

# FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM FJFI ČVUT V PRAZE

Datum měření: 10.5.2011	Jméno: Jakub Kákona
Pracovní skupina: 4	Ročník a kroužek: Pa 9:30
Spolupracovníci: Jana Navrátilová	Hodnocení:

## Normální Zeemanův jev

### Abstrakt

Cílem úlohy je prozkoumat normální Zeemanův jev a proměřením rozštěpení spektrálních čar se pokusit určit velikost Bohrova magnetonu.

## 1 Úvod

V r. 1896 objevil P. Zeeman, že spektrální čáry se štěpí, jestliže na vyzařující atom působí magnetické pole. Bližší studium ukázalo, že zatímco některé čáry se štěpí na tři složky, na triplet, jiné vytvářejí složitější multiplety. V prvním případě hovoříme o Zeemanově jevu normálním, ve druhém případě o anomálním. Krátce po Zeemanově objevu vypracoval H. A. Lorentz teorii, která jednoduše objasňuje normální Zeemanův jev, odvozuje vztah pro velikost rozštěpení a vysvětluje polarizaci složek. Teorie vychází z modelu klasického harmonického oscilátoru, tvořeného elektronem v poli kvazielasticke síly. Je-li magnetické pole nulové, může elektron kmitat po přímce v libovolném směru, kombinací fázově posunutých pohybů v různých směrech můžeme dostat i pohyby eliptické a kruhové. Ve všech případech je kruhová frekvence kmitů  $\omega_0$  stejná. V homogenním magnetickém poli však elektron může vykonávat pouze tři periodické pohyby, kterým odpovídají tři různé frekvence. Při pohybu po přímce ve směru magnetického pole je Lorentzova síla působící na elektron nulová, takže pohyb není polem ovlivněn a frekvence má stejnou hodnotu  $\omega_0$  jako bez pole. Zbývající dva pohyby jsou kruhové, v rovině kolmé k vektoru indukce, s jedním či s druhým smyslem oběhu. Pak se Lorentzova síla přidává s kladným či záporným znaménkem ke kvazielasticke síle, která vyrovnává odstředivou sílu působící na elektron. Z toho také vyplývá, že pozorujeme-li vyzařující atom ve směru magnetického pole, je světlo krajních složek kruhově polarizováno v opačných smyslech. Prostřední složka nebude pozorovatelná, protože dipól nevyzařuje ve směru své osy. Při pozorování ve směru kolmém k magnetickému poli jsou všechny tři složky polarizovány lineárně.

### 1.1 Zadání

1. Změřte veličinu  $\Delta$  (Viz. teoretický úvod rovnice 34.) Pro statistické zpracování dat použijte postupnou metodu.
2. Změřte a určete závislost intenzity magnetického pole B mezi hroty elektromagnetů aparatury v závislosti na proudu I protékajícím cívkami.
3. Změřte manuálně velikost Bohrova magnetonu.

## 2 Pomůcky

Optická lavice, 2x spojka 150mm, červený filtr, Fabry-Perotův etalon, mikroskopický okulár, kadmiová výbojka se zdrojem, gaussmetr, laboratorní stojan, dvojice cívek, regulovaný zdroj, ampérmetr.

### 3 Základní pojmy a vztahy

K rozlišení spektrálních čar vzniklých Zeemanovým efektem je v experimentu použit Fabry-Perrotův interferometr. Průchodem světla skrz jeho planparalelní desku vznikají koncentrické kroužky a poměr velikostí jejich mezikružů je přímo úměrný rozdílu velikostí energií vstupujícího záření podle vztahu

$$\Delta E = \frac{hc}{2dn} \frac{\delta}{\Delta}$$

kde  $c = 2,99 \cdot 10^8$  m/s,  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  J·s,  $d = 4 \cdot 10^{-3}$  m a  $n = 1,457$ .

Bohrov magneton pak je konstanta přímé úměry mezi rozdílem energií a velikostí magnetického pole

$$\Delta E = \mu_B B$$

### 4 Výsledky a postup měření

Nejprve bylo třeba "okalibrovat" elektromagnety vytvářející magnetické pole v kadmiové výbojce. To bylo provedeno změřením intenzity magnetického pole v závislosti na budícím proudu. Získané hodnoty byly vyneseny do grafu a proloženy polynomem druhého stupně. Použitý tvar polynomu je  $B = -4,08 \cdot I^2 + 94,50 \cdot I - 1,55$

