

資料紹介

○ The Neutron Cross Section of Sodium below 40 keV, by  
Thomas E. Stephenson, BNL 961 (T-401), EANDC(US)-82 'U'  
 Dec. 1965

飯島俊吾 (日本原子力事業)

$\text{Na}^{23}$  の 2.85 keV 共鳴レベル近傍の中性子断面積について数多くの研究がなされて来た。その理由は一つは共鳴の形状が異常な為(高エネルギー側では強い正の干渉効果があるにも係らず低エネルギー側での負の干渉 dip が殆どない)。樞の部分に単一レベル Breit-Wigner 公式で合せることが困難であるからであり、もう一つの理由は、Na 系冷却の原子炉核設計において低エネルギー Na 断面積の評価が重要だからである。2.85 keV 共鳴について種々異なる (J,  $\ell$ ) assignment がなされているが、Good et al, Lynn et al は複合核スピン  $J=1$ , 中性子軌道角運動量  $\ell=0$  を推奨している。

BNL-325 の共鳴パラメータ値は、

$$E_0 = 2.85 \text{ keV} \quad , \quad \Gamma_n = 410 \text{ keV} \quad , \quad \Gamma_\gamma = 0.34 \text{ keV}$$

$$I = 3/2 \quad , \quad J = 1 \quad , \quad \ell = 0$$

であるが、之を通常の単一レベル公式に入れてポテンシャル散乱半径  $R'$  を低エネルギーで定めると共鳴の高エネルギー側断面積が 20~40% の過大評価となり、又、高エネルギー側で  $R'$  を定めると低エネルギー側で逆の結果になる。この不一致は、bound level からの寄興を含めれば解決出来るであろうが、こゝでは、spin dependent なポテンシャル散乱半径  $R'_\pm$  を導入すれば bound level を考えなくとも断面積を良く再現出来る事を示している。

$R'_\pm$  は次のように定めるのが合理的である。低エネルギー S 波散乱の scattering length は、散乱断面積と、

$$\sigma_{\text{bound}} = \left( \frac{A+1}{A} \right)^2 \sigma_{fa} = 4\pi \left( \frac{A+1}{A} \right)^2 (g+a^2 + g-a^2)$$

$$\sigma_{\text{coh}} = 4\pi \left( \frac{A+1}{A} \right)^2 (g+a+g-a)^2$$

の関係にある。 $\sigma_{fa}$  は自由原子に対する散乱断面積、 $\sigma_{\text{bound}}$ 、 $\sigma_{\text{coh}}$  は固く束縛された原子による散乱断面積及び coherent な断面積、 $a_\pm$ 、 $g_\pm$  は夫々核と中性子のスピンの平行及び反平行な状態に対する scattering length と統計的重みである。BNL-325 の推奨値によれば

ば,  $\sigma_b = 3.4 \pm 0.2$  barns,  $\sigma_{coh} = 1.55 \pm 0.05$  barns である。そうすると, 2.85 keV 共鳴近傍の断面積は  $a_-$  に対応するポテンシャル散乱半径  $R'_-$  をもつ Breit-Wigner 公式で興えられる部分と,  $a_+$  に対応する  $R'_+$  ( $= a_+$ ) によるポテンシャル散乱との和として表される。この各々の部分が低エネルギー ( $E = 1$  eV) で夫々  $4\pi g_- a_-^2$  及び  $4\pi g_+ a_+^2$  に一致するように  $R'_+$ ,  $R'_-$  を定める。この解は一意的には決らないが, 断面積の形を良く再現する set として,

$$\begin{aligned} a_+ &= 6.21 f, & a_- &= -1.38 f, \\ R'_+ &= 6.21 f, & R'_- &= 5.02 f \end{aligned}$$

が得られる。

但しこの set では 40 keV で約 0.4 barns (10%) ほど計算値が大きすぎる結果になる。更に良い fit を得るため  $R'_\pm$  を上の値の近くで調整すると, 1 eV ~ 40 keV の範囲で

$$\begin{aligned} R'_+ &= 5.85 f, & R'_- &= 5.18 f, \\ a_+ &= 5.85 f, & a_- &= -1.22 f \end{aligned}$$

が best fit を興える。この  $a_+$  値からは,  $\sigma_b = 3.0$ ,  $\sigma_{coh} = 1.4$  barns となり通常認められているよりも小さ過ぎる結果になるが, 之は多分 bound level からの寄興を考えれば説明出来るであろうと著者は述べている。

著者は又, 断面積の積分的なチェックとして共鳴吸収積分, 共鳴散乱積分を  $1/E$  スペクトルについて計算し, 測定値と比べて良い一致を得ている。又, 上に定めた  $R'_\pm$  の値を興える spin dependent な同値な井戸型ポテンシャルの深さを定めている。

☆☆☆☆☆☆☆☆