

# 일반화된 호상작용하는 보존모형에 의한 $^{145}\text{Ba}$ 핵의 낮은 려기에너지준위스펙트르 및 전기4중극이행확률계산

박재연, 김광혁, 박영일

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《...원자력부문의 과학자들이 원자력에 대한 연구사업을 더 적극적으로 하도록 하여야 합니다.》(《김일성전집》 제60권 352페이지)

1970년대말~1980년대에 핵의 8중극변형의 존재에 대한 연구결과[2-4]들이 발표되었다. 8중극변형의 특징은 에너지스펙트르가 단체대칭성을 가지는것이다. 즉 짝수-짝수핵의 에너지스펙트르는  $0^{\pm 1}, 1^{\mp}, 2^{\pm}, 3^{\mp}, \dots$ 와 같은 준위순서를 가지며 홀수핵의 에너지스펙트르는  $\frac{1}{2}^{\pm 1}, \frac{3}{2}^{\mp}, \frac{5}{2}^{\pm}, \frac{7}{2}^{\mp}, \dots$ 와 같은 준위순서를 가진다.

8중극변형핵의 존재를 이론적으로 예언한 후 실험적으로도 Ba 동위원소에서 단체대칭성과 유사한 스펙트르성질을 가진다는것을 발견하였다.

핵의 8중극변형을 묘사하기 위하여 p, f보존들을 고려한 호상작용보존모형들[5-7]이 제기되어 비교적 좋은 성과를 얻었다.

본문에서는 일반화된 호상작용하는 보존모형을 리용하여  $^{145}\text{Ba}$  핵의 려기에너지준위와 전기4중극환산이행확률계산을 통하여 이 핵의 8중극변형특성에 대하여 고찰하였다.

## 1. 일반화된 호상작용하는 보존모형에 의한 핵의 려기에너지준위 및 전기4중극환산이행확률계산방법

### 1) 에너지준위계산방법

일반화된 호상작용하는 보존모형의 하밀토니안은 다음과 같다.[1]

$$H = \varepsilon_F n_F + \varepsilon_d n_d + \varepsilon_f n_f + \varepsilon_g n_g + k_1 (L^{(B)} \cdot L^{(B)}) + k_2 (Q^{(B)} \cdot Q^{(B)}) + k_3 (L^{(F)} \cdot L^{(B)}) + k_4 (Q^{(F)} \cdot Q^{(F)}) \quad (1)$$

여기서

$$\begin{aligned} L_m^{(B)} &= \sqrt{10}(d^+ \tilde{d})_m^{(1)} + \sqrt{28}(f^+ \tilde{f})_m^{(1)} + \sqrt{60}(g^+ \tilde{g})_m^{(1)} \\ Q_m^{(F)} &= (a_j^+ \tilde{a}_{j'})_m^{(2)} \\ Q_m^{(B)} &= (s^+ \tilde{d} + d^+ \tilde{s})_m^{(2)} + \chi_{dd}(d^+ \tilde{d})_m^{(2)} + \chi_{dg}(d^+ \tilde{g} + g^+ \tilde{d})_m^{(2)} + \chi_{ff}(f^+ \tilde{f})_m^{(2)} + \chi_{gg}(g^+ \tilde{g})_m^{(2)} \\ L_m^{(F)} &= (a_j^+ \tilde{a}_{j'})_m^{(1)} \end{aligned} \quad (2)$$

이다. 식 (1)에 주어진 하밀토니안에 대한 에너지 고유값방정식은 다음과 같이 표시

할 수 있다.

$$H|NJM\rangle\rangle = E_{NJ}|NJM\rangle\rangle \quad (3)$$

이 방정식의 고유상태를 다음과 같이 진동극한로대함수들로 전개한다.

$$|NJM\rangle\rangle = \sum_i C_{NJ}(i)|i, NJ_B j; JM\rangle \quad (4)$$

이 식을 식 (3)에 대입하고 양변에  $\langle k, NJ'_B j'; JM|$ 을 곱하고 정돈하면 다음의 방정식을 얻는다.

$$\sum_i \left( \langle k, NJ'_B j'; JM| H | i, NJ_B j; JM \rangle - E \delta_{ki} \delta_{J'_B J_B} \delta_{j' j} \right) C_{NJ}(i) = 0 \quad (5)$$

이 방정식의 결수행렬을 대각선화하면 에네르기고유값들과 그에 대응하는 상태함수들을 얻을 수 있다.

## 2) 전기4중극환산이행확률계산방법

전기4중극환산이행확률계산공식은 다음과 같다.

$$B(E2, J_i \rightarrow J_f) = \frac{\left[ \sum_{i,k} C_{NJ_f}(k) C_{NJ_f}(i) \langle i, NJ'_B j'; J_f || \alpha_2 Q || k, NJ_B j; J_i \rangle \right]^2}{2J_i + 1} \quad (6)$$

방정식 (5)를 풀어서 얻어진 상태함수들을 식 (6)에 대입하면 준위들 사이의 환산이행확률을 계산할 수 있다.

