

Ziel:

Es sollen Strahlungsmessungen mit einem Geiger-Müller-Zählrohr ausgeführt werden. Konkret werden der Nulleffekt und die Reichweite von α -Teilchen in Luft bestimmt.

Methoden:

Mit dem Geiger-Müller-Zählrohr wird jeweils der Durchgang eines ionisierenden Strahls durch das Zählrohr registriert. Das Zählwerk zeigt die Summe der Ereignisse an. Es kann damit die Zählrate in einem bestimmten Zeitabschnitt gemessen werden. Die Reichweite von α -Strahlung wird aufgrund der unterschiedlichen Absorption dieser Strahlen in Materie bestimmt.

Erläuterungen:

Das vorhandene Zählrohr kann α - und β -Strahlung, und durch das Glimmerfenster an der Front auch γ -Strahlung messen.

Theorie:

Radioaktivität, Ionisation von Gasen, Elektrizitätsleitung in Gasen

Literatur:

Lehrbuch: Metzler S. 464 ff.

Physikalisches Praktikum: Becker S. 173 ff., Walcher S. 326 ff.

Geräte:

- 1 Geiger-Müller-Zählrohr (Steinegger) (1)
- 1 Multifunktionszähler MFZG mit Zählrohreinsetzung (22)
- 1 Grossanzeige (Steinegger) (22)
- 1 Satz radioaktiver Präparate (^{22}Na , ^{60}Co , ^{241}Am , ^{90}Sr , Mischstrahler) (1)

Name: Klasse: **Tc 3/4** Datum:

Beurteilung:

Auswertung

Genauigkeit

Fehlerrechnung/Fehlerdiskussion

Protokollführung

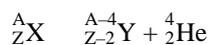
Summe

Grundlagen:

Beim Kernzerfall (radioaktivem Zerfall) wird Teilchen- bzw. Wellenstrahlung ausgesandt. Wir unterscheiden α -, β - und γ -Strahlen. Bei den α -Strahlen handelt es sich um 2-fach positiv geladene Heliumkerne ${}^4_2\text{He}^{2+}$, β -Strahlen sind Elektronenstrahlen und γ -Strahlung ist elektromagnetische Wellenstrahlung. Da die α -, bzw. β -Teilchen mit einer bestimmten Geschwindigkeit (je nach Nuklid) ausgestossen werden, besitzen sie eine kinetische Energie. Die γ -Strahlung hat als Wellenstrahlung Energie gemäss der Beziehung $E = hf$. Die γ -Strahlung begleitet meist den α -, bzw. den β -Zerfall. Sie kann aber auch unabhängig davon auftreten, nämlich dann, wenn innere Umlagerungsprozesse im Kern die Abgabe von Energie erforderlich machen.

α -Zerfall

Ein Kern ${}^A_Z\text{X}$ mit der Massenzahl A und der Kernladungszahl Z zerfällt in den Kern ${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$, wobei ein α -Teilchen ausgesandt wird.

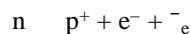


β^- -Zerfall

Ein Kern ${}^A_Z\text{X}$ wird in einen Kern ${}^A_{Z+1}\text{Y}$ unter Aussendung eines Elektrons e^- und eines Antielektronen-neutrinos $\bar{\nu}_e$ umgewandelt.



Wie die Umwandlungsgleichung zeigt, bleibt beim β^- -Zerfall die Massenzahl gleich. Es entsteht lediglich aus einem Neutron ein Proton unter Aussendung eines Elektrons und eines Antineutrinos.



Messmethoden und Messgeräte:

Geiger-Müller-Zählrohr und Zählgerät

Im Geiger-Müller-Zählrohr wird das unter niedrigem Druck stehenden Gas durch einen ionisierenden Strahl entlang dieses Strahls ionisiert. Die Spannung zwischen Zählrohrwand und Drahtelektrode in der Mitte saugt die Ionen ab, es entsteht so ein kurzer Stromfluss. Der Stromimpuls wird vom Zählgerät registriert.

