

文章编号: 1007-4627(2004)04-0349-03

^{164}Lu 的三轴超形变核态的理论计算*

于少英^{1,2,3}, 王小明^{1,2}

(1 湖州师范学院理学院, 浙江 湖州 313000;

2 内蒙古民族大学物理与机电学院, 内蒙古 通辽 028043;

3 中国科学院理论物理研究所, 北京 100080)

摘要: 用三维 TRS(total routhian surface) 自洽理论对奇奇核 ^{164}Lu 的位能面进行了计算, 计算结果与实验上得到的 $\epsilon_2=0.38$ 基本一致, 从而从理论上确认了 ^{164}Lu 是三轴超形变核, 并且指出了存在三轴超形变带的两个组态.

关键词: TRS 方法; 位能面; 三轴超形变

中图分类号: O571 **文献标识码:** A

1 引言

高自旋核态、超形变核态是极端条件下的核结构研究的重要内容, 是新世纪核物理研究的前沿领域, 三轴不对称核的研究是前沿领域的热点问题之一, 特别是最近实验上不断发现新的三轴不对称的超形变核态. 三轴超形变已引起人们很大的兴趣, 最近人们在实验上观察到了 ^{164}Lu 的 8 条三轴超形变带^[1, 2]. 本文用三维 TRS 理论对实验上观察到的 ^{164}Lu 的对应 $\pi i_{13/2} \otimes \nu i_{13/2} (+, 1)$ 和 $\pi i_{13/2} \otimes \nu h_{9/2} (-, 0)$ 进行了位能面的计算, 计算结果和实验上得到的 $\epsilon_2 \approx 0.38$ 基本一致, 并指定存在三轴超形变带的两个组态是 $(\pi[660]1/2, \alpha=1/2) \otimes (\nu[642]5/2, \alpha=1/2)$, $(\pi[660]1/2, \alpha=1/2) \otimes (\nu[521]3/2, \alpha=-1/2)$.

2 理论模型

在势场被推转绕 x 轴转动的情况下, 在势场中运动的准粒子的哈密顿量可以表示为

$$H^{\omega} = H_{sp}(\epsilon_2, \epsilon_4, \gamma) - \lambda N + \Delta(P + P^+) - \omega J_x, \quad (1)$$

在这里 $H_{sp}(\epsilon_2, \epsilon_4, \gamma)$ 为粒子在静止势场中的哈密顿量, λ 是化学势, 第三项是对力项, 第四项为科里奥利力项. 在我们的计算中所用的质子和中子的对

能隙参数通过质子和中子的奇偶质量差来计算. 考虑到对效应随 ω 的增加而减弱, 在实际计算中我们引入了一个 0.8—0.9 的减弱因子, 在本文中选取 0.9 减弱因子, 对 ^{164}Lu 求得 $\Delta_p = 0.1198 \hbar\omega_0$, $\Delta_n = 0.1021 \hbar\omega_0$, 计算中使用的修正谐振子势参数 κ 和 μ 取自文献[3]. 需要指出的是, 通过选取不同的合理参数进行检验. 计算表明, 三轴超形变的存在对于对能隙参数的 κ 和 μ 的选取不是很敏感.

这样对于在转动坐标系中对应给定组态的总能量就可以表示为

$$E(\epsilon_2, \gamma, \omega) = E_{LD}(\epsilon_2, \gamma) + E_{corr}(\epsilon_2, \gamma, \omega = 0) + E_{rot}(\epsilon_2, \gamma) + \sum_{i \in cf} e_i^{\omega}(\epsilon_2, \gamma), \quad (2)$$

其中, E_{LD} 是液滴部分的能量, E_{corr} 为壳效应^[5] 和对效应^[6] 对液滴模型的修正, E_{rot} 为集体转动能, 可以通过用准粒子真空态波函数来计算 H^{ω} 在有转动和无转动时的能量之差来确定^[7], 最后一项为属于该组态的所有准粒子能量之和. (2) 式的所有项都与 Z , N 和 ϵ_4 有关, 这里没有明显写出.

通过对总能量求极小值的方法, 就可以确定原子核的平衡形变. 我们将四极形变 ϵ_2 、十六极形变 ϵ_4 和三轴形变 γ 均可作为可变参量进行自洽计算. 计算中, 先计算出每点 $(\epsilon_2, \gamma, \epsilon_4)$ 的位能 E , 然后再对 ϵ_4 求极小, 得到 $E(\epsilon_2, \gamma)$ 和 $\epsilon_4(\epsilon_2, \gamma)$ 两个曲

收稿日期: 2004 - 08 - 16

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10147205)

作者简介: 于少英(1950—), 女(汉族), 内蒙古通辽市人, 教授, 从事原子核结构理论研究; E-mail: ysy@hutc.zj.cn

面. 由前一个曲面的局部极小可以确定出 $\epsilon_{2\min}$ 和 γ_{\min} , 然后再确定出对应的 $\epsilon_{4\min}$. 这样, 该原子核的可能的形变即为 $\epsilon_{2\min}$, γ_{\min} 和 $\epsilon_{4\min}$, 从而就确定了原子核的平衡形变.