## 2. 계산결과 및 분석

표 1에  $^{145}\text{Ba}$  핵의 정의 우기성준위와 부의 우기성준위 및 전기4중극환산이행확률계산에 이용된 파라미터값들을 주었다.

표 1.  $^{145}\text{Ba}$  핵의 정의 우기성준위와 부의 우기성준위 및 전기4중극환산이행확률계산에 이용된 파라미터값(MeV)

준위우기성	$\varepsilon_d$	$\varepsilon_f$	$\varepsilon_g$	$\varepsilon_F$	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$
정의 우기성준위	0.374	0	0	0.192	-0.004 500	-0.000 240	-0.081 200	0.038 210
부의 우기성준위	0.312	1.033	0	0	-0.000 134	0.001 120	0	0

표 2에  $^{145}\text{Ba}$  핵의 에네르기준위계산값과 실험값을 주었다.

표 2.  $^{145}\text{Ba}$  핵의 에네르기준위계산값과 실험값

준위	스핀 및 우기성	계산값 /MeV	실험값 /MeV	준위	스핀 및 우기성	계산값 /MeV	실험값 /MeV
기저띠	$7/2^-$	0.113	0.113	회전띠	$13/2^+$	0.582	0.617
	$9/2^-$	0.279	0.279		$17/2^+$	0.884	0.865
	$11/2^-$	0.393	0.462		$21/2^+$	1.205	0.240
	$13/2^-$	0.567	0.641		$25/2^+$	1.664	1.718
	$15/2^-$	0.795	0.900		—	—	—

표 2에서 보는바와 같이 이론적으로 계산된 환산이행확률값들이 실험값들과 비교적 잘 일치한다는것을 알수 있다.

그림에 일반화된 호상작용하는 보존모형에 기초하여 계산된  $^{145}\text{Ba}$  핵의 러기에너지준위계산결과들을 보여주었다.

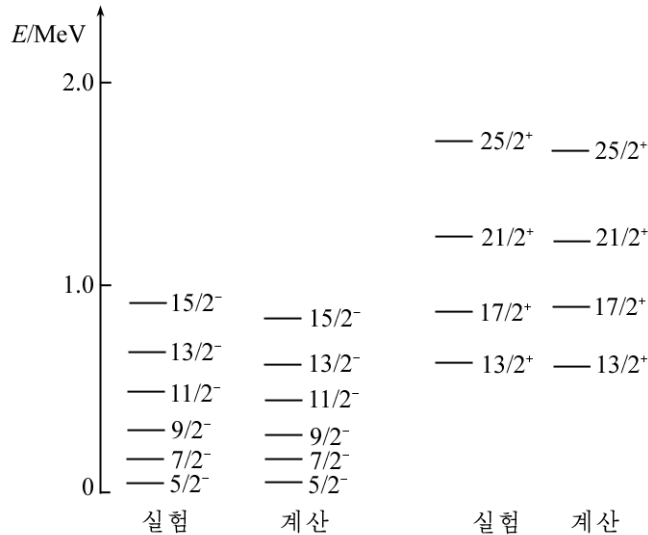


그림.  $^{145}\text{Ba}$  핵의 러기에너지준위계산값과 실험값의 비교

그림에서 보는바와 같이 계산값과 실험자료들이 비교적 잘 일치하며 이 핵에서 단체대칭성이 나타나지 않는다는것을 알수 있다.

## 맺 는 말

일반화된 호상작용하는 보존모형을 리용하여  $^{145}\text{Ba}$  핵의 러기에너지준위스펙트르와 전기4중극환산이행확률계산을 진행한 결과 실험자료와 비교적 정확히 일치하였다. 연구결과 이 핵에서는 단체대칭성이 나타나지 않았다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 58, 3, 84, 주체101(2012).
- [2] W. Nazarewicz et al.; Phys. Rev. Lett., 52, 1274, 325, 1984.
- [3] A.Sobiczewski et al.; Nucl. Phys., A 485, 16, 221, 1988.
- [4] W. Nazarewicz et al.; Nuclear Physics, A 441, 420, 136, 1985.
- [5] J. Engel et al.; Phys. Rev. Lett., 54, 1126, 643, 1985.
- [6] J. Engel et al.; Nucl. Phys., A 472, 61, 579, 1987.
- [7] I. Kusnezov; Phys., G 23, 5673, 367, 1990.

## **Low Energy Spectrum and Electric Quadrupole Transition Probability Calculation of $^{145}\text{Ba}$ by Generalized Interacting Boson Model**

*Pak Jae Yon, Kim Kwang Hyok and Pak Yong Il*

We calculated low energy spectrum and electric quadrupole transition probability of  $^{145}\text{Ba}$  by generalized interacting boson model and compared with experiment data.

Key words: generalized interacting boson model, electric quadrupole transition probability