



## V13 – Radioaktivität

Ort: F-Praktikum C60.006

Betreuer: Dr. M. Dehnert

Der radioaktive Zerfall ist ein grundlegender stochastischer Prozess in der Natur. In diesem Fortgeschrittenenpraktikum werden dieser Zerfall und die Eigenschaften verschiedener radioaktiver Strahlung untersucht.

Anhand von  $\alpha$ -Strahlung werden die Rutherford-Streuung sowie das Zerfallsgesetz zur Bestimmung der Halbwertszeit eines kurzlebigen Isotops betrachtet. Mit  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung werden spektroskopische Untersuchungen durchgeführt. Außerdem ermöglicht der Versuch einen Einblick in verschiedene Arten von Strahlungsdetektoren.

Die Experimente vertiefen nicht nur das Verständnis für radioaktiven Zerfall und Strahleninteraktionen, sondern haben auch praktische Implikationen hinsichtlich des Strahlenschutzes und der Anwendungen der Radioaktivität in der modernen Technologie.

1.  $\beta$ -Spektroskopie
  - 1.1 Nehmen Sie die  $\beta$ -Spektren von Sr-90 und Kr-85 durch Variation des angelegten Magnetfeldes auf.
  - 1.2 Nutzen Sie ihre Messwerte, um jeweils die Maximalenergie des Spektrums abzuschätzen. Vergleichen Sie mit den Literaturwerten und diskutieren Sie Ihre Ergebnisse.
2. Rutherford-Streuung
  - 2.1 Untersuchen Sie die Winkelabhängigkeit der Streurate von  $\alpha$ -Teilchen aus Am-241.
  - 2.2 Überprüfen Sie die Gültigkeit der Rutherford-Streuformel.
3. Halbwertszeit eines  $\alpha$ -Strahlers
  - 3.1 Bestimmen Sie die Halbwertszeit von Rn-220 mit einer Ionisationskammer.
  - 3.2 Vergleichen Sie die bestimmte Halbwertszeit mit dem Literaturwert (Fehlerrechnung!).
4. Identifizierung eines unbekanntes  $\gamma$ -Strahlers
  - 4.1 Nehmen Sie das  $\gamma$ -Spektrum von Co-60 mit einem Szintillationsdetektor auf.
  - 4.2 Kalibrieren Sie die Messanordnung mit den bekannten  $\gamma$ -Linien der Spektren.
  - 4.3 Nehmen Sie das Spektrum eines unbekanntes  $\gamma$ -Strahlers auf und identifizieren Sie diesen.

Radioaktivität, Radionuklide,  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Lebensdauer, Halbwertszeit, radioaktives Gleichgewicht,  $\beta$ -Spektrum und Maximalenergie, relativistische Energie-Impuls-Beziehung, Rutherford-Streuung, Ionisationskammer, Wechselwirkung von  $\gamma$ -Strahlung mit Materie, Impulshöhenspektrum, Strahlungsdetektoren (Geiger-Müller-Zählrohr, Szintillationsdetektor, Halbleiterdetektor)



1. W. Demtröder, Experimentalphysik 4: Kern-, Teilchen- und Astrophysik, Kapitel 3 & 4.3, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2017
2.  $\beta$ -spectroscopy, Versuchsanleitung LEP 5.2.32, PHYWE Systeme GmbH
3. Rutherford Scattering, Physics Leaflets, P6.5.2.1, LD Didactic GmbH
4. Theoretischer Überblick zur Halbwertszeitbestimmung und zum radioaktiven Gleichgewicht

Die angegebenen Quellen sind in der Literaturmappe zum Versuch enthalten.