Tento polynom pak byl použit během výpočtu Bohrova magnetonu

**Tabulka 1:** Naměřené hodnoty poloměrů kroužků a vypočtené poměry

I [A]	0		2,5		5	
B [mT]	12,6		202		375	
i	r	$\Delta$	$\delta$	$\delta/\Delta$	$\delta$	$\delta/\Delta$
0	1	1	8	4,00	11	5,50
1	26	25	4	0,08	6	0,12
2	35	9	3	0,17	4,5	0,25
3	41	6	2,6	0,22	4	0,33
4	47	6	2,1	0,18	3,5	0,29
5	54,5	7,5	1,5	0,10	3	0,20
6	60	5,5	1,2	0,11	2,7	0,25
7	64	4	1	0,13	2,1	0,26
$\delta/\Delta$				0,14		0,24

Nafitováním přímky přes vypočtené hodnoty byla určena hodnota Bohrova magnetonu jako  $(6,12 \pm 1,9) \cdot 10^{-5} eV/T$

### 5 Diskuse

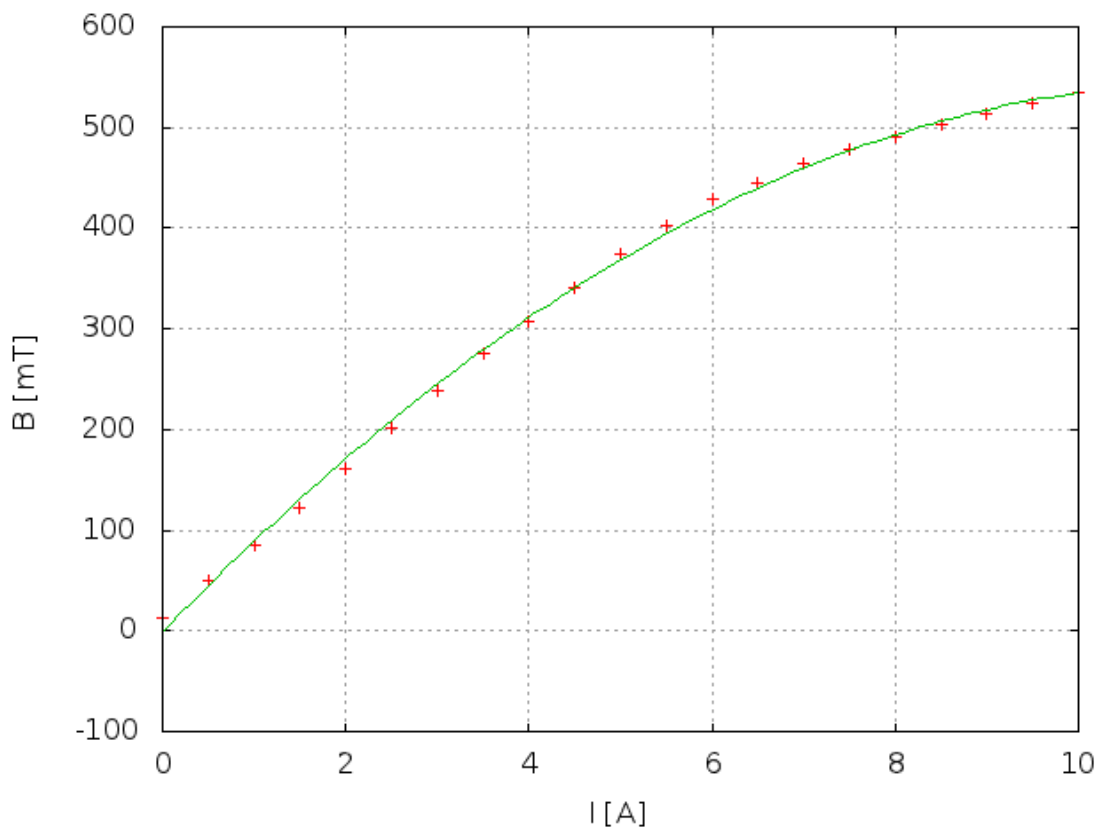
Během měření bylo celkem obtížné odečítat poloměry interferenčních kroužků na stupnici měřicího mikroskopu. Navíc doba měření zvláště při vyšších proudech elektromagnety byla velmi omezená, protože docházelo k silnému zahřívání cívek a hrozilo nebezpečí roztavení plastové kostry vinutí. Nakonec bylo ustoupeno od měření plného počtu hodnot při intenzitách magnetického pole nad 400mT a menší počet naměřených hodnot pravděpodobně značně zvýšil nepřesnost měření.

