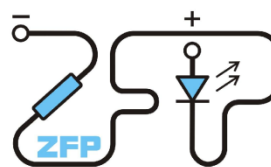


Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum **PII**



Úloha č. 19

Název úlohy: **Měření torsním magnetometrem**

Jméno: **Josef Iosephus Kučera**

Obor: **FOF**

Datum měření: **20. 11. 2019**

Datum odevzdání: **viz. internet**

Připomínky opravujícího:

Chybné. Nutno doplnit a opravit.

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Práce při měření	0 - 3	
Teoretická část	0 - 2	
Výsledky a zpracování měření	0 - 9	
Diskuse výsledků	0 - 4	
Závěr	0 - 1	
Seznam použité literatury	0 - 1	
Celkem	max. 20	

Posuzoval:**Hájek**.....

dne:**3.12**.....

Pracovní úkol

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).

Theorie

Na magnetický dipól v homogenním magnetickém poli o intenzitě H působí silový moment M , jehož velikost jest popsána vztahem (1) [1-2]:

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

kde p jest magnetický moment dipólu a δ úhel, který osa dipólu svírá se směrem intenzity magnetického pole H .

Protože v našem experimentu se $\sin \delta \cong 1$, počítáme se zredukovaným vzorečkem (2) [1-2]:

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

U torsního magnetometru jest malý permanentní magnet, představující dipól, zavěšen na napjatém kovovém vlákně, jehož zkroucením se vyvolá direkční silový moment M_d úměrný úhlu α o který bylo vlákno zkrouceno dle (3) [1-2]:

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

Rovnovážná výchylka α zavěšeného magnetu pak odpovídá stavu, kdy se momenty (2) a (3) sobě rovnají. Dostáváme tak (4) [1-2]:

$$H = \frac{\alpha D}{p} \quad (4)$$

Odkud plyne, že intenzita pole H jest úměrná rovnovážné výchylce magnetu.

Pro kruhovou cívku o poloměru r a počtu závitů N , platí následující vztah pro intenzitu magnetického pole cívky [1-2]:

$$H = \frac{NI}{2r} \quad (5)$$

kde I jest proud cívku protékající.

Pro experimenty též potřebujeme znát podobu Biot-Savartova zákona, který zní pro lineární vodič následovně [3]:

Chybná formulace.
$$B(r) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{j(r') \times R}{R^3} dV' \quad (6)$$

kde $B(r)$ jest ~~vektorový~~ potenciál magnetického pole, μ_0 jest permeabilita vakua, $j(r')$ jest složka polohového vektoru r a R jest vektor odvozený od polohového vektoru r .

Z Biot-Savartova zákona plyne vztah (5). Pokud jej dosadíme do vztahu (4), dostaneme vztah (7):

$$I = \frac{2rD\alpha}{Np} \quad (7)$$

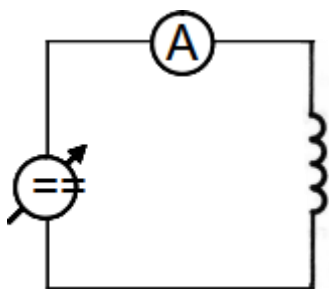
Přímou úměrnost proudu měřené výchylce α lze podle (7) pro různé poloměry cívek r a různé počty závitů N experimentálně ověřit. Stanovíme-li direkční moment vlákna D můžeme podle (7) určit moment magnetu p .

Pomocí metody torsních kmitů, můžeme vypočítati direkční moment vlákna D . Pro těleso zavěšené na vlákně o známém momentu setrvačnosti J , platí následující vztah (8) [1-2]:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{D}} \quad (8)$$

kde T jest doba kmitu.

Schaema obvodu, ve kterémž měřili jsme, jest na Obrázku (1).



