

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

Pokud zavěsíme magnetický dipól s magnetickým momentem p na vlákno do magnetického pole ve středu cívky o poloměru r , počtu závitů N a kterou protéká proud I , pak platí podle [1]:

$$p = \frac{2rD\alpha}{NI} \quad (1)$$

Kde D je direkční moment vlákna, a α je úhel o, který se provázek s magnetem pootočí.

Vzorec (1) platí pouze za předpokladu, že magnetický dipól leží v rovině cívky. Ze vzorce (1) je také patrné, že úhel pootočení α je přímo úměrný proudu protékajícím cívkou I .

Magnetický moment p jsme zde vyjádřili v Coulombových jednotkách (Wbm), pokud bychom chtěli vyjádřit moment \bar{p} v Ampérových jednotkách (Am^2) platí vztah:

$$\bar{p} = \frac{p}{\mu} \quad (2)$$

Kde μ je permeabilita prostředí, v našem případě počítáme s permeabilitou vakua. Vztah (2) plyne ze vztahu mezi intenzitou magnetického pole a magnetickou indukcí.

Direkční moment D určíme metodou torzních kmitů. Pokud na vlákno zavěsíme kovovou tyčku, vlákno bude kmitat s periodou T v závislosti na momentu setrvačnosti tyčky. Moment setrvačnosti je určen její hmotností m a délkou L . Podle [1] a [2] platí:

$$D = \frac{1}{3} \pi^2 \frac{mL^2}{T^2} \quad (3)$$

Metoda měření

Nejprve jsme změřili periodu kmitů vlákna. Poté jsme měřili výchylku vlákna za pomoci zrcátka a světelného paprsku pro různé cívky a různé počty závitů v závislosti na proudu protékajícím cívkou. Cívka byla zapojena podle schématu 1.

Pomůcky

- Magnet II
- Cívky (průměr 20cm a 40cm, počet závitů 5 a 10)

- Analogový ampérmetr
- Pásové měřidlo
- Torzní magnetometr
- Přívodní vodiče
- Laboratorní zdroj

Schémata

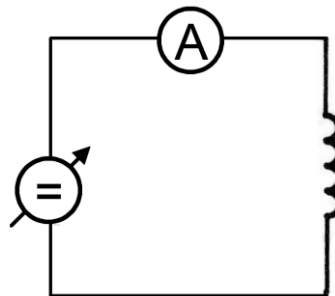
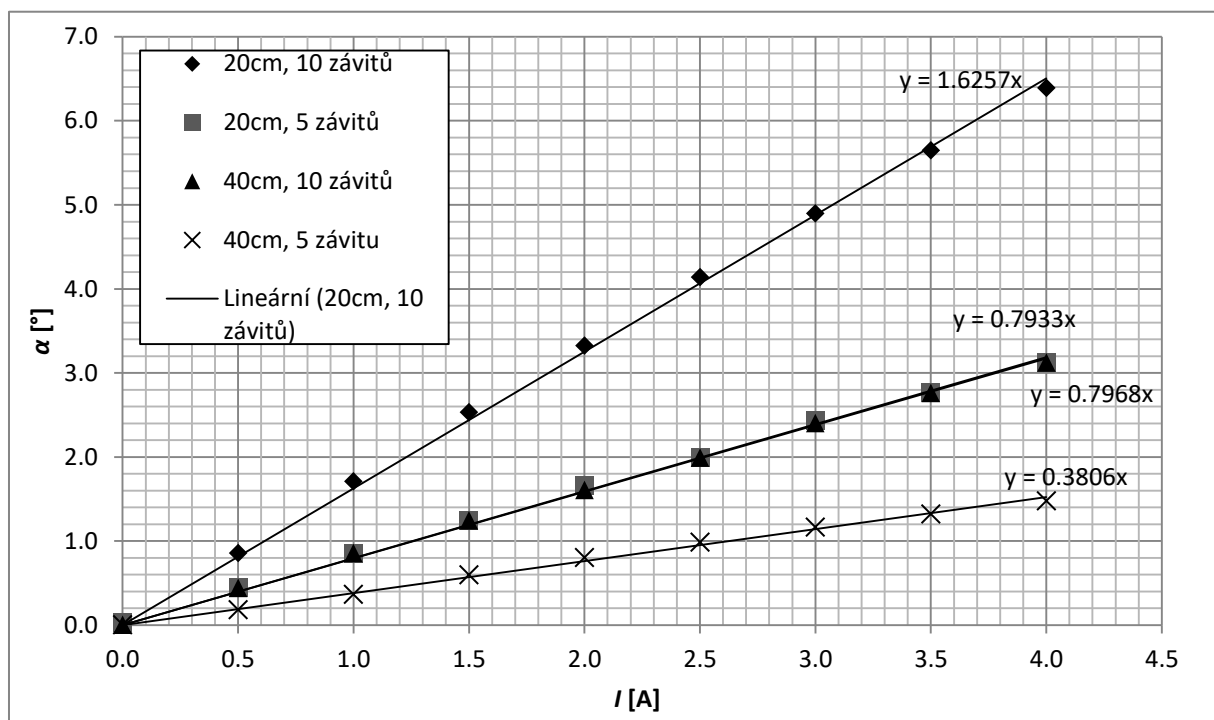


Schéma 1 - [1]

Výsledky měření

Laboratorní podmínky by experiment neměly ovlivnit.

