

# Fyzikální praktikum 3 - úloha 3

## Pohyb nábojů v elektrickém a magnetickém poli

**Teorie:** V mnoha přístrojích se používá elektronový svazek, který často bývá fokusován nebo vychylován. Typickým příkladem je obrazovka.

Elektronový svazek můžeme zaostřit krátkou magnetickou čočkou, tedy cívkou, která je upravena tak, aby její pole působilo na zanedbatelně malou část dráhy svazku. Tímto se svazek zaostří do bodu a můžeme zjistit ohniskovou vzdálenost ze vztahu

$$f = 98 \frac{rU_a}{n^2 I_f^2},$$

kde  $r$  je poloměr čočky,  $U_a$  urychlující napětí,  $n$  počet závitů cívky a  $I_f$  proud tekoucí čočkou. Po úpravě dostaneme vztah

$$U_a = \frac{fn^2}{98r} I_f^2.$$

Z naměřeného napětí a proudu získáme přímkou, z její směrnice ohniskovou vzdálenost.

Vychylování paprsku lze popsat Lorentzovou silou

$$\vec{F} = -e(\vec{v} \times \vec{B}),$$

po úpravě

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{e}{m} v_x B.$$

Integrací získáme

$$\frac{dy}{dt} = \frac{e}{m} v_x B t + C.$$

Za předpokladu, že pro  $t = 0$  je  $\frac{dy}{dt} = 0$ , získáme hodnotu integrační konstanty. Celkově tedy máme

$$v_y = \frac{e}{m} v_x B t_1,$$

kde  $t_1$  je doba průletu vychylovacím polem. Rychlost  $v_x$  zjistíme ze zákona zachování energie.

Na stínítku zaznamenáme stopu o délce

$$y = v_y t_2,$$

kde  $t_2$  je doba průletu od vychylovacího pole na stínítku. Podosazováním dostaneme

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

kde  $L_1$ , resp.  $L_2$  je délka vychylovacího pole, resp. vzdálenost stínítku. Indukce  $B$  je přímo úměrná vychylovacímu proudu, proto pro konstantní napětí je  $y = f(I_f)$  a pro konstantní proud  $y = f(U_a^{-\frac{1}{2}})$ .

**Popis měření:** Schéma zapojení je nakresleno v návodu k tomuto praktiku.

Při měření ohniskové vzdálenosti měníme anodové napětí. Poté stopu doostříme změnou fokusačního proudu.

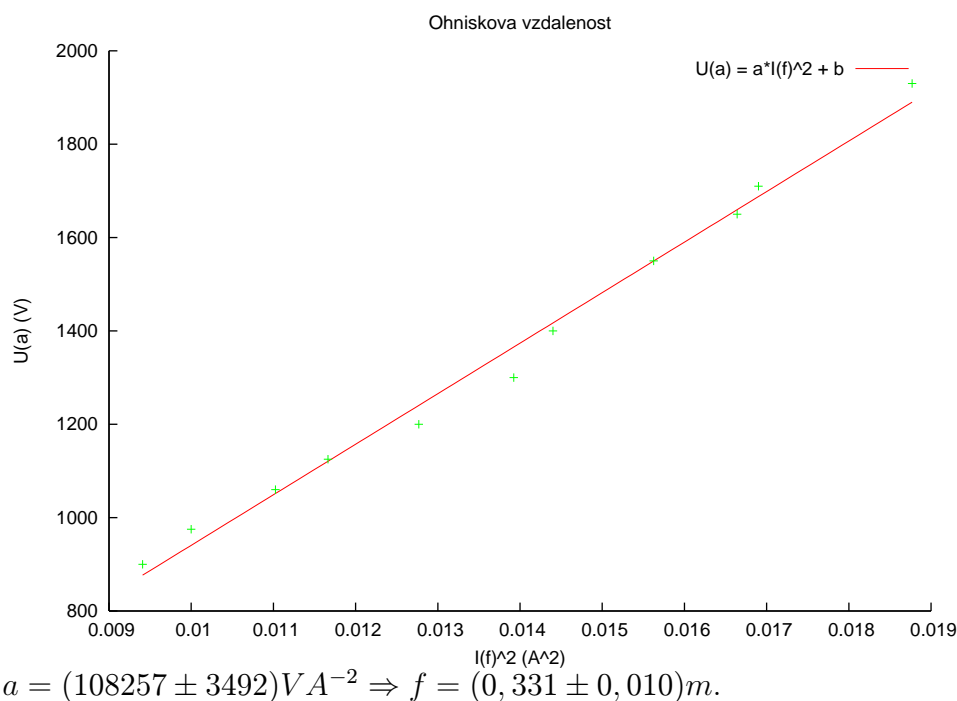
Při ověřování vztahu pro délku stopy je zapojen vychylovací obvod. Délka stopy je pak úměrná dvojnásobku vychylovacího proudu. Při změnách může docházet k rozostření stopy. To lze napravit změnou fokusačního proudu.

