

V16

Rutherford Streuung

Polina Stecher

polina.stecher@tu-dortmund.de

Ramona-Gabriela Kallo

ramonagabriela.kallo@tu-dortmund.de

Durchführung: 12.12.18

Abgabe: DATUM

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Zielsetzung und Motivation	3
2 Theorie	3
2.1 Bethe-Bloch-Gleichung	3
2.2 Rutherford Streuformel	3
3 Versuchsaufbau und Durchführung	4
4 Auswertung	5
5 Diskussion	5
Literatur	5

1 Zielsetzung und Motivation

Das Ziel dieses Versuchs ist es die Streuung von α -Teilchen an einer Goldfolie zu bestimmen. Zum einen wird der differentielle Wirkungsquerschnitt der Streuung an einer dünnen Goldfolie untersucht und zum anderen soll die Abhängigkeit der Kernladungszahl Z des Targetmaterials bestimmt werden. Am Ende sollen mittels einer Energieverlustmessung die Foliendicken ausgerechnet werden.

2 Theorie

Bei der Wechselwirkung von positiv geladenen α -Teilchen durch Materie kann es zu zwei Effekten vorkommen. Zum einen können die α -Teilchen mit dem Kern wechselwirken und werden dabei gestreut und zum anderen können sie mit den negativ geladenen Hüllenelektronen wechselwirken. Dabei verlieren sie Energie und werden dadurch langsamer.

2.1 Bethe-Bloch-Gleichung

Bei der Wechselwirkung der α -Teilchen mit dem Hüllenelektronen kommt es durch Ionisation oder Anregung der Atome oder Moleküle der durchstrahlten Materie zur Energieabgabe. Der Energieverlust pro Wegstrecke eines α -Teilchens beim Durchqueren von Materie wird mittels Bethe-Bloch-Gleichung beschrieben:

$$-\frac{dE}{dx} = -\frac{4\pi e^4 z^2 N Z}{m_0 v^2 (4\pi\epsilon_0)^2} \ln\left(\frac{2m_0 v^2}{I}\right), \quad (1)$$

wobei N die Atomdichte, m_0 die Ruhemasse eines Elektrons, z die Ladungszahl des α -Teilchens, Z die Kernladungszahl des Targetmaterials, I die mittlere Ionisationsenergie, v die Geschwindigkeit des Ions und E die Energie des Teilchens sind.

2.2 Rutherford Streuformel

Bei der Streuung der α -Teilchen am Kern, erfahren sie durch die Coulombabstoßung eine Richtungsänderung um den Streuwinkel Θ . Dieser Typ von Wechselwirkung lässt sich mit der Rutherfordschen Streuformel beschreiben:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\Theta) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{zZe^2}{4E_\alpha}\right)^2 \frac{1}{\sin^4 \frac{\Theta}{2}}, \quad (2)$$

wobei E_α die mittlere kinetische Energie der α -Teilchen und Θ den Winkel zwischen einfallendem und gestreutem α -Teilchen beschreibt. Der differentielle Wirkungsquerschnitt $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ gibt mit welcher Wahrscheinlichkeit für ein bestimmtes Teilchen an, in dem Raumwinkel $d\Omega$ gestreut zu werden.

3 Versuchsaufbau und Durchführung

Der Versuchsaufbau wird schematisch in der Abbildung 1 dargestellt. Da die α -Teilchen eine geringe Reichweite (10 cm) in Luft haben, wird der Versuch in Vakuum durchgeführt, um die Wechselwirkung mit den Stoßpartnern (Luftmolekülen), an die die α -Teilchen ihre kinetische Energie sukzessive abgeben, zu verhindern. Die α -Teilchen verlieren bereits in Luft rasch an Intensität, da sie mehr Energie an ihre Umgebung abgeben. Als Quelle dient ein ^{241}Am -Präparat, das mit einer Halbwertszeit von 420 Jahren zu Neptunium zerfällt. Die Strahlen aus der Quelle werden mithilfe von zwei 2 mm Schlitzblenden kollimiert