### $\beta$ -Spektroskopie:

- ▶ Nehmen Sie je ein  $\beta$ -Spektrum von Sr-90 (im Aktivitätsgleichgewicht mit Y-90) und Kr-85 auf, indem Sie das angelegte Magnetfeld in geeigneten Schritten variieren (Spulenstrom zwischen 0 A und 1 A für Sr-90 und zwischen 0 A und 0.5 A für Kr-85). Wählen Sie bei Sr-90 für das Zählrohr eine Torzeit von 120 s und für Kr-85 eine Torzeit von 300 s.
- ▶ Berechnen Sie aus dem Magnetfeld jeweils die kinetische Energie der Elektronen und stellen Sie das  $\beta$ -Spektrum grafisch dar.
- ▶ Bestimmen Sie in geeigneter Art die Energie  $E_0$  bei der die Rate maximal wird. Schätzen Sie aus  $E_0$  die Grenzenergie des Spektrums ab ( $3E_0 \approx E_{\max}$ ) und vergleichen Sie Ihre Werte mit der Literatur.

### Rutherford-Streuung:

- ▶ Setzen Sie die Am-241-Quelle und die Goldfolie in die Streukammer ein (5 mm Schlitzbreite) und evakuieren Sie diese. Stellen Sie das Diskriminatorlevel so ein, dass der Untergrund bestmöglich unterdrückt wird.
- ▶ Variieren Sie den Streuwinkel im Bereich  $\pm(30^\circ \dots 10^\circ)$  und messen Sie die Rate in Abhängigkeit vom Streuwinkel. Nehmen Sie pro Winkel mindestens zwei Werte auf, um einen Mittelwert zu bilden.
- ▶ Überprüfen Sie die Gültigkeit der Rutherford-Streuformel. Stellen Sie Ihre Ergebnisse grafisch dar.
- ▶ Es ist zu beachten, dass die Rutherford-Streuformel in der Literatur üblicherweise für eine dreidimensionale Streugeometrie angegeben wird. Bei der hier verwendeten ebenen Streugeometrie muss die gemessene Streurrate  $R_m(\theta)$  noch entsprechend korrigiert werden:  $R(\theta) = 2\pi \sin(\theta) R_m(\theta)$ .

### Halbwertszeit eines $\alpha$ -Strahlers:

- ▶ An die Elektroden der Ionisationskammer wird eine Hochspannung von ca. 1000 V angelegt. Stellen Sie den Messverstärker auf den Bereich  $10^{-11}$  A ein.
- ▶ Pumpen Sie das Radongas aus der Vorratsflasche in die Ionisationskammer bis die gemessene Spannung konstant ist. Verschließen Sie dann die Zuleitung wieder und messen Sie unmittelbar den Abfall der Spannung über eine Zeit von 400 s (Messintervall 500 ms).
- ▶ Bestimmen Sie aus dem exponentiellen Abfall die Halbwertszeit von Rn-220.
- ▶ Schätzen Sie den Fehler der Halbwertszeit ab und vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit der Literatur.



### $\gamma$ -Spektroskopie:

- ▶ Die Betriebsparameter für den Szintillationsdetektor sind:  $U = 690 \text{ V}$ , Messzeit: 500 s
  - ▶ Nehmen Sie das  $\gamma$ -Spektrum von Co-60 mit einem Szintillationsdetektor auf.
  - ▶ Kalibrieren Sie die Messanordnung mit den bekannten  $\gamma$ -Linien und dem Compton-Backscatter-Peak des Co-60-Spektrums.
  - ▶ Nehmen Sie das Spektrum eines unbekanntes  $\gamma$ -Strahlers auf und identifizieren Sie diesen mit einem Nuklidatlas (befindet sich am Versuchsplatz).
- 
- ▶ Der Umgang mit radioaktiven Präparaten erfordert äußerste Sorgfalt. Es gilt der Strahlenschutzgrundsatz, sich der Strahlung so wenig und so kurz wie möglich auszusetzen!
  - ▶ Die Präparate werden vom Betreuer übergeben und sind am Ende eines Versuches wieder dem Betreuer übergeben.
  - ▶ Essen und Trinken am Versuchsplatz und im Praktikumsraum sind untersagt.
  - ▶ Die Zählrohrfenster und Oberflächen der Halbleiterdetektoren sind sehr leicht mechanisch zerstörbar und dürfen daher weder mit der Hand noch mit Gegenständen berührt werden.
  - ▶ An die Ionisationskammer und den Szintillationsdetektor wird zum Betrieb eine Hochspannung angelegt. Es darf nur bei ausgeschalteter Spannungsversorgung direkt an den Geräten gearbeitet werden.