

氏 名 水 本 元 治  
みずもともと はる  
 学位の種類 理 学 博 士  
 学位記番号 論 理 博 第 717 号  
 学位授与の日付 昭 和 56 年 3 月 23 日  
 学位授与の要件 学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当  
 学位論文題目 Neutron Resonance Parameters and Radiative Capture  
 Cross Sections of  $^{147}\text{Sm}$  and  $^{149}\text{Sm}$   
 ( $^{147}\text{Sm}$  と  $^{149}\text{Sm}$  の中性子共鳴パラメーター及び捕獲断面積)

論文調査委員 (主 査)  
 教授 竹腰秀邦 教授 小林農作 教授 柳父琢治

### 論 文 内 容 の 要 旨

中性子による中性子結合エネルギー付近の複合核形成反応において、共鳴領域ではボーアの複合核モデルが共鳴準位の性質をよく説明し、又連続領域では統計モデルの計算が中性子断面積をよく表わすとされてきた。しかし最近の実験技術の発達によって従来の複合核モデルや統計モデルでは解釈出来ない新しい事実が見い出されてきた。

申請者は Sm 核の KeV 領域の中性子捕獲断面積が統計モデルによる計算値と著しい違いを示しているのに着目し、低い中性子エネルギー領域で共鳴パラメーターの測定により平均 S-波強度関数  $S_0$ 、平均準位間隔  $\bar{D}$ 、平均捕獲巾  $\bar{\Gamma}_r$  の精度のよい値を得て、また KeV 領域の捕獲断面積の正確な値を得て、これによりその食い違いの原因を調べた。

実験は 120 MeV 電子線形加速器からの中性子を用いて、 $^{147}\text{Sm}$  と  $^{149}\text{Sm}$  の 1 eV から 300 keV 迄の中性子全断面積及び捕獲断面積の精密な測定を行った。測定はパルス中性子を約 55 m 飛行させてエネルギーを弁別した。捕獲  $\gamma$  線の測定には大型液体シンチレーション検出器を用い、中性子束及び全断面積測定には  $^{10}\text{B-NaI}$  と  $^6\text{Li}$ -ガラス検出器を用いた。共鳴分離領域ではブライト・ウイグナーの多準位公式を用い、測定値より  $^{147}\text{Sm}$  及び  $^{149}\text{Sm}$  のそれぞれ 212 本、156 本の準位の共鳴パラメーターを得た。これは従来の測定領域を約 2 倍も拡張したものである。 $^{149}\text{Sm}$  の  $S_0$  については通常複合核モデルでは期待されないエネルギー依存性があることが Karzhavina (1972) によって初めて示されたが、申請者もその測定精度を向上させて同じ結論を得た。

KeV 領域の捕獲断面積の計算においては、申請者は中性子検出器効率の正確な評価、有限の厚さのサンプルによる中性子の多重散乱、自己遮蔽効果などの厳密な補正を行う新しい計算プログラムを作成した。これにより  $^{147}\text{Sm}$ 、 $^{149}\text{Sm}$  とともに、3.3 から 300 keV のエネルギー範囲で 5 から 15% の精度で平均の捕獲断面積の値を得た。この値と共鳴領域で求められた平均の共鳴パラメーターを用いた統計モデルの計算と比較し、 $^{147}\text{Sm}$  の場合、測定値が計算値とよく一致するが、 $^{149}\text{Sm}$  の場合 30% 近くの食い違いがある

ことを示した。この差を説明するために申請者は以下の3つの可能性について検討した。(1)共鳴領域と同じように KeV 領域においても  $S_0$  の値にエネルギー依存性があると仮定すると、その最も大きな値を用いると 20 KeV で20%計算値が増大する。(2)低いエネルギー領域においては、P-波による共鳴は中性子透過能が小さいため観測されないので、通常 P-波の強度関数として系統的な値  $1 \times 10^{-4}$  か又は光学模型からの値を用いる。しかしその値を  $2 \times 10^{-4}$  とすれば 50 KeV で18%計算値が増大する。(3) $\gamma$ 線の放射過程が入射中性子チャンネルの影響をうけ、中性子巾と放射巾の間に相関係数 ( $\rho=0.4$ ) が存在すると仮定すれば、統計モデル計算の Width Fluctuation Factor の値が変わり断面積の計算値が約6%増大する。申請者は以上の3つの効果を考えて実験値と計算値との差を、これらの累積されたものと結論した。

