

^{68}Ge 核中 $g_{9/2}$ 质子对与中子对的 转动排列效应

张敬业

张锡珍

(中国科学院近代物理研究所) (中国科学院原子能研究所)

摘 要

本文利用 HFB 推转模型对于 $g_{9/2}$ 质子对与中子对的转动排列效应对 ^{68}Ge 三分叉现象的作用进行了探讨. 计算表明 ^{68}Ge 三分叉中的两个回弯, 主要是由于 $\nu g_{9/2}$ 和 $\pi g_{9/2}$ 转动排列的结果.

^{68}Ge 核的转动惯量和转动频率平方关系图中出现的三分叉现象^[1](图 1), J. H. Hamilton 等^[2,3] 根据转动排列模型的计算认为其中的 a 带出现回弯是由于一对 $g_{9/2}$ 中子转动排列所致, 而 b 带出现回弯则是由于一对 $g_{9/2}$ 质子转动排列所致. 至于 c 带, 他们认为是基态带. 文[4]利用 J. H. Hamilton 等^[2,3] 提供的 a 带和 c 带的约化电四极跃迁几率

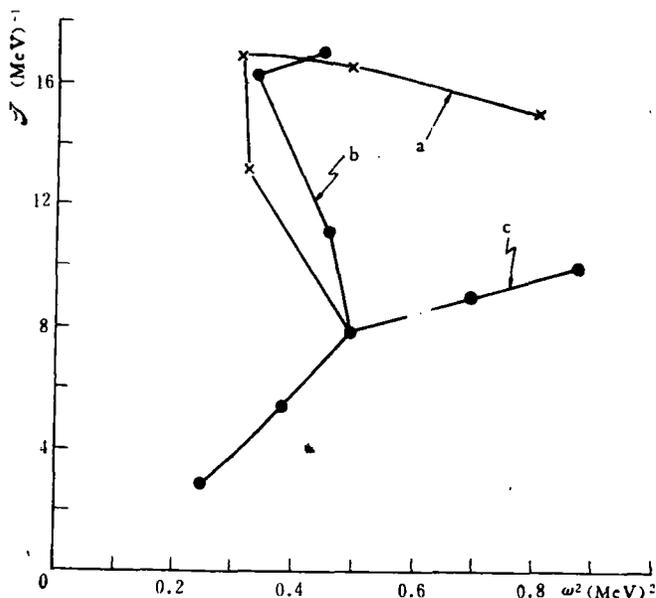


图 1 ^{68}Ge 的转动惯量和转动频率平方关系图

本文令 $\hbar = 1$.

值,根据关于回弯机理的 k_1 、 k_2 判据^[5],指出 a 带是转动排列带,而 c 带的 8^+ 态则更可能是属于形状相变带. 但对于 b 带的属性,由于无 $B(E2)$ 实验数据,未能说什么话. 并建议测量 g 因子以进一步确定这些带的属性. 看来,进一步从实验上和理论上探讨 ^{68}Ge 的三分叉现象仍是有意义的.

二、

为了弄清图 1 中的 a 带和 b 带究竟是不是 $g_{9/2}$ 中子转动排列带和 $g_{9/2}$ 质子转动排列带,下面这些问题看来是应该首先加以研究的: ^{68}Ge 核中最外层的一对中子和一对质子,是否能够填充到 $g_{9/2}$ 的低 Q 轨道上,从而有利于参与转动排列; 这样轨道上的中子和质子对能够给出多大的排列角动量 i_{theo} ^[6], 以及临界转动频率 ω_c^{theo} 值,能否大致和实验相符.

我们首先计算了 ^{68}Ge 核的中子与质子的 Nilsson 能级图,结果如图 2 所示.