3 结果和讨论

我们用 TRS 理论对实验上给出的 $^{164}\text{Lu } \pi i_{13/2} \otimes \nu i_{13/2} (+, 1)$ 和 $\pi i_{13/2} \otimes \nu h_{9/2} (-, 0)$ 这两个组态下的位能面进行了计算, 通过 TRS 方法的计算指定了存在三轴超形变的具体两个组态是 $(\pi[660]1/2, \alpha=1/2) \otimes (\nu[642]5/2, \alpha=1/2)$, $(\pi[660]1/2, \alpha=1/2) \otimes (\nu[521]3/2, \alpha=-1/2)$. 对于这个奇奇核, 我们分别计算了核实部分的能量和单粒子在同一推转频率下的准粒子能量, 然后将二者相加得到原子核体系的总能量. 计算的转动频率为 $\omega=0.02 \hbar\omega_0$, 在这里 $\omega_0=41 \sqrt{A}$ MeV. 选取这个 ω 值做位能面的计算, 可以保证不会有带回弯发生, 从而确保位能面是对应于给定的二维准粒子组态. 图 1 为 ^{164}Lu

的位能面等势图. 从图中可以看出该曲面分别存在能量极小点 A 和 B. 由图(a)可以确定出 A 点的形变值 $\gamma \approx 19^\circ$, 四极形变 $\epsilon_2 \approx 0.38$, 对应的 $\epsilon_4 = 0.050$. 由图(b)可以确定出 B 点的形变值为 $\gamma \approx 18.5^\circ$, 四极形变的值为 0.38, 对应的 $\epsilon_4 = 0.48$. 这两个结果与实验上得到的 $\epsilon_2 = 0.38$ 基本一致^[1,2]. 可见, A 点和 B 点实际上分别代表了一个三轴超形变, 它具有很大的拉长形变, 同时又具有很大的三轴不对称性, 即 γ 接近 19° . 因此通过用 TRS 方法计算说明 ^{164}Lu 中确实存在三轴超形带. 通过更仔细的计算发现引起它们发生三轴超形变的主要因素是原子核的壳效应, 这些在另一篇文章中讨论. 我们通过理论计算进一步证实了实验上观察到的 ^{164}Lu 存在的三轴超形变带, 并且指出了它的具体组态为 $(\pi[660]1/2, \alpha=1/2) \otimes (\nu[642]5/2, \alpha=1/2)$ 和 $(\pi[660]1/2, \alpha=1/2) \otimes (\nu[521]3/2, \alpha=-1/2)$, 组态的给出为进一步研究超形变核态和三轴超形变核态奠定了基础.

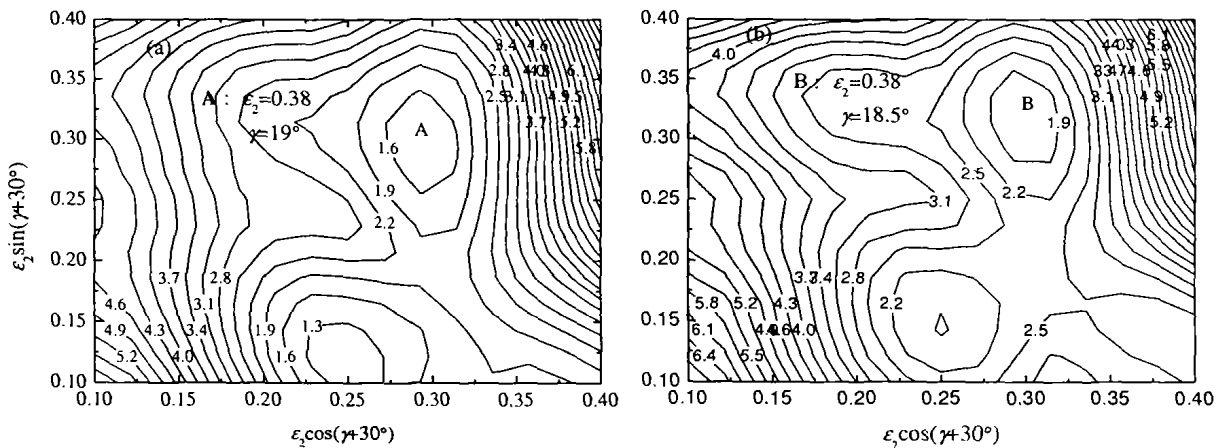


图 1 ^{164}Lu 的(a) $(\pi[660]1/2, \alpha=1/2) \otimes (\nu[642]5/2, \alpha=1/2)$ 和(b) $(\pi[660]1/2, \alpha=1/2) \otimes (\nu[521]3/2, \alpha=-1/2)$ 位能面

