

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktikum 3

Zpracoval: Lukáš Lejdar

Naměřeno: 15. dubna 2025

Obor: F

Skupina: Út 14:00

Testováno:

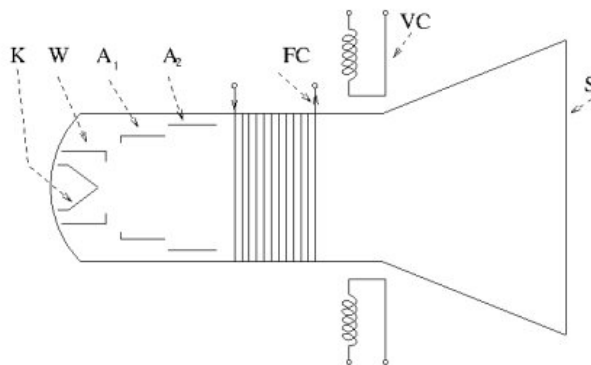
Úloha č. 1: Pohyb nábojů v elektrickém a magnetickém poli

1. Úvod

Toto praktikum je zaměřené na způsoby, jakými se dá usměrňovat, nebo zaostřovat svazek elektronů, pomocí cívek a elektrod. Na těchto principech fungovali například první televize, která bude i předmětem měření.

2. Teorie

Schéma uspořádání součástí televize je vidět na obrázku 1. Z katody vzadu televize vyletují elektrony, které jsou potom urychlené napětím na anodách. Svazek je potom možné fokusovat, nebo vychylovat a jeho stopu uvidíme na luminiscenčním stínítku televize.



Obrázek 1: Schématické znázornění uspořádání obrazovky s magnetickou fokusací a s magnetickým vychylováním. K - katoda, W - Wehneltův válec, A_1 a A_2 - anody, F C - fokusací cívka, V C - dva páry vychylovacích cívek, S - stínítko.

Zaostření elektronů můžeme provádět krátkou magnetickou čočkou. Je to krátká cívka, jejíž rotační magnetické pole fokusuje původně divergentní svazek do bodové stopy na stínítku. Pro její ohniskovou vzdálenost platí vztah

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

kde r je poloměr cívky, n počet závitů, I_f proud tekoucí cívkou a U_a anodové napětí.

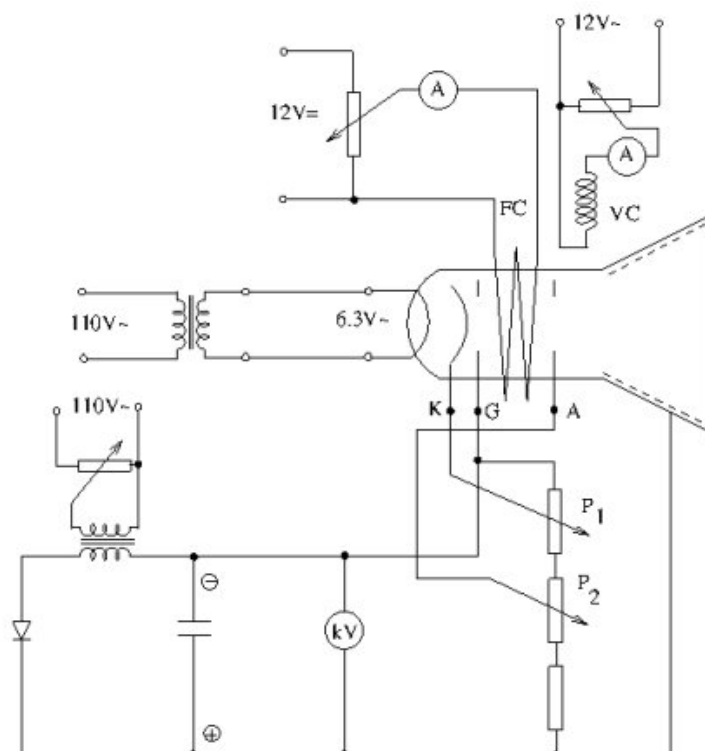
Pokud je vychylovací cívka vypnutá, bude svazek dopadat doprostřed obrazovky. Pro jeho výchylku y od středu při zvyšování magnetického pole jde odvodit druhý vztah

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

kde L_1 je délka působení vychylovacích cívek, L_2 je vzdálenost ke stínítku a B je indukované magnetické pole, které je zároveň přímo úměrné vychylovacímu proudu I_v .

3. Postup měření

Schéma pro praktické měření pohybu nábojů je na obrázku (2). Anodové napětí a fokusační a vychylovací proudy se dají ovládat pomocí připojených potenciometrů a všechny tyto veličiny se měří zapojením dvou ampérmetrů a voltmetru.