Obrázek 1: Zapojení měřícího obvodu



Výsledky měření

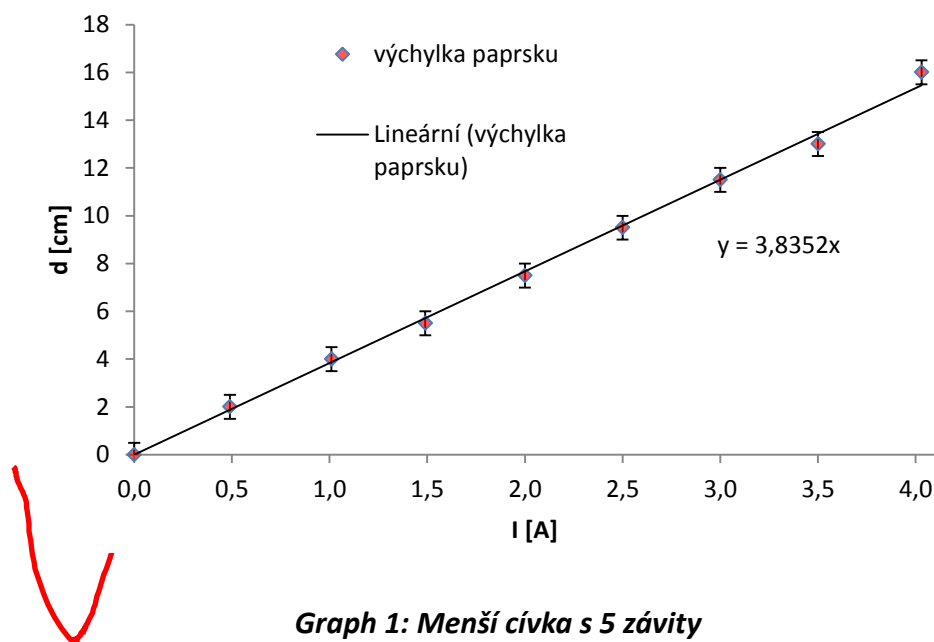
Závislost výchylky magnetometru na proudu protékajícím cívkou

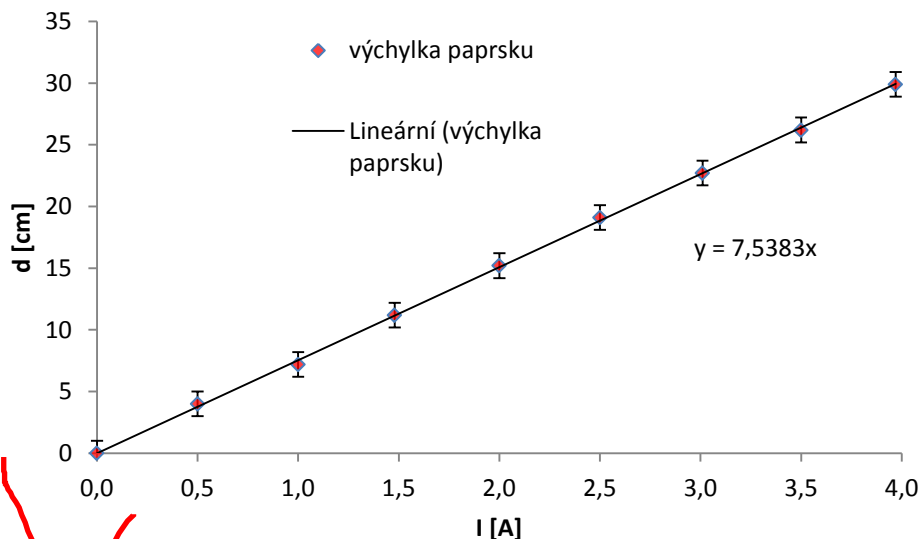
Do obvodu z Obrázku 1 jsme zapojili nejprve cívku s menším poloměrem r . Pro zapojení cívky s 5 a 10 závitů jsme postupně naměřili pro vstupní hodnoty proudu I hodnoty výchylky paprsku d , kteréžto jsou sepsány v Tabulce 1.

Tabulka 1: Měření cívky s menším poloměrem

5 závitů				10 závitů			
I [A]	ΘI [A]	d [cm]	Θd [cm]	I [A]	ΘI [A]	d [cm]	Θd [cm]
4,03	$\pm 0,01$	16,0	$\pm 0,5$	3,97	$\pm 0,01$	29,9	$\pm 0,5$
3,50	$\pm 0,01$	13,0	$\pm 0,5$	3,50	$\pm 0,01$	26,2	$\pm 0,5$
3,00	$\pm 0,01$	11,5	$\pm 0,5$	3,01	$\pm 0,01$	22,7	$\pm 0,5$
2,50	$\pm 0,01$	9,5	$\pm 0,5$	2,50	$\pm 0,01$	19,1	$\pm 0,5$
2,00	$\pm 0,01$	7,5	$\pm 0,5$	2,00	$\pm 0,01$	15,2	$\pm 0,5$
1,49	$\pm 0,01$	5,5	$\pm 0,5$	1,48	$\pm 0,01$	11,2	$\pm 0,5$
1,01	$\pm 0,01$	4,0	$\pm 0,5$	1,00	$\pm 0,01$	7,2	$\pm 0,5$
0,49	$\pm 0,01$	2,0	$\pm 0,5$	0,50	$\pm 0,01$	4,0	$\pm 0,5$
0	$\pm 0,01$	0	/	0	$\pm 0,01$	0	/

Dané hodnoty z Tabulky 1 jsme vynesli do Graphů 1 a 2.





