

Messung der transversalen Polarisation der dem β -Zerfall von ^{170}Tm nachfolgenden L-Konversionselektronen

H.-R. NAUMANN *

Strahlenzentrum der Justus Liebig-Universität Gießen,
Abteilung Großgeräte

(Z. Naturforsch. 23 a, 942–943 [1968]; eingegangen am 6. April 1968)

Für den Polarisationsparameter K_L der transversalen Polarisation der L-Konversionselektronen beim (β, γ) -Zerfall von ^{170}Tm wurde der Wert $0,34 \pm 0,14$ bestimmt. Das Ergebnis wird diskutiert und mit den Resultaten anderer Autoren verglichen.

Der hier untersuchte (β, γ) -Zerfall des ^{170}Tm mit der Spinfolge $1^-, 2^+, 0^+$ besteht aus einem „nicht einzigartig“ verbotenen β -Zerfall und einem reinen E2-Übergang. Nach theoretischen Arbeiten von GESHKENBEIN¹ und BAIKOV² kann ein Wert für die transversale Polarisation der L-Konversionselektronen bei diesem Zerfall berechnet werden unter der Annahme, daß die ξ -Approximation gültig ist. Der große $\log ft$ -Wert von 9,3 und der große (β, γ) -Anisotropiekoeffizient deuten jedoch auf Abweichungen von der ξ -Approximation, wenn nicht sogar auf eine starke Unterdrückung der zugehörigen Coulomb-Kernmatrixelemente hin. Eine gute Übereinstimmung zwischen diesem theoretischen und den experimentellen Werten ist also nicht ohne weiteres zu erwarten.

Für die transversale Polarisation der L-Konversionselektronen, die auf den β -Übergang von ^{170}Tm nach dem ersten angeregten Zustand von ^{170}Yb folgen, wurden von zwei Autoren^{3, 4} fast gleiche absolute Werte, aber verschiedene Vorzeichen gemessen. Bei beiden Messungen wurden die Konversionselektronen mit magnetischen Spektrometern ausgewählt. In dieser Arbeit wurden die Elektronen mit Szintillationszählern (Anthracenkristalle) nachgewiesen.

Die Quelle wurde aus einer TmCl_3 -Lösung durch Eintrocknen erzeugt (Flächendichte von $0,58 \text{ mg/cm}^2$). Die Konversionselektronen wurden nach Mott-Streuung an einer $165 \mu\text{g/cm}^2$ dicken Goldfolie in einem ortsfesten Szintillationszähler nachgewiesen. Dagegen wurde der Detektor für die β -Teilchen zwischen zwei Stellungen hin und her gedreht (siehe Abb. 1). Der mittlere Streuwinkel $\bar{\psi}$ betrug 126° ; der mittlere Winkel zwischen der Impulsrichtung der β -Teilchen \hat{p} und der Konversionselektronen \hat{c} war $\bar{\Theta} = 119^\circ$. Durch Drehen

der Goldfolie wurden Ungleichmäßigkeiten der Dicke ausgeglichen.

Die positive Richtung der transversalen Polarisation von Konversionselektronen wird üblicherweise durch den Einheitsvektor $t_{||}$ definiert⁵:

$$t_{||} = \hat{c} \times (\hat{p} \times \hat{c}) / \sin \Theta. \quad (1)$$

Die transversale Polarisation $P_{||}(\Theta)$ kann dann aus den korrigierten Koinzidenzraten L und R der beiden Stellungen „Links“ und „Rechts“ (siehe Abb. 1) berechnet werden:

$$P_{||}(\Theta) = \frac{1}{S(\psi)} \frac{L+R}{L-R}. \quad (2)$$

Der korrigierte Wert $\bar{S}(\psi)$ der Mott-Asymmetriefunktion wurde mit Hilfe von Tabellen von HOLZWARTH und MEISTER⁶ für die Elektronenstreuung an abge-

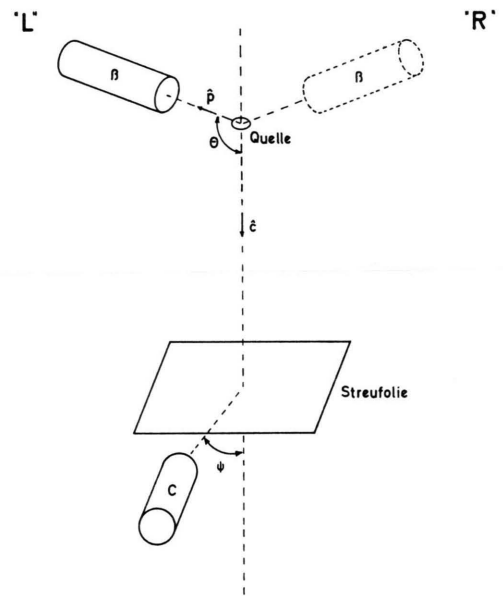


Abb. 1. Schematische Darstellung der experimentellen Anordnung zur Illustration der Stellungen Links („L“) und Rechts („R“).

schirmten Goldkernen berechnet. Es wurde auf zufällige Koinzidenzen und Untergrundereignisse korrigiert. Geometrische Korrekturen zur Berücksichtigung der Öffnungswinkel wurden durchgeführt. Die Depolarisation und Streuung in der Quelle wurden nach Arbeiten von MÜHLSCHLEGEL und BLAKE^{7, 8} berücksichtigt. Die

* Auszug aus D 26.

¹ B. V. GESHKENBEIN, Soviet Phys.-JETP **8**, 865 [1959].

² I. S. BAIKOV, Soviet Phys.-JETP **12**, 439 [1961].

