

Datum: 10.3.2005

Vypracoval: Tomáš Henych

Název: Pohyb nábojů v elektrickém a magnetickém poli

Úkol:

- Ověřte vzorec pro ohniskovou vzdálenost krátké magnetické čočky. Sestrojte graf závislosti $U_a = f(I_f^2)$ a ze směrnice určete ohniskovou vzdálenost f .
- Ověřte platnost vztahu pro magnetické vychylování elektronového paprsku. Sestrojte graf závislosti $y = f_1(I_v)$ a $y = f_2(U_a^{-1/2})$.

Teorie úlohy:

V obrazovce se využívá elektronového svazku, který je možné fokusovat a vychylovat. Fokusace se provádí pomocí krátké magnetické čočky – je to cívka s rotačně symetrickým magnetickým polem, které působí na zanedbatelně krátkou část dráhy nabitých částic. Pro ohniskovou vzdálenost f krátké

magnetické čočky platí: $f = 98 \frac{r}{n^2} \frac{U_a}{I_f^2}$, r je poloměr fokusační cívky, U_a je urychlující napětí, n je

počet závitů cívky a I_f je proud tekoucí fokusační cívkou. Ohniskovou vzdálenost určíme ze směrnice přímky, která je grafem závislosti $U_a = \frac{fn^2}{98r} I_f^2$, při zaostření paprsku do bodu. Pro

výchylku elektronového paprsku na stínítku platí: $y = \sqrt{\frac{e}{2m} \frac{L_1 L_2 B}{\sqrt{U_a}}}$. Indukce B vychylovacího

magnetického pole je přímo úměrná proudu I_v tekoucímu vychylovací cívkou. Budeme tedy měřit jednak závislost $y = f(I_v)$ při konstantním urychlovacím napětí U_a (pro dvě různé hodnoty) a dále závislost $y = f(U_a^{-1/2})$ při konstantním vychylovacím proudu I_v (také pro dvě různé hodnoty).

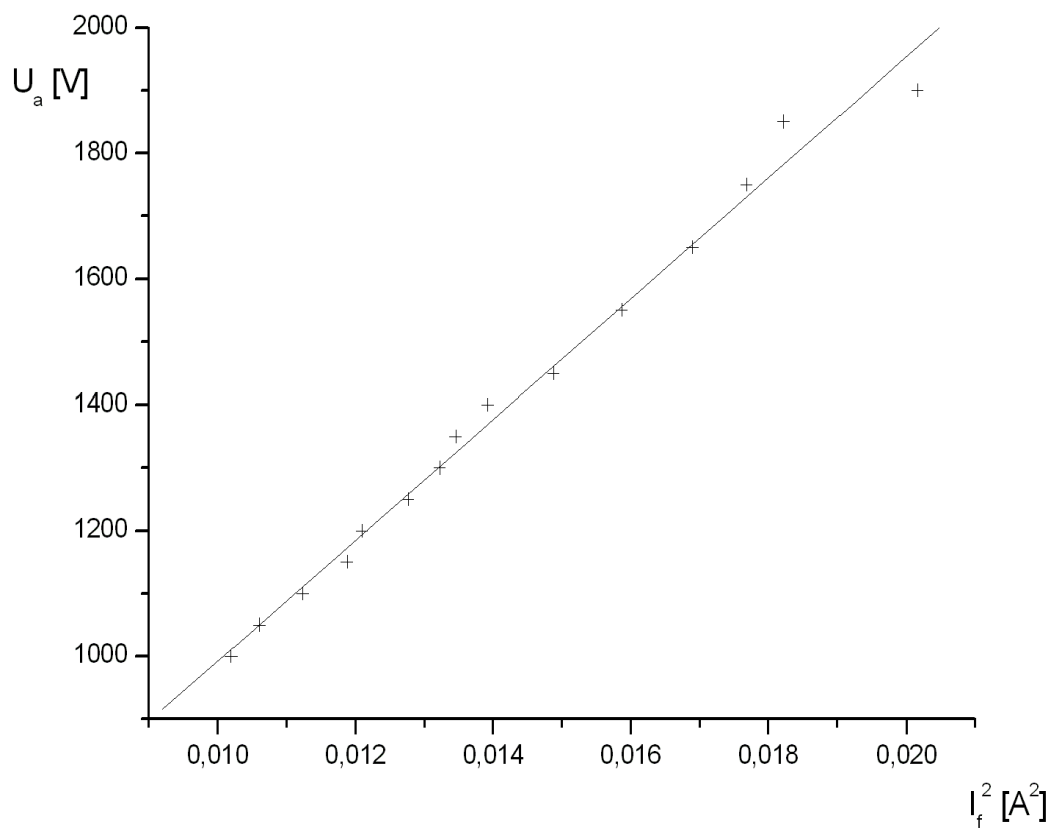
Použité hodnoty:poloměr fokusační cívky: $r = 2$ cmpočet závitů cívky: 1) $n = 1050$ $\frac{98r}{n^2} = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ 2) $n = 800$ $\frac{98r}{n^2} = 3,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ Výsledky:

ad 1.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\frac{U_a}{V}$ | 1900 | 1850 | 1750 | 1650 | 1550 | 1450 | 1400 | 1350 | 1300 | 1250 | 1200 | 1150 | 1100 | 1050 | 1000 |
| $\frac{I_f}{A}$ | 0,142 | 0,135 | 0,133 | 0,130 | 0,126 | 0,122 | 0,118 | 0,116 | 0,115 | 0,113 | 0,110 | 0,109 | 0,106 | 0,103 | 0,101 |

Tabulka 1: Měření ohniskové vzdálenosti

směrnice $k = 96103 \pm 2751 \text{ V} \cdot \text{A}^{-2}$ ohnisková vzdálenost $f = (29,3 \pm 0,9) \text{ cm}$



Graf 1: Měření ohniskové vzdálenosti

ad 2.

$U_a = 1750 \text{ V}$

| $\frac{I_v}{mA}$ | $\frac{y}{mm}$ |
|------------------|----------------|
| 57,0 | 62,5 |
| 53,7 | 59,0 |
| 47,8 | 53,0 |
| 43,1 | 48,0 |
| 39,1 | 43,5 |
| 35,5 | 39,0 |
| 31,6 | 35,0 |
| 27,5 | 30,0 |
| 23,5 | 26,0 |
| 21,0 | 23,5 |
| 18,4 | 21,0 |
| 15,3 | 17,0 |
| 12,5 | 14,0 |
| 8,0 | 9,5 |
| 3,8 | 5,0 |

$U_a = 1500 \text{ V}$

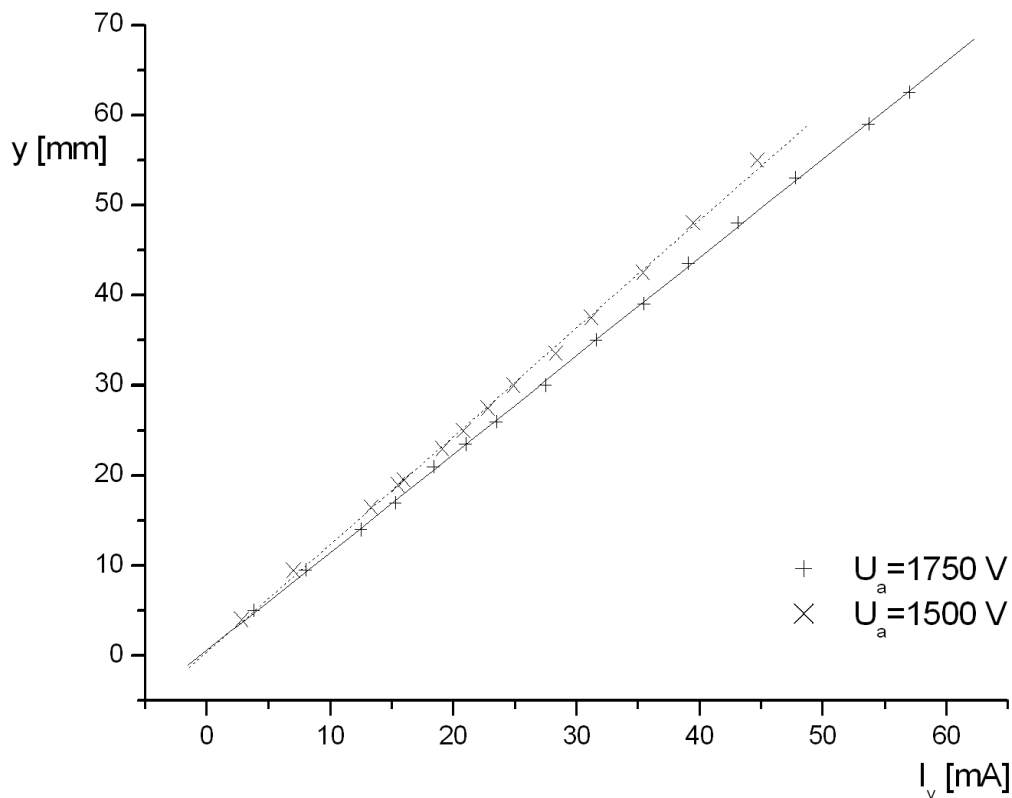
| $\frac{I_v}{mA}$ | $\frac{y}{mm}$ |
|------------------|----------------|
| 44,7 | 55,0 |
| 39,5 | 48,0 |
| 35,4 | 42,5 |
| 31,2 | 37,5 |
| 28,3 | 33,5 |
| 24,9 | 30,0 |
| 22,8 | 27,5 |
| 20,8 | 25,0 |
| 19,1 | 23,0 |
| 16,0 | 19,5 |
| 15,5 | 19,0 |
| 13,3 | 16,5 |
| 7,0 | 9,5 |
| 2,8 | 4,0 |

