

GA

Gammaspektrometrie

Zerfall gebundener Zustände

Prof. Dr. Kai Zuber
ASB E12
Tel: 0351-463-42250
email: zuber@physik.tu-dresden.de

Versuchsziel

Nachweis und Natur der γ -Strahlung, Zerfall angeregter Zustände, Spektrometrie von γ -Strahlung mit einem NaJ-Spektrometer und einem HPGe-Spektrometer, Wechselwirkung von Gammastrahlung mit Materie

1 Aufgabenstellung

1. Machen Sie sich mit dem Versuchsaufbau vertraut, und fertigen Sie eine Prinzipskizze der Meßanordnung an.
2. Diskutieren Sie die Natur der γ -Strahlung für die radioaktiven Nuklide ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{22}Na und die Nuklide der ^{232}Th Zerfallsreihe ab ^{220}Rn .
 - Zeichnen Sie die Zerfallsschemata für den der Gammaemission vorausgehenden radioaktiven Zerfall sowie die Anregungsschemata der Tochterkerne, und geben Sie Multipolarität und Energie der γ -Strahlung an. Sie können diese Informationen z.B. in Ref.[4] finden.
 - Diskutieren Sie die Wechselwirkung von γ -Strahlung mit Materie. (Abhängigkeiten von γ -Energie, Kernladungszahl des durchstrahlten Mediums usw.)
3. Messungen mit einem HPGe-Spektrometer und einem NaI-Spektrometer
 - (a) Energieeichung der Spektrometer mit einem ^{60}Co - und einem ^{137}Cs -Präparat.
 - (b) Messung des Raumuntergrundes ($t=15\text{min}$) zur Korrektur der Meßspektren
 - (c) Messung des Gamma-Spektrums von ^{137}Cs mit beiden Spektrometern bei gleicher Meßzeit und gleicher Geometrie ($t=15\text{min}$).
 - Korrigieren Sie den Einfluß des Raumuntergrundes.
 - Diskutieren und analysieren Sie alle Strukturen im korrigierten Meßspektrum (Comptonkante, Vollenergiepeak, Rückstreupeak, Röntgenlinien)
 - Bestimmen Sie die relativen Gamma-Ansprechwahrscheinlichkeiten und die Vollenergiepeak/Compton-Intensitätsverhältnisse für beide Meßsysteme.
 - Vergleichen Sie beide Spektrometer miteinander.
4. Messungen mit dem HPGe-Spektrometer
 - (a) Messung der Gammaspektren von ^{22}Na und ^{60}Co ($t=15\text{min}$) und Analyse der Spektren

- Bestimmen Sie Energie und Intensität der Vollenergiepeaks und analysieren Sie die Meßspektren.
 - Vergleichen Sie gemessene und erwartete korrelierte Ereignisraten.
- (b) Nehmen Sie das Gamma-Spektrum eines vorgegebenen Präparates auf ($t=15$ min) und bestimmen Sie die Energien der Photopeaks. Identifizieren Sie das unbekanntes Präparat mit Hilfe der Versuchsunterlagen.
- (c) Messung des Raumuntergrundspektrums ($t=60$ min) und Analyse des Meßspektrums.
- Bestimmen Sie die Energien der Vollenergiepeaks
 - Diskutieren Sie mögliche Quellen und Ursachen der Untergrundstrahlung mit Hilfe der Versuchsunterlagen.
- (d) Bestimmen Sie die energieabhängige Auflösungsfunktion des HPGe-Spektrometers unter Verwendung aller Meßspektren.

Empfohlene Literatur für den Versuch: [1, 2, 3].