这样我们就计算出了 ^{164}Lu 核的 $(\pi[660]1/2, \alpha=1/2) \otimes (\nu[642]5/2, \alpha=1/2)$ 和 $(\pi[660]1/2, \alpha=1/2) \otimes (\nu[521]3/2, \alpha=-1/2)$ 两个组态的三轴超

形变带. 对应的结果分别是 $\epsilon_2 = 0.38$, $\epsilon_4 = 0.050$, $\gamma \approx 19^\circ$, $\epsilon_2 = 0.38$, $\epsilon_4 = 0.48$, $\gamma \approx 18.5^\circ$. 与实验上得到的 $\epsilon_2 = 0.38$ 基本一致.

参 考 文 献:

[1] Törmänen S S, Φdegaard S W, Hagemann G B, et al. Phys Lett, 1999, B454: 8.
 [2] Schönwäßer G, Hübel H, Hagemann G B, et al. Eur Phys J, 2002, A15: 435.
 [3] Bengtsson T, Ragnarsson I. Nucl Phys, 1985, A436: 14.
 [4] Wapstra A H, Audi G. Nucl Phys, 1985, A432: 1.
 [5] Myers W D, Siatecki W. Ark Fys, 1967, 361: 343.
 [6] Strutinsky V M. Nucl Phys, A122: 1.
 [7] Wyss R, Nyberg J, Johnson A, et al. Phys Lett, 1988, B215: 211.

参 考 文 献:

- [1] Frauendorf S, Meng J. Nucl Phys, 1997, **A617**: 131.
 [2] Peng J, Meng J, Zhang S Q. Phys Rev, 2003, **C68**: 044324.
 [3] 张双全, 彭 婧, 孟 杰. 高能物理与核物理, 2004, **28**(2): 161.
 [4] Bohr A, Mottelson B R. Nuclear Structure. New York: Benjamin, 1975, **2**.
 [5] Frauendorf S, Meng J. Z Phys, 1996, **A365**: 263.
 [6] Starosta K, Koike K, Chiara C J, *et al.* Phys Rev Lett, 2001, **86**: 9.

Description of Chiral Doublets in $A \approx 100$ and 130 Nuclei*PENG Jing^{1,2}, MENG Jie^{1,2,3}, ZHANG Shang-quan^{1,2}(1 *Center of Theoretical Nuclear Physics, National Laboratory of Heavy Ion Accelerator of Lanzhou, Lanzhou 730000, China;*2 *School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China;*3 *Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China*)

Abstract: The Chiral doublets for nuclei in $A \approx 100$ and 130 regions have been studied with the particle-rotor model. The experimental spectra of chiral partner bands for four $N=75$ isotones in $A \approx$ region have been well reproduced by the calculation with the configuration $\pi h_{11/2} \otimes \nu h_{11/2}^{-1}$. The possible chiral doublets in $A \approx 100$ region have been predicted by the particle-rotor model (PRM) with the configuration $\pi g_{9/2} \otimes \nu g_{9/2}^{-1}$ based on the analysis of the $B(M1)$ and $B(E2)$ transition probabilities.

Key words: chiral doublets band; particle-rotor model; configuration; transition probability

(上接第 350 页)

Theoretical Study of Superdeformed Triaxial States in $^{164}\text{Lu}^{**}$ YU Shao-ying^{1,2,3}, WANG Xiao-ming^{1,2}(1 *College of Science, Huzhou Normal College, Huzhou 313000, Zhejiang, China;*2 *College of Physics and Electromechanics, Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao 028043, Inner Mongolia, China;*3 *Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China*)

Abstract: Total routhian surface in ^{164}Lu nuclei is calculated according to the three dimensional Total Routhian Surface (TRS) theory. The result of the calculation is in agreement with the experiment. At the same time, two TSD bands could be assigned to the configuration $(\pi[660]1/2, \alpha=1/2) \otimes (\nu[642]5/2, \alpha=1/2)$, $(\pi[660]1/2, \alpha=1/2) \otimes (\nu[521]3/2, \alpha=-1/2)$.

Key words: total routhian surface theory; triaxial superdeformation; routhian surface

* **Foundation item:** Major State Basic Research Development Program(G2000077407); National Natural Science Foundation of China (10025522, 10221003, 10047001)

** **Foundation item:** National Natural Science Foundation of China (10147205)