

Bedienungs- und Experimentieranleitung

Best.- Nr. CL09621

1. Aufbau

Mit der Röhre kann die spezifische Elektronenladung e/m quantitativ bestimmt werden. In einem kugelförmigen Glaskolben befindet sich ein Elektronenstrahlsystem, das aus einer indirekt beheizten Oxidkathode, einer mit einem Loch versehenen Anode und einem Wehneltzylinder besteht. Außerdem enthält der Kolben ein Edelgas (Neon) mit einem Restgasdruck von ca. 1,3 Pa. Messmarken im Innern der Röhre ermöglichen eine genaue und parallaxenfreie Einstellung des Kreisdurchmessers. Die Röhre ist auf einer Sockelplatte befestigt.

**2. Technische Daten**

Kolbendurchmesser	170 mm
Gesamthöhe einschl. Sockelplatte	260 mm
Anodenspannung	+ 200 ... + 400 V
Heizspannung	6 ... 8 V
Wehneltspannung	0 ... - 30 V
Anodenstrom	< 0,3 mA
Heizstrom	150 ... 200 mA
Fadenstrahlkreisdurchmesser	20 ... 120 mm
Abstand der Messmarken	20 mm

3. Wie entsteht ein Fadenstrahl?

Wird die Kathode auf eine Temperatur von 850 °C geheizt, so sendet der Bariumoxydfleck Elektronen in großer Zahl aus. Diese werden durch eine positive Anodenspannung beschleunigt und zwar vornehmlich in unmittelbarer Kathodennähe. Die Ursache für dieses Potentialgefälle in Kathodennähe ist eine Raumladung, die durch das unter niedrigem Druck in der Röhre enthaltene Gas gebildet wird. Nach Durchlaufen dieser Raumladungszone behalten die Elektronen ihre ursprüngliche Geschwindigkeit und Ausbreitungsrichtung nahezu bei und gelangen durch das Loch in der Anode in den Raum dahinter.

Durch Zusammenstöße von Primärelektronen mit den neutralen Gasatomen werden längs der Elektronenflugbahn positive Ionen erzeugt, die wegen ihrer geringen Beweglichkeit praktisch stillstehen und so einen raumladungsarmen Kanal bilden. Dieser bietet den Elektronen die beste Fortbewegungsmöglichkeit. Man nennt diese Erscheinung "Gaskonstriktion". Die Elektronen stoßen auf ihrem Weg immer wieder mit Gasatomen zusammen und regen diese zum Leuchten an. Es entsteht ein sichtbarer, in dem Ionenschlauch scharf gebündelter "Fadenstrahl", der sich im feldfreien Raum geradlinig ausbreitet.

Der Wehneltzylinder bildet zusammen mit der Lochscheibenanode eine elektrostatische Linse und somit ein Sammelsystem für den aus der Kathode austretenden Elektronenstrahl. Die negative Spannung am Zylinder ist so einzustellen, dass der Fadenstrahl möglichst scharf gebündelt ist. Der Wehneltzylinder dient gleichzeitig als Ionenfänger. Der Elektronenstrahl kann magnetisch abgelenkt werden. Bringt man die Röhre so in ein homogenes Magnetfeld, dass der Strahl senkrecht zur Feldrichtung verläuft, so wird der Fadenstrahl zu einem Kreis abgelenkt. Der Kreisdurchmesser ($2r$) ist von der spezifischen Ladung des Elektrons e/m , von der magnetischen Induktion B und von der Elektronengeschwindigkeit v abhängig. Der Kreisdurchmesser lässt sich an den Messmarken leicht ermitteln. Die magnetische Induktion kann berechnet oder mit einer Hallsonde gemessen werden.

Der Energiesatz

$$\frac{1}{2} m \cdot v^2 = e \cdot U \quad (1)$$

liefert einen Ausdruck für die Elektronengeschwindigkeit. Somit besteht die Möglichkeit, die spezifische Ladung e/m experimentell zu bestimmen.

4. Erforderliche Geräte zur Versuchsdurchführung

1	Fadenstrahlröhre, $d = 160$ mm	CL09621
1	Helmholtz-Spulenpaar	CL96201
1	DC-Netzgerät, $0 \dots 300$ V	CL01060
1	AC/DC-Netzgerät stabilisiert	CL10201
1	Magnetfeldmessgerät (Option)	MD32023
2	Vielfachmessgeräte	z.B. MB01939
6	Experimentierkabel, 50 cm, rot	MB60111
1	Experimentierkabel, 50 cm, blau	MB60114
1	Experimentierkabel, 50 cm, grün	
1	Stabmagnet (Option)	z.B. MB03711

