

文章编号: 1007-4627(2004)04-0334-02

p-n 相互作用对 $1/2^- [541]$ 带带交叉频率延迟的影响*

赵广义, 刘运祚

(吉林大学物理科学学院, 吉林 长春 130023)

摘要: 通过转动框架下的经验近似, 提取了 $A=160$ 区 4 个核的剩余 p-n 相互作用对 $1/2^- [541]$ 带的带交叉频率延迟的影响. 结果表明, 对于奇 Z 核中 $1/2^- [541]$ 带的带交叉频率的延迟, 剩余 p-n 相互作用的影响大约占二分之一左右, 表明剩余 p-n 相互作用在其中起着很重要的作用.

关键词: 剩余 p-n 相互作用; 带交叉频率; 延迟

中图分类号: O571.26 **文献标识码:** A

1 引言

在 $A \approx 160$ 区, 奇 Z 核的 $1/2^- [541]$ 带的带交叉频率和其它带相比有很大的延迟, 如在 ^{173}Ta 和 ^{175}Ta 中 $1/2^- [541]$ 带的带交叉频率的延迟分别达到了 50 keV 和 75 keV, 用包括了对相互作用和形变变化的 CSM 模型对这种延迟的估计也只能达到一半左右^[1, 2], 留下了约一半的偏差没有得到解释, 文献[3]认为用只包含形变变化的目前存在的各种模型来解释该问题是很困难的. 鉴于近些年来在解释 $A \approx 160$ 区奇奇核 $1/2^- [541] \otimes \nu i_{13/2}$ 带中旋称反转点和能级摆动规律上剩余 p-n 相互作用在其中所起的作用^[4-7], 我们有理由怀疑是否是这种剩余相互作用导致这种偏差. 本文试图通过转动框架下的经验近似^[8], 对 p-n 剩余相互作用对 $1/2^- [541]$ 带的带交叉频率延迟的影响进行提取, 找出剩余 p-n 相互作用在其中所起的作用.

2 计算过程

一准粒子的 Routhian, $e_i(\omega)$, 可由下式得出:

$$e_i(\omega) = e_i(0) - i_i\omega, \quad (1)$$

下标 i 代表各轨道, e_i 可以经验地从奇 Z 核和奇 N 核中得出. 对于两准粒子带 $h_{9/2} \otimes i_{13/2}$ 来说,

$$\begin{aligned} e_{gA} &= e_g + e_A + V_{gA}, \\ e_{gB} &= e_g + e_B + V_{gB}, \end{aligned} \quad (2)$$

V_{gA} 和 V_{gB} 代表相应准粒子之间的剩余相互作用, $V_{pn} = V_{gA} + V_{gB}$. 这种描述也可以通过偶偶核和奇

Z 核的 S 带表现出来:

$$\begin{aligned} e_{AB} &= e_A + e_B + 2\Delta + V_{AB}, \\ e_{gAB} &= e_g + e_A + e_B + 2\Delta + V_{AB} + V_{gA} + V_{gB} \\ &= e_g + e_{AB} + V_{gA} + V_{gB}, \end{aligned} \quad (3)$$

2Δ 为对作用, 设定 $i_{AB} = i_A + i_B$, 并且假定在偶偶核和奇 Z 核中它们都一样, 这样在偶偶核和奇 Z 核中的带交叉频率的偏移可用下式来表示:

$$\begin{aligned} \delta\omega_c(gAB) &= \omega_c(gAB) - \omega_c(AB) \\ &= \frac{V_{gA} + V_{gB}}{i_{AB}}. \end{aligned} \quad (4)$$

如果 e_{gA} , e_{gB} , e_g , e_A 和 e_B 都可知, 那么就可以从中提取剩余相互作用. 一般情况下 $1/2^- [541] \otimes i_{13/2}$ 带没有和基态连接起来, 所以绝对的 e_{gA} 和 e_{gB} 是不可知的. 但如果 $1/2^- [541] \otimes i_{13/2}$ 带与其它带有连接, 比如 $h_{11/2} \otimes i_{13/2}$ 带等, 对公式(2)加以改造就可以得出下式:

$$\begin{aligned} (V_{gA} + V_{gB}) - (V_{cA} + V_{cB}) &\approx (V_{gA} + V_{gB}) - 2V_{cA} \\ &= (e_{gA} - e_{cA}) + (e_{gB} - e_{cB}) + \\ &\quad (e_A - e_B) + 2(e_c - e_g). \end{aligned} \quad (5)$$

因此要从奇奇核中有效地提取剩余相互作用, 就必须满足下面的要求: (1) 奇 Z 核、奇 N 核和奇奇核中的 $h_{9/2}$ 带、 $i_{13/2}$ 带和 $h_{9/2} \otimes i_{13/2}$ 带必须连接到基态; (2) 奇 Z 核中的 $h_{9/2}$ 带与 $h_{11/2}$ 带相连, 奇 N 核中的 $i_{13/2}$ 带和基态相连, $h_{9/2} \otimes i_{13/2}$ 带与 $h_{11/2} \otimes i_{13/2}$ 带相连. 选定 $h_{11/2}$ 带作为参考的原因是该带已

