

# FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

## Fyzikální praktikum 3

**Zpracoval:** Jakub Juránek

**Naměřeno:** 15. květen 2013

**Obor:** UF    **Ročník:** II    **Semestr:** IV

**Testováno:**

### Úloha č. 3:      **Pohyb nábojů v elektrickém a magnetickém poli**

#### 1. Teorie

Fokusaci svazku elektronů provedeme krátkou magnetickou čočkou. To je cívka, jejíž rotačně symetrické magnetické pole působící na zanedbatelnou krátkou část jejich dráhy a zaostrí původně divergentní svazek do bodové stopy na stínítku. Pro její ohniskovou vzdálenost  $f$  platí vztah

$$f = 98 \frac{r}{n^2} \frac{U_a}{I_f^2}, \quad (1)$$

kde  $r$  je poloměr fokusační cívky,  $n$  počet závitů cívky,  $U_a$  urychlující napětí a  $I_f$  proud tekoucí fokusační cívkou. Pro její určení převedeme tento vztah do tvaru

$$U_a = \frac{fn^2}{98r} I_f^2, \quad (2)$$

a  $f$  určíme ze směrnice závislosti  $U_a = f(I_f^2)$ .

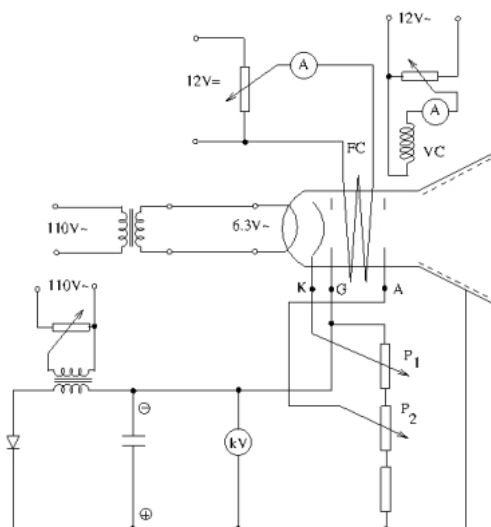
Vychylování elektronového paprsku děláme též pomocí magnetického pole. Předpokládáme-li, že indukce magnetického pole je kolmá na směr pohybu elektronů, dostaneme pro výchylku  $y$  elektronového paprsku na stínítku vztah

$$y = \sqrt{\frac{e}{2m}} L_1 L_2 \frac{B}{\sqrt{U_a}}, \quad (3)$$

kde  $e$  je náboj a  $m$  hmotnost elektronu,  $B$  magnetická indukce a  $L_1$  délka vychylovacího pole, a  $L_2$  vzdálenost mezi koncem vychylovacího pole a stínítkem. Protože indukce  $B$  je přímo úměrná proudu  $I_v$  tekoucího vychylovací cívkou, stačí pro ověření tohoto vztahu naměřit závislosti  $y = f(I_v)$  a  $y = f(U_a^{-\frac{1}{2}})$ , přičemž obě tyto závislosti by měli být lineární.

## 2. Měření

Pro měření použijeme následujícího schématu:



Obrázek 1: Elektrické schéma zapojení obvodů pro měření na obrazovce.

Nejprve určíme ohniskovou vzdálenost magnetické čočky.

Parametry použité cívky jsou:

