JNDC ニュース, No.26 (1973)

" Etude de la Section Efficace $^6Li(n,\alpha)T$ dans la Gamme d'Energie comprise entre 20 keV et 1700 keV "

E.Fort, J.P.Marquette

EANDC(E)−148 " U "

"エネルギー領域 20keV から 1.7MeV 間での $^6Li(n,\alpha)T$ 反応の断面積"

河原崎 雄 紀 (原研)

この実験の主目的は，1) $^6Li(n, \alpha)T$ 反応の断面積をより広いエネルギー範囲で測定することであり，特にassociated particle法[1]では，測定出来ないような低いエネルギー範囲での断面積を測定することであり，2) いま1つの目的は，associated particle法での測定値を確めることである。そしてまた，薄いガラス・シンチレータを用いて，厚いガラス・シンチレータにおける中性子の多重散乱の補正係数を得ることを目的としている。

ここで用いる方法は，いわば比較法と呼ばれるもので，測定手順，装置およびその配備は，大略下記の通りである。まず，測定対象のシンチレータと，標準検出器のはる円錐の頂点で，かつ入射プロトン・ビーム軸の上にある点に，中性子ターゲットを設置する。標準検出器として，2ケの方向性のあるBF_3カウンターを用いる。この標準検出器は，レスポンスの一定であるように構成される方法，マンガン・バス法[2]によつて較正されている。測定対象として選んだ^6Li ガラス・シンチレータ（NE905）の大きさは，次の通りである。

シンチ	#1	0.92 × 44.4 mm
〃	#2	3.0 × 26.3 mm
〃	#3	12.7 × 25.4 mm

#2と#3のシンチは，光電子増倍管（PM）（56AVP）に直接マウントし，#1は，シンチ自体による中性子の散乱の影響を少なくするため，光電面から5.25 cm 離してある。

Cadaracheの5MeV Van de Graaffからのプロトン・ビームは，3.5 MHz の静電偏向法で，半値巾4ないし5 ns のパルスにされて，ターゲットを照射する。中性子ターゲットは，エネルギーによつて，タンタルまたは鋼板上に^7Li を蒸着したものか，Tを吸蔵したTiを銀に蒸着したものを用いる。測定回路系には，波高用の遅い回路と，時間用の早い回路が含まれている。

測定データの補正は，次の4項目について行つている。

1）ターゲット支持体による散乱中性子による分，2）シンチ中での中性子の多重散乱，3）空気による散乱，4）入射中性子のエネルギーの拡がり　に対する補正測定は，3つのエネルギー領域に分けて行なわれた。

1）20keVから180keV

中性子発生は$^7Li(p, n)^7Be$反応を用い，135°の角度を選んだ。測定結果は，表にまとめられているが，40keV 5/2$^-$共鳴の寄与を6％位補正するとSchwartz[3]の値と一致する。また20keVから130keVでは，Diment とUttleyの計算値[4]とも合致し，以前のassociated particle 法の値とも一致する。

2）120～320keV

中性子は$^7Li(p, n)^7Be$，20°で発生させる。検出効率の誤差は2.4～3.9％，したがつて断面積の誤差は，3.5～4.6％である。ここでの測定値は，associated particle 法の値と一致するが，但し共鳴附近では，約6％位の差異が生ずる。これは，後者において，エネルギー分解能の補正がしてないためである。このエネルギー範囲でSchwartz の再規準化された値とよく一致するが，低いエネルギーの処で，Diment とUttleyおよびCoates[5]の予備測定の値と20～25％の差異がある。

3）500keV～1700keV

$^3H(p, n)^3He$ 反応利用，角度20°でターゲットの厚さ200μg/cm²のものを用いた。データは，Ribe[6]の値と一致し，全断面積ではMeadow & Whalen[7]およびDiment & Uttley のそれと，散乱断面積ではKnitter & Coppola[8]またはLane et al[9]のそれと両立する。

250keV 5/2$^-$ 準位のパラメータを導出するために，解析を行つた。解析プログラムはLe Rigoleur[11]が組んだ1準位，2チャンネル近似によるものである。

微分断面積の式は

$$\frac{d\sigma_{\alpha s,\ \alpha' s'}}{d\Omega_{\alpha'}} = \frac{1}{(2J+1)k_\alpha^2} \sum_L B_L(\alpha' s', \alpha s)\ P_L(\cos\theta),$$

