

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta aplikovaných věd

Fyzikální praktikum 2

Interakce vodiče protékaného proudem s magnetickým polem

Autor: **Antonín NEUMANN**

Akademický rok: 2012/2013

Zadání

Měřicí potřeby

1. Analytické váhy
2. Zdroj proudu 0 až 5 A
3. Držák destičky s vodiček
4. Souprava vodičů různých délek
5. Magnety ve speciálním držáku
6. Nástavec pro měření závislosti síly na úhlu
7. Ampérmetr

Obecná část

Na vodič protékáný proudem působí v magnetickém poli síla, která se nazývá magnetickou silou. Velikost a měr této síly závisí na čtyřech veličinách: na velikosti proudu I , délce vodiče l , indukci magnetického pole \mathbf{B} a úhlu φ , který svírá směr proudu se směrem magnetického pole. Tuto sílu lze matematicky popsat vektorovým součinem.

$$\mathbf{F} = I \cdot (\mathbf{l} \times \mathbf{B}) \quad ,$$

kde délka vodiče je orientována shodně se směrem protékajícího proudu. Pro velikost síly pak platí:

$$F = I \cdot l \cdot B \cdot \sin \varphi \quad .$$

Pracovní úkol

1. Změřte závislost síly na proudu pro vodiče SF37 a SF38. Proud nastavujte od nuly s krokem 0,5 A do 5 A. Měření proveďte nejméně dvakrát a hodnoty průměrujte.
2. Změřte závislost síly na délce vodiče pro dva různé proudy, a to pro 1,5 A a 3 A. Před každou výměnou vodiče vypněte zdroj.

Měření

Tabulka s délkami destiček

Vodič	Délka [cm]	Efektivní délka [cm]
SF 37	2,2	2
SF 38	4,2	4
SF 39	3,2	3
SF 40	1,2	1
SF 41	6,4	6
SF 42	8,4	8

Úkol číslo 1

I [A]	SF37			
	m [g] (1.)	m [g] (2.)	m [g] (Ø)	F [N]
0	158,2566	158,2569	158,25675	1,5524987
0,5	158,3366	158,3370	158,33680	1,5532840
1	158,4126	158,4122	158,41240	1,5540256
1,5	158,4878	158,4889	158,48835	1,5547707
2	158,5619	158,5624	158,56215	1,5554947
2,5	158,6350	158,6351	158,63505	1,5562098
3	158,7071	158,7068	158,70695	1,5569152
3,5	158,7760	158,7768	158,77640	1,5575965
4	158,8435	158,8438	158,84365	1,5582562
4,5	158,9095	158,9086	158,90905	1,5588978
5	158,9725	158,9717	158,97210	1,5595163

I [A]	SF38			
	m [g] (1.)	m [g] (2.)	m [g] (Ø)	F [N]
0	158,2559	158,2567	158,25630	1,5524943
0,5	158,4042	158,4062	158,40520	1,5539550
1	158,5510	158,5507	158,55085	1,5553838
1,5	158,6881	158,6885	158,68830	1,5567322
2	158,8191	158,8213	158,82020	1,5580262
2,5	158,9435	158,9464	158,94495	1,5592500
3	159,1487	159,1537	159,1512	1,5612733
3,5	159,2924	159,2955	159,29395	1,5626736
4	159,4213	159,4292	159,42525	1,5639617
4,5	159,5582	159,5588	159,55850	1,5652689
5	159,6710	159,6674	159,66920	1,5663549

Hodnotu **F** dostaneme z naměřených hodnot pře-násobením konstantou $9,81 \cdot 10^{-3}$

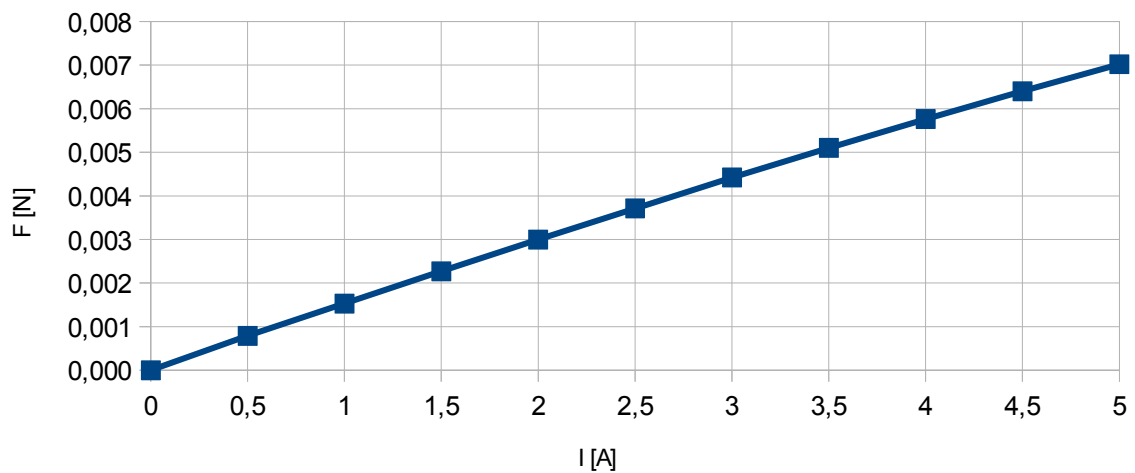
I [A]	SF37		SF38	
	F [N]	F - F ₀ [N]	F [N]	F - F ₀ [N]
0	1,5524987	0	1,5524943	0
0,5	1,5532840	0,00079	1,5539550	0,00146
1	1,5540256	0,00153	1,5553838	0,00289
1,5	1,5547707	0,00227	1,5567322	0,00424
2	1,5554947	0,00300	1,5580262	0,00553

