

Koinzidenzmessungen an Einfang- γ -Strahlen von ^{149}Sm

JOHANN LANG *

Physik-Department der Technischen Hochschule München
(Z. Naturforsch. 21 a, 1729–1730 [1966]; eingeg. am 29. August 1966)

Coincidence measurements on the γ rays following thermal neutron capture by ^{149}Sm have been made. The measurements are consistent with the level schemes reported by SMITHER, Argonne, and ELZE, Munich. A strong ground transition from an earlier tentatively assumed level at 737 keV is excluded.

^{150}Sm gehört zu den sphärischen Kernen, es hat eine gerade Anzahl von Protonen und Neutronen. Wegen der Energielücke der gg-Kerne sollten seine niedrigsten angeregten Niveaus bis zu einer Energie von ungefähr 1 MeV kollektive Schwingungszustände sein. — Das γ - bzw. Konversionselektronen-Spektrum nach dem Einfang von thermischen Neutronen in ^{149}Sm wurde von mehreren Autoren untersucht. Das Einfang- γ -Spektrum wurde in Argonne¹ und München² mit Kristallspektrometern, in Dubna³ mit einem COMPTON-Spektrometer ausgemessen; das Konversionselektronen-Spektrum wurde in München^{4, 5} mit einem β -Spektrometer untersucht. Neben den Energie- und Intensitätsmessungen wurden $\gamma\gamma$ -Koinzidenzen und $\gamma\gamma$ -Winkelkorrelationen^{6, 7} aufgenommen. In dem Termschema, das aus den Untersuchungen hervorging, wurden die drei tiefsten Niveaus als Ein- und Zwei-Phonenzustände mit den Spins und Paritäten $2+$ und $0+$, $4+$ identifiziert.

In der vorliegenden Arbeit sollten die Koinzidenzen der intensiveren niederenergetischen γ -Linien bis 800 keV überprüft werden, um über das unsichere 737 keV-Niveau der ersten Termschema-Vorschläge eine Aussage zu gewinnen. Dieses angeregte Niveau sollte⁴ mit unbekannter Intensität von einem direkten Übergang zum Grundzustand entleert werden.

Apparatur und Meßergebnisse

Die Messungen wurden am Tangentialstrahlrohr des FRM durchgeführt; es wurden diejenigen Neutronen benutzt, welche von der Strahlrohrwand neben dem Reaktorkern in Richtung des externen Targets gestreut werden. Ein konischer Kollimator bündelte den Neutronenstrahl auf $0,5 \text{ cm}^2$ am Ort des Targets. Der thermische Fluß betrug dort $5 \cdot 10^4$ Neutronen pro Sekunde, der Anteil an schnellen Neutronen war etwa 0,5%. Die Core- γ -Strahlen wurden von einem 20 cm dicken Wismutblock abgeschwächt.

Die Koinzidenz-Apparatur bestand aus zwei Na(Tl)-Detektoren (3 Zoll Durchmesser und 3 Zoll Dicke), welche vom Target unter einem Raumwinkel von 5% gesehen wurden, und einer Fast-Slow-Koinzidenz mit einer Auflösungszeit von 30 ns. Eine 1 mm starke Scheibe aus natürlichem Samarium-Metall bildete das Target. Um die vom Target gestreuten Neutronen von den

