

V701 - Reichweite von Alphastrahlung

Jan Herdieckerhoff
jan.herdieckerhoff@tu-dortmund.de

Karina Overhoff
karina.overhoff@tu-dortmund.de

Durchführung: 21.05.2019, Abgabe: 28.05.2019

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Ziel	3
2	Theorie	3
2.1	Energie	3
2.2	Reichweite	3
3	Fehlerrechnung	4
4	Durchführung	4
4.1	Messung des Energieverlustes von Alphastrahlung in Luft	5
4.2	Untersuchung der Statistik des radioaktiven Zerfalls	5
5	Auswertung	5
5.1	Bestimmung des Energieverlustes von Alphastrahlung in Luft	6
5.2	Untersuchung der Statistik des radioaktiven Zerfalls	6
6	Diskussion	6

1 Ziel

Das Ziel dieses Versuchs ist es die Reichweite von α -Strahlung in Luft durch den Energieverlust der Strahlung zu bestimmen. Desweiteren soll Statistik des radioaktiven Zerfalls überprüft werden.

2 Theorie

2.1 Energie

In Materie verliert α -Strahlung Energie. Das passiert durch elastische Stöße mit dem Material, Ionisationsprozesse und durch Anregung oder Dissoziation (Zerfall) von Molekülen. Der Energieverlust hängt von der Ausgangsenergie der Strahlung und von der Dichte des Materials ab. Die Bethe-Bloch-Gleichung beschreibt diesen Energieverlust für große Energien mittels

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

Dabei ist z die Ladung und v die Geschwindigkeit der α -Strahlung, Z die Ordnungszahl, n die Teilchendichte und I die Ionisierungsenergie des Gases. Bei kleinen Energien finden mehr Ladungsaustauschprozesse statt, wodurch Gleichung (1) nicht mehr gültig ist.

2.2 Reichweite

Um die Reichweite R eines α -Teilchens, also die Wegstrecke bis zur kompletten Abbremsung, zu berechnen, wird das Integral

$$R = \int_0^{E_\alpha} \frac{dE}{-dE/dx}$$

gebildet.

Um die mittlere Reichweite von α -Strahlung in Luft zu bestimmen, werden empirisch gewonnene Kurven benutzt. Bei Energien $E \leq 2,5 \text{ MeV}$ gilt für die mittlere Reichweite

$$R_m = 3.1 \cdot E^{\frac{3}{2}} \quad (2)$$

Dabei ist die Reichweite R_m in mm angegeben und E in MeV.

Die Reichweite von α -Teilchen ist proportional zum Druck p , wenn Temperatur und Volumen konstant sind. Damit kann eine Absorptionsmessung durchgeführt werden, indem der Druck p variiert wird.

Die effektive Länge wird mit dem festen Abstand x_0 zwischen Detektor und α -Strahler durch

$$x_{\text{eff}} = x_0 \frac{p}{p_0} \quad (3)$$

beschrieben. Dabei ist $p_0 = 1013 \text{ mbar}$ der Normaldruck.

3 Fehlerrechnung

Der Mittelwert einer Stichprobe von N Werten wird durch

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

bestimmt.

Die Standardabweichung der Stichprobe wird berechnet mit

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}.$$

Die relative Abweichung zwischen zwei Werten kann durch

$$f = \frac{x_a - x_r}{x_r}$$

bestimmt werden.

4 Durchführung

Der Aufbau des Experiments ist in Abb. 1 zu erkennen. In einem Glaszylinder befinden sich ein α -Präparat (Americium), welches als Strahlungsquelle dient, und ein Detektor. Der Abstand zwischen Präparat und Detektor lässt sich mittels eines verschiebbaren Halters ändern. Der Detektor ist ein Halbleiter-Sperrschichtzähler, der ähnlich einer Diode aufgebaut ist. Zur Messung wird das Programm Multichannel Analyzer benutzt.