2,5	1,5562098	0,00371	1,5592500	0,00676
3	1,5569152	0,00442	1,5612733	0,00878
3,5	1,5575965	0,00510	1,5626736	0,01018
4	1,5582562	0,00576	1,5639617	0,01147
4,5	1,5588978	0,00640	1,5652689	0,01277
5	1,5595163	0,00702	1,5663549	0,01386

Grafy

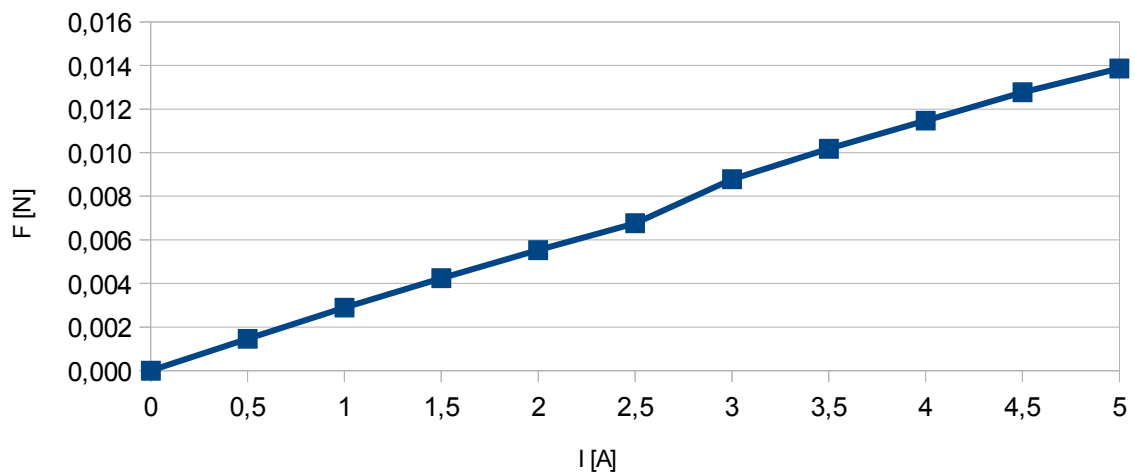
SF37

Závislost síly na proudu protékajícího vodičem



SF38

Závislost síly na proudu protékajícího vodičem



Hodnota **B** s chybou pro vodič SF37

$$k = \frac{\sum I_i \cdot F_i}{\sum I_i^2} = \frac{0,1386}{96,25} = 1,44 \cdot 10^{-3}$$

$$B = \frac{k}{l} = \frac{0,00144}{0,02} = 0,072 T$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \frac{\sum (F_i - k \cdot I_i)^2}{\sum I_i^2}} = \sqrt{\frac{1}{10-1} \frac{1,0264 \cdot 10^{-7}}{96,25}} = 0,11 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{\sigma}{l} = \frac{0,11 \cdot 10^{-4}}{0,02} = 0,00055 = 0,0006$$

$$B = 0,0720 \pm 0,0006 T$$

Hodnota **B** s chybou pro vodič SF38

$$k = \frac{\sum I_i \cdot F_i}{\sum I_i^2} = \frac{0,27255}{96,25} = 2,83 \cdot 10^{-3}$$

$$B = \frac{k}{l} = \frac{0,00283}{0,04} = 0,07 T$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \frac{\sum (F_i - k \cdot I_i)^2}{\sum I_i^2}} = \sqrt{\frac{1}{10-1} \frac{1,868125 \cdot 10^{-4}}{96,25}} = 4,644 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{\sigma}{l} = \frac{4,644 \cdot 10^{-4}}{0,02} = 0,02322 = 0,02$$

