

資料紹介

I. Analysis of (n-2n) Cross Sections

W.K. Bertram AAEC/TM523

五十嵐 信一(原研)

統計模型を使つて (n-2n) 反応を解析する試には Barr et al (Phys. Rev. 123 (6i) 859) Pearlstein (Nucl. Sci. and Eng. 23 (65) 238), Menlove et al. (Phys. Rev. 163 (67) 1308) があるが、いづれも競争過程としての (n-3n) 反応の取り上げ方に欠点があつて、(n-3n) のしきい値以上のエネルギー領域では実験値との一致が良くない。この report ではこの点を改良し、実験値との合い方を良くしている。

用いた方法は Pearlstein の処方を実似て

$$\sigma_{n,2n}(E_n) = K \frac{\sigma_{n,2n}}{\sigma_{n,M}} \quad (i)$$

とおき、 $\sigma_{n,M}$ は neutron emission の総和、即ち

$$\sigma_{n,M} = \sigma_{n,n} + \sigma_{n,2n} + \sigma_{n,3n} + \dots$$

K は energy に無関係と仮定した量 ($\sigma_{n,M}/\sigma_{ne}$) σ_{ne} とした。この report では K を normalization に使っている。結局 ($\sigma_{n,2n}/\sigma_{n,M}$) の計算を行うのであるが、これを求めるために、統計模型を持ち込んで中性子放出の確率を計算して行く。統計模型によれば、標的核 A に energy E_n の中性子が衝突し、複合核を作り、それが崩壊して energy E_1 の中性子を出す確率は

$$P(E_1) dE_1 = G(E_n) E_1 \rho_A(E_n - E_1) dE_1 \quad (2)$$

である。G(E_n) は energy E_n の中性子が複合核を作る Cross section を含む量であり $\rho_A(E_n - E_1)$ は残留核 A の励起エネルギー ($E_n - E_1$) における level density である。簡単のためであると仮定する。この仮定は重要であつて、反応が中性子のみによつて進行するとし

$$\int_0^{E_n} P(E_1) dE_1 = 1 \quad (3)$$

であると仮定する。この仮定は重要であつて、反応が中性子のみによつて進行するとしていること

から起る仮定である。そしてこの結果 $P(n, M)$ は 1 になる。従つて $P(n, 2n)$ を求めれば良いことになるが、それは原子核 A の neutron separation energy を ϵ_A として

$$P(n, 2n) = G_A(E_n) \int_0^{E_n - \epsilon_A} E_1 \rho_A(E_n - E_1) G_{A-1}(E_n - E_1 - \epsilon_A)$$

$$\times \left[\int_{E_n - E_1 - \epsilon_A - \epsilon_{A-1}}^{E_n - E_1 - \epsilon_A} E_2 \rho_{A-1}(E_n - E_1 - \epsilon_A - E_2) dE_2 \right] dE_1 \quad (4)$$

になる。 $G_A(E_n)$, $G_{A-1}(E_n - E_1 - \epsilon_A - E_2)$ は (3) 式を使つて求められる。

こうして求めた (4) 式を使つて 12 の原子核の $(n, 2n)$ 反応を解析した。その結果 Pearlstein の解析に現れたような $(n, 3n)$ のしきい値以上でのずれは解消した。とりわけ $A < 150$ の核では良い結果が得られた。しかし ^{181}Ta , ^{197}Au では $(n, 3n)$ しきい値以上であまり良い結果が得られなかつた。 $A > 200$ では再び結果は良くなつてゐる。

level density は

$$\rho_A(E) \sim \exp(2\sqrt{aE})$$

$$a = 0.154 \left(\bar{j}_N + \bar{j}_Z + 1 \right) A^{1/3}$$

を使い effective spin \bar{j}_N, \bar{j}_Z には Newton の値を使つてゐる。この level density parameter a は $(n, 2n)$ 反応には有効であるが、 (n, p) , (p, n) , (n, n) 等から求めたものとは大分違つたものになつてゐる。それを表-1 に示した。level density については shell correction と pairing effect を入れたものも使つてゐるが、結果はむしろ悪くなつてゐる。この level density parameter の違いは大きな問題として残るが、著者の言つてゐないことで気になるのは (3) 式の仮定の吟味がなされていない点である。即ち、 $(n, 2n)$ 反応の競争として $(n, 3n)$ が問題となることは著者の主張であり、それは事実であるが、 $(n, 3n)$ が問題となる位ならそれより cross section の大きい (n, p) はなおのこと考慮されるべきではないか。そうすれば (3) 式の仮定は成立しなくなるから、level density parameter へのはねかえりが別の結果をもたらしことになると思うのだが、どうだらうか？

TABLE 1

VALUES OF THE LEVEL DENSITY PARAMETER α FROM ANALYSIS OF $(n-n^b)$

Nucleus	α Values				
	$n-2n$	$(n-n')$ (Erba et al. 1961)	$(n-n')$ (Lang 1961)	$n-\alpha$ (Cindro 1966)	Resonances (Gilbert and Cameron 1965)
^{63}Cu	3.5	11.3 12.8	11.2	9.5	8.9
^{115}In	7.3	20.8 to 22.6	22.3 ± 2.6		17.9
^{127}I	7.0	21.6 20.4	16.4	18.0	16.9
^{181}Ta	8.3	26.7	26.5		21.3
^{197}Au	6.1	20.2 22.0	19.0	20.0	20.0
^{203}Tl	4.1	10.2 to 14.3			13.6
^{232}Th	10.4				29.4
^{238}U	10.4			29.0	33.6