**Tabulka 2:** Naměřené hodnoty poloměrů kroužků a vypočtené poměry

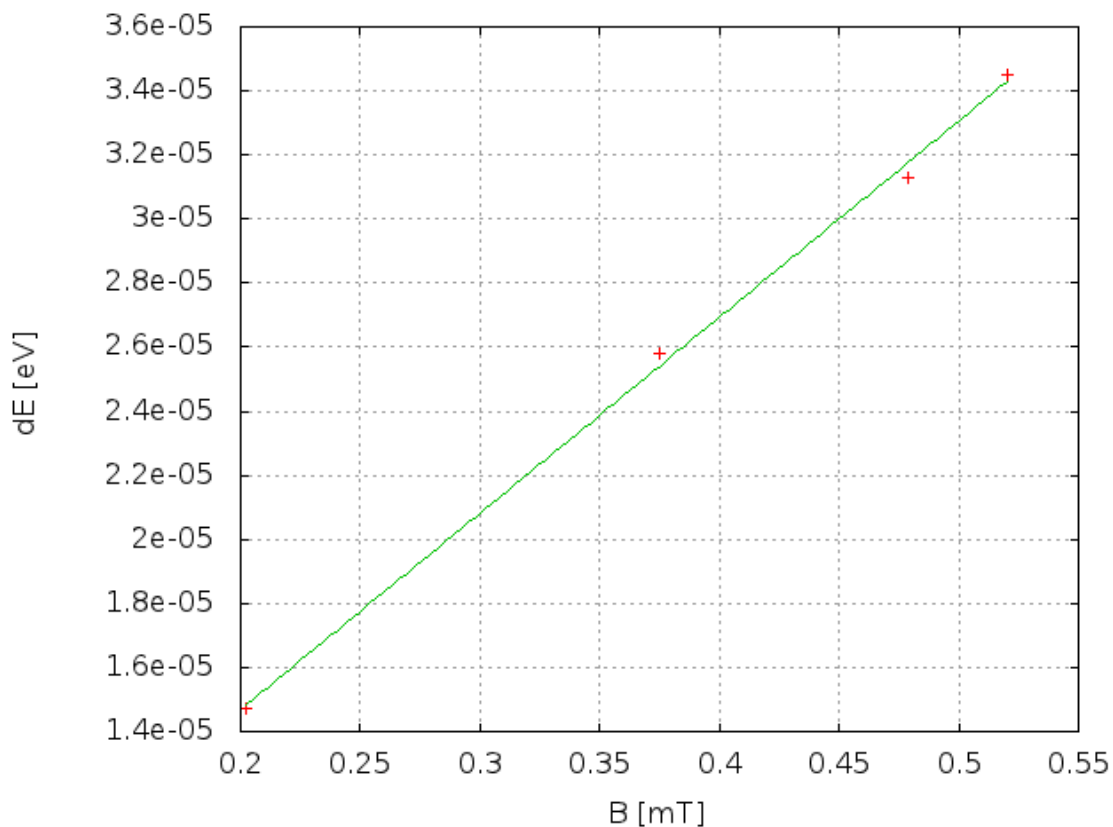
I [A]	7,5		9,1	
B [mT]	479		520	
i	r	$\delta/\Delta$	$\delta$	$\delta/\Delta$
0	14	7,00	16	8,00
1	7,8	0,16	8,1	0,16
2	7	0,39	7,6	0,42
3	5	0,42	4,7	0,39
4	3,7	0,31		
5	3,1	0,21		
6				
7				
$\delta/\Delta$		0,30		0,33

**Tabulka 3:** Shrnutí vypočtených hodnot deviací energií pro různé intenzity magnetického pole

B [mT]	202	375	479	520
$\Delta E[eV]$	1,47E-005	2,58E-005	3,13E-005	3,45E-005



**Obrázek 1:** Měření závislosti intenzity magnetického pole na proudu v cívkách elektromagnetu



Obrázek 2: Výpočet hodnoty Bohrova magnetonu

Řešením by bylo použití chlazených elektromagnetů nebo odečítání hodnot ze snímku například na CCD kameře. (Elektromagnety by pak nebyly vystaveny zátěži po tak dlouhou dobu).

## 6 Závěr

V úloze se podařilo pozorovat rozštěpení spektrálních čar kadmiové lampy. Změřením velikosti rozštěpení se podařilo přibližně určit velikost Bohrova magnetonu,  $(6.12 \pm 1.9) \times 10^{-5} eV/T$  což je ve srovnání s tabulkovou hodnotou  $5.788 \times 10^{-5} eV/T$  vzhledem ke konstrukci aparatury poměrně uspokojivý výsledek.

## Reference

- [1] <http://praktika.fjfi.cvut.cz/edm> -Zadání úlohy