vlákna $D = (6,62 \pm 0,01) \cdot 10^{-4}$ N.m. Ověřil jsem lineární závislost výchylky magnetu na proudu procházejícím cívkou. Magnetický moment magnetu p jsem určil jako $(258 \pm 14) \cdot 10^{-9}$ Wb.m, což je v Ampérových jednotkách $(0,211 \pm 0,011)$ A.m².

Literatura

[1] R. Bakule, J. Šternberk: Fyzikální praktikum II., SPN, Praha **chybí datum**