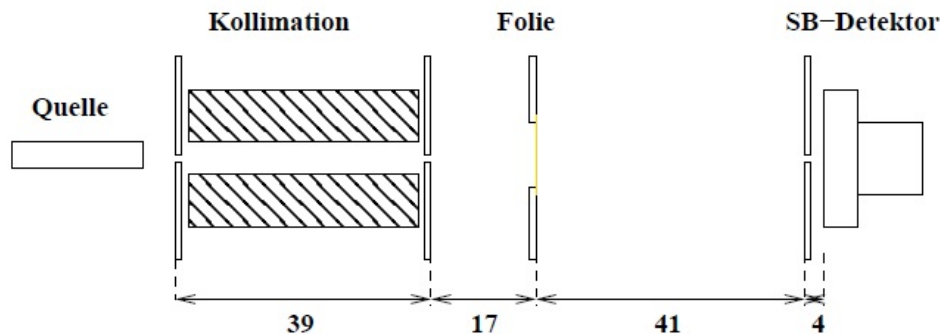


Abbildung 1: Schematischer Aufbau des Versuches, [1, S. 2].

und werden durch die Blenden gebündelt. Der Strahl trifft anschließend senkrecht auf die Goldfolie, wo dann die Wechselwirkung mit Materie stattfindet. Die gestreuten α -Teilchen werden in Abhängigkeit des Streuwinkels von einem Halbleiter-Detektor, also einen Surface-Barrier-Detektor detektiert. Bei diesem Detektor handelt es schließlich um eine in Sperrrichtung betriebene Diode, wo die einfallenden α -Teilchen Elektronen-Loch-Paare erzeugen, die zur Elektrode beschleunigt werden. Der aufgenommene Impuls wird durch einen Multiplier verstärkt und ist proportional zur Energie des Teilchens. Außerdem sind noch ein Oszilloskop für die Energieverlustmessung und ein Zähler für die Streuquerschnittmessung vorhanden.

Zuerst wird die Streukammer mit einer Vakuumpumpe evakuiert. Die Sperrspannung des Surface-Barrier-Detektors wird auf 12 V eingestellt. Der Detektor wird justiert, damit die α -Teilchen einen geraden Durchtritt bekommen können. Anschließend wird eine Energieverlustmessung der Foliendicke durchgeführt. Dazu wird die Pulshöhe der Detektorpulse in Abhängigkeit von verschiedenen Kammerdrücken gemessen. Dieser Messvorgang wird zunächst mit und anschließend ohne eingesetzter Folie durchgeführt. Mithilfe von einem Feindrosselventil wird der Kammerdruck langsam erhöht. Die Funktion "Nachleuchten" wird am Oszilloskop eingestellt um die mittleren Pulshöhen zu ermitteln und an dem werden die Pulshöhe abgelesen. Im weiteren Verlauf des Versuches sollte der differentielle Streuquerschnitt für eine dünne Goldfolie untersucht werden. Hierfür wird die Zählrate in Abhängigkeit des Streuwinkels gemessen. Für diese Messung werden

verschiedene Winkel benötigt. Da der α -Zerfall poissonverteilt ist, wird versucht den Fehler möglichst klein zu halten. Der statistische Fehler dieser Messung für die Zählrate beträgt \sqrt{I} . Für die Messung der Mehrfachstreuung wird der Streuquerschnitt mithilfe von einer anderen Goldfolie mit einer anderen Dicke bei einem festen Winkel von 15° gemessen.

4 Auswertung

5 Diskussion

Literatur

- [1] TU Dortmund: Physikalisches Praktikum. *Versuch 16: Rutherford Streuung*. 2018.
URL: <http://129.217.224.2/HOMEPAGE/PHYSIKER/BACHELOR/FP/SKRIPT/Rutherford.pdf> (besucht am 13.12.2018).