$$B = 0,07 \pm 0,02 T$$

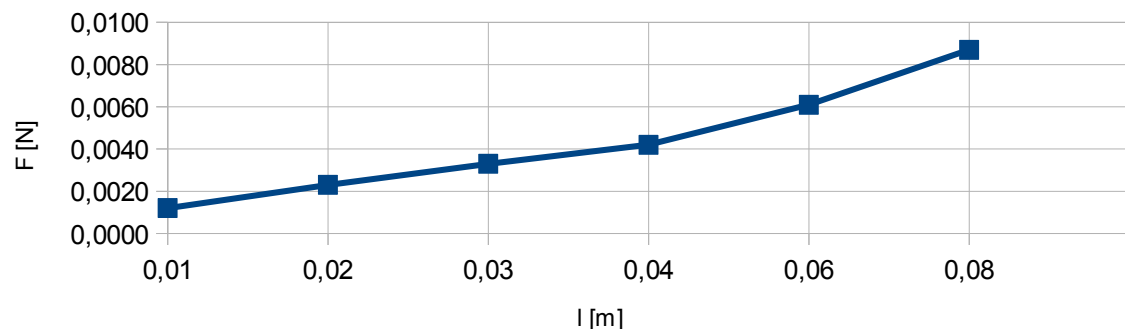
Úkol číslo 2

Hodnotu **F** dostaneme z naměřených hodnot pře-násobením konstantou $9,81 \cdot 10^{-3}$ a odečtením síly při nulovém proudu.

I [A]	1,5		3	
	m [g]	F [N]	m [g]	F [N]
SF40	158,3818	0,0012	158,5065	0,0024
SF37	158,4892	0,0023	158,7072	0,0044
SF39	158,5947	0,0033	158,9032	0,0063
SF38	158,6874	0,0042	159,1513	0,0088
SF41	158,8811	0,0061	159,5489	0,0127
SF42	159,1410	0,0087	159,9278	0,0164

1,5 A

Závislost síly na délce vodiče



$$k = \frac{\sum l_i \cdot F_i}{\sum l_i^2} = \frac{0,001387}{0,013} = 0,10669$$

$$B = \frac{k}{I} = \frac{0,0841}{1,5} = 0,0711 T$$

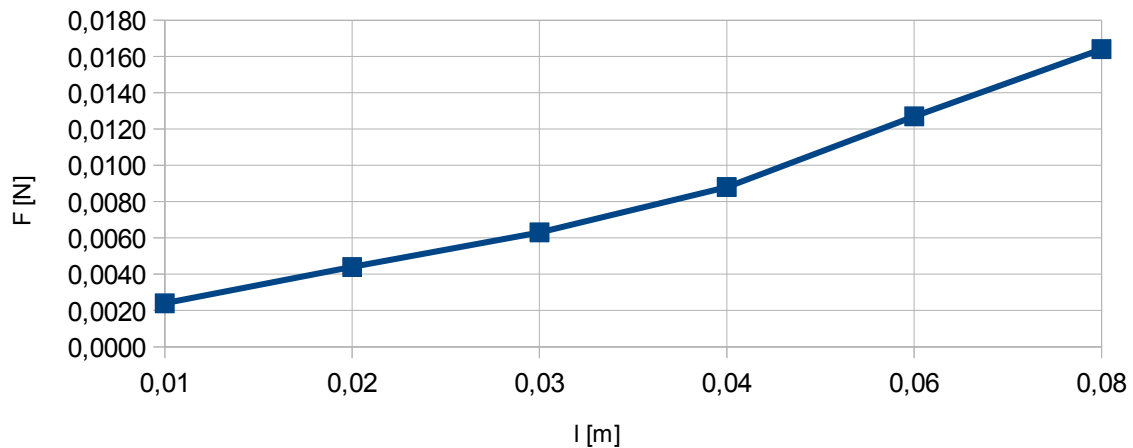
$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \frac{\sum (F_i - k \cdot l_i)^2}{\sum l_i^2}} = \sqrt{\frac{1}{6-1} \frac{0,00002877047}{0,013}} = 0,03156$$

$$\frac{\sigma}{I} = \frac{0,03156}{1,5} = 0,02104 = 0,02$$

$$B = 0,07 \pm 0,02 T$$

3 A

Závislost síly na délce vodiče



$$k = \frac{\sum l_i \cdot F_i}{\sum l_i^2} = \frac{0,002727}{0,013} = 0,209769$$

$$B = \frac{k}{I} = \frac{0,1645}{3} = 0,0699 T$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \frac{\sum (F_i - k \cdot l_i)^2}{\sum l_i^2}} = \sqrt{\frac{1}{6-1} \frac{0,006192}{0,013}} = 0,09526$$

$$\frac{\sigma}{I} = \frac{0,09526}{3} = 0,03175 = 0,03$$

$$B = 0,07 \pm 0,03 T$$

Závěr

Měřením jsme ověřili platnost lineární závislosti síly na velikosti proudu protékajícího vodičem a délce vodiče. Nepřesnosti vznikly chybným odečtem váhy na analytických vahách, také samotnou chybou analytických vah.