

## Eu-Gd 区域的破缺 $U(3)$ 限 $U(6/12)$ 模型\*

邵毅平  
(江苏化工学院)

### 摘 要

本文从超对称性破缺的角度讨论了位于典型  $U(3)$  限区域的奇  $A$  核  ${}_{63}\text{Eu}^{153}$ ，在能谱和  $B(E2)$  方面得到了一些定量符合的结果。

线在  
而对  
Boso  
的破  
( $L_f$

(3)正

按照 IBFM 理论<sup>[1-3]</sup>， ${}_{63}\text{Eu}^{153}$  的整个 Boson-Fermion 体系态空间（只讨论正宇称的  $j = 1/2, 3/2, 5/2$  态）存在如下的动力学超群链：

$$\begin{aligned} U(6/12) &\supset U^b(6) \otimes U^f(12) \supset U^b(6) \otimes U^f(6) \otimes U^f(2) \\ &\supset SU^b(3) \otimes SU^f(3) \otimes SU^f(2) \supset SU^{b+f}(3) \otimes SU^f(2) \\ &\supset SO^{b+f}(3) \otimes SU^f(2) \supset Spin(3) \supset Spin(2), \end{aligned} \quad (1)$$

对一个 Fermion 的情况（无 Boson 分裂），可取  $SU^b(3)$  的基态表示空间作较好的近似处理，得到 Boson-Fermion 态空间基矢的表达式：

$$\begin{aligned} & \left. \begin{array}{l} U(6/12), U^b(6), U^f(12), U^f(6), SU^b(3), SU^f(3), \\ [1], [N], \{1\}, [1], (2N, 0), (2, 0), \\ SU^{b+f}(3), SO^{b+f}(3), SU^f(2), Spin(3), Spin(2) \\ (\lambda, \mu)\chi, L, 1/2, J, M_J \end{array} \right\} \\ &= \sum_{\substack{L_b L_f L \\ m_b m_f m \sigma}} \langle (2N, 0)_{L_b}, (2, 0)_{L_f} | (\lambda, \mu)\chi, L \rangle \langle L_b m_b L_f m_f | L m \rangle \\ & \cdot \langle L m \frac{1}{2} \sigma | J M_J \rangle \cdot |[N](2N, 0)_{L_b m_b} \rangle \\ & \cdot |\{1\}[1](2, 0)_{L_f m_f} \rangle \cdot \left| \frac{1}{2} \sigma \right\rangle. \end{aligned} \quad (2)$$

合得

其中  $\langle (2N, 0)_{L_b}, (2, 0)_{L_f} | (\lambda, \mu)\chi, L \rangle$  是  $SU^{b+f}(3) \supset SO^{b+f}(3)$  的同位标量因子 ( $I, S, F$ )； $|[N](2N, 0)_{L_b m_b} \rangle$  是 Bosons 的态矢量； $|\{1\}[1](2, 0)_{L_f m_f} \rangle$  是 Fermion 轨道角动量部分的态矢量； $\left| \frac{1}{2} \sigma \right\rangle$  表示核自旋部分的态矢量。

\* 中国科学院科学基金资助的课题  
本文于1985年7月9日收到。

# 模型\*

若用目前严格  $U(3)$  限超对称性的通常方法计算<sup>[2,3]</sup>, 理论谱线与  ${}_{63}\text{Eu}^{153}$  的实验谱线在能谱结构上存在重大差异. 我们认为, 具有严格  $U(3)$  限超对称性是一种理想情况, 而对于大形变核, 从满足超对称性所需要的条件 (Boson 作用强度、Fermion 作用强度及 Boson-Fermion 作用强度之比要满足 1:1:2) 进行分析<sup>[1]</sup>, 会出现偏离  $U(3)$  限超对称性的破缺. 因此, 本文引入表示 Boson 作用强度与 Fermion 作用强度差异的一项  $\hat{L}_f \cdot \hat{L}_f$  ( $\hat{L}_f$  表示 Fermion 的赝轨道角动量算符), 则破缺超对称的 Hamiltonian 为

Eu<sup>153</sup>,

$$\hat{H} = \hat{H}_0(N, M = 1) + A \cdot \hat{C}_2(SU^{b+f}(3)) + B \cdot \hat{L} \cdot \hat{L} + C \cdot \hat{L} \cdot \hat{S} + D \cdot \hat{L}_f \cdot \hat{L}_f. \quad (3)$$