收稿日期: 2004 - 08 - 16

* 基金项目: 国家重大基础研究发展规划资助项目(G2000077405); 吉林大学青年教师基金资助项目

作者简介: 赵广义(1969-), 男(满族), 辽宁沈阳人, 博士, 副教授, 从事实验核物理研究; E-mail: zhaoguanyi001@163.com

很好地研究过, 且该带的带交叉频率与偶偶核相近, 带交叉频率的差异可用 CSM 模型中的形变变化来解释. 以 ^{164}Tm 为例, 根据公式(1)和(2)通过 $h_{11/2} \otimes i_{13/2}$ 带, 得出 V_{pn} 导致的带交叉频率的差异约为 0.01 MeV, 与 $h_{9/2} \otimes i_{13/2}$ 带相比非常小, 这样就可以假定 $V_{eA} + V_{eB} \approx 0$, 通过公式(5)进行计算. 在特殊情况下, 也可用 $g_{7/2} \otimes i_{13/2}$ 来代替. 考察 $A \approx 160$ 区时发现 $h_{9/2} \otimes i_{13/2}$ 带的 14 个核中有 ^{162}Tm , ^{164}Tm , ^{174}Ta 和 ^{176}Re 4 个核是满足上述情况的, 通过对这些核的研究也可以对这种假设进行验证. 计

表 1 根据公式计算出的 V_{pn} 导致的带交叉频率的偏离与实际的偏离的比较

	$\delta\hbar\omega$ / keV	i_{AB}/\hbar	$V_{gA} + V_{gB}$ / keV	$\delta\hbar\omega$ (gAB) / keV	百分比 (%)
^{161}Tm	50	6	147	24	48
^{163}Tm	70	7	240	34	49
^{173}Ta	50	6.5	117	18	36
^{175}Re	15	5	42	8	53

参 考 文 献:

- [1] Jensen H J, Bengtsson R, Baïk R A, *et al.* Acta Physica Polonica, 1995, **B26**: 217.
 [2] Jensen H J, Bark R A, *et al.* Z Phys, 1997, **A359**: 127.
 [3] Yu C H, Hagemann G B, Espino J M, *et al.* Nucl Phys, 1990, **A511**: 157.
 [4] Bark R A, Espino J M, *et al.* Phys Lett, 1997, **B406**: 193.
 [5] Espino J M, Hagemann G B, Bearden I G, *et al.* Nucl Phys, 1998, **A640**: 163.
 [6] Reviol W, Riedinger L L, *et al.* Phys Rev, 1999, **C59**: 1351.
 [7] Bark R A, Carlsson H, *et al.* Nucl Phys, 1998, **A630**: 603.
 [8] Frauendorf S, Riedinger L L, Garrett J D, *et al.* Nucl Phys, 1984, **A431**: 511.

算中所用的 harris 参数是对各个带分别拟合得出的, 计算结果见表 1(均为在 $\hbar\omega=0.2$ MeV 的值).

3 结果与讨论

在计算时发现, 对于不同的带所得出的 i_{AB} 是不同的, 在某些时候相差还比较大, 如对 ^{174}Ta 计算时得出的 i_{AB} 对于 $h_{11/2}$ 和 $h_{9/2}$ 带来讲分别为 8 和 5 \hbar . 这种差异可能是由于 $h_{11/2}$ 和 $h_{9/2}$ 带的形变和对能隙不同所导致的, 在最后计算时取它们的平均值 6.5 \hbar . 从表 1 可看出, V_{pn} 对 $1/2^-$ [541] 带的带交叉频率相对相邻偶偶核延迟的影响约占总的带交叉频率偏差的一半左右, 对 ^{173}Ta 要稍小些. 采用同一种参数对 ^{173}Hf , ^{173}Ta 和 ^{174}Ta 算出的 $\delta\hbar\omega$ (gAB) 约为 42 keV 左右, 接近整个带交叉频率的延迟. 通过对以上结果的分析, 可以看出 p-n 相互作用在 AB 带交叉频率的偏离中起到非常重要的作用, 正是形变、对相互作用和剩余 p-n 相互作用三者相结合导致了 $1/2^-$ [541] 带的整个带交叉频率的偏离.

Effect of Residual p-n Interaction on Crossing Frequency Delay of $1/2^-$ [541] Band*

ZHAO Guang-yi, LIU Yun-zuo

(Department of Physics, Jilin University, Changchun 130023, China)

Abstract: We estimated the effect of residual p-n interaction on the crossing frequency delay of the $1/2^-$ [541] band of four odd- Z nuclei through the empirical method. The result shows that about half of the shift in crossing frequency in the $1/2^-$ [541] band is the effect of residual p-n interaction. The residual p-n interaction plays a very important role in the crossing frequency delay of the $1/2^-$ [541] band.

Key words: residual p-n interaction; crossing frequency; delay

* Foundation item: Major State Basic Research Development Program(G2000077405); Young Teacher Foundation of Jilin University