


AUFGABEN:

- Untersuchung der Ablenkung eines Elektronenstrahls in einem magnetischen Feld.
- Abschätzung der spezifischen Ladung des Elektrons.
- Untersuchung der Ablenkung eines Elektronenstrahls in einem elektrischen Feld.
- Aufbau eines Geschwindigkeitsfilters aus gekreuztem elektrischem und magnetischem Feld.

ZIEL

Untersuchung der Ablenkung von Elektronen im elektrischen und magnetischen Feld.

ZUSAMMENFASSUNG

In der Thomson-Röhre wird die vertikale Ablenkung eines horizontalen Elektronenstrahls auf einem Leuchtschirm sichtbar. Die Ablenkung kann durch ein vertikales elektrisches Feld erzeugt werden oder durch ein horizontales magnetisches Feld, das in der horizontalen Ebene senkrecht zur Strahlrichtung steht.

BENÖTIGTE GERÄTE

| Anzahl | Geräte | Art.-Nr. |
|--------|------------------------------------------------|--------------|
| 1 | Thomson-Röhre S | 1000617 |
| 1 | Röhrenhalter S | 1014525 |
| 1 | Helmholtz-Spulenpaar S | 1000611 |
| 1 | Hochspannungsnetzgerät, 5 kV (230 V, 50/60 Hz) | 1003310 oder |
| | Hochspannungsnetzgerät, 5 kV (115 V, 50/60 Hz) | 1003309 |
| 1 | DC-Netzgerät 0 – 500 V (230 V, 50/60 Hz) | 1003308 oder |
| | DC-Netzgerät 0 – 500 V (115 V, 50/60 Hz) | 1003307 |
| 1 | Satz 15 Sicherheitsexperimentierkabel 75 cm | 1002843 |

2
ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

In der Thomson-Röhre passieren die Elektronen in horizontaler Richtung eine Schlitzblende hinter der Anode und treffen auf einen schräg in den Strahlengang gestellten Leuchtschirm, auf dem der Strahlverlauf sichtbar wird. Hinter der Schlitzblende ist ein Plattenkondensator angebracht, in dessen vertikalem elektrischem Feld die Elektronen vertikal abgelenkt werden. Zusätzlich kann mit Helmholtzspulen ein senkrecht zur Strahlrichtung verlaufendes horizontales Magnetfeld aufgebaut werden, in dem die Elektronen ebenfalls vertikal abgelenkt werden:

Auf ein Elektron, das sich mit der Geschwindigkeit v durch ein Magnetfeld B bewegt, wirkt die Lorentz-Kraft

$$(1) \quad e: \text{Elementarladung} \\ F = -e \cdot v \times B$$

senkrecht zu der von der Bewegungsrichtung und dem Magnetfeld aufgespannten Ebene. Die Ablenkung erfolgt in vertikaler Richtung, wenn sowohl die Bewegungsrichtung wie auch das Magnetfeld in der horizontalen Ebene liegen (siehe Abb. 1). Steht die Bewegungsrichtung senkrecht auf dem homogenen Magnetfeld, so werden die Elektronen auf eine Kreisbahn gezwungen, deren Zentripetalkraft durch die Lorentz-Kraft gegeben ist.

$$(2) \quad m: \text{Elektronenmasse, } r: \text{Kreisbahnradius.} \\ m \cdot \frac{v^2}{r} = e \cdot v \cdot B$$

Die Geschwindigkeit der Elektronen hängt von der Anodenspannung U_A ab. Es gilt:

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

Somit kann aus dem Kreisbahnradius die spezifische Ladung des Elektrons bestimmt werden, wenn das homogene Magnetfeld B und die Anodenspannung U_A bekannt sind. Aus (2) und (3) folgt für die spezifische Ladung des Elektrons:

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

Liegt eine Spannung U_P am Plattenkondensator an, so werden die Elektronen in dessen vertikalem elektrischem Feld E mit der Kraft

$$(5) \quad e: \text{Elementarladung} \\ F = -e \cdot E$$

ebenfalls vertikal abgelenkt (siehe Abb. 2). Das elektrische Feld kann daher so gewählt werden, dass es die Ablenkung im magnetischen Feld gerade ausgleicht:

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

In diesem Fall kann die Geschwindigkeit der Elektronen leicht bestimmt werden. Es gilt:

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

Eine Anordnung aus gekreuztem elektrischem und magnetischem Feld, in der die Ablenkung der Elektronen zu Null kompensiert wird, wird daher als Geschwindigkeitsfilter bezeichnet.

AUSWERTUNG

Das magnetische Feld B wird in einem Helmholtz-Spulenpaar erzeugt und ist proportional zum Strom I_H durch eine einzelne Spule. Der Proportionalitätsfaktor k kann aus dem Spulenradius $R = 68 \text{ mm}$ und der Windungszahl $N = 320$ je Spule berechnet werden:

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

Das elektrische Feld lässt sich aus der Spannung U_P und dem Plattenabstand d berechnen:

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

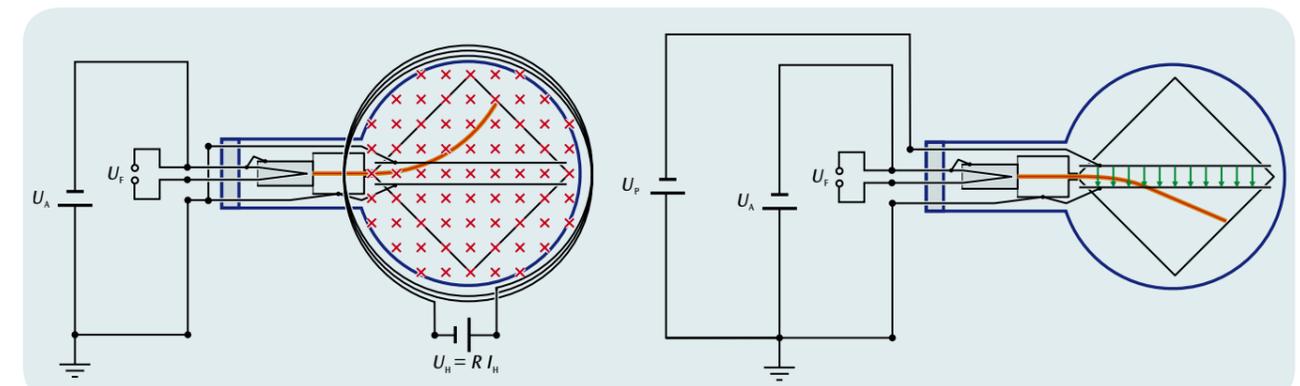


Abb. 1: Schematische Darstellung zur Thomson-Röhre im magnetischen Feld.

Abb. 2: Schematische Darstellung zur Thomson-Röhre im elektrischen Feld.