

6.9. (Natürliche) Radioaktivität

Ziel

In diesem Versuch sollen auf der einen Seite die Grundlagen des radioaktiven Zerfalls, auf der anderen Seite die der quantitativen Messung der dabei entstehenden Strahlungen untersucht werden.

Hinweise zur Vorbereitung

Die Antworten auf diese Fragen sollten Sie vor der Versuchsdurchführung wissen. Sie sind die Grundlage für das Gespräch mit Ihrer Tutorin/Ihrem Tutor vor dem Versuch. Informationen zu diesen Themen erhalten Sie in der unten angegebenen Literatur.

- Welche Arten von radioaktivem Zerfall gibt es?
 - Welche Gefahren birgt radioaktive Strahlung?
 - Was ist eine Nuklidkarte?
- Welche Nachweismethoden für Kernstrahlung gibt es?
 - Was ist ein Proportionalzählrohr?
 - Wie funktioniert ein Geiger-Müller-Zähler?
 - Wie funktioniert ein Szintillationszähler?
 - Wozu werden Photoelektronenvervielfacher gebraucht?
 - Wie funktioniert ein Vielkanalanalysator?

Zubehör

- Kompletgerät Geiger-Müller-Zähler mit Zählrohr Typ A
- Szintillationszähler (NaI-Tl) mit Hochspannungsversorgung und Verstärker
- Halbleiterdiode BPX 61 mit Verstärkerschaltung.
- Oszilloskop
- PC mit VKA-Cassy
- diverse radioaktive Proben (abgedeckte Radium-Stift-Probe, Glühstrumpf (Thorium), Cobalt-Präparat vom Nachbarversuch, „Stein“)

Hinweis zur Halbleiterdiode: Die Diode ist zum Nachweis von α -Strahlung gedacht. Aus diesem Grund wurde das vor dem Halbleiter liegende Schutzglas entfernt, so dass der Halbleiter nun frei zugänglich ist. Aufgrund der hohen Empfindlichkeit des Kristalls auf Schmutz oder Berührung ist ein direkter Kontakt mit dem Halbleiter zu vermeiden, die Diode würde dadurch zerstört.

Die Hochspannung am Szintillationszähler sollte zwischen 800 – 1100V liegen. Während zu geringe Spannungen nur ein schlechtes Signal erzeugen können zu hohe Spannungen den SEV zerstören. Da die Spannungseinstellung nur langsam reagiert, ist auf jeden Fall auf ein langsames Variieren der Hochspannung zu achten.

Versuchsdurchführung

1. Mit einem Luftballon der statisch aufgeladen wurde können aus der Raumluft radioaktive Isotope gesammelt werden. Da das Einsammeln einige Zeit benötigt, sollten Sie bereits bei Beginn des Versuchs eventuell mehrere Luftballone statisch aufladen und „isoliert“ im Raum verteilen, Achten Sie darauf, dass während des Sammelns die Lüftung ausgeschaltet bleibt.
2. Bestimmen sie mit einer der Proben die „Steigung“ des Geiger-Müller-Zählers. Stellen Sie hierzu die größte Empfindlichkeit des Geräts ein und Variieren die Spannung im möglichen Bereich. Die Dauer jeder Messung sollte für jeden Spannungsbereich über einer Minute liegen, da so Variationen in der Aktivität der Probe „herausgemittelt“ werden.
3. Wählen Sie eine der stärkeren Proben aus und betrachten Sie das Signal des Szintillationszähler sowohl vor als auch nach dem Verstärker und der Halbleiterdiode.
4. Arbeitsweise eines VKA: Speichern Sie ein Ausgangssignal mit langer Zeitbasis ($> 100ms$) mit dem Oszilloskop.
5. Spektrale Untersuchung der Proben: Nehmen Sie mit Hilfe der VKA-Cassys verschiedene Spektrum der Proben auf. Interessante Bereiche des Spektrums sollten mit geeigneten Einstellungen nochmals untersucht werden.
6. Untersuchen Sie die Strahlung des Luftballons. Nehmen Sie nach direkt nach dem Ablassen des Luftballons, $15min.$, $30min.$ und einer längeren Dauer jeweils ein Spektrum der Strahlung auf.

Auswertung

1. Stellen Sie die Arbeitskurve des Geier-Müller-Zählrohrs graphisch dar.
2. Zur Arbeitsweise eines VKA: Nutzen sie das Signal des Szintillationszähler mit langer Zeitbasis um die Funktion eines 5-Kanalanalysators zu veranschaulichen. Welches Spektrum würde ein 5-Kanal Analysator bei diesem Signal anzeigen? Teilen Sie hierzu den Spannungsbereich des Signals in 5 Bereiche ein und Zählen sie jeweils die Signale deren Höhe in einem der Bereiche liegt. Stellen Sie die Anzahl der Signal über dem „Kanal“ graphisch dar.
3. Stellen Sie die aufgenommenen Spektren dar und vergleichen Sie diese. Versuchen Sie einer Energieeichung der Kanäle. (Bei einer Veränderung der Verstärkung müsste eine Energieeichung natürlich wiederholt werden.)

4. Radioaktive Raumluft: Versuchen Sie anhand des Spektrums den Stoff (oder zumindest die Zerfallreihe) der in der Raumluft vorhandenen Isotope zu bestimmen.
5. Nutzen Sie die vom Luftballon aufgenommenen Spektren um das Zerfallsgesetz zu bestätigen. Die Integrationsfunktion von CassyLab kann hierfür genutzt werden. Versuchen Sie für einen der in allen Spektren sichtbaren Peaks die Halbwertszeit zu bestimmen. Hierfür muss nur über einen Peak integriert werden.

Fragen und Aufgaben

1. Unterschiede der Detektoren: Der Geiger-Müller-Zähler eignet sich für den Nachweis von β und γ -Strahlung. Zwar kann α -Strahlung auch nachgewiesen werden, aber nur sehr schlecht; Wieso?
Wieso können mit der Photodiode „nur“ α -Teilchen nachgewiesen werden?
2. Zählrohre: Erklären die Anhand der Strom-Spannungs-Charakteristik die Funktionsbereiche eines Zählrohrs. In welchem Bereich wird ein Geiger-Müller-Zähler betrieben? Was bedeutet Proportionalitätsbereich?
In einem Zählrohr befinden sich meistens Edelgase als aktive Substanzen und Halogene oder organische Verbindungen als Löschgas. Welche Aufgaben übernehmen diese?
3. Szintillationszähler: Im Versuch wird ein NaI-Kristall dotiert mit Tl genutzt. Die Dotierung sorgt in diesem Fall für eine Verkleinerung der Bandlücke. Weshalb könnten Szintillationen in einem reinen Kristall nur schwer nachgewiesen werden?
4. Umgang mit der Radionuklidkarte: Bestimmen Sie mit Hilfe einer Radionuklidkarte entweder die Thorium-Reihe (Glühstrumpf) oder die Uran-Radium-Reihe.