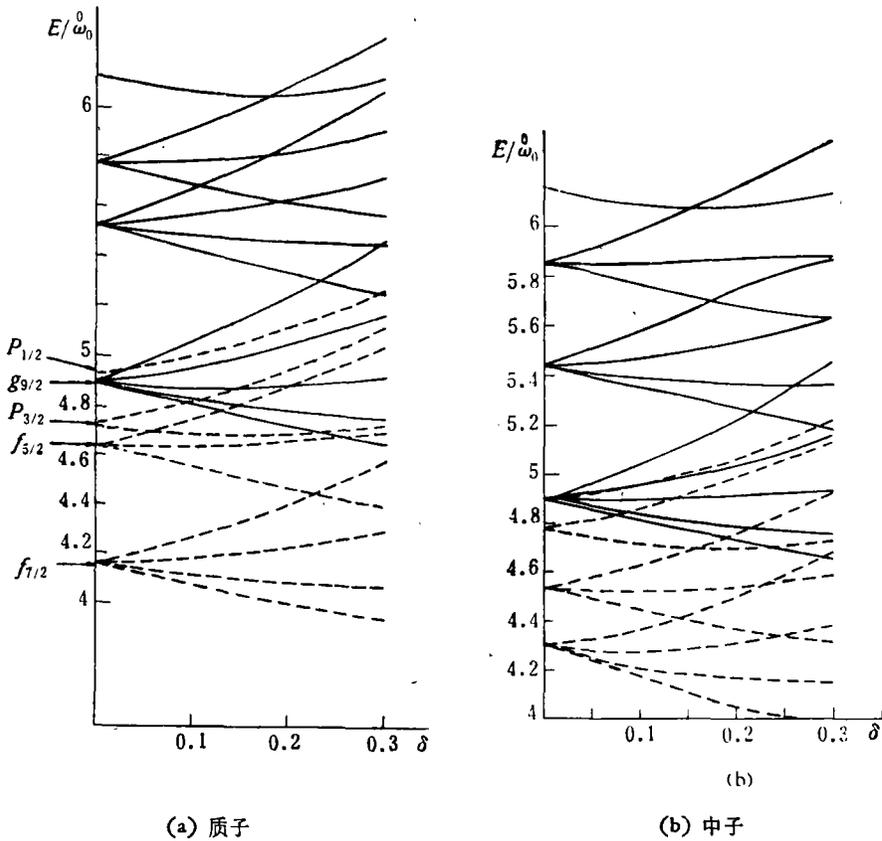


图 2 $^{68}_{32}\text{Ge}_{36}$ Nilsson 能级图,实线为偶宇称能级 ($N = 4$), 虚线为奇宇称的 ($N = 3$)

所用的 Nilsson 参数为^[7]

	x_n	x_p	μ_n	μ_p
$N = 4$	0.0600	0.0700	0.500	0.380
$N = 3$	0.0400	0.0700	0.550	0.310

根据被 Hamilton 等解释为 $\nu g_{9/2}$ 转动排列带的 $10^+(5962)$ 态到 $8^+(4838)$ 态的 $B(E2)$ 值估算^[8]的 β_2 值约为 0.18—0.27 考虑到 Nilsson 位中的形变参数 δ_2 和由电磁跃迁定下来的形变参数 β_2 之间的差别^[9], 可得 $(\delta_2)_{\max} \approx 0.25$. 由图 2 可见, 在这样的大形变下, 第 31、32 个质子和第 35、36 个中子是有可能填充到 $g_{9/2}, Q = 1/2$ 轨道上的, 从而是有利于参与转动排列的.

为了计算中子对和质子对的排列角动量 $i(\omega)$ 我们从 HFB 推转模型^[10]出发. 已知此时系统的哈密顿量可写为

$$H^{\text{HFB}} = \sum_{\alpha} (\epsilon_{\alpha} - \lambda) a_{\alpha}^{\dagger} a_{\alpha} + \frac{\Delta}{2} \sum_{\alpha\beta} \delta(\alpha\bar{\beta}) (a_{\alpha}^{\dagger} a_{\beta}^{\dagger} + a_{\beta} a_{\alpha}) - \omega \sum_{\alpha\beta} \langle \alpha | j_x | \beta \rangle a_{\alpha}^{\dagger} a_{\beta}, \quad (1)$$

