

179,183 Au核1/2[660]转动带结构研究*

宋立涛^{1,2;1)} 周小红¹ 张玉虎¹ 郭应祥¹ 孙志宇¹

1 (中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

2 (中国科学院研究生院 北京 100049)

摘要 通过重离子核反应 $^{149}\text{Sm}(^{35}\text{Cl}, 5n)^{179}\text{Au}$ 和 $^{159}\text{Tb}(^{29}\text{Si}, 5n)^{183}\text{Au}$ 研究了 $^{179,183}\text{Au}$ 的高自旋态. 首次建立了 ^{179}Au 的 $1/2[660](\pi i_{13/2})$ 转动带和 ^{183}Au 的 $\pi i_{13/2}$ 转动带的能量非优先带. 结合已有的实验数据, 讨论了奇 A Au 核中 $1/2[660](\pi i_{13/2})$ 转动带的形变随中子数的变化.

关键词 高自旋态 转动带 能级纲图

1 引言

在Pt-Au-Hg核区, 由于质子数靠近 $Z=82$ 的幻数, 原子核的能级结构表现出普遍的形状共存现象. 研究表明, 此核区核实外部的准粒子激发对核的形状影响很大, 重要的形状驱动轨道来自于 $\pi h_{9/2}$ 和 $\pi i_{13/2}$ 质子支壳^[1-4]. 奇 A Au核的高自旋态已经得到广泛研究, 为研究转动带结构随中子数变化提供了重要的实验数据. $A > 187$ 的奇 A Au核的低位能级结构呈现典型的单粒子激发特征, 但随激发能和角动量的增加实验上观测到了集体运动的转动带结构^[5-9]. 在 $179 < A < 189$ 较轻的奇 A Au核中, 长椭球形状和扁椭球形状的转动带结构共存, 实验上系统性地观测到了基于侵入组态 $1/2[541](\pi h_{9/2})$ 和 $1/2[660](\pi i_{13/2})$ 的退耦合带^[4,10,11]. 在非常缺中子的 ^{177}Au 和 ^{175}Au 核中, 随激发能或角动量的增加, 核形状逐渐由扁椭球演变为长椭球, 观测到了布居很强的 $1/2[660](\pi i_{13/2})$ 的退耦合带^[11]. 本工作的目的是寻找 ^{179}Au 核中 $1/2[541](\pi h_{9/2})$ 和 $1/2[660](\pi i_{13/2})$ 退耦合带, 并研究这些转动带结构随中子数的变化关系. ^{183}Au 的实验数据来自本实验小组对 ^{184}Au 的实验研究的副产物分析; 由于数据的统计量和质量都很高, 使能够更新 ^{183}Au 已有的能级纲图.

2 实验

^{179}Au 的实验是在日本原子力研究所(JAERI)串列加速器实验室完成的. 详细的实验细节见文献[12].

^{183}Au 的实验在意大利LNL-INFN串列静电加速器实验室完成. 用加速器提供的 ^{29}Si 束流轰击 ^{159}Tb 金属靶, 产生处于高自旋态的 ^{183}Au 核. 靶的质量厚度为 $2\text{mg}/\text{cm}^2$, 并衬有约 $5\text{mg}/\text{cm}^2$ 厚的Au衬. 用40个带有BGO反康普顿抑制的高纯锗探测器和80个BGO探测单元构成的探测器阵列GASP进行了在束 γ 测量. 本实验在140MeV的束流能量下进行了 γ 射线符合测量. 实验中要求至少有3个高纯锗和2个BGO探测器同时点火. 在此符合条件下, 记录高纯锗探测器探测到的 γ 射线的能量和相对时间, BGO探测到的 γ 射线总能量和多重性. 实验中共获取了大约 250×10^6 个符合事件. 在离线数据处理时, 将高纯锗探测器记录到的 γ 射线的能量信息反演成2维和3维对称化矩阵及DCO矩阵, 用于分析 γ 射线的符合关系和跃迁多极性.

