

Ⅲ) Resonance Parameters for Measured keV Neutron Capture Cross Sections

A. R. de L. Musgrove

AAEC/E 198 Supplement No 1 (1970)

更 田 豊治郎 (原研)

この報告は1年前の同著者による報告に取って代るものである。前の報告では、keV領域の捕獲断面積測定値に適合するよう共鳴パラメータが手計算で調節されたが、この補遺では、IBM 360/50 の非線型最小二乗法適合ルーチンが使われた。また前報告における幾つかの誤りも訂正されている。

5ないし100keVの問題とするエネルギー範囲では、 $l=2$ までの角運動量を持つ中性子が全捕獲断面積にかなりの寄与をする。ここで使われた l -波断面積の計算法はLane and Lynnの理論(A.M.Lane and J.E.Lynn, Proc.Phys.Soc. A70(1957)557)に基づき、Gibbons等(J.H.Gibbons, R.L.Macklin, P.D.Miller, and J.H.Neiler, Phys.Rev. 122(1961)182)によって概説されたものに従っている。平均単位間隔が平均単位巾よりも大きいとの前提のもとに、スピン J の標的核によって捕獲されスピン J の終状態を形成する l -波中性子捕獲に対する断面積は次式で与えられる:

$$\langle \sigma_{Jl} \rangle = \frac{2\pi^2}{k^2} \langle \Gamma_\gamma \rangle S_l P_l \sqrt{E} \frac{g_{Jl} \langle \Gamma_{Jl} \rangle F(\alpha_{lJ})}{\langle \Gamma_J \rangle},$$

ここで

E = 入射中性子エネルギー,

k = 中性子の波数,

P_l = l -波透過度係数,

$$P_0 = 1, \quad P_1 = x^2 / (1 + x^2),$$

$$P_2 = x^4 / (9 + 3x^2 + x^4),$$

$$x = kR, \quad R = \text{チャンネル半径},$$

$$S_l = \langle \Gamma_{nJ}^l \rangle / \langle D_J \rangle = l\text{-波中性子強度関数},$$

$$\langle \Gamma_{nJ}^l \rangle = l\text{-波中性子換算巾の平均値},$$

$$F(\alpha_{lJ}) = \Gamma_n \Gamma_\gamma / \Gamma \text{ なる比の平均がそれぞれの平均値の比に置き換えられる時に入ってくる補正項},$$

などである。

上式の導出には次の仮定がなされている：

(i) S_l は J について独立で、かつ $\ll 1$ である。

$$(ii) D_J = \frac{2(2I+1)}{2J+1} D_{\text{obs}} = \frac{D_{\text{obs}}}{g_J}$$

ただし、 D_{obs} は中性子結合エネルギーにおける S -波単位の単位間隔の観測値。

(iii) ガンマ線巾 Γ_γ は J について独立である。

(iv) ガンマ線強度関数 (radiative strength function) $S_\gamma = \Gamma_\gamma / \langle D \rangle$ は 100 keV まで中性子エネルギーについては独立である。

(v) 非弾性散乱は無視し得る。

(vi) チャンネル・スピン投影当りの平均中性子巾はチャンネル・スピン $j = I \pm 1/2$ に独立である。

この仮定は式の中の因子 $\binom{l}{IJ}$ で考慮に入れられている。

(vii) チャンネル半径は $R = 1.35 A^{1/3}$ フェルミで与えられ、 J と l に独立である。

(viii) ガンマ線巾は l に独立である。この仮定は、 P -波のガンマ線巾が判っている幾つかの場合において P -波ガンマ線巾は S -波のそれに等しくないことが知られているから、どちらかと言えば弱い仮定である。 P -波ガンマ線巾をパラメータとする適合も試みられたが、大部分の断面積はこの付加的自由度がなくても充分満足に適合させることが出来た。

これらの仮定から以下の関係式が書ける：

$$\langle \Gamma_J \rangle = \langle \Gamma_{nJ} \rangle + \langle \Gamma_\gamma \rangle = \sum \langle \Gamma_{nJj} \rangle + \langle \Gamma_\gamma \rangle$$

$$= \binom{l}{IJ} \langle \Gamma_{nJj} \rangle + \langle \Gamma_\gamma \rangle,$$

$$\binom{l}{IJ} = 2 \quad |J-l| \leq I+1/2 \leq J+l \text{ の場合}$$

$$= 1 \quad |J-l| \leq [(I+1/2) \text{ があるいは } (I-1/2) \text{ だけ}]$$

$$\begin{aligned} & \text{し両方でなく} \\ & \leq J + \ell \\ = 0 & \quad \text{その他の場合,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \langle \Gamma_{nJ} \rangle &= \left(\ell_{IJ} \langle \Gamma_{nJj}^\ell \rangle \right) P_\ell \sqrt{E} \\ &= \frac{D_{\text{obs}}}{g_J} S_\ell P_\ell \left(\ell_{IJ} \sqrt{E}, \right. \end{aligned}$$

$$\left. F(\alpha_{\ell J}) = (1 + \alpha_{\ell J}) \left[1 - \sqrt{\frac{\pi \alpha_{\ell J}}{2}} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{\alpha_{\ell J}}{2}} \right) \exp \left(\frac{\alpha_{\ell J}}{2} \right) \right], \right.$$

$$\text{ただし,} \quad \alpha_{\ell J} = \langle \Gamma_\gamma \rangle / \left(\ell_{IJ} \langle \Gamma_{nJj}^\ell \rangle \right),$$

$$\text{および} \quad \operatorname{erfc}(Z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_Z^\infty \exp(-t^2) dt.$$

BNL 325, Supp. No. 2, Vols. I, A, B, C (1966) に載っている分離同位元素の keV 捕獲断面積は全て適合された。特に⁷⁵As, ⁹³Nb, および Sn と Te の幾つかの同位元素では適合は良くなかった。また, 稀土類領域では, 低エネルギーの s-波データで適合するには一般に断面積はかなり高すぎた。従って, この領域における単位間隔およびガンマ線巾の適合値は低エネルギー・データから求められる値とかなり異っている。

適合の悪い場合の幾つかは Γ_γ の ℓ 依存の無視に帰せられると考えられたので, s-波と d-波のガンマ線巾を等しいと仮定し p-波ガンマ線巾を非線型最小二乗法で決めることによる適合も行なわれた。

以上の結果として, (1) Γ_ℓ , $\langle D \rangle$, S_0 , S_1 , および S_2 の適合値のセットの表, (2) 前表の Γ_γ に換えて Γ_{r_0} と Γ_{r_1} 値を含めた表, (3) s-波ガンマ線巾の適合値といくつかの測定値対質量数のグラフ (抄訳者註: ただし, 適合値と測定値の区別が図にない), (4) s-, p-, および d-波それぞれについて中性子強度関数の適合値対質量数のグラフ, および (5) 上記 (2) のパラメータ値による適合の場合の断面積 (s-, p-, d-波, および全捕獲断面積) 計算値と実験値の 2~25 keV のエネルギー・ステップでの数値表が与えられている。