Graf č. 1 znázorňuje závislost výchylky α na proudu, který protéká cívkou. V grafu jsou vyneseny závislosti pro různé cívky. Body v grafu jsou proloženy lineárním fitem procházejícím počátkem, rovnice jednotlivých fitů je v grafech zobrazena.



Graf 1: Závislost výchylky α na proudu protékajícím cívkou I

Tabulka č. 1 obsahuje dobu kmitu vlákna T a její chybu, která byla určena jako směrodatná odchylka průměru více měření. Tabulka č. 2 obsahuje parametry m a L tyčky, chyby uvedené v této tabulce jsou chybami měření přístrojů. Tabulka č. 3 obsahuje směrodatný moment vlákna D spočtený ze vzorce (3). Jeho chyba se spočetla jako chyba nepřímého měření.

Tabulka 1: Perioda kmitů vlákna

T [s]	chyba [s]
4.04	0.01

Tabulka 2: Parametry tyčky

L [cm]	23.9
chyba L [cm]	0.1
m [g]	56.6
chyba m [g]	0.1

Tabulka 3: Směrodatný moment vlákna

D [mN·m]	chyba [mN·m]
0.65	0.01

Magnetický moment p jsme spočetli ze vzorce (1) pro každé vychýlení α a každou cívku. Chybu jsme spočetli jako chybu nepřímého měření. Výsledný magnetický moment jsme určili jako aritmetický průměr všech spočtených hodnot, ze kterých jsme vyloučili ty hodnoty, které měly chybu větší než 3%. Což v praxi znamenalo, vynechání dvou hodnot pro nejmenší výchylku. Chybu výsledného magnetického momentu jsme určili jako směrodatnou odchylku aritmetického průměru.

Tabulka č. 4 obsahuje výsledný magnetický moment p v Coulombových jednotkách a \bar{p} v jednotkách Ampérových vypočtený z vzorce (2), kde jsme použili permeabilitu vakua, která je podle [3]

Tabulka 4: Magnetický moment p v Coulombových jednotkách a \bar{p} v Ampérových jednotkách

	hodnota	chyba
p [mWb·m]	0.36	0.01
\bar{p} [A·m]	289	9

Diskuse

Z grafu č. 1 je patrné, že výchylka závisí na proudu protékáném cívkou přímo úměrně, což je v souladu s teorií. Navíc je v grafu vidět, že pokud snížíme poloměr na polovinu a zvýšíme počet závitů na dvojnásobek, dostáváme shodné hodnoty. To ukazuje platnost vztahu (1), který je odvozen z Biot-Savartova zákona.

Největší potíže při měření činí odečítání výchylky na stupnici. Napnuté vlákno s připevněným zrcátkem je velmi citlivé na jakékoliv otřesy. Navíc neostrost světelného paprsku činí značné potíže při odčítání hodnot na stínítku.

Další nepřesnost je způsobena nepřesným nastavením cívky vůči magnetu. Pokud magnet není ve středu cívky, bude výsledný moment sil působících na vlákno jiný, než jaký odpovídá teorii, v tom případě by nám vyšel jiný magnetický moment p podle vztahu (1). Z našich výsledků pro různé cívky, plyne, že jsme cívky umístili dostatečně přesně na to, abychom se vyvarovali této systematické chyby.

Ostatní chyby způsobené nepřesnostmi přístrojů nehrají v tomto experimentu tak výraznou roli.

Závěr

Magnetický moment dipólu v Coulombových jednotkách:

$$p = (0.36 \pm 0.01) \text{ mWb} \cdot \text{m}$$

Magnetický moment dipólu v Ampérových jednotkách:

$$\bar{p} = (289 \pm 9) \text{ A} \cdot \text{m}$$

Direkční moment vlákna změřený metodou torzních kmitů:

$$D = (6.5 \pm 0.1) 10^2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Literatura

- [1] Měření s torzním magnetometrem. *Fyzikální praktikum* [online].
[cit. 13.11.2016]. Dostupné z:
http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_219.pdf
- [2] Moment setrvačnosti. *Wikipedia* [online].
[cit. 13.11.2016]. Dostupné z:
https://cs.wikipedia.org/wiki/Moment_setrva%C4%8Dnosti
- [3] Permeabilita. *Wikipedia* [online].
[cit. 13.11.2016]. Dostupné z:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Permeabilita>