

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktikum 3

Zpracoval: Tomáš Plšek

Naměřeno: 13. dubna 2018

Obor: Astrofyzika **Ročník:** II **Semestr:** IV

Testováno:

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

Úkoly:

1. Ověřte vzorec (1) pro ohniskovou vzdálenost krátké magnetické čočky. Sestrojte graf závislosti $U_a = f(I_f^2)$ a ze směrnice určete ohniskovou vzdálenost f .
2. Ověřte platnost vztahu (2) pro magnetické vychylování elektronového paprsku. Sestrojte grafy, které prokážou, jestli závislosti výchylky y na veličinách I_v a U_a odpovídají vztahu (2).

1. Úvod

Ve spoustě elektronických zařízení se využívá elektronového svazku. Tento svazek lze fokusovat či vychylovat a provádí se tak pomocí magnetického pole. Pro fokusaci se používá krátká magnetická čočka, která po krátký okamžik působí na prolétávající nabitě částice a fokusuje do bodové stopy na stínítku. Pro ohniskovou vzdálenost takovéto čočky platí:

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

kde $r = 2$ cm je poloměr fokusační cívky, $n = 1000$ je počet závitů, U_a je urychlující napětí a I_f je fokusační proud.

K vychylování elektrického svazku dochází působením Lorentzovy síly. Na elektron podél dráhy L_1 působí magnetické pole kolmé na směr jejich pohybu a jejich dráhu vychýlí. Na dráze L_2 už následně k vychylování nedochází. Pro výchylku tedy platí vztah:

$$y = \sqrt{\frac{e}{2m}} L_1 L_2 \frac{B}{\sqrt{U_a}} \sim I_v \cdot U_a^{-1/2}, \quad (2)$$

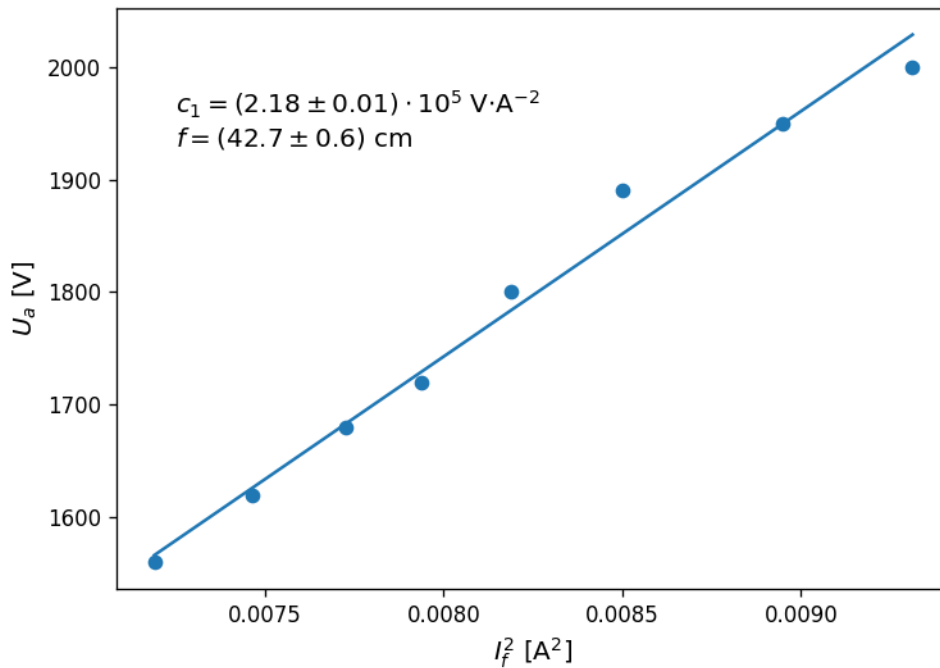
kde e je elementární náboj, m je hmotnost elektronu a B je velikost magnetické indukce vychylovací cívky. Magnetická indukce závisí na vychylovacím proudu přímo úměrně.