2 Vorbereitung

2.1 Zerfall angeregter gebundener Zustände

Beta- und Alpha-Zerfall und auch Kernreaktionen führen in den meisten Fällen zu einem angeregten Kern. Die Emission der Gammastrahlung folgt bestimmten Auswahlregeln. Jede Linie wird dabei durch ihre Energie E_γ , Drehimpuls L des Photons und Wechsel der Parität $\Delta\pi$ gekennzeichnet. Für Anfangszustand (i) und Endzustand (f) gilt dabei $E_\gamma = E_i - E_f$ und $|I_i - I_f| \leq L \leq I_i + I_f$. Die Multipolarität eines Übergangs wird durch ΔL und $\Delta\pi$ bestimmt:

$$\Delta\pi(EL) = (-1)^L \text{ elektrischer Multipolübergang (EL)} \quad (1)$$

$$\Delta\pi(ML) = (-1)^{L+1} \text{ magnetischer Multipolübergang (ML)} \quad (2)$$

Da das Photon Drehimpuls abführt, kann ein $E0$ -Übergang nur durch innere Konversion (IC), innere Paarbildung (IPF) oder Prozesse höherer Ordnung stattfinden. Bei Zerfällen in höher angeregte Zustände, z.B. findet der Betazerfall von ^{60}Co in einen angeregten 4^+ -Zustand statt, der sich durch Emission von zwei Gammas abregt. Die beiden Gammas besitzen eine Winkelkorrelation, die bestimmt ist durch die Quantenzahlen der involvierten Niveaus.

3 Messungen

3.1 Relative Ansprechwahrscheinlichkeiten

Die Ansprechwahrscheinlichkeiten der Detektoren hängen von der Energie des registrierten Gammaquants ab. Ihre Kenntnis ist wichtig für quantitative Messungen der Aktivität einer Probe. Man kann sie bestimmen, indem man Eichpräparate bekannter Aktivität und in genau definierter Geometrie ausmißt. Für eine möglichst genaue Bestimmung der Ansprechwahrscheinlichkeitsfunktion (im weiteren AWF) genügt es nicht, z.B. mit einem einzelnen Eichpräparat, das Emissionslinien über einen großen Energiebereich aufweist, zu arbeiten, da die Aufnahme durch Koinzidenzen verfälscht wird. Um aber einen qualitativen Eindruck vom Verlauf der AWF zu gewinnen, sollen Sie diese dennoch mit Hilfe des Eu-152-Präparates genähert bestimmen. Die Intensitäten der einzelnen Linien entnehmen Sie bitte Ref. [4, 5] o.ä.

Bemerkungen zum Protokoll und Literatur

Sie können das Protokoll entweder bei mir im ASB 411 oder bei Frau Schöler im Sekretariat des IKTP hinterlassen, falls Sie mich nicht erreichen. Eine Abgabe per Email ist **nicht** akzeptabel.

Bei quantitativen eigenen Meßergebnissen gehört eine Fehler- bzw. Unsicherheitsangabe zum Meßwert! Sie sollten unbedingt auch skizzieren, wie Sie zu dieser Fehlerangabe gekommen sind.

Die Literatur ist entweder im Internet, in der Bibliothek des IKTP (ASB 14) bzw. in der SLUB zu finden.

Sollten Sie Fehler in dieser Anleitung finden oder Verbesserungsvorschläge haben, machen Sie mir doch die Freude und sagen Sie's mir :)

Literatur

- [1] J. Kantele, *Handbook of nuclear spectroscopy*, Academic Press, Harcourt Brace & Company, London, 1995
- [2] K. Siegbahn, *Alpha, Beta and Gamma Ray Spectroscopy*, North-Holland publishing company, Amsterdam, 1965
- [3] W. Stolz, *Radioaktivität*, Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Amsterdam, 1991
- [4] <http://ie.lbl.gov/toi>
- [5] <http://www.nea.fr/janis>

Tabelle 1: Daten der Eichpräparate.

Isotop	Aktivität (kBq)	Datum	Halbwertszeit (a)
^{137}Cs	44.2	18.10.93	30.17
^{60}Co	44.6	19.10.93	5.272
^{152}Eu	42.3	18.10.93	12.4
^{207}Bi	37.2	18.10.93	38
^{133}Ba	46.6	19.10.93	
^{241}Am	4.21	19.10.93	
^{226}Ra	4.33	9.11.93	1600
^{22}Na	41.5	18.10.93	2.602