以上が本論文の要旨であり、平均捕獲断面積測定において、統計モデルによる実験値の説明は不完全で、中性子巾と放射巾の相関等の非統計的効果を考慮することが必要であることを実証した。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は 1 eV から 300 keV までの中性子による  $^{147}\text{Sm}$  及び  $^{149}\text{Sm}$  の複合核形成反応の実験的研究に関するものである。低いエネルギーの中性子は中性子結合エネルギー近傍の複合核準位を励起する。一般的に複合核準位の波動関数は非常に複雑であり、それらの性質は統計モデルによって記述される。又共鳴準位がかさなってくる連続領域の断面積は中性子巾や放射巾の平均値を用いた統計モデル計算で表わされる。しかし一方、最近の新しい実験事実の集積によって、S-波及び P-波強度関数の極大値である 3S, 3P, 4S (質量数50, 90, 150) の近傍核の中性子反応において非統計的な過程を経過する反応が見い出されている。

申請者は Sm 核の keV 領域の平均捕獲断面積の統計モデルの計算値と従来の実験値の間に著しい差があるのに着目し、エネルギー分解能を従来データより飛躍的に向上させ、平均のパラメーターの信頼出来る値を得た。一方連続領域では、平均の捕獲断面積を5~15%の精度で求めた。断面積の計算値は共鳴準位の平均として得られ、

$$\sigma_{nr} = 2\pi^2 \lambda^2 \Sigma \frac{g \bar{\Gamma}_n \bar{\Gamma}_r}{D \bar{\Gamma}} F_{nr}$$

と表わすことができる。

ここで平均の準位間隔  $\bar{D}$  あたりの平均捕獲断面積  $\bar{\sigma}_{nr}$  は、中性子巾  $\bar{\Gamma}_n$ 、放射巾  $\bar{\Gamma}_r$  及び全巾  $\bar{\Gamma}$  の平均値に依存し、又その統計的分布にも依存する。 $F_{nr}$  は補正因子で Width Fluctuation Factor と呼ばれる。中性子巾等の各部分巾は  $\nu_c$  の自由度をもった  $\chi^2$ -分布をしており、各巾が互いに独立で相関がないとすれば、 $F_{nr}$  は積分形を用いて表わされる。低エネルギー領域では全巾  $\bar{\Gamma}$  は  $\bar{\Gamma}_n$  と  $\bar{\Gamma}_r$  のみからなり、一般的に  $\bar{\Gamma}_n$  はポーター・トーマス分布に従い、 $\bar{\Gamma}_r$  はほぼ一定であるので、 $F_{nr}$  は単純な誤差関数を用いた解析方法によって表わすことが出来る。しかしこの式では実験値と計算値との間の差を説明出来ないので申請者は、中性子巾  $\bar{\Gamma}_n$  と放射巾  $\bar{\Gamma}_r$  との間の相関を考慮し  $\bar{\Gamma}_r = \alpha \bar{\Gamma}_n + \bar{\Gamma}'_r$  と仮定した。この第一項は中性子巾に比例する部分で、第二項は純統計的な部分であり、 $\alpha$  は比例定数である。この仮定を用いて前述の  $F_{nr}$  の解析的な式を新たに導き出し、さらに  $\bar{\Gamma}_n$ 、 $\bar{\Gamma}_r$  との間の相関係数を比例定数

$\alpha$  の関数として求めた。申請者は実験値と計算値の差のうち20%を相関を導入することにより説明することが出来た。この相関は通常無視されており、従来の統計理論で説明出来なかったいくつかの核に対してこの方法は適用されると思われ、この分野の研究の発展に寄与する所が大である。又参考論文はいずれもこの分野での関連する研究であり、申請者の優れた研究能力と高い学識を示している。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。