ここで係数B_Lの一般表現は，

$$B_L(\alpha' s', \alpha s) = \frac{1}{4}(-1)^{s-s'} \sum_{J_1 J_2 \ell_1 \ell_2 \ell_1' \ell_2'} \bar{Z}(\ell_1 J_1 \ell_2 J_2\ sL)$$

$$\times \bar{z}\,(\ell_1' J_1 \ell_2'\; J_2,\; sL) \times (T^{J_1}_{\alpha' s' \ell_1',\, \alpha s \ell_1}) \times (T^{J_2}_{\alpha' s' \ell_2',\, \alpha s \ell_2})^{*}.$$

$\bar{z}$はBiedenharnの係数Zを少し変えたもので，Racah係数で表わされる。解析結果を表1に示す。

	J^{π}_{λ}	s	ℓ	$\gamma^{2\,\lambda}_{\alpha s \ell J}$ MeV-fermi	PHIC $\alpha s \ell, J$ radian	E^{λ}(CM) MeV	E_{γ}(Lab) MeV	$E\,{}^7Li^{*}$ MeV	Γ_n MeV	Γ_α MeV	Γ MeV
^6Li+n	$1/2^+$	1/2	0	0.3250	0	2.547	2.973.	9.80	6.300		
$\alpha+T$	$1/2^+$	1/2	0	0.147	0					0.946	7.246
^6Li+n	$3/2^+$	3/2	0	2.303	0	3.88	4.256	11.17	5.513		
$\alpha+T$	$3/2^+$	1/2	2	0.092	⁻3.600					0.499	6.012
^6Li+n	$5/2^-$	3/2	1	2.570	0		0.252	7.48	0.107		
$\alpha+T$	$5/2^-$	1/2	3	0.0268	1.650					0.043	0.150
^6Li+n	$3/2^-$	1/2	1	1.390	0	1.92	2.240	9.17	0.970		
$\alpha+T$	$3/2^-$	1/2	1	0.058	2.600					0.321	1.291

^{7}Liの7.253 MeV～8.725 MeVの励起では $J^{\pi}=5/2^-$（7.48 MeV）しかないとすると，角分布が非対称になることから，それよりも約1 MeV低い処に $\ell=1$，$\pi=+$，すなわち，$1/2^+$ または $3/2^+$ の準位を入れる必要がある。

また係数$\bar{z}$から，$3/2^+$ の準位のみが，$5/2^-$ 準位と干渉し，$1/2^+$ の準位は 1／v 則に従つて断面積に寄与する。また，1 MeV 以上において弾性散乱断面積および（n，α）断面積の測定値に合わせるには，$3/2^-$ の準位が必要になる。

ここで行つた弾性散乱の理論値は，高いエネルギーでKnitter et CoppolaおよびLane et al の値と一致し，低いエネルギーでの弾性散乱断面積は0.704 bでAsami & Moxon[10]の値に近い。熱中性子エネルギーでは，0.718 b になる。

10 keV以下では $3/2^+$ と $1/2^+$ 準位の，（n，α）反応に対する寄与は，それぞれ18.9と81.1% になり，弾性散乱に対しては，17.6と82.4 %になる。また，これらの準位の散乱長は0.629と5.44 fmである。

$3/2^-$単位は，（n，α）に対して700 keV以上で干渉のため44.7 %，弾性散乱に対し，1.7 MeVの処で22.2 %寄与している。

文献（抄録に関係したもののみ）

1) E.Fort, J.L.Leroy and J.P.Marquette
Nucl.Inst. and Methods, 85 (1970) 115

2) J.L.Leroy, J.L.Huet and J.Gentil
Nucl.Inst.and Methods, 88 (1970) 1

3) S.Schwartz, L.G.Stromberg and A.Bergstrom
Nucl.Physics 63, (1965) 593

4) C.A.Uttley and K.M.Diment
U.K.E.A.Report AERE-PR/NP 14 (1968), 15 (1969), 16 (1969)

5) M.S.Coates, private communication

6) F.L.Ribe, Phys. Rev.103 (1956) 103

7) J.W.Meadow and J.F.Whalen, private communication to J.L. Leroy (1971)
Nucl.Sci.Eng. 41 (1970) 351

8) M.H.Knitter and M.Coppola
E.A.E.C.report EURATOM-EUR 3454-C (1957)

9) R.O.Lane, A.S.Langsdorf, J.E.Monahan and A.J.Elwyn, Annals of Physics, 42 (1961) 135

10) A.Asami and M.C.Moxon
I.A.E.A.Conference on Nuclear Data for Reactors Helsinki (1970) CN 26/24

11) C.Le Rigoleur
C.E.N.Cadarache-Rapport SMNF 68/15