(3)式中除  $\hat{L}_f \cdot \hat{L}_f$  以外, 其它项对基矢(2)都是对角的, 推出  $\hat{L}_f \cdot \hat{L}_f$  的矩阵元为

$$\begin{aligned} & \langle [I], [N], \{1\}, [1], (2N, 0), (2, 0), (\lambda' \mu') \chi', L', 1/2, J', M'_J | \hat{L}_f \\ & \cdot \hat{L}_f | [I], [N], \{1\}, [1], (2N, 0), (2, 0), (\lambda, \mu) \chi, L, 1/2, J, M_J \rangle \\ & = \sum_{\substack{L'_b L'_f L_b L_f \\ m'_b m'_f m_b m_f}} \sum_{\substack{m'_\sigma \\ \sigma'_\sigma}} \langle (2N, 0) L'_b, (2, 0) L'_f | (\lambda', \mu') \chi', L' \rangle \\ & \cdot \langle (2N, 0) L_b, (2, 0) L_f | (\lambda, \mu) \chi, L \rangle \cdot \langle L'_b m'_b L'_f m'_f | L' m' \rangle \langle L_b m_b L_f m_f | L m \rangle \\ & \cdot \left\langle L' m' \frac{1}{2} \sigma' \middle| J' M'_J \right\rangle \left\langle L m \frac{1}{2} \sigma \middle| J M_J \right\rangle \\ & \cdot \langle [N](2N, 0) L'_b m'_b | [N](2N, 0) L_b m_b \rangle \left\langle \frac{1}{2} \sigma' \middle| \frac{1}{2} \sigma \right\rangle \\ & \cdot \langle \{1\}[1](2, 0) L'_f m'_f | \{1\}[1](2, 0) L_f m_f \rangle \cdot L_f(L_f + 1) \\ & = \delta_{J' J} \delta_{M'_J M_J} \delta_{L' L} \sum_{L_b L_f} \langle (2N, 0) L_b, (2, 0) L_f | (\lambda', \mu') \chi', L' \rangle \langle (2N, 0) L_b, \\ & (2, 0) L_f | (\lambda, \mu) \chi, L \rangle \cdot L_f(L_f + 1). \quad (4) \end{aligned}$$

由对角化算出  $\hat{H}$  的理论谱线, 理论值与实验值的比较见表 1 及图 1. 理论和实验符合得比较好, 这就说明确实应该考虑实际核中存在着超对称性破缺.

正宇称的

(1)

作较好的

(2)

因子 ( $L_f$ )  
Fermion 赝核

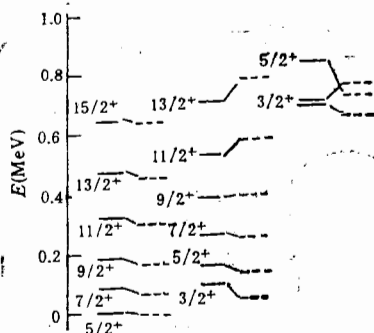


图 1  ${}_{63}\text{Eu}^{153}$  的能谱(虚线为理论值  $E_{th}$ )

表 1  $\hat{H}$  的本征值及其波函数 ( ${}_{63}\text{Eu}^{133}$ )

$J$	$E_{\text{exp}}$ (keV)	$E_{\text{th}}$ (keV)	波 函 数
5/2	0	0	$ (18.2)2, 2, 5/2\rangle^*$
7/2	83.4	73.6	$ (18.2)2, 3, 7/2\rangle$
9/2	193.1	175	$ (18.2)2, 4, 9/2\rangle$
11/2	325.1	304.2	$ (18.2)2, 5, 11/2\rangle$
13/2	481.1	461.2	$ (18.2)2, 6, 13/2\rangle$
15/2	654.7	646	$ (18.2)2, 7, 15/2\rangle$
3/2	103.2	49	$ (18.2)2, 2, 3/2\rangle$
5/2	172.9	142.2	$ (18.2)2, 3, 5/2\rangle$
7/2	269.7	263.2	$ (18.2)2, 4, 7/2\rangle$
9/2	396.4	412	$ (18.2)2, 5, 9/2\rangle$
11/2	537.9	588.6	$ (18.2)2, 6, 11/2\rangle$
13/2	716.2	793	$ (18.2)2, 7, 13/2\rangle$
1/2	699	666	$0.9983 (18.2)0, 0, 1/2\rangle + 0.0589 (22.0)0, 0, 1/2\rangle$
3/2	713	773.8	$0.9981 (18.2)0, 2, 3/2\rangle - 0.0210 (20.1)1, 2, 3/2\rangle - 0.0582 (22.0)0, 2, 3/2\rangle$
5/2	842	724.8	$0.9981 (18.2)0, 2, 5/2\rangle - 0.0210 (20.1)1, 2, 5/2\rangle - 0.0582 (22.0)0, 2, 5/2\rangle$

\*  $|(18.2)2, 2, 5/2\rangle \equiv |(18.2) \chi=2, L=2, J=5/2\rangle$ , 其它类似. 实验值  $E_{\text{exp}}$  取自 Nucl. Phys., A132 (1969), 322. 参量取  $A=80\text{keV}$ ;  $B=13.9\text{keV}$ ;  $C=-9.8\text{keV}$ ;  $D=-200\text{keV}$ .