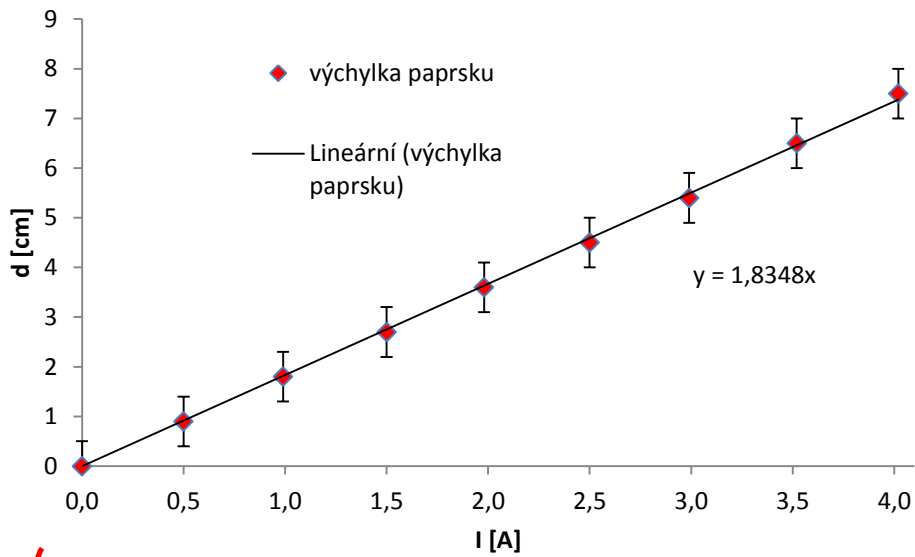
Graph 2: Menší cívka s 10 závitů

Poté jsme do téhož obvodu zapojili cívku s větším poloměrem r . Pro zapojení cívky s 5 a 10 závitů jsme postupně naměřili pro vstupní hodnoty proudu I hodnoty výchylky paprsku d , kteréžto jsou sepsány v Tabulce 2.

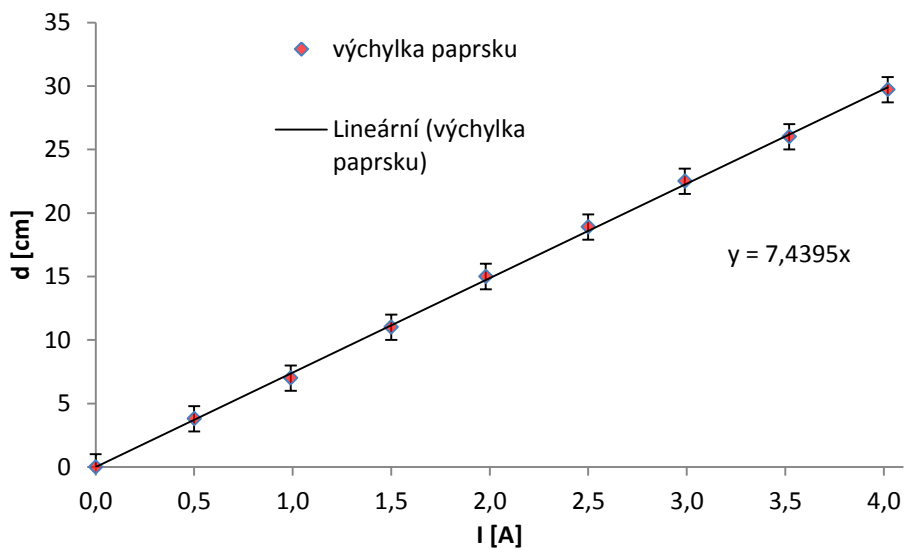
Tabulka 2: Měření cívky s větším poloměrem