经过 Bogoliubov 变换可得到下列 Hartree-Fock-Bogoliubov 方程

$$\left. \begin{aligned} (\epsilon_{\alpha} - \lambda) A_{\alpha}^i + \Delta B_{\alpha}^i - \omega \sum_{\beta} \langle \alpha | j_x | \beta \rangle A_{\beta}^i &= E_i A_{\alpha}^i, \\ -(\epsilon_{\alpha} - \lambda) B_{\alpha}^i - \Delta A_{\alpha}^i + \omega \sum_{\beta} \langle \alpha | j_x | \beta \rangle B_{\beta}^i &= E_i B_{\alpha}^i. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

其中 $|\alpha\rangle$ 为 Nilsson 波函数, ϵ_{α} 为单粒子能量, λ 为费米面. 由方程(2)我们计算了准粒子的本征谱 E_i (见图3, 只画出了中子, 正能级的) 及波函数 A_{α}^i 和 B_{α}^i , 据此可以求得二准粒子激发带相对于基态带的排列角动量^[11]

$$i(\omega) = \sum_{k=1}^2 \langle J_x \rangle_k = \sum_{k=1}^2 \sum_{\alpha\beta} \langle \alpha | j_x | \beta \rangle (A_{\alpha}^k A_{\beta}^k - B_{\alpha}^k B_{\beta}^k). \quad (3)$$

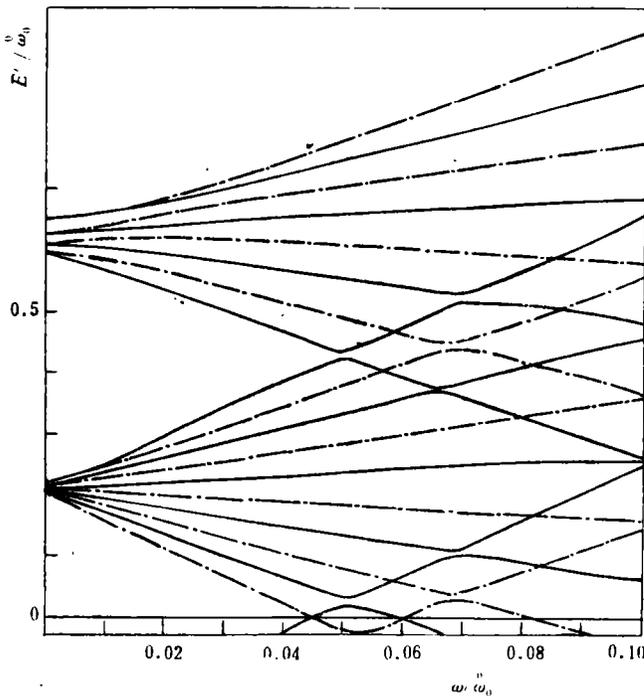


图3 ^{68}Ge 的中子准粒子谱

计算所得结果见表 I, 可见理论值和实验值是基本相符的. 如文献[12], [13]所指出的, 由于从实验能谱所确定的 $i(\omega)$ 值包含着转动排列以外的其它效应如 CAP 效应和形状相变效应的贡献. 而本文理论计算中形变参数和能隙参数¹⁾均是不随 ω 改变的参数, 因此所得的 i_{theo} 可以认为只是转动排列的贡献. 所以应该认为, 表 I 所给出的理论

$$\hbar\omega_0 = 41A^{-1/2}\text{MeV}$$

表 I

	$\omega_c^{\text{theo}}/\omega_0$	i_{theo}	$\omega_c^{\text{exp}}/\omega_0$	i_{exp}
$g_{9/2}$ 质子对	0.064	6.37	~ 0.065	~ 7
$g_{9/2}$ 中子对	0.050	7.99	~ 0.061	~ 7

值与实验值的大致符合表明, 图 1 中的 a 带和 b 带所出现的回弯确实主要是由于处于 $g_{9/2}$ 轨道上一对中子和一对质子转动排列所致.

