

資料紹介

I. Multilevel Resonance Analysis of the Total Neutron Cross Sections of ^{23}Na and Ca below 1 MeV

by J. Nebe & G. J. Kirouac, IAEA CN-26/13 (1970)

川合将義 (NAIG)

軽中重核において、数百 keV 以上の高エネルギー領域に入ると、共鳴のレベル巾とレベル間隔の大きさが同程度となり、レベル間の干渉が大きく効いてくるため、もはや Breit-Wigner の一準位公式で、この共鳴を解析しえなくなる。著者は、このようなエネルギー領域における Na^{23} , Ca の全断面積について、分解能の高い測定を行ない、その結果を（弾性散乱について）単一チャンネルの多準位 R-行列理論で解析し、共鳴エネルギー E_R , 中性子巾 Γ_n , 全角運動量 J ならびに軌道角運動量 ℓ を決めている。

全断面積の測定は、Karlsruhe Isochronous Cyclotron の T. O. F. 装置を用いて Transmission 法で行なっている。飛行距離は、57m であり、測定系全体でのエネルギー分解能は、0.05 ns/m 以上である。中性子検出器として、9cmφ × 1cm 厚の液体シンチレータ (NE-213) に XP-140 光電子増倍管を組合わせて用いた。入射中性子ビームのモニタ用に γ -pulse shape discriminating detector を中性子源より 1m の所に配置された。Na 試料には、厚さ 0.2323 原子/barn の 99.998% の Na^{23} の金属板を Al で覆ったものを用い、一方 Ca については、円筒形の Al 容器内に粒状にした金属 Ca を 0.2133 原子/barn の厚みに充填したものを用いている。20分毎に試料をビーム中に出し入れして各々の時間スペクトルが測定された。測定された全断面積の統計誤差は、Na について 600-900keV で 0.3% 以下、420-600keV で 1% 以下となり、Ca については、800keV の 5% から 1.5 MeV の 3% まで漸減している。Na²³ について、他の Hibden 等の測定と比べた結果、高エネルギーでピーク位置に多少のずれがある点を除き良好な一致を示している。

共鳴の解析は、以下に表わす単一チャンネルの R-行列理論で行なっている。まず、R 関数は、着目するエネルギー区間の共鳴 $R_{\ell JS}$ とそれ以外からくるバックグラウンド成分 $R_{\ell JS}^0$ に分けて次式の如く示す。

$$R_{\ell JS} = R_{\ell JS}^0 + \sum_{\lambda} \frac{\gamma_{\lambda}^2 \ell_{\ell JS}}{E_{\lambda} - E}$$

ここで、和は、全角運動量 J, 軌道角運動量 ℓ , チャンネルスピン S なるレベル λ についてとら

TABLE I

 RESONANCE PARAMETERS^{a)} FOR THE ^{23}Na TOTAL NEUTRON CROSS SECTION

E_R (keV)	$\Gamma_n(E_R)$ (keV)	l	J	Γ_{obs} (keV)
298.4	1.9	0	2	
393.8	25.8	1	1	
431.2	7.8	1	0	
448.4	5.7	2	2	
508.8				
536.6	35.3	0	1	
564.1				
597.8	25.8	(1)	1	21
599.8				
627.0				
683.4				
697.2	60.	(2)	(4)	} 72
726.6	45.	(1)	(3)	
748.3				
766.4				
780.5	43.6	(2)	(4)	38
911.2	40.1	(2)	(3)	32
968.0				
985.1	27.2	(2)	(1)	16

J	l=0		l=1				l=2				
	1	2	0	1	2	3	0	1	2	3	4
A_{1J}	.139	-.143	-.329 $\times 10^{-1}$	.630 $\times 10^{-1}$	-	.254 $\times 10^{-1}$	-	-.512 $\times 10^{-2}$	.171 $\times 10^{-3}$	.749 $\times 10^{-1}$	.139 $\times 10^{-1}$
B_{1J}	.434 $\times 10^{-3}$	.490 $\times 10^{-3}$	.986 $\times 10^{-3}$	.679 $\times 10^{-4}$	-	.590 $\times 10^{-4}$	-	-	-	-	-

^{a)} Analysis performed with $S_1=B_1$ and channel radius $a = 4.26$ f.

