

Arbeitsplatzanleitung Versuch ER Spezifische Ladung des Elektrons

Ein Protokoll muss **alle** Informationen enthalten, die zur Wiederholung des Versuchs unter gleichen Bedingungen notwendig sind! Tragen Sie **alle abgelesenen Werte sofort in Ihr Protokollheft** ein. Geben Sie dazu immer die **Maßeinheit und den Fehler** (Messgenauigkeit) an. Auch Hilfsrechnungen und Zwischenergebnisse sind zum Nachvollziehen Ihrer Analyse wichtig. Notieren Sie also z.B. auch Kennbuchstaben des Versuchsplatzes, Typ der Spannungsversorgungsgeräte ...

Aufgabenstellung

Bestimmen Sie mit mindestens drei der vier nachfolgend beschriebenen Experimente die spezifische Ladung e/m des Elektrons und diskutieren Sie die erhaltenen Werte.

Experimentaufbau

Helmholtz – Spulen

Jede Spule hat $n = 320$ Windungen bei einem mittleren Radius von $r = 69$ mm. Die Anschlüsse der Spule sind mit A und Z bezeichnet bzw. von 1 – 4 durchnummeriert. Die Spulen werden im Ständer im Abstand von 69 mm justiert, dies ist im Ständer mit einem H markiert. Die Spulen sind so einzustellen, daß die äußere Kante des Fußes auf dem Querstrich des H steht. Wenn die Spulen mit den Anschlüssen nach außen aufgestellt sind, sind die Anschlüsse 2 und 3 zu verbinden, um die Helmholtz – Konfiguration herzustellen. Wie in der Anleitung gezeigt, ist das Magnetfeld der Helmholtz-Konfiguration zwischen den Spulen nahezu homogen und im Bereich der

Meßapparatur durch
$$\vec{B} = \frac{8 \cdot n \cdot \mu_0}{\sqrt{125} \cdot r} \cdot I \cdot \vec{e}_z$$

berechenbar. Unter Einbeziehung der Geometrie vereinfacht sich dieser Ausdruck zu

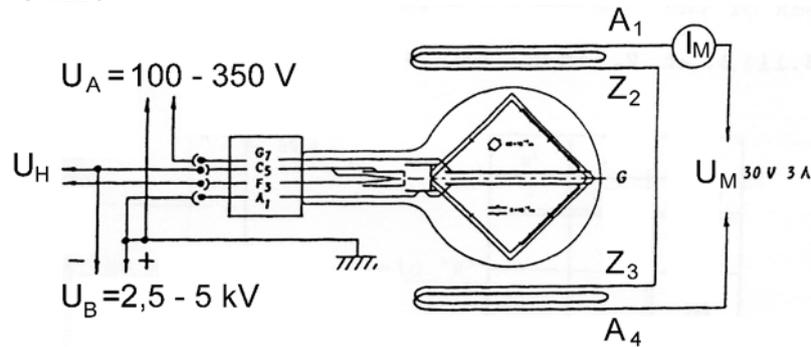
$$B = (4,17 \times 10^{-3} [\frac{T}{A}]) \cdot I_M .$$

Um die Spulen nicht zu zerstören sind die Messungen bei Strömen $I_M \leq 1$ A durchzuführen. Damit ist sichergestellt, daß die Spulen nicht heiß werden. Ströme größer 1 A dürfen nur kurzzeitig (kleiner 3 min) angelegt werden.

Schaltungsaufbau

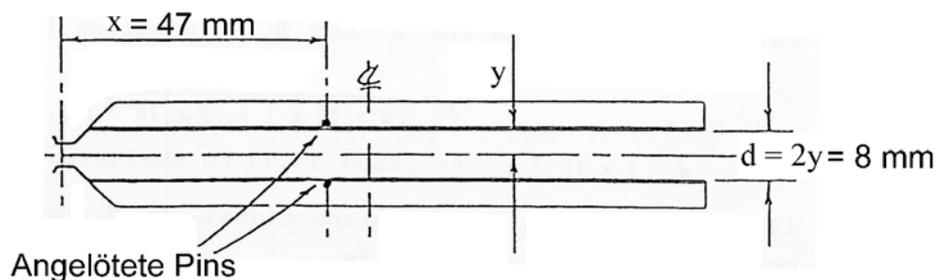
Verbinden Sie die Thomsonröhre entsprechend folgender Schaltung:

Bild 1: Schaltskizze



Die Anode A₁ wird auf Erdpotential, die Kathode C₅ auf negative Hochspannung gelegt.