### Vlastní měření:

Parametry čočky:  $r = 2\text{cm}$ ,  $n = 800$ .

Ohnisková vzdálenost

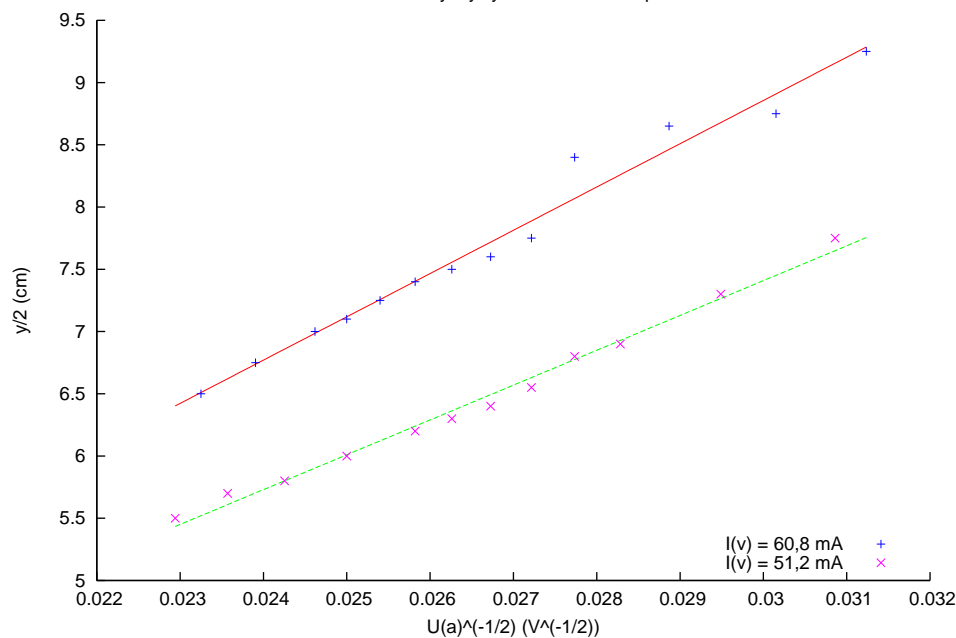
$U_a$ [kV]	$I_f(10^{-2})$ [A]	$I_f^2(10^{-3})$ [A <sup>2</sup> ]
900	9,7	9,4
975	10,0	10,0
1060	10,5	11,0
1125	10,8	11,7
1200	11,3	12,8
1300	11,8	13,9
1400	12,0	14,4
1550	12,5	15,6
1650	12,9	16,6
1710	13,0	16,9
1930	13,7	18,8



## Závislost výchylky na anodovém napětí

$I_v = 60,8 \text{ mA}$			$I_v = 51,2 \text{ mA}$		
$U_a [\text{kV}]$	$U_a^{-\frac{1}{2}} (10^{-2}) [\text{V}^{-\frac{1}{2}}]$	$y [\text{cm}]$	$U_a [\text{kV}]$	$U_a^{-\frac{1}{2}} (10^{-2}) [\text{V}^{-\frac{1}{2}}]$	$y [\text{cm}]$
1025	3,1	9,3	1050	3,1	7,8
1100	3,0	8,8	1150	3,0	7,3
1200	2,9	8,7	1250	2,8	6,9
1300	2,8	8,4	1300	2,8	6,8
1350	2,7	7,8	1350	2,7	6,6
1400	2,7	7,6	1400	2,7	6,4
1450	2,6	7,5	1450	2,6	6,3
1500	2,6	7,4	1500	2,6	6,2
1550	2,5	7,3	1600	2,5	6,0
1600	2,5	7,1	1700	2,4	5,8
1650	2,5	7,0	1800	2,4	5,7
1750	2,4	6,8	1900	2,3	5,5
1850	2,3	6,5			