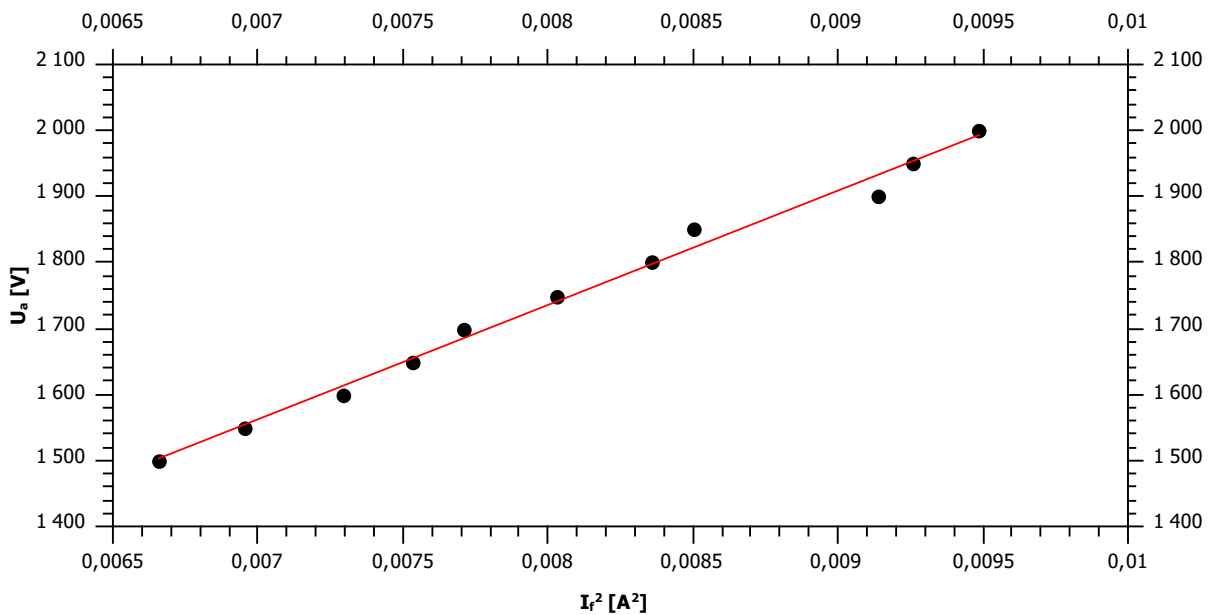
$$n = 1000$$

$$r = 2 \text{ cm}$$

Pro několik hodnot urychlujícího napětí  $U_a$  změříme hodnoty fokusačního proudu  $I_f$ , který zaostří paprsek elektronů na stínítko. Do grafu pak vyneseme závislost  $U_a = f(I_f^2)$ .

$U_a$ [kV]	$I_f$ [mA]	$I_f^2$ [mA <sup>2</sup> ]
1,50	81,6	6659
1,55	83,4	6956
1,60	85,4	7293
1,65	86,8	7534
1,70	87,8	7709
1,75	89,6	8028
1,80	91,4	8354
1,85	92,2	8501
1,90	95,6	9139
1,95	96,2	9254
2,00	97,4	9487

Tabulka 1: Naměřené hodnoty pro výpočet ohniskové vzdálenosti.



Obrázek 2: Závislost urychlujícího napětí na kvadrátu fokusačního proudu.

Ze směrnice proložené lineární závislosti dostáváme

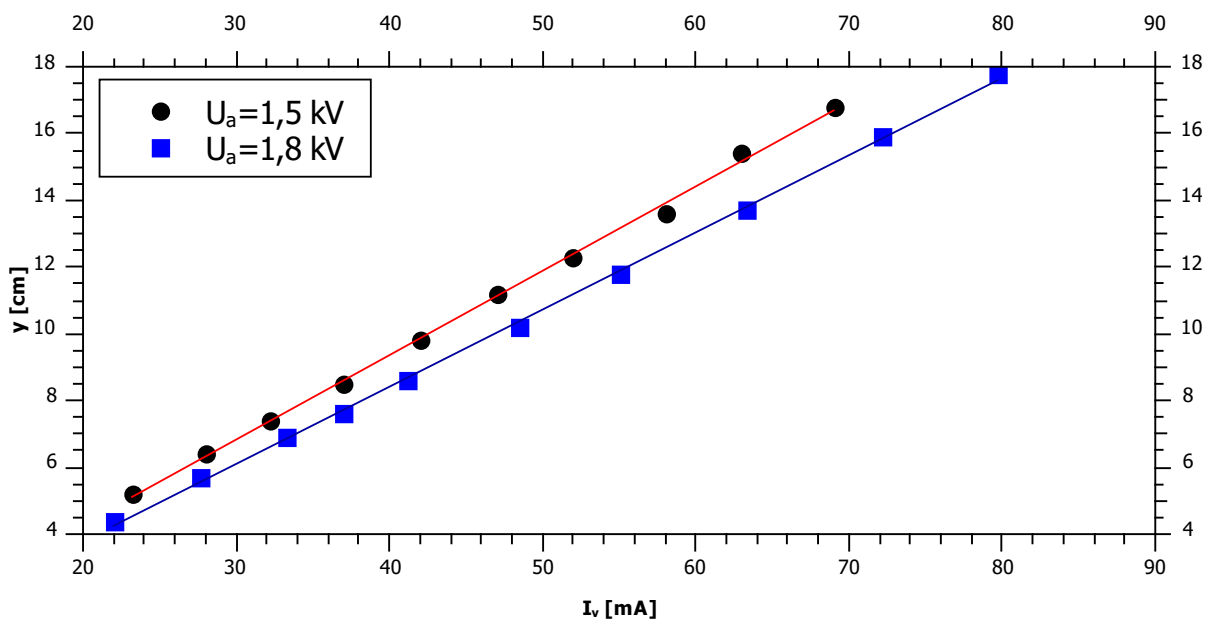
$$f = (34 \pm 2) \text{ cm}$$

Při vychylování budeme měřit délku stopy  $y$  na stínítku, kterou opět budeme zaostřovat fokusačním proudem.

Ve vztahu 3 nejprve ověříme závislost na velikosti magnetické indukce  $B$ , tedy proměříme závislost  $y = f(I_v)$ . Tuto závislost změříme pro dvě konstantní hodnoty urychlujícího napětí  $U_a$  a vyneseme je do grafu.

$U_a = 1,5 \text{ kV}$		$U_a = 1,8 \text{ kV}$	
$I_v$ [mA]	$y$ [cm]	$I_v$ [mA]	$y$ [cm]
69,0	16,8	79,7	17,8
63,0	15,4	72,2	15,9
58,0	13,6	63,3	13,7
52,0	12,3	55,0	11,8
47,0	11,2	48,5	10,2
42,0	9,8	41,2	8,6
37,0	8,5	37,0	7,6
32,2	7,4	33,3	6,9
28,0	6,4	27,6	5,7
23,2	5,2	22,0	4,4

Tabulka 2: Naměřené hodnoty pro ověření závislosti velikosti výchylky na velikosti magnetické indukce.