3 结果与讨论

本工作之前, ^{179}Au 的高自旋谱学信息是空白的. 利用与Au的特征KX射线的符合关系及奇质量数Au核能级结构的系统性, 并结合激发函数的分析指定了 ^{179}Au 的 γ 射线. 图1给出了束流能量分别为164和180MeV时符合矩阵的部分总投影谱. 由图中可以看到145.0和261.5keV跃迁的相对产额与来自 ^{179}Pt (来自 $^{149}\text{Sm}(^{35}\text{Cl}, 1p4n)^{179}\text{Pt}$ 反应) 和 ^{176}Os (来自 $^{149}\text{Sm}(^{35}\text{Cl}, \alpha 1p3n)^{176}\text{Os}$ 反应) 的 γ 跃迁具有相似的变化趋势. 这表明145.0和261.5keV跃迁应来

* 国家自然科学基金(10005012,10025525)和国家重点基础研究发展规划项目(G2000077400)资助

1) E-mail: songlt12@yahoo.com.cn, songlt@impcas.ac.cn

自于蒸发5个粒子的反应道. 利用这两条射线的开窗谱, 结合与Au的特征KX射线的符合关系, 经过对 γ 射线之间符合关系的仔细分析及考虑到强度平衡, 建议了图2所示的能级纲图.

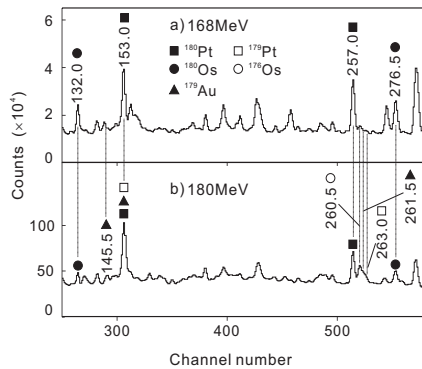


图 1 束流能量为168和180MeV时的部分总投影谱

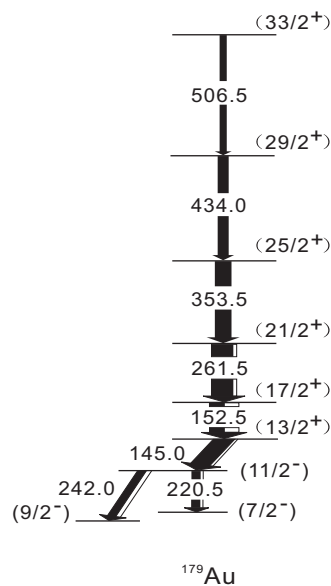


图 2 ^{179}Au 的能级纲图

基于强度平衡和奇 A Au核能级结构的系统性建议了 ^{179}Au 相关 γ 跃迁的多极性. 在353.5keV γ 射线的开窗谱中, 152.5和261.5keV跃迁的强度应一样. 根据奇质量数Au核能级结构的系统性分析, 假定能量较高的261.5keV跃迁为E2跃迁, 其内转换系数的理论值约为0.157, 这样由强度平衡可得到152.5keV跃迁的内转换系数约为0.9. 不同极性的152.5keV跃迁的内转换系数的理论值分别为: 0.143(E1), 0.99(E2), 2.24(M1). 因此, 建议152.5keV跃迁应为E2跃迁. 同样的分析建议145.0keV跃迁为E1跃迁. 比较 ^{185}Au , ^{183}Au , ^{181}Au 和 ^{179}Au 的能级纲图^[4,10], 可以看到本工作建立的 ^{179}Au 的转动带及其带头的退激模式与 ^{185}Au , ^{183}Au , ^{181}Au 中 $\pi i_{13/2}$ 转动带的系统性符

合得非常好. 基于以上考虑, 我们建议了能级纲图中能级的自旋与宇称值.