TABLE II
 RESONANCE PARAMETERS^{a)} FOR ⁴⁰Ca (n,n)

E_R (keV)	^{b)} $\Gamma_n(E_R)$ (keV)	l	J	E_R (keV)	^{b)} $\Gamma_n(E_R)$ (keV)	l	J
570.1	.2	1	3/2	924.6	.2	2	5/2
591.3	55.	0	1/2	940.5	.6	1	1/2
594.2	$\leq .1$	2	5/2	945.1	.5	2	(3/2)
623.5	$< .1$	2	(5/2)	958.8	.4	1	3/2
635.5	2.	0	1/2	970.	7.2	0	1/2
638.4	$< .1$	2	5/2	993.3	1.1	(2)	(3/2)
640.9	1.3	1	1/2	1003.9	11.	0	1/2
668.1	$< .1$	2	(5/2)	1018.7	.5	1	(3/2)
675.	2.7	0	1/2	1025.2	.3	(1)	(1/2)
694.6	.9	1	1/2	1037.4	.7	1	1/2
713.2	.1	1	3/2	1058.	.4	(1)	1/2
728.	$< .1$	1	3/2	1061.5	.4	(1)	1/2
738.2	3.2	0	1/2	1083.2	.7	(1)	3/2
742.8	4.4	0	1/2	1094.4	.6	2	(3/2)
747.3	.3	1	1/2	1094.9	.2	0	1/2
758.	.6	2	(3/2)	1097.7	.2	2	5/2
764.8	$< .1$	(2)	3/2	1126.	.5	(0)	1/2
771.5	12.	0	1/2	1129.2	.7	2	3/2
792.5	2.4	0	1/2	1160.2	.2	(2)	3/2
800.2	$< .1$	2	5/2	1169.	.7	1	3/2
823.	3.5	0	1/2	1189.4	3.	0	1/2
826.	.4	(1)	1/2	1202.6	4.	(2)	5/2
830.	.1	2	(5/2)	1210.8	15.	0	1/2
842.2	.9	1	3/2	1214.	1.	1	3/2
857.2	.3	2	(3/2)	1232.	1.	2	3/2
861.8	29.	0	1/2	1242.9	1.5	1	1/2
867.6	.3	1	(1/2)	1250.	.5	2	(5/2)
878.7	31.	0	1/2	1262.	.5	(2)	(3/2)
884.8	.3	1	3/2	1284.	15.	0	1/2
908.1	1.5	1	1/2				

.82 - 1 MeV	l=0	l=1		l=2	
J	1/2	1/2	3/2	3/2	5/2
A_{1J}	.238	-.467	-.504	$.586 \times 10^{-2}$	$.345 \times 10^{-2}$
B_{1J}	$.337 \times 10^{-4}$	$.189 \times 10^{-3}$	$.107 \times 10^{-3}$	-	-
C_{1J}	$.250 \times 10^{-6}$	$.430 \times 10^{-6}$	$.770 \times 10^{-6}$	-	-

a) Analysis performed with $S_1 = B_1(E)$ and channel radius $a = 3.59$ f.

b) Due to the effects of resolution, the accuracy of neutron widths $\leq .5$ keV is estimated to be ≈ 20 %.

れる。 E_λ は、核内の固有値であり、換算巾 $r_\lambda \rho_{JS}$ は、チャンネル表面への内部波動関数の写像で与えられる。そして、このR関数は衝突関数、 $U_{\rho_{JS}}$ を通じて全断面積と関係づけられる。解析に際し、level shift factorは零に、則ちエネルギー依存の境界条件 $B_\rho = S_\rho(E)$ がとられた。また、R関数のバックグラウンド項 $R_{\rho_{JS}}^0$ は、下記に示す如く解析するエネルギー領域の中央値 E_m のまわりで展開して見積られた。

$$R_{\rho_{JS}}^0 = A_{\rho_{JS}} + B_{\rho_{JS}}(E-E_m) + C_{\rho_{JS}}(E-E_m)^2 + \dots$$

ここで定数項 $A_{\rho_{JS}}$ は、着目するエネルギー領域からはるか離れた共鳴の影響として理解でき、低エネルギー域では、主にポテンシャル散乱断面積中に効いてくる。 $B_{\rho_{JS}}$ は、強度関数と関係づけられるものである。

上述の方法によつて解析した結果、 Na^{23} で0.28-1 MeVの間に19ヶの共鳴レベルを分離し、そのうち共鳴巾の大きい11ヶについて、そのJ、 ρ 、 Γ_n 等を決定している。但し、非弾性散乱のしきい値(432 keV)以上について、単一チャンネルの仮定による解析結果は、定性的な説明として容認でき、決定したJの値は、その下限として受け取るべきであると強調している。Caについては、0.56-1.26 MeVの間で、59ヶの共鳴レベルについて解析しており、そのJ、 ρ は、独立に測定された Ca^{40} の弾性散乱の微分断面積データを利用して決定されている。S波の平均のレベル間隔に $38.6 \pm 7.6 \text{ keV}$ 、強度関数に $(2.8 \pm 1.0) \times 10^{-4}$ なる値を得ている。また、このエネルギー領域で、P波強度関数に大きな値の得られることがはつきりしたと述べている。

Table I, IIに求めた共鳴パラメータの値を掲げる。(P. 15 と P. 16)