Versuch 1: Eigenschaften des Elektron

Team 2-13: Jascha Fricker, Benedict Brouwer

23. August 2022

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

Bei diesem Versuch werden die Eigenschaften des Elektrons betrachtet und dazu zwei Experimente durchgeführt. Zunächst wird duch das Fadenstrahlrohr der Quotient $\frac{e}{m}$ (spezifische Elektronenladung) berechnet. Durch den Milikam-Versuch kann anschließend die Elementarladung e bestimmt werden, sodass auch die Masse des Elektrons m_e berechnet werden kann.

2 Bestimmung der spezifischen Elektronenladung

2.1 Theorie

Im Fadenstrahlrohr werden die Elektronen durch ein elektrisches Feld beschleunigt. Die Endgeschwindigkeit kann durch gleichsetzten der Energien bestimmt werden.

$$\frac{mv^2}{2} = E_{kin} = E_{elek} = q \cdot U \tag{1}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2qU}{m}} \tag{2}$$

Das Magnetfeld B der Helmholzspulen kann mithilfe der Biot-Savart-Gesetzes bestimmt werden. Mit dem Strom I, der Windungszahl N und dem Radius R ergibt sich für diesen Versuch:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{R} \cdot \frac{4}{5}^{\frac{3}{2}} \tag{3}$$

Die spezifische Elektronenladung ist der Quotient aus Ladung und Masse $\frac{e}{m}$. Diese kann durch die Messung des Radius des Strahls im Fadenstrahlrohr bestimmt werden. Es gilt:

$$\frac{mv^2}{r} = F_{rot} = F_{mag} = q \cdot v \cdot B \tag{4}$$

$$\overset{(??)}{\Rightarrow} \quad \frac{q}{m} = \frac{2U}{B^2 \cdot r^2} \tag{5}$$

2.2 Ergebnisse

Vorüberlegungen Aus einer Beschleunigungsspannung von maximal 300V kann die maximale Geschwindigkeit eines Elektrons mit Ladung e im nicht-relativistischen Fall

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}} = 1,02 \cdot 10^7 \text{m/s} < 2,9 \cdot 10^7 \text{m/s} = 10\% \cdot c \tag{6}$$

berechnet werden. Da diese kleiner als zehn Prozent der Lichtgeschwindigkeit ist, kann auch im weiteren nichtrelativistischen gerechnet werden Jetzt muss noch überprüft werden, ob die thermische Energie der Glühkathode die Messungen verfälschen könnte.

$$v_{tmax} = \frac{v_{100V}}{100} = \frac{\sqrt{\frac{2e \cdot 100\text{V}}{m_e}}}{100} = 59310\text{m/s} \tag{7}$$

$$E_{tmax} = \frac{m_e \cdot v_{tmax}^2}{2} = 1,602 \cdot 10^{-21}\text{J} = \frac{3}{2}kT_{max} \tag{8}$$

$$\Rightarrow T_{max} = \frac{2E_{tmax}}{3k} = 77K \tag{9}$$

Die thermische Energie plus die Austrittsarbeit muss kleiner als E_{tmax} sein, da sonst die Messungen verfälscht würden. Da die Austrittsarbeit des Material leider nicht bekannt ist, kann die eigenlich maximale Temperatur aber nicht bestimmt werden.

Magnetfeld Bei der Bestimmung spezifischen Elementarladung wurde zunächst der Effekt des Erdmagnetfeldes auf den Versuchsaufbau vernachlässigt. In Garching bertägt die magnetischen Feldstärke $B_{gar} = 48,7$µT [**?**,] bei einem Inklinationswinkel von $\Theta_{incl,gar} = 64.4°$ [**?**,]. Daraus folgt eine maximale senkrechete Komponente (in Bezug auf die Kreisbahnen) von

$$magnetic_{f}ield \tag{10}$$

Dies würde die von uns gemessenen spezifischen Elementarladung um ca. 0.03 % beeinflussen was im Vergleich zu anderen Fehlerquellen vernachlässigbar ist. Um diesen Effekt nachzuweisen bietet es sich an, den Versuchsaufbau so zu positionieren, dass das Erdmagnetfeld senkrecht zum Elektronenring steht. Anschließend wird der Versuchsaufbau um 180 ° gedreht um den maximalen Effekt des Erdmagnetfeldes zu messen. Zur Abschätzung des Effekts lässt sich $B_{min,gar} = B - B_{gar}$ und $B_{max,gar} = B + B_{gar}$ mit einer Beispielspannung von $U = 300$V in **??** einsetzen. Daraus resultiert eine Differenz in den Radien von 5.5mm welche im messbaren Bereich liegt.

