

V701

Reichweite von Alpha-Strahlung

Amelie Hater
amelie.hater@tu-dortmund.de

Ngoc Le
ngoc.le@tu-dortmund.de

Durchführung: 30.04.2024

Abgabe: 07.05.2024

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Zielsetzung	3
2 Theorie	3
3 Versuchsaufbau	4
4 Durchführung	4
5 Auswertung	5
6 Diskussion	5
Literatur	5
Anhang	5
Originaldaten	5

1 Zielsetzung

Das Ziel dieses Versuchs ist die Reichweite von α -Strahlung in Luft über den Energieverlust zu bestimmen.

2 Theorie

Durch elastische Stöße geben α -Teilchen beim Durchlaufen von Materie Energie ab. Somit lässt sich über den Energieverlust der α -Strahlung die Reichweite bestimmen. Außerdem verringert sich die Energie eines α -Teilchen ebenfalls durch Anregung oder Dissoziation von Molekülen. Hierbei ist der Energieverlust $-\frac{dE_\alpha}{dx}$ von Energie der α -Strahlung und der Dichte des durchlaufenden Materials ab. Je kleiner die Geschwindigkeit, desto mehr nimmt die Wahrscheinlichkeit zur Wechselwirkung zu. Mithilfe der Bethe-Bloch-Gleichung

$$-\frac{dE_\alpha}{dx} = \frac{z^2 e^4}{4\pi\epsilon_0 m_e} \cdot \frac{nZ}{v^2} \ln\left(\frac{2m_e v^2}{I}\right) \quad (1)$$

wird der Energieverlust der α -Teilchen für hinreichend große Energien beschrieben. z ist die Ladung, v die Geschwindigkeit der α -Strahlung, Z die Ordnungszahl, n die Teilchendichte und I die Ionisierungsenergie des Targetgases. Für kleine Energien ist Bethe-Bloch Gleichung allerdings nicht gültig, weil Ladungsaustauschprozesse auftauchen. Die Reichweite R eines α -Teilchens lässt sich über

$$R = \int_0^{E_\alpha} \frac{dE_\alpha}{\left(-\frac{dE_\alpha}{dx}\right)} \quad (2)$$

berechnen. Dies ist die Wegstrecke bis zu einer vollständigen Abbremsung des α -Teilchens. Für kleine Energien werden zur Bestimmung der mittleren Reichweite R_m empirisch gewonnene Kurven verwendet. Die mittlere Reichweite ist die Reichweite, die von der Hälfte der vorhandenen α -Teilchen erreicht wird. Für Strahlungen in der Luft mit einer Energie von $E_\alpha \leq 2,5 \text{ MeV}$ gilt für die mittlere Reichweite

$$R_m = 3,1 \cdot E_\alpha^{\frac{3}{2}}, \quad (3)$$

mit einer Größenordnung von Millimetern für R_m . Für eine α -Strahlung in Gasen bei konstanter Temperatur und konstantem Volumen ist die Reichweite eines α -Teilchens vom Druck p abhängig. Für die effektive Länge x gilt dann

$$x = x_0 \cdot \frac{p}{p_0}, \quad (4)$$

wobei x_0 der feste Abstand zwischen Detektor und α -Strahler und $p_0 = 1013 \text{ mbar}$ den Normaldruck beschreiben.