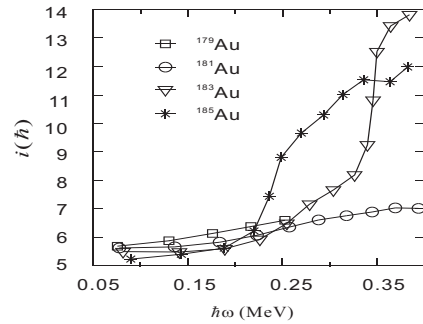


图 3 $^{185,183,181,179}\text{Au}$ 中 $\pi i_{13/2}$ 转动带的角动量顺排

图3比较了 $^{185,183,181,179}\text{Au}$ 中 $\pi i_{13/2}$ 转动带的角动量顺排. 计算中所用Harris参数为 $J_0 = 29.4\hbar^2/\text{MeV}$, $J_1 = 121\hbar^4/\text{MeV}^3$ ^[4]. 由图中可以看出, 新发现的转动带的角动量顺排和 $^{185,183,181}\text{Au}$ 的 $\pi i_{13/2}$ 转动带的角动量顺排系统性符合得很好. 外推到 $\hbar\epsilon = 0$ 时, 这条转动带的角动量顺排约为 $5.5\hbar$. 接近 ^{179}Au 的质子费米面并且能提供如此大角动量顺排的唯一轨道是 $1/2[660](\pi i_{13/2})$, 这有力地支持对这条转动带组态的指定.

本工作之前, W. F. Mueller等人对 ^{183}Au 的高自旋态已经进行过详细的研究和讨论^[4]. 新发现了12条 γ 射线和7个能级, 建立了一个新的转动带. 图4是本工作建议的能级纲图. 除了新发现的转动带(Band 5), 纲图中最大的不同发生在Band 2. 我们没有看到552,590和625keV 3条 γ 射线^[4], 但发现了能量为573.4,624.5和646.4keV的3条新 γ 跃迁.

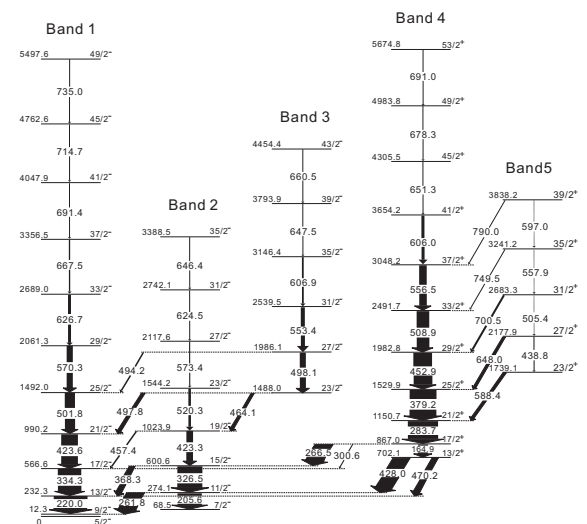


图 4 ^{183}Au 的能级纲图

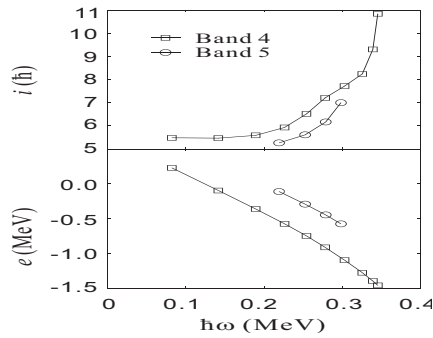


图5 ^{184}Au 中Band 4和Band 5的准粒子角动量顺排和Routhian

Band 5能级自旋的指定主要基于DCO比率. 实验数据提取的DCO比率表明588.4和648.0keV两条 γ 跃迁倾向于偶极跃迁, 由此我们建议Band 5中1739.1和2177.9keV两条能级的自旋值分别为23/2和27/2; 更高位能级的自旋值根据Band 5是一退耦合带的假定而建议. 图5比较了 ^{183}Au 中Band 4和Band 5的角动量顺排和Routhian的实验值. 从顺排图中可以看出Band 5和Band 4相比, 在实验

观测到的转动频率范围内顺排值恰好相差约 $1\hbar$. Band 4被指定为 $\pi i_{13/2}$ 转动带的能量优先带. 因此建议Band 5为 $\pi i_{13/2}$ 转动带的能量非优先带. 进一步考察Routhian图, Band 4和Band 5的能量劈裂在500keV左右, 和 ^{181}Au 中 $\pi i_{13/2}$ 转动带的能量劈裂值(约500keV)相近. 支持对Band 5组态的指定.