## 三

取  $E2$  跃迁算子为

$$T(E2)_q = \alpha \cdot Q_q^{(2)} = \alpha \cdot [Q_q^{(2)} + Q_q^{f(2)}], \quad (5)$$

式中  $\alpha$  为参量;  $Q_q^{(2)}$  为  $SU^{b+f}(3)$  的生成元. 由此推得  $J' \rightarrow J$  的  $E2$  跃迁约化几率为

$$B(E2; J' \rightarrow J) = \frac{1}{2J'+1} \left| \left\langle (\lambda, \mu) \chi' L', \frac{1}{2}, J' \parallel T(E2) \parallel (\lambda, \mu) \chi, L, \frac{1}{2}, J \right\rangle \right|^2$$

$$= \alpha^2 \cdot (2J+1) \left\{ \begin{matrix} L' J' \frac{1}{2} \\ 2 \\ J L \frac{1}{2} \end{matrix} \right\}^2 \left| \langle (\lambda, \mu) \chi', L' \parallel Q^{(2)} \parallel (\lambda, \mu) \chi, L \rangle \right|^2. \quad (6)$$

理论计算值与实验值符合得较好, 见图 2.

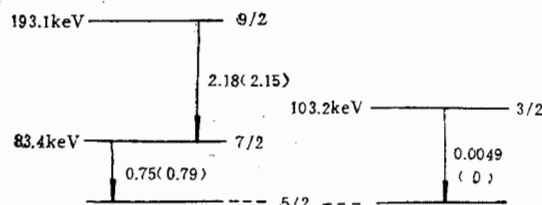


图 2  ${}_{63}\text{Eu}^{133}$  的  $B(E2)$  值(括号内为理论值;实验值取自参考文献[4])

四

以统一的 Hamiltonian 计算了  ${}_{64}\text{Gd}^{154}$  的能谱,理论值与实验值的比较见图 3. 由(3)式推得的 Hamiltonian:

$$\hat{H}_{\text{even}} = \hat{H}_{0,\text{even}}(N) + (A + A') \cdot \hat{C}_2(SU^b(3)) + B \cdot \hat{L} \cdot \hat{L}, \quad (7)$$

参量  $A'$  的取值不影响  ${}_{63}\text{Eu}^{153}$  的能谱.

验证超多重态还须从基态结合能,以及更明确地从不同核素间的转移反应方面来进行.

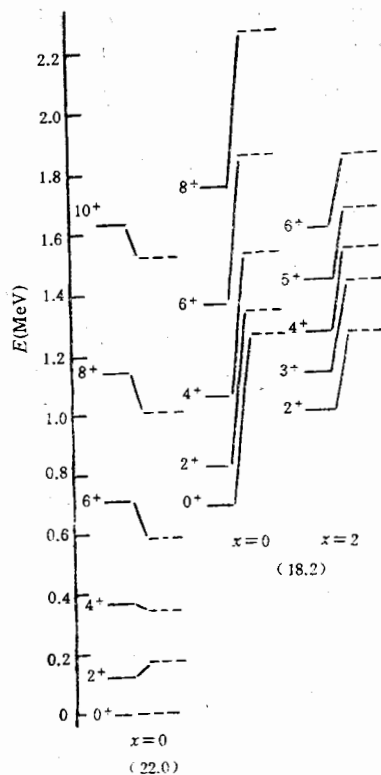


图 3  ${}_{64}\text{Gd}^{154}$  的能谱(虚线为理论值  $E_{th}$ )  
参量取  $A' = -90\text{keV}$   $A = 80\text{keV}$   $B = 13.9\text{keV}$

作者衷心感谢周孝谦教授的指导!

参 考 文 献

- [1] A. B. Balantekin et al., *Nucl. Phys.*, **A370**(1981), 284.
- [2] A. B. Balantekin et al., *Phys. Rev.*, **C27**(1983), 1761.
- [3] Sun Hongzhou et al., *Phys. Lett.*, **124B**(1981), 275.
- [4] *Nucl. Data Sheets*, **37**(1982), 487.

$2, 3/2\rangle$   
 $2, 5/2\rangle$   
incl. Phys.,

(5)

几率率为

$|J\rangle|^2$

(6)

# THE PARTIALLY VIOLATED $U(3)$ LIMITS OF THE DYNAMICAL SUPERSYMMETRY $U(6/12)$ IN EUROPIUM- GADOLINIUM REGIONS

SHAO YI-PING

(*Jiangsu Chemistry Engineering College*)

## ABSTRACT

The partially violated  $U(3)$  limits of the  $U(6/12)$  model is presented. The theoretical predictions are compared with existing experimental data of energy spectra and  $B(E2)$ . The theory tallies with experiment fairly good.

这些二  
们希望  
用的相  
这样可  
启示。  
才  
位素  
跃迁。  
体内音  
的符合

本  
以下批  
力, R