

AUFGABEN:

- Demonstration der Ablenkung von Elektronen in einem homogenen Magnetfeld auf eine geschlossene Kreisbahn.
- Bestimmung des Helmholtzspulen-Stroms I_H in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung U der Elektronenkanone bei konstantem Kreisbahnradius r .

ZIEL

Bestimmung der spezifischen Ladung des Elektrons.

ZUSAMMENFASSUNG

In der Fadenstrahlröhre ist die Kreisbahn der Elektronen in einem homogenen Magnetfeld als scharf begrenzte Leuchtspur sichtbar. Daher kann der Kreisbahnradius unmittelbar mit einem Maßstab gemessen werden. Aus dem Bahnradius r , dem Magnetfeld B und der Beschleunigungsspannung U der Elektronenkanone lässt sich die spezifische Ladung e/m des Elektrons berechnen.

BENÖTIGTE GERÄTE

Anzahl	Geräte	Art.-Nr.
1	Fadenstrahlröhre auf Anschlusssockel	1000904
1	Helmholtz-Spulen 300 mm	1000906
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	Analog-Multimeter AM50	1003073
1	Satz 15 Sicherheitsexperimentierkabel 75 cm	1002843

2

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

In der Fadenstrahlröhre bewegen sich die Elektronen in einem homogenen Magnetfeld auf einer Kreisbahn. Die Röhre enthält Neongas bei präzise eingestelltem Druck, und die Gasatome werden längs der Kreisbahn durch Stöße der Elektronen ionisiert und zum Leuchten angeregt. Dadurch wird die Kreisbahn der Elektronen indirekt sichtbar, und ihr Bahnradius kann unmittelbar mit einem Maßstab gemessen werden. Da die Beschleunigungsspannung U der Elektronenkanone und das Magnetfeld B bekannt sind, kann aus dem Kreisbahnradius r die spezifische Ladung e/m des Elektrons berechnet werden:

Auf ein Elektron, das sich mit der Geschwindigkeit v senkrecht zu einem homogenen Magnetfeld B bewegt, wirkt senkrecht zur Geschwindigkeit und zum Magnetfeld die Lorentz-Kraft:

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

Sie zwingt das Elektron als Zentripetalkraft

$$(2) \quad m: \text{Elektronenmasse} \\ F = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

auf eine Kreisbahn mit dem Radius r . Daher ist

$$(3) \quad e \cdot B = \frac{m \cdot v}{r}$$

Die Geschwindigkeit v hängt von der Beschleunigungsspannung U der Elektronenkanone ab:

$$(4) \quad v = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U}$$

Für die spezifische Ladung des Elektrons gilt somit:

$$(5) \quad \frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U}{(r \cdot B)^2}$$

AUSWERTUNG

Das Magnetfeld 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 $R = 147,5 \text{ mm}$ und der Windungszahl $N = 124$ je Spule berechnet werden:

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

Damit sind sämtliche Bestimmungsgrößen für die spezifische Elektronenladung bekannt.

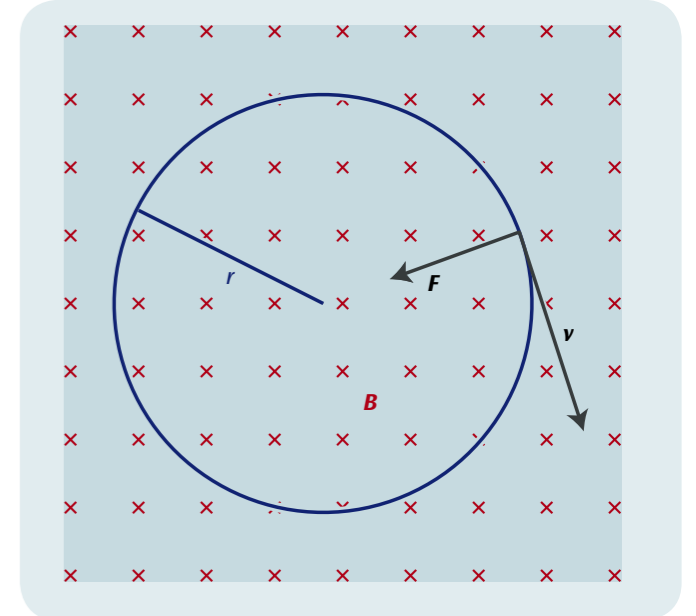


Abb. 1: Ablenkung von Elektronen mit Geschwindigkeit v in einem Magnetfeld B durch die Lorentz-Kraft F auf eine geschlossene Kreisbahn mit dem Radius r (schematische Darstellung).

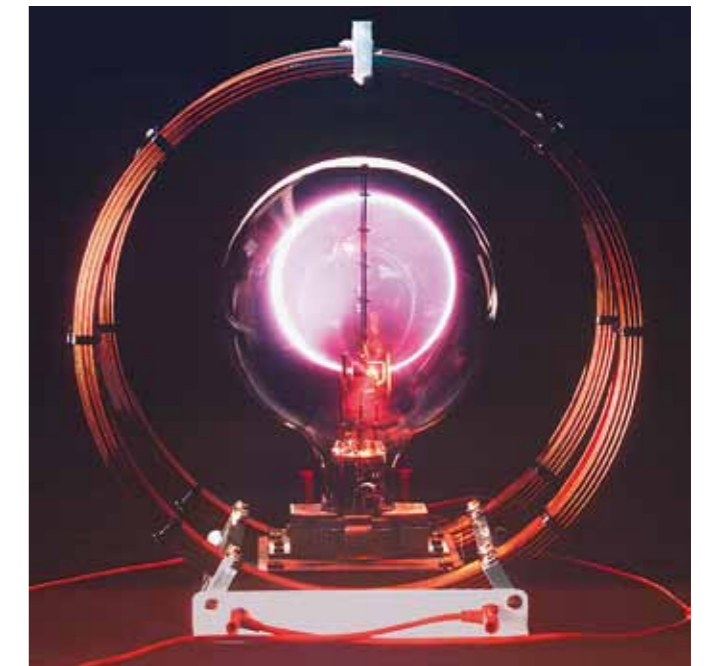


Abb. 2: Fadenstrahlröhre mit kreisförmiger Leuchtspur der Elektronen im Magnetfeld.