Das Zählrohr wird direkt an die beiden 500V-Buchsen auf der Rückseite des Multifunktionszählers angeschlossen (Polung beachten!). Der Funktionswahlschalter wird in Stellung \blacktriangle gebracht. Die Messung wird mit Zeitvorwahl (Einstellung auf dem Drucktastenfeld vorne links) durchgeführt. Für den Messvorgang ist folgende Sequenz auszuführen:

- Taste 1 drücken (Lampe leuchtet)
- Starten mit START-Taste (0 blinkt und die Anzeige registriert die Ereignisse)
- Wenn die 0 nicht mehr blinkt ist das Ende der Messung erreicht (Anzeige bleibt fix).
- Zurückstellen der Anzeige mit Taste NULL

Die Ermittlung der Zählrate über eine bestimmte Zeit ergibt einen Wert, welcher einer statistischen Streuung unterworfen ist. Die Anzahl Kerne (n), welche zerfallen können, ist gross, aber die Zerfallswahrscheinlichkeit (p) ist sehr klein. Die Zerfälle sind unabhängig voneinander. Es liegt also ein Fall von einer Poisson-Verteilung der Zerfälle vor. Wenn die Zählrate in einer bestimmten Zeitspanne t als Erwartungswert μ betrachtet wird, ist der

$$\text{relative Fehler} = \frac{\Delta\mu}{\mu} = \frac{\sqrt{\mu}}{\mu} = \frac{1}{\sqrt{\mu}}$$

Die Zählrate gibt also den relativen Fehler der Messung bereits an.

Umgang mit radioaktiven Präparaten

Die im Experiment verwendeten Präparate sind von geringer Aktivität und erfordern deshalb keine ausserordentlichen Schutzmassnahmen. Das strahlende Präparat ist an der Frontseite hinter einer metallischen Abdeckung montiert. Es wird auf die allgemeingültigen Regeln für den Strahlenschutz verwiesen.

Durchführung des Experiments:

1. Nulleffekt

Ein Zählrohr im Betrieb liefert auch ohne Vorhandensein eines radioaktiven Präparates statistisch verteilte Impulse. Diese Impulsrate wird Nulleffekt genannt. Sie wird durch die kosmische Strahlung und durch die terrestrische Strahlung natürlicher radioaktiver Substanzen hervorgerufen. Sie hängt damit wesentlich vom Ort der Messung ab.

Der Nulleffekt soll während des Praktikums mehrmals bestimmt werden.

Achtung: In der Nähe gelagerte radioaktive Präparate können die Zählrate beeinflussen!

2. Reichweite von α -Strahlung in Luft

Als Präparat dient Americium-241 (^{241}Am). ^{241}Am ist ein typischer α -Strahler. Begleitet wird diese Strahlung von einem schwachen Anteil an β - und γ -Strahlung, welche bei einer Messung ebenfalls erfasst wird. Das Glimmerfenster des eingesetzten Zählrohres absorbiert ebenfalls die Strahlung, sodass die Reichweite von α -Strahlen, welche im Bereich von einigen Zentimetern liegt, um ca. 1.5 cm verkürzt erscheint.

Um die Reichweite zu ermitteln, wird einmal die Zählrate bei verschiedenen Abständen gemessen. Es wird empfohlen, mit grossen Abständen zu beginnen und den Abstand in gleichmässigen Schritten zu verkleinern. Mit diesen Messungen wird aber auch der β - und γ -Anteil erfasst. Bei einer zweiten Serie von Messungen wird das Zählrohr mit einem Blatt Papier abgedeckt. Dadurch wird die gesamte α -Strahlung absorbiert, und es bleibt nur mehr der β - und γ -Anteil übrig. Die Differenz aus den beiden Serien ergibt die Zählrate der α -Strahlung. Eine graphische Auswertung erleichtert die Arbeit.

Für die Auswertung der Messergebnisse wird eine einfach logarithmische Darstellung empfohlen.