

POKUS

- Zkoumejte odchylku elektronového paprsku způsobenou magnetickým polem
- Určete specifický náboj elektronu
- Zkoumejte odchylku elektronového paprsku způsobenou elektrickým polem
- Sestrojte rychlostní filtr za použití kolmého elektrického a magnetického pole

ÚKOL

Zkoumejte odchylku elektronů způsobenou elektrickým a magnetickým polem.

SHRNUTÍ

V Thomsonově trubici může být na světélkujícím prostoru na promítání pozorována svislá odchylka vodorovného elektronového paprsku. Takováto odchylka může být vytvořena svislým elektrickým polem nebo vodorovným magnetickým polem, které je kolmé ke směru pohybu ve vodorovné rovině.

POŽADOVANÉ PŘÍSLUŠENSTVÍ

1	Thomsonova trubice S	5401.U18555
1	Držák na trubice S	5401.U185001
1	Pár Helmholtzových cívek S	5401.U185051
1	Zdroj vysokého napětí 5 kV (230 V, 50 / 60 Hz)	5401.U33010230
1	DC zdroj napětí 0 – 500 V (230 V, 50 / 60 Hz)	5401.U33000230
1	Sada 15 bezpečnostních pokusných kabelů, 75 cm	5401.U138021

ZÁKLADNÍ PRINCIPY

V Thomsonově trubici procházejí elektrony vodorovně přes štěrbinu za anodou a naráží na světélkující promítací prostor umístěný šikmo k elektronovému paprsku, na kterém mohou být pozorovány. Za drážkou se nachází deskový kondenzátor. Elektrické pole mezi jeho dvěma deskami odchyluje elektronový paprsek ve svislém směru. Navíc Helmholtzovy cívky mohou být použity k určení magnetického pole ve vodorovném směru kolmo k pohybu elektronů, které také vychyluje ve svislém směru.

Elektron pohybující se rychlostí v přes magnetické pole B je vystaven Lorentzově síle:

$$(1) F = -e \cdot v \times B$$

e : Náboj elektronu

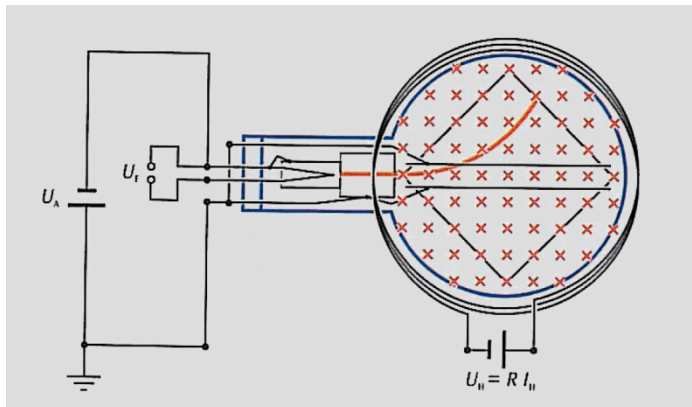
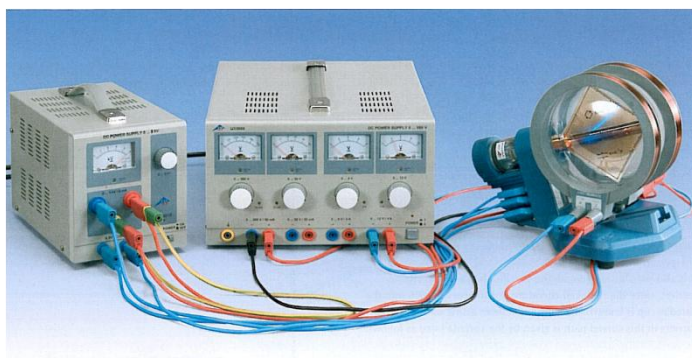
Síla působí v kolmém směru na rovinu definovanou směrem pohybu a magnetickým polem. To způsobuje vychýlení paprsku svisle, jestliže oba směry pohybu a magnetické pole jsou ve vodorovné pozici (Obrázek 1). Jestliže je směr pohybu kolmý k nepravidelnému magnetickému poli, elektrony jsou vychýleny do kruhové trajektorie dostředivou silou, která je následkem Lorentzovy síly.

$$(2) m \cdot \frac{v^2}{r} = e \cdot v \cdot B$$

m : hmotnost elektronu, r : poloměr trajektorie.

Rychlost elektronů závisí na napětí anody U_A , takže:

$$(3) v = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U_A}$$



Obrázek 1: Schéma Thomsonovy trubice v magnetickém poli.

To znamená, že měření poloměru trajektorie umožňuje určit specifický náboj elektronu, pokud je známo homogenní magnetické pole B a napětí anody U_A . Rovnice 2 a 3 mohou být zkombinovány a dávají vyjádření pro specifický náboj elektronu:

$$(4) \frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U_A}{(B \cdot r)^2}$$

Jestliže napětí U_P působí na deskový kondenzátor, elektrony jsou odkloněny svisle jejich elektrickým polem E se silou:

$$(5) F = -e \cdot E$$

e : náboj elektronu

Toto odchýlení je také svislé (obrázek 2). Elektrické pole tak může být nastaveno tím způsobem, že přesně zruší vychýlení způsobené magnetickým polem:

$$(6) e \cdot E + e \cdot v \cdot B = 0$$

V tomto případě je snadné určit rychlost každého elektronu:

$$(7) v = \left| \frac{E}{B} \right|$$

Takové uspořádání kolmého elektrického a magnetického pole, ve kterém se vyruší vychýlení paprsku, se někdy nazývá rychlostní filtr.

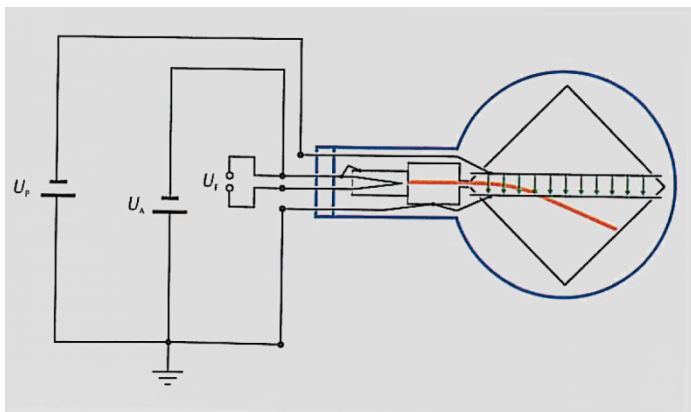
VYHODNOCENÍ

Magnetické pole B je vytvořeno párem Helmholtzových cívek a je úměrné k proudu I_H procházejícímu přes každou cívku individuálně. Koeficient úměrnosti k může být určen z poloměru cívky $R = 68 \text{ mm}$ a z počtu závitů na cívce $N = 320$:

$$B = k \cdot I_H \quad \text{kde} \quad k = \left(\frac{4}{5}\right)^2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{N}{R}$$

Elektrické pole může být spočítáno z napětí U_P a rozdělení desek d :

$$E = \frac{U_P}{d}$$



Obrázek 2: Schéma Thomsonovy trubice v elektrickém poli.



HELAGO-CZ, s.r.o.

Kladská 1082

500 03 Hradec Králové

Tel.: 495 220 229

Fax: 495 220 154

E-mail: info@helago-cz.cz

<http://www.helago-cz.cz>