3 Versuchsaufbau

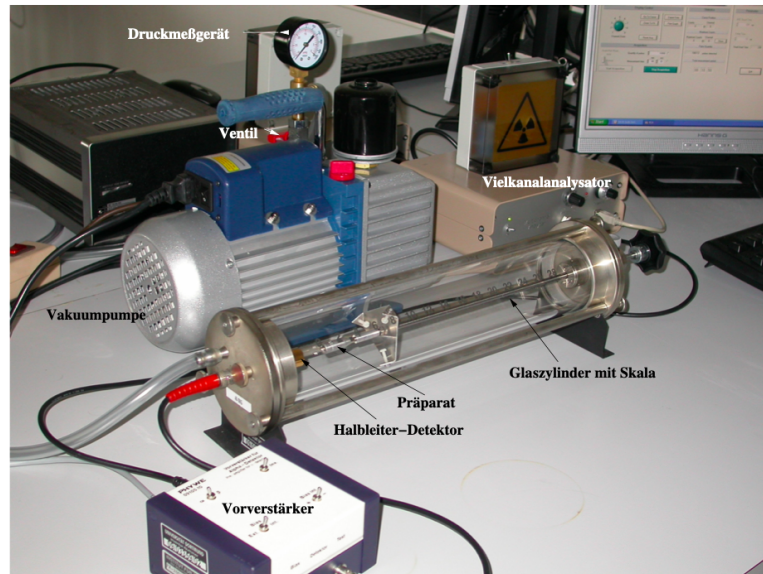


Abbildung 1: Versuchsaufbau zur Bestimmung der Reichweite von α -Strahlung Q[1].

Der Versuch wird mithilfe der Apparatur in Abbildung 1 durchgeführt. In dem Glaszylinder befindet sich ein α -Präparat sowie ein Detektor, deren Distanz x_0 einstellbar ist. In diesem Fall wird als Strahlungsquelle ein Am-Präparat verwendet. Bei diesem Versuch ist der Detektor ein Halbleiter-Sperrschichtzähler, welcher an eine Gleichspannung in Sperrrichtung angelegt ist und ähnlich wie eine Diode funktioniert. Ein Halbleiter-Sperrschichtzähler besteht aus n- und p-Leitern zwischen denen sich eine ladungsträgerfreie Zone (Verarmungszone) bildet. Diese Zone wird durch eine Spannung in Sperrrichtung vergrößert. Ein Strompuls entsteht, indem ein einfallendes Ion in der Verarmungszone mehrere Elektronen-Loch Paare erzeugt. Der entstehende Puls wird durch einen Vorverstärker verstärkt und mithilfe eines Vielkanalanalysators die zugehörige Pulshöhe ermittelt. Außerdem ist der obige Versuchsaufbau mit einem Computer verbunden. Darauf wird mithilfe des Programms *Multichannel Analyzer* und mit eingestelltem *Multichannel Analysator (MCA)* kann die Gesamtzählrate gemessen und eine Pulshöhenanalyse durchgeführt werden. Bevor die Messung beginnt, werden die Diskriminatorschwellen am Vielkanalanalysator eingestellt. Dafür wird der Abstand zwischen der Quelle und dem Detektor auf ca. 4 bis 5 cm eingestellt. Anschließend wird die Schwelle angepasst, sodass bei Atmosphärendruck unter *pulses detected* Pulse zu erkennen sind.

4 Durchführung

Zunächst wird der Glaszylinder Evakuiert, indem die Belüftungsventile geschlossen werden und die Drehschieberpumpe aktiviert wird. Sobald der Druck bei $p \approx 0$ mbar

liegt, wird das rote Ventil zwischen der Pumpe und dem Glaszylinder geschlossen und die Pumpe ausgestellt. Wenn der Druck in der Apparatur konstant bleibt, kann die Messung beginnen. Um die Reichweite von α -Strahlung zu bestimmen, wird die Energieverteilung und die Zählrate der α -Strahlung in Abhängigkeit vom Druck p in Abständen von ca. 50 mbar gemessen. Der Druck wird mithilfe des Belüftungsventils eingestellt und die Messzeit beträgt 2 min. Für jede Messung wird die Position des Energiemaximums und die Gesamtzählrate notiert. Diese Messungen werden für zwei verschiedene Abstände zwischen dem Detektor und der α -Strahlung durchgeführt. Anschließend wird eine Messreihe zur Überprüfung der Statistik des radioaktiven Zerfalls aufgenommen. Dabei wird der Glaszylinder erneut evakuiert und es werden 100 mal die Zerfälle pro Zeiteinheit bei einem Druck von $p = 0$ mbar gemessen. Die Messzeit beträgt hier 10 s.

5 Auswertung

6 Diskussion

Literatur

- [1] Unknown. *Reichweite von Alpha-Strahlung*. TU Dortmund, Fakultät Physik. 2024.
- [2] Unknown. *Teilchendetektoren - Halbleiterdetektoren*. URL: http://www.solstice.de/grundl_d_tph/exp_detek/exp_detek_09.html (besucht am 04.05.2024).

Anhang

Originaldaten