Obrázek 2: Elektrické schéma zapojení obvodů pro měření na obrazovce

4. Výsledky měření

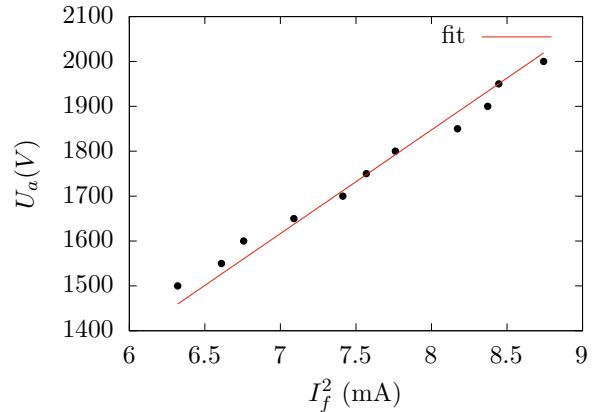
4.1. Ohnisková vzdálenost

Obrazovku jsem zapojil podle schematu na obrázku 1 a zkontroloval, že funguje zaostřování i vychylování posunováním jezdců potenciometrů. Pro ověření vztahu (1) jsem začal na nízkém anodovém napětí U_a a potom měnil fokusační proud, tak aby byl obraz ostrý. Do grafu 1 jsem potom vykreslil lineární závislost (1) a z fitu přímkou určil ohniskovou vzdálenost

$$f = 45.2 \pm 0.2 \text{ cm} \quad (3)$$

U_a (kV)	I_f (mA)
2.00	93.5
1.95	91.9
1.90	91.5
1.85	90.4
1.80	88.1
1.75	87.0
1.70	86.1
1.65	84.2
1.60	82.2
1.55	81.3
1.50	79.5

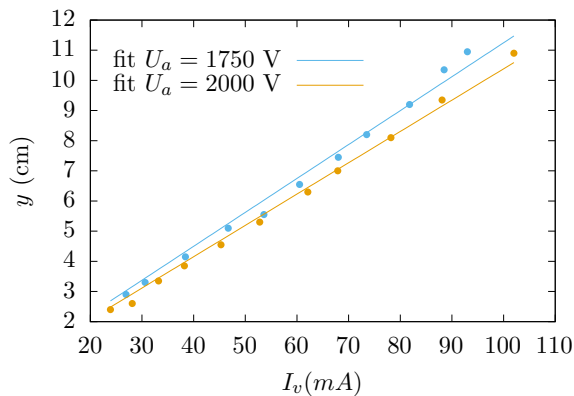
Tabulka 1: Naměřené napětí a fokusační proudy při ostrém obrazu na stínítku



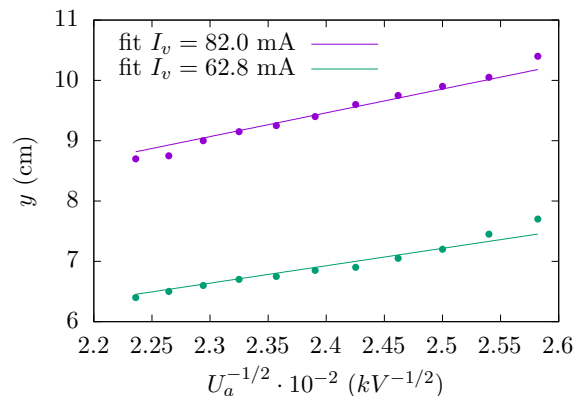
Graf 1: Závislost čtverce fokusačního proudu na anodovém napětí

4.2. Vychýlení svazku

Druhým úkolem bylo ověřit platnost vztahu (2). Podle něj by měla výchylka svazku y být přímo úměrná magnetické indukci $y \propto B \propto I_v$ a taky $y \propto U_a^{-0.5}$. Není ale úplně jednoduché zjistit, kde přesně je střed obrazovky, od kterého by se mělo y měřit. Namísto toho použiju střídavý proud I_v , což na stínítku vytvoří čáru a výchylka y je polovina délky této čáry. Budu měřit výchylky jednou při konstantním napětí a podruhé při konstantním proudu a zjistím, jestli je y na veličinách přímo úměrné jednotlivě. Naměřená data jsou v tabulkách 2 a závislosti jsou vykreslené do grafů 2 a 3.



Graf 2: Závislost výchylky y na vychylovacím proudu I_v



Graf 3: Závislost výchylky y na urychlovacím napětí U_a

U_a (V)	I_f (mA)	I_v (mA)	$2y$ (cm)
1500	75.8	83.8	20.8
1550	80.3	83.5	20.1
1600	81.0	82.0	19.8
1650	82.4	81.3	19.5
1700	85.7	81.3	19.2
1750	86.1	82.4	18.8
1800	88.7	82.8	18.5
1850	88.2	83.0	18.3
1900	88.1	81.2	18.0
1950	91.8	81.6	17.5
2000	93.9	82.3	17.4