2. Měření

Nejdříve ze závislosti anodového napětí na kvadrátu fokusačního proudu určíme ohniskovou vzdálenost krátké magnetické čočky. V praxi budeme měnit anodové napětí a následně pomocí změny fokusačního proudu obraz zaostříme. Vzniklou závislost invertujeme, proložíme lineární závislostí a ze směrnice určíme hodnotu ohniskové vzdálenosti ze vztahu (2).

Tabulka 1: Závislost anodového napětí na kvadrátu fokusačního proudu.

$I_f^2 [10^{-3} \text{A}^2]$	$U_a [\text{kV}]$
84.8	1.56
86.4	1.62
87.9	1.68
89.1	1.72
90.5	1.80
92.2	1.89
94.6	1.95
96.5	2.00



Graf 1: Určení ohniskové vzdálenosti krátké magnetické čočky.

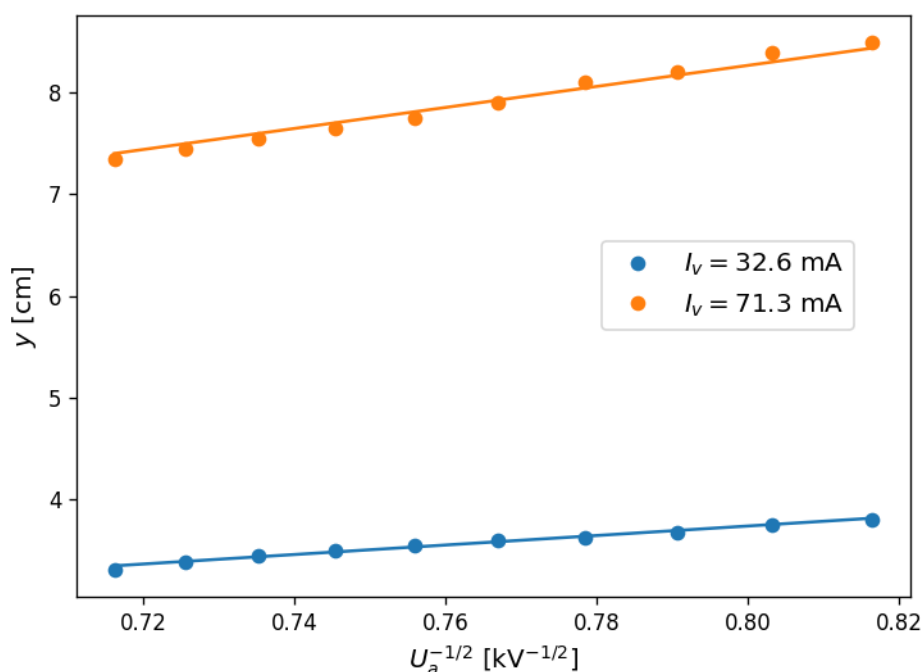
Ohnisková vzdálenost magnetické čočky $f = (42.7 \pm 0.6) \text{ cm}$.

Nyní ověříme platnost vztahu (2) pro magnetické vychylování paprsku. Provedeme tedy měření závislosti $y = f(I_v)$ pro dvě hodnoty urychlovacího napětí a závislosti $y = f(U_a^{-1/2})$ rovněž pro dvě hodnoty vychylovacího proudu. Měření vyneseme do grafu a proložíme lineární závislostí.

Nejprve tedy měníme urychlovací napětí a pomocí školního pravítka měříme délku obrazce vzniklého na obrazovce. Výchylka bude polovina měřené délky.

Tabulka 2: Závislost výchylky na urychlovacím napětí.

$I_v = 32.6 \text{ mA}$		$I_v = 71.3 \text{ mA}$	
$U_a^{-1/2} [\text{kV}^{-1/2}]$	$y [\text{cm}]$	$U_a^{-1/2} [\text{kV}^{-1/2}]$	$y [\text{cm}]$
0.816	3.80	0.816	8.50
0.803	3.75	0.803	8.40
0.791	3.68	0.791	8.20
0.778	3.63	0.778	8.10
0.767	3.60	0.767	7.90
0.756	3.55	0.756	7.75
0.745	3.50	0.745	7.65
0.735	3.45	0.735	7.55
0.725	3.38	0.725	7.45
0.716	3.30	0.716	7.35