5 závitů					10 závitů			
I [A]	ΔI [A]	d [cm]	Δd [cm]		I [A]	ΔI [A]	d [cm]	Δd [cm]
4,02	$\pm 0,01$	7,5	$\pm 0,5$		4,02	$\pm 0,01$	29,7	$\pm 0,5$
3,52	$\pm 0,01$	6,5	$\pm 0,5$		3,52	$\pm 0,01$	26,0	$\pm 0,5$
2,99	$\pm 0,01$	5,4	$\pm 0,5$		2,99	$\pm 0,01$	22,5	$\pm 0,5$
2,50	$\pm 0,01$	4,5	$\pm 0,5$		2,50	$\pm 0,01$	18,9	$\pm 0,5$
1,98	$\pm 0,01$	3,6	$\pm 0,5$		1,98	$\pm 0,01$	15,0	$\pm 0,5$
1,50	$\pm 0,01$	2,7	$\pm 0,5$		1,50	$\pm 0,01$	11,0	$\pm 0,5$
0,99	$\pm 0,01$	1,8	$\pm 0,5$		0,99	$\pm 0,01$	7,0	$\pm 0,5$
0,50	$\pm 0,01$	0,9	$\pm 0,5$		0,50	$\pm 0,01$	3,8	$\pm 0,5$
0	$\pm 0,01$	0	/		0	$\pm 0,01$	0	/

Dané hodnoty z Tabulky 2 jsme vynesli do Graphů 3 a 4.



Graph 3: Větší cívka s 5 závitů



Graph 4: Větší cívka s 10 závitů

~~Methodou nejmenších čtverců a lineární regrese jsme zjistili, že závislost výchylky magnetu jest lineární a přímo úměrná.~~

Chybná formulace.

Výpočet direkčního momentu

Pro výpočet direkčního momentu D si jej vyjádříme z rovnice (8) následovně:

$$D = \frac{J}{\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2} = \frac{J4\pi^2}{T^2} \quad (9)$$

Moment setrvačnosti byl znám z dokumentace k experimentu.

$$J = 2,72 \cdot 10^{-4} \frac{kg}{m^2}$$

Bohužel nebyla změřena perioda kmitu z důvodu nepozornosti experimentátora, takže jsme zde nemohli dosadit do vzorečku.

Výpočet magnetického momentu p

Magnetický moment p bychom vypočítali dle rovnice (7) za znalosti direkčního momentu D z předchozího výpočtu.

Potřebovali bychom k tomu vypočítat dále úhel α , který bychom vypočítali pro každou jednotlivou výchylku zvlášť.

Změřili jsme, že vzdálenost zdroje a zároveň zrcátka (ramena rovnostranného trojúhelníku) při aproximaci měla délku:

$$l = 144 \text{ cm}$$

Třetí strana (základna rovnostranného trojúhelníku) pak měla též známou délku, a to vždy jednotlivou velikost výchylky paprsku d .

Diskuse

Podle pracovního úkolu jsme měli diskutovat naměřené výsledky z hlediska platnosti

Biot-Savartova zákona.

Očekávali jsme, že výsledná závislost výchylky paprsku (magnetu) d bude přímo úměrná procházejícímu proudu I dle rovnice (7).

Danou závislost jsme ověřili z Graphů (1-4) methodou lineární regrese. Směrnice graphů byla ve tvaru $y = kx$, který jsme přesně očekávali pro přímo úměrnou lineární závislost.

Zároveň jsme ověřili, že počet závitů cívky N se do směrnice grafu k promítá nepřímo úměrně. Cívka s menším počtem závitů tak vykazovala větší výchylku než cívka s větším počtem závitů za stejných experimentálních podmínek.

Závěr

Podařilo se nám experimentálně ověřit platnost Biot-Savartova zákona pomocí metody lineární regrese.

Nepodařilo se nám změřit direkčního moment D ani magnetického momentu p použitého magnetu, kvůli neschopnosti měřitele.

Literatura

- [1] J. Brož J. a kol.: Základy fyzikálních měření I, Praha 1983, čl. 2.2.1, 4.1.2.2., 5.2.1.1., 5.2.1.3
- [2] R. Bakule, J. Šternberk: Fyzikální praktikum II., SPN, Praha 1989
- [3] B. Sedlák, I. Štoll: Elektřina a magnetismus, Karolinum, Praha 2012