(a) $I_v \approx 82$ mA

U_a (V)	I_f (mA)	I_v (mA)	$2y$ (cm)
1500	79.4	62.7	15.4
1550	81.6	62.8	14.9
1600	83.9	62.9	14.4
1650	83.6	62.2	14.1
1700	86.9	62.8	13.8
1750	88.2	62.7	13.7
1800	88.7	62.9	13.5
1850	89.1	62.8	13.4
1900	91.5	62.7	13.2
1950	91.3	62.8	13.0
2000	94.3	63.0	12.8

(b) $I_v \approx 62.8$ mA

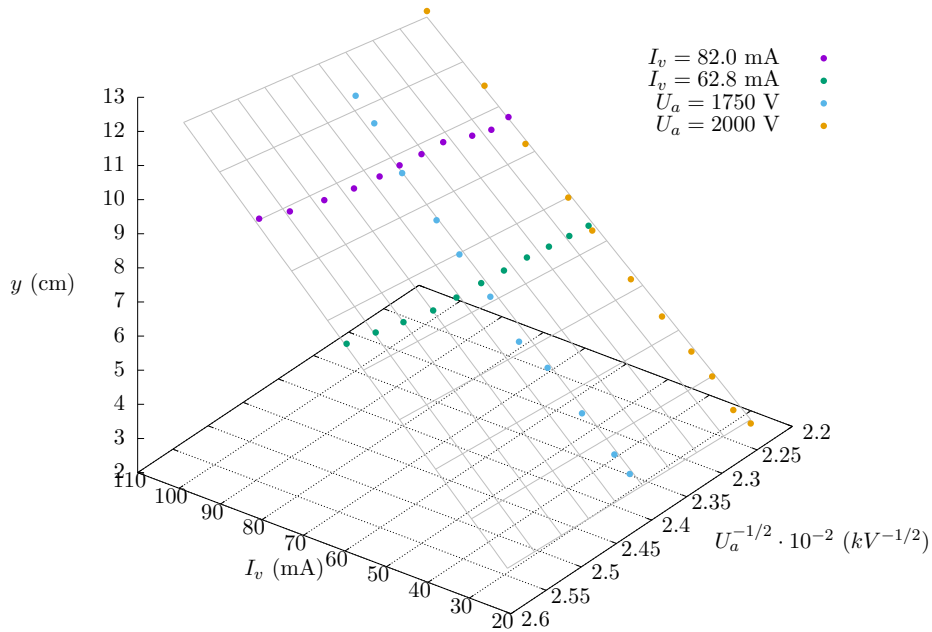
U_a (V)	I_f (mA)	I_v (mA)	$2y$ (cm)
1750	83.1	93.0	21.9
1750	84.1	88.5	20.7
1750	85.7	81.8	18.4
1750	86.3	73.5	16.4
1750	86.3	68.0	14.9
1750	86.3	60.5	13.1
1750	86.3	53.6	11.1
1750	86.3	46.7	10.2
1750	86.3	38.4	8.30
1750	86.3	30.6	6.60
1750	86.3	26.9	5.80

(c) $U_a \approx 1750$ V

U_a (V)	I_f (mA)	I_v (mA)	$2y$ (cm)
2000	92.2	102	21.8
2000	92.2	88.1	18.7
2000	92.2	78.2	16.2
2000	92.2	67.9	14.0
2000	92.2	62.1	12.6
2000	92.2	52.8	10.6
2000	92.2	45.3	9.10
2000	92.2	38.2	7.70
2000	92.2	33.2	6.70
2000	92.2	28.1	5.20
2000	92.2	23.9	4.80

(d) $U_a \approx 2000$ V

Tabulka 2: Naměřená data vychýlení bodu na obrazovce v závislosti na urychlovacím napětí U_a a vychylovacím proudu I_v .



Graf 4: Závislost výchylky y na urychlovacím napětí $U_a^{-1/2}$ a vychylovacím napětí I_v .

5. Závěr

V první části úlohy jsem ověřil vztah (1) pro ohniskovou vzdálenost magnetické čočky a určil její hodnotu $f = 45.2 \pm 0.2$ mm. Přes dobrou přesnost tato hodnota určitě není správná, protože televize je dlouhá jenom asi 30 cm. Myslím, že hodnoty všechny hodnoty byli změřené dostatečně přesně, takže závěrem je že vztah (1) alespoň v mé aparatuře není úplně přesný. Potvrdilo se ale, že mezi napětím U_a proudem I_f^2 a ohniskovou vzdáleností f existuje lineární vztah, jak ukazuje graf 1.

V druhé části jsem měl za úkol ověřit, že výchylka bodu na stínítku je přímo úměrná magnetickému poli, tedy i vychylovacímu proudu $B \propto I_v$ a energii elektronů, nebo napětí $E^{-0.5} \propto U_a^{-0.5}$. Obě tyto závislosti se potvrdili jak ukazují grafy 2, 3 a 4.

Reference

[1] návod k úloze https://is.muni.cz/auth/el/sci/jaro2025/F4210/um/fp3-1_obrazovka.pdf.