3 Milllikam

In diesem Versuch werden Öltröpfchen mithilfe eines Elektischen Feldes mit und entgegen die Schwerkraft bewegt. Dadurch kann der Einfluss der E-Felds auf die Tröpfchen und der Radius der Tröpfchen und damit die Ladung dieser bestimmt werden.

3.1 Theorie

Durch vorraussetze eines Kräftegleichgewichts bei gleichförmiger Bewegung erhält man einen Radius

$$r_0 = \frac{3}{2}\sqrt{\frac{\eta_{Luft}(v_{steig} + v_{sink})}{(\rho_{\ddot{O}l} - \rho_{Luft}) \cdot g}} \tag{11}$$

Wobei ρ die Dichte des jeweilligen Stoffes ist, v_{steig} die Geschwindigkeit, mit der die Tröpfchen steigen und v_{sink} die Geschwindigkeit, mit der die Tröpfchen sinken. Da die Tröpfchen so klein sind, muss die Viskosität mit einem Korrekturterm versehen werden:

$$\nabla_{korr} = \nabla_{Luft}(1 + \frac{A\lambda}{r_0})^{-1} \tag{12}$$

Hier wurden die Werte $A = 1,257$ und $\lambda = 72(2)$nm eingesetzt. Auch der Tröpfchenradius muss korrigiert werden:

$$r_{korr} = \sqrt{r_0^2 + \left(\frac{A\lambda}{2}\right)^2} - \left(\frac{A\lambda}{2}\right) \tag{13}$$

Damit kann dann die Ladung der Tröpfchen q mit der Angelegten Spannung U und dem Abstand der Platten d bestimmt werden:

$$q = \frac{3\pi d}{U} \cdot \nabla_{korr} \cdot r_{korr} \cdot (v_{steig} - v_{sink}) \tag{14}$$

Wenn alles richtig berechnet wurde, müssten die Errechneten Werte vielfache der Elementarladung $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$C sein.

3.2 Ergebnisse

Um die Verteilung zu veranschaulichen, wurde die Ladung q gegen den errecchneten Radius r_{korr} geplottet. Im Plot kann leicht erkannt werden, dass die Ladung quantisiert ist, da die Verteilung nicht zufällig oder nach größe ist, sonder sich vertikale linier bilden.

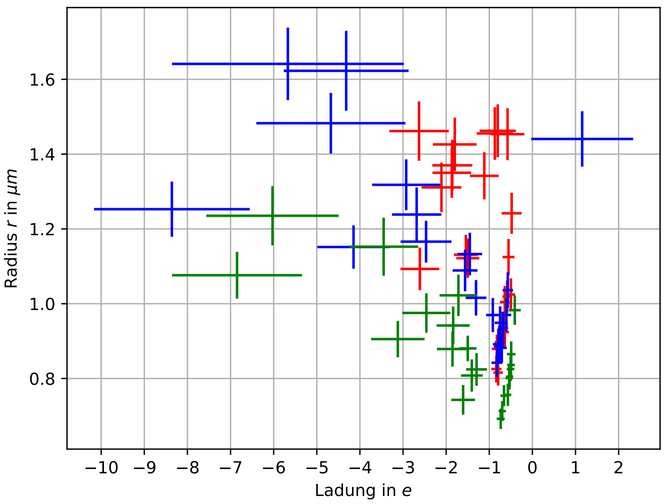

Abbildung 1: Ladung der Tröpfchen und Radius im Milllikamversuch

4 Diskussion