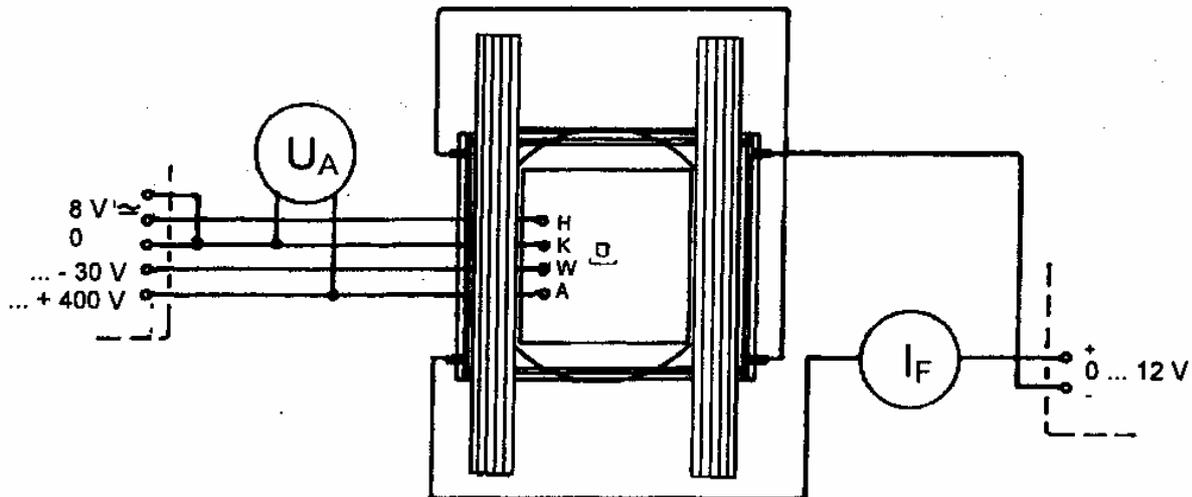


Abb. 1

5. Versuchsaufbau:

Die Röhre wird nach Abbildung 1 an das Stromversorgungsgerät angeschlossen. Für die Heizspannung (6 ... 8 V) ist evtl. eine zusätzliche Spannungsquelle erforderlich. Die Anodenspannung wird auf ca. 300 V und die Wehneltvorspannung auf 0 eingestellt. Nach einer Anheizzeit von 2 min wird der Fadenstrahl sichtbar. Die negative Wehneltvorspannung ist nun so einzustellen, dass der Strahl möglichst scharf gebündelt ist. Der Versuch sollte in einem abgedunkelten Raum durchgeführt werden.

6. Vorversuch:

Wir nähern der Röhre einen Stabmagneten.

Ergebnis: Der Fadenstrahl wird abgelenkt.
 Erklärung: Auf bewegte Elektronen wird im Magnetfeld eine Kraft vom Betrag

$$F = e \cdot v \cdot B \sin(\vec{v}, \vec{B}),$$

die Lorentzkraft, ausgeübt.

$\sin(\vec{v}, \vec{B})$ ist dabei der Sinus des Winkels zwischen der Geschwindigkeit \vec{v} und der magnetischen Flussdichte \vec{B} .

7. Bestimmung der spezifischen Ladung e/m des Elektrons

Die Fadenstrahlröhre wird so in die Helmholtzspule gestellt, daß der Fadenstrahl senkrecht zur Feldrichtung verläuft.

Der Fadenstrahl wird zu einem Kreis abgelenkt. Auf jedes Elektron wirkt die Lorentzkraft

$$F_L = B \cdot e \cdot v \quad (3)$$

senkrecht zu \vec{v} und \vec{B} . Die Kraft, die an den Elektronen angreift, steht immer senkrecht zur Bewegungsrichtung. Sie bewirkt daher keine Bahnbeschleunigung, wohl aber eine Radialbeschleunigung. Diese bleibt im homogenen Magnetfeld dem Betrag nach konstant (gleichförmige Kreisbewegung).

Die Lorentzkraft F_L wirkt als konstante Zentripetalkraft

$$F_Z = mv^2 / r \quad (4)$$

und zwingt die Elektronen auf eine Kreisbahn mit dem Radius r

$$e v B = mv^2 / r. \quad (5)$$

Zusammen mit Gleichung (1) ergibt sich daraus für die spezifische Elektronenladung

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{B^2 r^2}. \quad (6)$$

Bei dem Experiment sind die Spannung U , der Bahnradius r und das Feld B zu bestimmen.

Zur Messung der Beschleunigungsspannung U kann vorteilhaft ein Digitalvoltmeter benutzt werden.

Der Bahndurchmesser $2r$ ist leicht an den im Abstand von 20 mm zueinander befindlichen Leiterstufen zu ermitteln.

Die Größe des Magnetfeldes B kann mit dem Magnetfeldmeßgerät (Art.-Nr. 85 33 971) bestimmt oder nach der in der Gerätebeschreibung Helmholtzspule (Art.-Nr. 84 81 500) angegebenen Gleichung berechnet werden.

Es ist

$$B = I_{\text{Feld}} \cdot 7,212 \cdot 10^{-4} T, \quad (7)$$

wobei der Feldstrom I_{feld} in A einzusetzen ist.

CL09621 Fadenstrahlröhre

Ergänzung zum elektrischen Anschluss:

Der Röhrensockel verfügt über folgende Anschlussbuchsen:

	Heizung	Wehnelt	Kathode	Anode
	○	○	○	○
	PE	6.. 8V	0..-50V	OV Bezug +200 .. 300V
Farbe:	grün/gelb	grün	blau	schwarz rot

Wichtig:

Alle Spannungen sind mit Bezug Kathode anzuschließen!

Im Einzelnen:

Heizung (6...8 V = / ~) Anschluss zwischen Heizung (grün) und Kathode (schwarz)
Achtung: immer mit kleiner Spannung beginnen, auf den maximal zulässigen Strom achten!

Wehneltzylinder negativer Pol an Wehnelt (blau), positiver Pol an Kathode (schwarz)

Anode positiver Pol an Anode (rot), negativer Pol an Kathode (schwarz)

Die grün/gelbe Buchse ist der Erdanschluss (PE), er ist direkt mit dem Gehäuse verbunden und muss an eine Erd-Buchse, ersatzweise über eine Schelle an eine Wasserleitung oder ein Heizungsrohr angeschlossen werden.