比较奇A Au核1/2[660] ($\pi i_{13/2}$) 转动带相应能级间的能级间隔^[4,10,11], 可以看到能级间隔在 ^{177}Au 和 ^{179}Au 中变的最小. 这表明1/2[660] ($\pi i_{13/2}$) 转动带在 ^{177}Au 和 ^{179}Au 中有最大的形变. F. G. Kondev等人在文献^[11]中对奇A Au核的1/2[660] ($\pi i_{13/2}$) 转动带进行了VMI(variable moment of inertia)拟合, 并由拟合结果结合经验公式计算了转动带的形变. 所得到的结果和TRS(total Routhian surface)预言矛盾, TRS预言最大形变出现在质子闭壳的中部. Kondev等人认为由于核的形变在中子数为98的地方出现了一个子壳隙, 子壳隙的出现加强了低 $\Omega i_{13/2}$ 中子轨道和低 $\Omega h_{9/2}$ 质子轨道的布居几率. 这个子壳隙可以从Nilsson能级图中看到. 这一观点可定性的对实验结果进行解释.

参考文献(References)

- 1 Heyde K et al. Phys. Reports., 1983, **102**: 291
- 2 Wood J L et al. Phys. Reports., 1992, **215**: 101
- 3 Lane G J et al. Nucl. Phys., 1995, **A586**: 316
- 4 Mueller W F et al. Phys. Rev., 1999, **C59**: 2009
- 5 Gono Y, Lieder R M et al. Nucl. Phys., 1979, **A327**: 269
- 6 Zganjar E F et al. Phys. Lett., 1975, **B58**: 159
- 7 Gono Y et al. Phys. Lett., 1977, **B70**: 159
- 8 Venkova Ts et al. Z. Phys., 1992, **A344**: 232
- 9 Perrin N et al. Z. Phys., 1993, **A347**: 81
- 10 Larabee A J et al. Phys. Lett., 1986, **B169**: 21
- 11 Kondev F G et al. Phys. Lett., 2001, **B512**: 268
- 12 SONG Li-Tao et al. HEP & NP, 2004, **28**(2): 148 (in Chinese)

(宋立涛等. 高能物理与核物理, 2004, **28**(2): 148)

Study of the 1/2[660] Rotational Band in $^{179,183}\text{Au}$ *

SONG Li-Tao^{1,2;1)} ZHOU Xiao-Hong¹ ZHANG Yu-Hu¹ GUO Ying-Xiang¹ SUN Zhi-Yu¹

1 (Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

2 (Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract High-spin states in $^{179,183}\text{Au}$ have been studied experimentally using the $^{149}\text{Sm} (^{35}\text{Cl}, 5n)$ ^{179}Au and $^{159}\text{Tb} (^{29}\text{Si}, 5n)$ ^{183}Au heavy-ion reactions, respectively. The 1/2[660] ($\pi i_{13/2}$) rotational band has been established for the first time in ^{179}Au . A rotational band proposed as the unfavored signature branch of the $\pi i_{13/2}$ band has been newly observed in ^{183}Au . Properties of the 1/2[660] ($\pi i_{13/2}$) band in odd- A Au nuclei are discussed with an emphasis on the evolution of deformation while changing the neutron number.

Key words high spin state, rotational band, level scheme

* Supported by NSFC(10005012, 10025525) and Major State Basic Research Development Program(G2000077400)

1) E-mail: songlt12@yahoo.com.cn or songlt@impcas.ac.cn