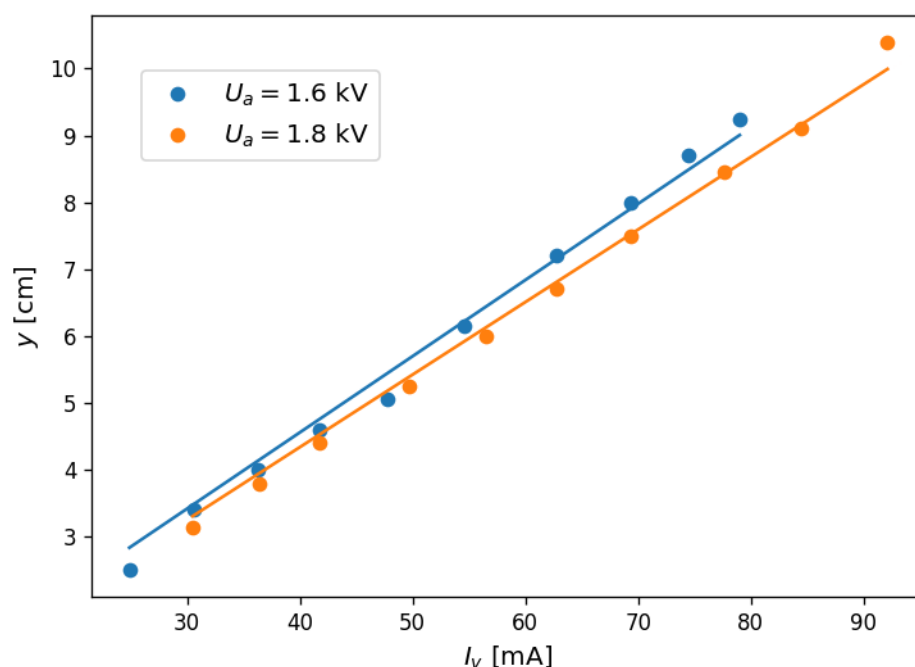
Graf 2: Ověření závislosti výchylky na urychlovacím napětí pro dvě hodnoty vychylovacího proudu.

V grafu 2 vidíme, že pro obě hodnoty vychylovacího proudu je závislost výchylky na anodovém napětí lineární. Dále si můžeme všimnout, že směrnice pro závislost při větším vychylovacím proudu je větší, což rovněž potvrzuje vztah (2).

Následně budeme měnit vychylovací proud a opět budeme měřit délku vzniklého obrazce. Po každé změně vychylovací proudu však bude nutno obrazec přestříit pomocí proudu fokusačního.

Tabulka 3: Závislost výchylky na vychylovacím proudu.

$U_a = 1.6 \text{ kV}$		$U_a = 1.8 \text{ kV}$	
$I_v \text{ [mA]}$	$y \text{ [cm]}$	$I_v \text{ [mA]}$	$y \text{ [cm]}$
79.0	9.25	92.1	10.40
74.5	8.70	84.5	9.10
69.4	8.00	77.6	8.45
62.8	7.20	69.4	7.50
54.6	6.15	62.8	6.70
47.8	5.05	56.5	6.00
41.7	4.60	49.7	5.25
36.3	4.00	41.8	4.40
30.6	3.40	36.4	3.80
24.9	2.50	30.5	3.15



Graf 3: Ověření závislosti výchylky na vychylovacím proudu.

Obě závislosti v grafu 3 jsou lineární, což opět potvrzuje vztah (2). Při nižším napětí je směrnicí přímky větší, což jsme rovněž očekávali.

3. Závěr

V první části jsem proměřil závislost urychlovacího napětí na fokusačním proudu a ze směrnic jsem určil ohniskovou vzdálenost krátké magnetické čočky $f = (42.7 \pm 0.6) \text{ cm}$. Vzhledem k rozměrům obrazovky je toto číslo nereálné.

V další části jsem ověřoval závislost výchylky na urychlovacím napětí a vychylovacím proudu. Všechny závislosti jsou prakticky lineární a jejich směrnicí splňují vztah (2).