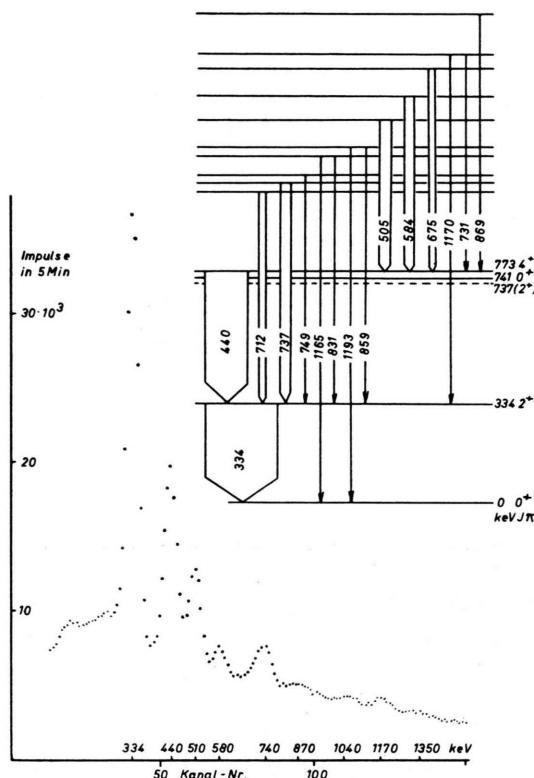
* Auszug aus der Dissertation an der Fakultät für Allgemeine Wissenschaften der Technischen Hochschule München. Eingereicht am 17. 5. 1966. Berichterstatter Prof. Dr. H. MAIER-LEIBNITZ. Tag der Promotion 28. 6. 1966.

¹ R. K. SMITHER, ANL 6797, 1963, S. 105.

² O. W. B. SCHULT, Z. Naturforsch. 16 a, 927 [1961].

Detektoren fernzuhalten, wurde deren Vorderseite mit einer 1,5 cm dicken Schicht aus LiF bedeckt. Der Hallenuntergrund wurde mit Bleiziegeln und Wassertanks abgeschirmt.

Die Spektren wurden von einem SCIPP 1600-Vielkanal-Analysator aufgezeichnet. Die Meßzeit pro Koinzidenzfenster enthielt immer ungefähr die halbe Linienbreite. Zu jedem Koinzidenzspektrum wurde der koinzidente Untergrund aufgenommen; das Fenster wurde dazu neben den Peak geschoben.



Diskussion der Spektren

Der Auswertung der Messung wurde probeweise das Niveauschema der Abb. 1 zugrunde gelegt. — Bei Kenntnis der Zählrate n im Koinzidenzfenster, des Raumwinkels ω , der Totalabsorptionsspeak-Nachweiswahrscheinlichkeit $\alpha(i)$ und des Koinzidenzgrades $\delta(i)$) lässt sich die Impulsrate $C(ij)$ in einem Peak eines Koinzidenzspektrums mit Hilfe der Beziehung

$$C(ij) = n \omega \alpha(i) \delta(ij)$$

abschätzen. Der Koinzidenzgrad $\delta(ij)$ wird dem Niveauschema und den Intensitätsmessungen⁸ entnommen. Die Laufzahl i bezeichnet die Linie, auf welche das Koinzidenzfenster eingestellt ist, die Laufzahl j den untersuchten Peak des Koinzidenzspektrums.

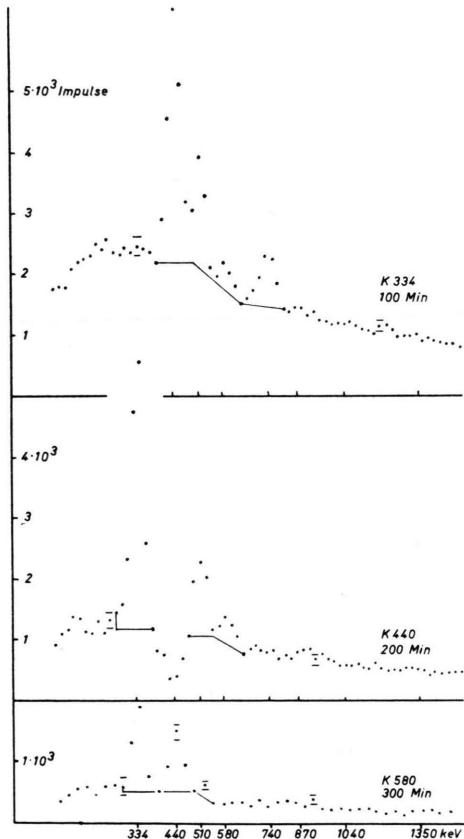


Abb. 2. Koinzidenzspektren der 334-, 440- und 584 keV-Linie (Untergrund abgezogen).