³ M. E. VISHNEVSKY, V. A. LYUBIMOV, E. F. TRET'YAKOV u. G. I. GRISHUK, Soviet Phys.-JETP **11**, 1029 [1960].

⁴ R. BLAKE, R. BOBONE, H. FRAUENFELDER u. H. J. LIPKIN, Nuovo Cimento **25**, 942 [1962].

⁵ R. M. STEFFEN u. H. FRAUENFELDER, in: Alpha-, Beta- und Gamma-Ray Spectroscopy (Ed. KAI SIEGBAHN), North-Holland Publishing Co., Amsterdam 1965, Chap. XXIV G.

⁶ G. HOLZWARTH u. H. J. MEISTER, Tables of Asymmetry, Cross Section, and Related Functions for Mott Scattering of Electrons by Screened Au and Hg Nuclei, Institut für Theoretische Physik der Universität München, Germany.

⁷ B. MÜHLSCHLEGEL, Z. Phys. **155**, 69 [1959].

⁸ B. BLAKE u. B. MÜHLSCHLEGEL, Z. Phys. **167**, 584 [1959].



Verminderung des Asymmetrieffekts durch Mehrfachstreuung in der Streufolie wurde gemäß der Theorie von WEGENER⁹ in Betracht gezogen.

Das mittlere (p/\overline{W}) (p und \overline{W} sind Impuls und Gesamtenergie der β -Teilchen) wurde mit dem experimentell bestimmten¹⁰ Formfaktor $C(W) = 1 - 0,59/\overline{W}$ zu 0,826 berechnet. Mit dem Polarisationsparameter K_L kann die transversale Polarisation in folgender Form geschrieben werden:

$$P_{||}(\overline{\Theta}) = K_L \overline{(p/\overline{W})} \sin \overline{\Theta}. \quad (3)$$

Tab. 1 zeigt die experimentellen Werte und den theoretischen Wert für den Polarisationsfaktor K_L .

Autor	Polarisationsfaktor K_L
VISHNEVSKY et al. ³	$+0,49 \pm 0,06$
BLAKE et al. ⁴	$-0,52 \pm 0,12$
TRET'YAKOV ¹¹	$+0,19 \pm 0,05$
vorliegende Arbeit	$+0,34 \pm 0,14$
theoretischer Wert ^{1, 3}	$+0,488$ (nach GESHKENBEIN ¹ , angegeben bei VISHNEVSKY et al. ³)

Tab. 1. Vergleich zwischen den experimentellen Ergebnissen und dem theoretischen Wert für den Polarisationsfaktor K_L .

Nach Abschluß der vorliegenden Arbeit wurde noch eine Messung von TRET'YAKOV¹¹ bekannt, die mit einer ähnlichen Apparatur wie VISHNEVSKY et al.³ durchgeführt wurde.

In Tab. 1 steht das Ergebnis von BLAKE et al. in Diskrepanz zu allen anderen Werten. Die experimentellen Ergebnisse mit positivem Vorzeichen von K_L über-

streichen einen Bereich von 0,14 bis 0,55. Das Ergebnis von VISHNEVSKY et al. kommt dem theoretischen Wert am nächsten, der aber unter der Annahme der ξ -Approximation berechnet wurde. Die vorliegende Arbeit widerspricht dem theoretischen Wert nicht unbedingt; dagegen ist das Ergebnis von TRET'YAKOV mit der ξ -Approximation unvereinbar. Eine mögliche Erklärung für diese Abweichungen kann in der Wechselwirkung des angeregten Yb-Ions mit dem jeweiligen Kristallgitter gegeben werden, die von PFEIFER und RUNGE¹² nach Messung der Abschwächung der (β, γ) -Richtungskorrelation beim Zerfall von Tm^{170} bei Tm_2O_3 - und TmCl_3 -Quellen im Gegensatz zu Tm-Ga -Quellen angenommen wurde.

Mit dem Szintillationszähler konnten die Konversionselektronen von höheren Schalen nicht von den L-Konversionselektronen getrennt werden. Das Verhältnis der Konversionskoeffizienten von L- und M-Schale wurde experimentell¹³ zu $\alpha_L/\alpha_M = 3,780 \pm 0,185$ bestimmt. Eine Korrektur von dem gemessenen K_L auf Anteile der M-Schale konnte aber nicht durchgeführt werden, da von dieser Schale noch keine Tabellen über Konversions-Matrixelemente und Phasen bekannt sind. Es kann aber als wahrscheinlich angenommen werden, daß sich der angegebene Wert durch eine solche Korrektur nur geringfügig ändert, denn experimentell¹⁴ wurde gezeigt, daß das Verhältnis der Konversionskoeffizienten der drei L-Unterschalen dem Verhältnis der drei ersten M-Unterschalen sehr ähnlich ist, und daß der Anteil von M_{IV} und M_V nur 1,3% beträgt.

Herrn Prof. Dr. H. SCHNEIDER danke ich für die Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit, dem Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung für die Bereitstellung von Sachmitteln.

⁹ H. WEGENER, Z. Phys. **151**, 252 [1959].

¹⁰ F. GREVERIE u. G. AMBROSINO, C. R. Acad. Sci. Paris Ser. B **264**, 651 [1967].

¹¹ E. F. TRET'YAKOV, Soviet J. Nucl. Phys. **5**, 740 [1968].

¹² D. PFEIFER u. K. RUNGE, Z. Phys. **183**, 195 [1965].

¹³ E. BASHANDY u. M. MIGAHEH, Z. Phys. **195**, 435 [1966].

¹⁴ A. JOURDAN u. J. GIZON, C. R. Acad. Sci. Paris Ser. B **262**, 1551 [1966].