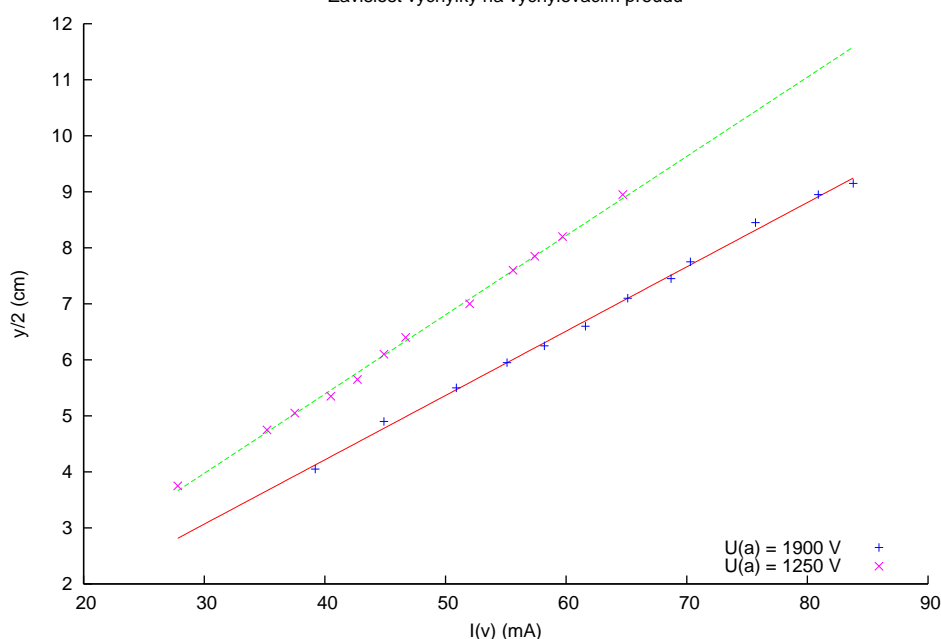
Závislost výchylky na anodovém napětí



## Závislost výchylky na vychylovacím proudu

$U_a = 1900V$		$U_a = 1250V$	
$I_v [mA]$	$y [cm]$	$I_v [mA]$	$y [cm]$
83,8	9,2	64,7	9,0
80,9	9,0	59,7	8,2
75,7	8,5	57,4	7,9
70,3	7,8	55,6	7,6
68,7	7,5	52,0	7,0
65,1	7,1	46,7	6,4
61,6	6,6	44,9	6,1
58,2	6,3	42,7	5,7
55,1	6,0	40,5	5,4
50,9	5,5	37,5	5,1
44,9	4,9	35,2	4,8
39,2	4,1	27,8	3,8

Závislost výchylky na vychylovacím proudu



**Závěr:** Ohnisková vzdálenost použité cívky je  $(33,1 \pm 1,0)cm$ , což zhruba odpovídá skutečnosti. Největší potíží zde bylo zaostření stopy na stínítku do jednoho ostrého bodu.

V grafu závislosti výchylky na anodovém napětí můžeme vidět náhlý skok pro  $I_v = 60,8mA$ . Vysvětlení může být více, jedno z nich může být takové, že zrovna v té době se začalo s měřením vedle (Šířka zakázaného pásu v polovodičích). Nejspíše to byla náhoda, protože je nepravděpodobné, že by tato úloha ovlivňovala mé měření, i když opačná cesta možná je, a dokonce se projevuje na relativně velkých výchylkách voltmetru ležícího poblíž obrazovky. Pokud by měla některá úloha ovlivňovat toto praktikum, tak nejspíše úloha s fotonásobičem. Chyba může být samozřejmě i v obvodu, nejspíše v potenciometrech.