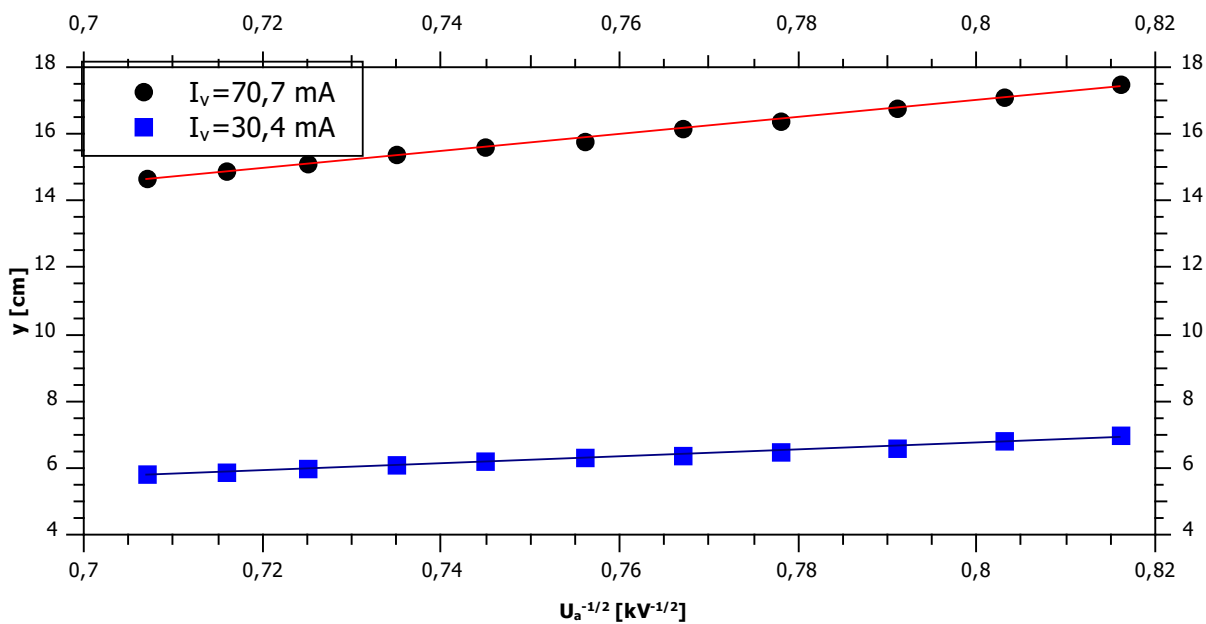
Obrázek 3: Závislost délky stopy na vychylovacím proudu.

Z grafu vidíme očekávanou lineární závislost.

Nakonec ve vztahu 3 ověříme závislost na urychlujícím napětí  $U_a$ , tedy proměříme závislost  $y = f(U_a^{-1/2})$ . Tuto závislost změříme pro dvě konstantní hodnoty vychylovacího proudu  $I_v$  a vyneseme je do grafu.

$I_v = 70,7 \text{ mA}$			$I_v = 30,4 \text{ mA}$		
$U_a$ [kV]	$U_a^{-1/2}$ [kV $^{-1/2}$ ]	$y$ [cm]	$U_a$ [kV]	$U_a^{-1/2}$ [kV $^{-1/2}$ ]	$y$ [cm]
1,50	0,816	17,5	1,50	0,816	7,0
1,55	0,803	17,1	1,55	0,803	6,8
1,60	0,791	16,8	1,60	0,791	6,6
1,65	0,778	16,4	1,65	0,778	6,5
1,70	0,767	16,2	1,70	0,767	6,4
1,75	0,756	15,8	1,75	0,756	6,3
1,80	0,745	15,6	1,80	0,745	6,2
1,85	0,735	15,4	1,85	0,735	6,1
1,90	0,725	15,1	1,90	0,725	6,0
1,95	0,716	14,9	1,95	0,716	5,9
2,00	0,707	14,7	2,00	0,707	5,8

Tabulka 3: Naměřené hodnoty pro ověření závislosti velikosti výchylky na urychlujícím napětí.



Obrázek 4: Závislost délky stopy na urychlujícím napětí.

Z grafu opět vidíme očekávanou lineární závislost.

### 3. Závěr

Nejprve jsme fokusací paprsku elektronů na stínítko změřili ohniskovou vzdálenost magnetické čočky. Její hodnota přibližně odpovídá velikosti obrazovky. Odchylka od reálné hodnoty zde ale být může, neboť přesné zaostření paprsku na stínítko bylo prakticky nemožné.

Dále jsme ověřili platnost vzorce 3, jak vůči velikosti magnetické indukce vychylovacího pole pomocí závislosti na vychylovacím proudu,  $y = f(I_v)$ , tak vůči urychlujícímu napětí,  $y = f(U_a^{-\frac{1}{2}})$ . Obojí jsme ověřovali dvakrát a pokaždé jsme dostali požadovanou lineární závislost.