$I_v = 39,9 \text{ mA}$

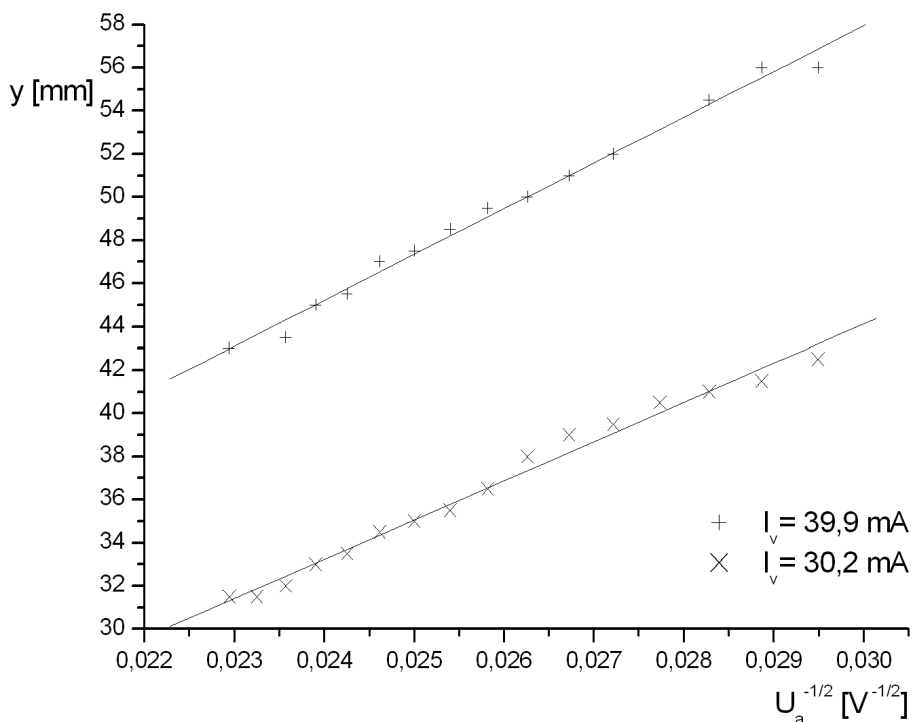
| $\frac{U_a}{V}$ | $\frac{y}{mm}$ |
|-----------------|----------------|
| 1150 | 56,0 |
| 1200 | 56,0 |
| 1250 | 54,5 |
| 1350 | 52,0 |
| 1400 | 51,0 |
| 1450 | 50,0 |
| 1500 | 49,5 |
| 1550 | 48,5 |
| 1600 | 47,5 |
| 1650 | 47,0 |
| 1700 | 45,5 |
| 1750 | 45,0 |
| 1800 | 43,5 |
| 1900 | 43,0 |

$I_v = 30,2 \text{ mA}$

| $\frac{U_a}{V}$ | $\frac{y}{mm}$ |
|-----------------|----------------|
| 1150 | 42,5 |
| 1200 | 41,5 |
| 1250 | 41,0 |
| 1300 | 40,5 |
| 1350 | 39,5 |
| 1400 | 39,0 |
| 1450 | 38,0 |
| 1500 | 36,5 |
| 1550 | 35,5 |
| 1600 | 35,0 |
| 1650 | 34,5 |
| 1700 | 33,5 |
| 1750 | 33,0 |
| 1800 | 32,0 |
| 1850 | 31,5 |
| 1900 | 31,5 |



Graf 2: Ověření závislosti výchylky na vychylovacím proudu při konstantním urychlovacím napětí



Graf 3: Ověření závislosti výchylky na urychlovacím napětí při konstantním proudu

Závěr:

Ohnisková vzdálenost magnetické čočky vyšla $f = (29,3 \pm 0,9) \text{ cm}$, tedy s chybou asi 3 %. Chyba byla určena z chyby směrnice přímky proložené body závislosti urychlovacího napětí na čtverci fokusačního proudu. Vztah pro výchylku paprsku platí poměrně dobře, což je patrné z grafů závislosti výchylky na vychylovacím proudu a urychlovacím napětí. V druhém případě je vztah splněn poněkud hůře – může to být způsobeno méně přesným odčítáním napětí.