Bild 2: Geometrie der Ablenkplatten



Experimente

Experiment 1: Klassischer Thomson - Versuch

Um e/m zu bestimmen (s. Anleitung Gl. 2) wird die Geschwindigkeit v der Elektronen nach der Beschleunigung mit U_B durch Messung des Bahnradius R der Elektronen in einem homogenen Magnetfeld (s. Anleitung Gl. 5) bestimmt,

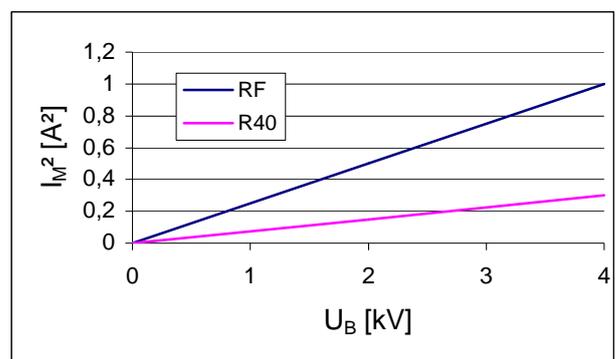
also:
$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U_B}{B^2 \cdot R^2}$$

Durch die einfache Berechnung des Magnetfelds läßt sich diese Beziehung

umstellen in:
$$I_M^2 = k \cdot \frac{1}{e/m} \cdot \frac{U_B}{R^2}$$

Durchführung

1. Die obere Ablenkplatte auf Erdpotential legen.
2. Die Beschleunigungsspannung auf U_B=4500V einstellen.
3. Die Helmholtzspulen korrekt anschließen und den Spulenstrom so wählen, daß der Strahl durch einen gut sichtbaren Punkt verläuft (Punkt F oder $\overline{FG}/2$).
4. Strom und Spannung so variieren, daß der Strahl immer durch den gleichen Punkt verläuft und die Wertepaare U_B, I_M notieren, I_M² über U_B auftragen, die Steigung bestimmen.
5. Bestimmen Sie e/m aus der Steigung
6. Wie groß ist v bei U_B = 4 kV ?



L / mm	U _B / V	I _M / A	I _M ² / A ²
0 / 40	2000		
0 / 40	2500		
0 / 40	3000		
0 / 40	3500		
0 / 40	4000		
0 / 40	4500		

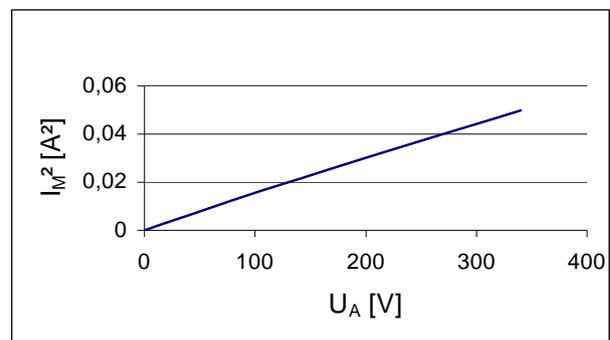
Experiment 2:

Mit der Kenntnis der Größe des Magnetfelds im Bereich der Ablenkelektroden läßt sich Gl. 12 der Anleitung $\frac{e}{m} = \frac{U_A}{x^2 \cdot B^2}$ umformen in $I_M^2 = k \cdot \frac{1}{e/m} \cdot U_A$.

Durchführung

1. Beschleunigungsspannung U_B auf ca. 4 kV stellen, U_A auf 150 V einstellen, I_M auf Null stellen. Der Strahl wird in die Nähe eines Pins abgelenkt.
2. U_B so einstellen, daß der Strahl durch das Pin abgeschnitten wird. Die Parabelbahn verläuft nun durch den Punkt x = 47 mm und y = 4 mm. Diese Einstellungen dürfen bis zur Messung von I_M nicht verändert werden.
3. Kontrollieren Sie, daß das Magnetfeld der Helmholtzspulen der Parabelbahn aus 2. entgegenwirkt und daß die Spulen den exakten Abstand haben. Stellen sie das Magnetfeld so ein, daß es den Strahl wieder durch den Punkt G zwingt. Notieren Sie U_A und I_M.
4. Ändern Sie U_A in 50 V Schritten, notieren Sie U_A und I_M. Tragen Sie I_M² über U_A auf und bestimmen Sie die Steigung. (Hinweis: Schätzen Sie die Fehler von U_A und I_M dadurch ab, dass Sie die Einstellunsicherheit (Pin und Punkt G) berücksichtigen)
5. Bestimmen Sie e/m aus der Steigung