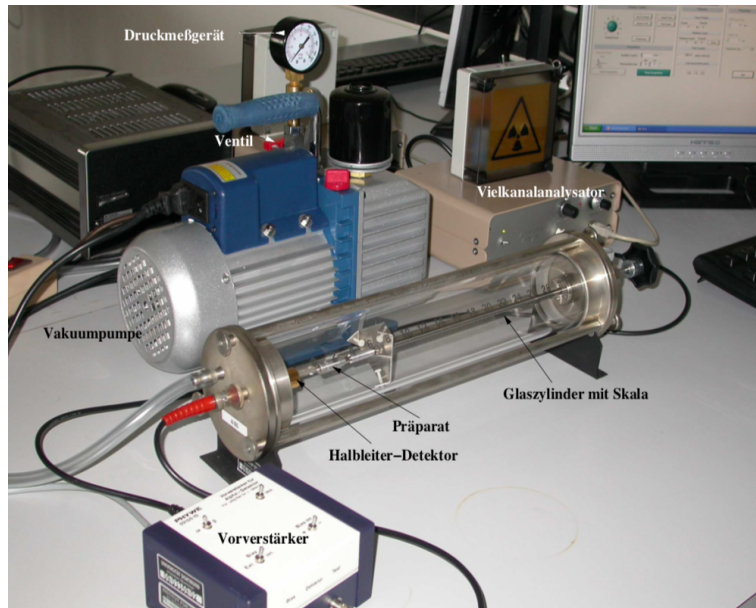


Abbildung 1: Zu sehen ist der Versuchsaufbau zur Messung der Reichweite von α -Strahlung. [1]

4.1 Messung des Energieverlustes von Alphastrahlung in Luft

Es wird der Energieverlust von α -Strahlung in Luft untersucht. Es sollen die Energieverteilung und die Zählrate der α -Strahlung in Abhängigkeit des Drucks bestimmt werden. Dazu wird der Abstand zwischen Präparat und Detektor zunächst auf $d_1 = 2,7 \text{ cm}$ gestellt. Der Glaszylinder wird evakuiert (0 bar). Anschließend wird der Druck in 50 mbar Schritten auf 1000 mbar erhöht und jeweils die Anzahl der detektierten Pulse und die Position des Energiemaximums aufgenommen.

Die ganze Messung wird für einen Abstand $d_2 = 2 \text{ cm}$ wiederholt.

4.2 Untersuchung der Statistik des radioaktiven Zerfalls

Im letzten Schritt wird die Statistik des radioaktiven Zerfalls überprüft, indem bei evakuiertem Glaszylinder die Zerfälle in 10 s 100 mal gemessen werden. Der Detektor ist dabei 3 cm vom Präparat entfernt.

5 Auswertung

Für die Auswertung wird Python und im Speziellen Matplotlib [2], Uncertainties [4], SciPy [3] und NumPy [5] verwendet.

5.1 Bestimmung des Energieverlustes von Alphastrahlung in Luft

5.2 Untersuchung der Statistik des radioaktiven Zerfalls

6 Diskussion

Literatur

- [1] TU Dortmund. *Versuch V701 - Reichweite von Alphastrahlung*. 2019. URL: <http://129.217.224.2/HOMEPAGE/PHYSIKER/BACHELOR/AP/SKRIPT/Alpha.pdf>.
- [2] John D. Hunter. „Matplotlib: A 2D Graphics Environment“. Version 1.4.3. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 90–95. URL: <http://matplotlib.org/>.
- [3] Eric Jones, Travis E. Oliphant, Pearu Peterson u. a. „SciPy: Open source scientific tools for Python“. Version 0.16.0. In: (). URL: <http://www.scipy.org/>.
- [4] Eric O. Lebigot. „Uncertainties: a Python package for calculations with uncertainties“. Version 2.4.6.1. In: (). URL: <http://pythonhosted.org/uncertainties/>.
- [5] Travis E. Oliphant. „NumPy: Python for Scientific Computing“. Version 1.9.2. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 10–20. URL: <http://www.numpy.org/>.