三、

$g_{9/2}$ 轨道上的中子和质子的转动排列效应在整个 $A \approx 70$ 区域的作用, 看来是重要的. 在这个区域中, 质子和中子处于同一大壳中, 因此在一个核内同时出现不能忽视的中子对和质子对转动排列现象是有可能的. 我们用上节的方法计算了 ^{76}Kr , ^{78}Kr , ^{80}Kr , ^{72}Se , ^{74}Se 以及 ^{66}Zn 的 $i(\omega)$ 值和 ω_c 值以及互作用矩阵元 $2V$, 列于表 II 中, 所用的形变为 $\delta_2 =$

表 II

		i_{theo}	$\omega_c^{\text{theo}}/\omega_0$	$2V/\omega_0^2$
^{68}Ge	$\pi g_{9/2}$	6.37	0.064	0.032
	$\nu g_{9/2}$	7.99	0.050	0.008
^{66}Zn	$\pi g_{9/2}$	6.32	0.070	0.035
	$\nu g_{9/2}$	6.77	0.065	0.009
^{72}Se	$\pi g_{9/2}$	6.69	0.070	0.018
	$\nu g_{9/2}$	6.99	0.070	0.022
^{74}Se	$\pi g_{9/2}$	6.74	0.070	0.013
	$\nu g_{9/2}$	6.67	0.075	0.022
^{76}Kr	$\pi g_{9/2}$	6.73	0.065	0.006
	$\nu g_{9/2}$	6.55	0.070	0.027
^{78}Kr	$\pi g_{9/2}$	6.84	0.070	0.006
	$\nu g_{9/2}$	6.64	0.090	0.024
^{80}Kr	$\pi g_{9/2}$	6.86	0.070	0.005
	$\nu g_{9/2}$	5.13	0.090	0.010

1) 用实验奇偶质量差值, 计算表明此参数的微小变化对 $i_{\text{theo}}, \omega_c^{\text{theo}}$ 影响不大.

0.29. 由于这个区域的实验数据还比较少,无法定出比较准确的 i_{exp} 和 ω_c^{exp} , 所以表 II 中只列出理论值. 由表可见, $g_{9/2}$ 中子对和质子对的排列角动量均比较大. 因此值得从理论上和实验上对其效应作进一步探讨. 另外, 本文计算中并未考虑 n-p 对关联, 对于轻核, 这也是值得进一步研究的问题.

作者对 J. H. Hamilton 教授寄给我们计算 $A \approx 70$ 区 Nilsson 能级的参数表示感谢. 并感谢王晓秋同志帮我们描绘了插图.

参 考 文 献

- [1] A. P. de lima et al., Contributions of Conf. Nucl. Struct., Tokyo (1977), p. 276.
- [2] J. H. Hamilton et al., *Phys. Lett.*, **83B** (1979), 43.
- [3] J. H. Hamilton et al., 高能物理与核物理, **3**(1979), 355.
- [4] 张敬业, 高能物理与核物理, **4**(1980).
- [5] 张敬业, 高能物理与核物理, **2**(1978), 558.
- [6] A. Bohr and B. Mottelson, Proc. Conf. Nucl. Struct., Tokyo, (1977), p. 157.
- [7] J. H. Hamilton, 私人通讯.
- [8] B. Bochev, *Phys. Scripta*, **6** (1972), 243.
- [9] A. Bohr and B. Mottelson, "Nuclear Structure", V.2.
- [10] I. Hamamoto, *Nucl. Phys.*, **A271** (1976), 15.
- [11] 张锡珍、张敬业, 原子核物理, **2**(1980), 305.
- [12] 张敬业、张锡珍, 高能物理与核物理, 待发表.
- [13] 张敬业, 高能物理与核物理, 待发表.

THE ROTATION ALIGNMENT EFFECTS OF $g_{9/2}$ PROTON PAIR AND NEUTRON PAIR IN ^{68}Ge

ZHANG JING-YE

ZHANG XI-ZHEN

(Institute of Modern Physics, Academia Sinica)

(Institute of Atomic Energy, Academia Sinica)

ABSTRACT

Using the HFB cranking model, the RAL effect of $g_{7/2}^n$ proton pair and neutron pair for three forking phenomenon in ^{68}Ge is studied. Calculations show that two backbending of three forking in ^{68}Ge are mainly caused by rotation alignment of $g_{7/2}^n$ proton pair and neutron pair.