

Ziel:

Es sollen Strahlungsmessungen mit einem Geiger-Müller-Zählrohr ausgeführt werden. Konkret werden der Nulleffekt bestimmt. Das Absorptionsgesetz für β - und γ -Strahlung wird experimentell gewonnen.

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 Absorptionsgesetze für β - und γ -Strahlung werden aufgrund der unterschiedlichen Absorption dieser Strahlen in Materie bestimmt.

Erläuterungen:

Das vorhandene Zählrohr kann β - und γ -Strahlung, und durch das Glimmerfenster an der Front auch α -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 Multifunktionszähler MFZG mit Zählrohreinsatz
- 1 Grossanzeige (Steinegger)
- 1 Satz radioaktiver Präparate (^{22}Na , ^{60}Co , ^{241}Am , ^{90}Sr , Mischstrahler)

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

Beurteilung:

Auswertung

Genauigkeit

Fehlerrechnung/Fehlerdiskussion

Protokollführung

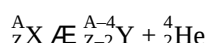
Summe

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.

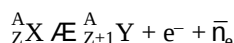
a-Zerfall

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.

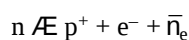


b-Zerfall

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 Δt als Erwartungswert m betrachtet wird, ist der

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

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. Absorptionsgesetz für b- und g-Strahlung

Zwischen Präparat und Zählrohr werden Materialien von zunehmender Schichtdicke gelegt. Die Zählrate wird in ein einfach logarithmisches Papier eingetragen (Absorberdicke linear, Zählrate logarithmisch). Achtung: Nulleffekt berücksichtigen!

Für die Absorption von b-Strahlung (^{90}Sr) eignet sich Papier oder Alufolie. Für die Absorption von g-Strahlung (^{137}Cs oder ^{60}Co) werden Aluminiumplatten verwendet. Als Absorptionsgesetz sollte man folgende Gleichung erhalten:

$$Z = Z_0 \cdot e^{-md}$$

Z = Zählrate bei Absorberdicke d

Z_0 = Zählrate bei Absorberdicke $d = 0$

d = Absorberdicke

m = Absorptionskoeffizient

Bestimmen Sie aus den Messdaten jeweils den Schwächungskoeffizienten m und die Halbwertsdicke $d_{1/2}$. Die Halbwertsdicke ist jene Materialdicke, bei der die Zählrate halbiert wird.

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

Diskutieren Sie die Frage, ob der Mittelwert der Impulsrate über mehrere relativ kurze Messperioden ein besseres Resultat liefert als es die Zählrate einer langen Messperiode ist.

Auch wenn mit den vorhandenen Materialien die Halbwertsdicke nicht erreicht wird, kann sie aus dem Diagramm ermittelt werden!