U _A / V	I _M / A	I _M ² / A ²
150		
200		
250		
300		
350		



Experiment 3:

Mit der Kenntnis der Größe des Magnetfelds im Bereich der Ablenkelektroden läßt sich Gl. 13 der Anleitung $\frac{e}{m} = \frac{U_A}{B^2 \cdot R \cdot d}$ umformen in $I_M^2 = k \cdot \frac{1}{e/m} \cdot \frac{U_A}{R}$

Durchführung:

1. Man setzt U_B ≈ 2,5 kV.
2. Man setzt U_A = 100 V und gleicht die Krümmung durch den Spulenstrom wieder aus, so daß der Strahl wieder durch den Punkt G verläuft.
3. Nun setzt man die Ablenkplatte wieder auf Erdpotential und notiert den Wert für L.

4. Dies wiederholt man für verschiedene U_A und notiert U_A, I_M, L .

U_A / V	I_M / A	I_M^2 / A^2	L / mm	R / mm
100				
150				
200				

5. Bestimmen Sie aus den Meßwerten e/m und v.

Experiment 4:

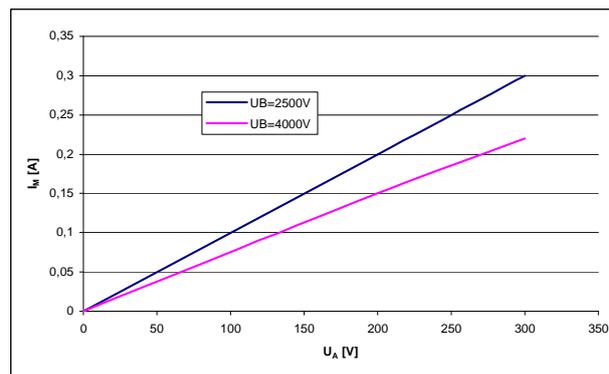
Mit der Kenntnis der Größe des Magnetfelds im Bereich der Ablenkelektroden läßt

sich Gl. 14 der Anleitung $\frac{e}{m} = \frac{1}{2 \cdot U_B} \left(\frac{U_A}{B \cdot d} \right)^2$ umformen in $I_M^2 = k \cdot \frac{1}{e/m} \frac{U_A^2}{U_B}$

Durchführung:

1. Beschleunigungsspannung auf $U_B = 4 \text{ kV}$ einstellen.
2. Ablenkspannung auf $U_A = 100 \text{ V}$ einstellen.
3. Das Magnetfeld so einstellen, daß der Strahl wieder durch den Punkt G verläuft.
4. Spannungen und Spulenstrom notieren, bei konstanter Beschleunigungsspannung U_A, I_M variieren, I_M über U_A auftragen, die Steigung für zwei Beschleunigungsspannungen bestimmen.

U_B / V	U_A / V	I_M / A
2500 oder 4000	100	
	150	
	200	
	250	
	300	



5. e/m aus den Steigungen bestimmen.

Messgenauigkeit der Messgeräte bzw Abmessungen der Röhre (100%-ige Sicherheit)

Messgerät M3610B

Gleichspannungsmessung Messbereich 1000V $\Delta U = 0,003 \cdot U + 1Digit$

Gleichstrommessung Messbereich 2A $\Delta I = 0,012I + 1Digit$

Messgerät Voltcraft 91

Gleichspannungsmessung Messbereich 1000V $\Delta U = 0,005 \cdot U + 1Digit$

Hochspannungsnetzgerät 521 70

$$\frac{\Delta U}{U} = 2,5\%$$

Angabe des mittleren Radius der Helmholtzspulen

$$\Delta R_s = 1mm$$

Parameter der Thomson-Röhre

Plattenabstand $\Delta d = 0,1mm$

Position des Pins $\Delta x = 1mm$

Kantenlänge Messeinrichtung $\Delta K = 1mm$