Die Koinzidenzspektren der 334-, 440- und 584 keV-Linie in Abb. 2 lassen sich unmittelbar mit der angegebenen Beziehung interpretieren. Sie sind in Übereinstimmung mit dem Niveauschema von Abb. 1. Das Spektrum K 334 gleicht, bis auf die fehlende 334 keV-Linie, dem Einzelspektrum. Im Spektrum K 440 ist die Koinzidenz mit der im Einzelspektrum nur angedeuteten

⁸ R. K. SMITHER, Nuclear Data Sheets 5/6/15, 1964.

870 keV-Linie schwach zu sehen. Wegen der Stellung des Koinzidenzfensters zwischen der 334- und 440 keV-Linie bei der Aufnahme des Koinzidenzuntergrundes fällt der 440 keV-Peak zu intensiv aus, das führt zu einer Lücke bei 440 keV im Differenzspektrum K 440. Der 510 keV-Peak ist in allen Spektren sehr groß, er wird durch Paarbildungsprozesse hochenergetischer Quanten in der Abschirmung der Zähler erzeugt. Über die 505 keV-Linie des ¹⁵⁰Sm lässt sich aus diesen Messungen deshalb nichts entnehmen.

Bei den Koinzidenzspektren des 740 keV-Peaks ist die Situation ungünstiger. Auch ein schmales Koinzidenzfenster enthält immer mehrere γ -Linien, außerdem ist der relative Anteil von koinzidenten Untergrund-Impulsen hier viel größer als vorher. Die Differenzbildung führt daher zu größeren Ungenauigkeiten. — Es wurden zwei Spektren aufgenommen. Einmal lag das Fenster auf der Spitze des Peaks (K 740), einmal auf der unteren Flanke (K 675). Es tragen die 712-, 731- und 737 keV-Linie bzw. die 675- und die 712 keV-Linie zu den Koinzidenzen bei; die schwache 749 keV-Linie lässt sich nicht von der starken 737 keV-Linie trennen. Alle diese Linien sollten in Kaskade mit dem 334 keV-Übergang liegen, die 675- und die 731 keV-Linie zusätzlich mit dem 440 keV-Übergang.

Tatsächlich ergibt die Analyse des Intensitätsverhältnisses der 334- und der 440 keV-Linie in den beiden Spektren von Abb. 3 Übereinstimmung mit diesen Annahmen. Nicht ins Bild paßt allerdings, daß vom 584- und vom 740 keV-Peak auch nach Abziehen des Untergrundes noch etwas übrig bleibt. Beide lassen sich jedoch verstehen, wenn man in Rechnung zieht, daß der Untergrund unter dem 740 keV-Peak um etwa 15% abfällt.

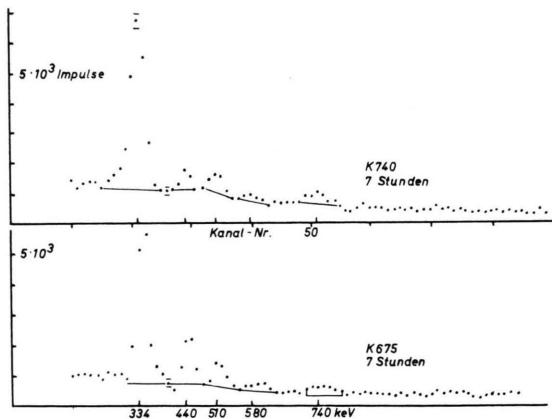


Abb. 3. Koinzidenzspektren des 740 keV-Peaks (Untergrund abgezogen).

Die beschriebenen Koinzidenzmessungen im niederenenergetischen Teil des Neutroneneinfang-Spektrums von ¹⁴⁹Sm lassen sich in allen Punkten mit dem von SMITHER aufgestellten Niveauschema verstehen. Für einen intensiven Grundübergang ($I > 0,3$ Quanten pro 100 Einfänge) von einem 737 keV-Niveau konnte kein Hinweis gefunden werden.