

用重离子反应研究 ^{124}Cs 的激发态*

孙相富 余坚芳 郭应祥 雷祥国 罗亦孝 王积成 徐晓冀

(中国科学院近代物理研究所,兰州 730000)

温书贤 翁培焜 李生岗 杨春祥

(中国原子能科学研究院,北京 102413)

摘 要

用 $^{109}\text{Ag}(^{19}\text{F}, p3n)$ 熔合蒸发反应和在束 γ 测量技术研究了 ^{124}Cs 核的激发态。观测到了 ^{124}Cs 核的高自旋态能带结构及其向基态的跃迁,在此基础上建立了 ^{124}Cs 核的能级纲图。

通过对从在线质量分离出的 ^{124m}Cs 和 ^{124}Ba 蜕变性质的研究^[1,2],大量的 ^{124}Cs 低自旋能级的能量、自旋和宇称以及两个同质异能态已被确定。最近,两个实验室同时发表了各自用在束 γ 实验测量 ^{124}Cs 高自旋态的结果^[3,4]。他们都观测到了一个布局强,有明显 Signature 分裂和一个布局较弱,几乎没有 Signature 分裂的带;并认定前者组态为 $[\pi h_{11/2}, \nu h_{11/2}]$, 而后者为 $[\pi h_{11/2}, \nu d_{5/2}]$ 。但他们均没能看到高自旋态是如何向基态跃迁的,因而这些高自旋态能级能量和自旋均属待定或推测。本实验观测到了 ^{124}Cs 的高自旋带结构及其与基态之间的跃迁关系,从而确定了各能级的能量和自旋。

实验是在北京原子能研究院 HI-13 串级加速器上进行的。使用的是 ^{19}F 束流和高丰度(>99.4%)的 ^{109}Ag 靶产生的 $^{109}\text{Ag}(^{19}\text{F}, p3n)$ 反应。五个 BGO 康普顿抑制 H_pGe 探测器和一个平面形 Ge 探测器用于测量从反应余核辐射出的 γ 射线。 γ - γ 符合和角分布测量是在 75 MeV 束流能量下进行的。归一后的能量精度 $\leq 0.5\text{keV}$ 。

图 1(a)示出的是与已知的 124 keV $M1$ 跃迁^[3,4]符合的 γ 谱。它除了有与 124 keV 跃迁符合的诸多已知跃迁,如 71.1、311.8、219.8、397.5、531.6 keV 等之外,还有 79.6、156.9、158.8、188.9、211.6、252.4 keV 等强峰。[这些峰在用 311.8、219.8、531.6 keV 等峰开窗的符合谱中,也都同样存在。而在用 252.4 keV 峰开窗的图 1(b)中,则没有 79.6、156.9、158.8 和 211.6 keV 等峰。图 1(c)是与 188.9 keV 峰符合的 γ 谱,其中 156.9、158.8 和 252.4 keV 峰很强,但是没有 211.6 keV 峰。图 1(d)示出的是用 211.6 keV 开窗的符合谱,其中最引人注目的有 3 点:有已知的 124、311.8、531.6 keV 等级联跃迁;完全没有 156.9、188.9、252.4 keV 峰,但有 158.8 和 229.7 keV 峰;有很强的 150.9 和 167.3 keV 跃迁和其它已知的属于 $[\pi h_{11/2}, \nu d_{5/2}]$ 组态的跃迁^[3]。这里有两点需特别指出。一是在 75 MeV 束流能量下,经 $4n$ 反应道生成 ^{124}Ba 与经 $p3n$ 反应道生成 ^{124}Cs 的截面一样大;

本文 1991 年 4 月 3 日收到。

* 国家自然科学基金项目。

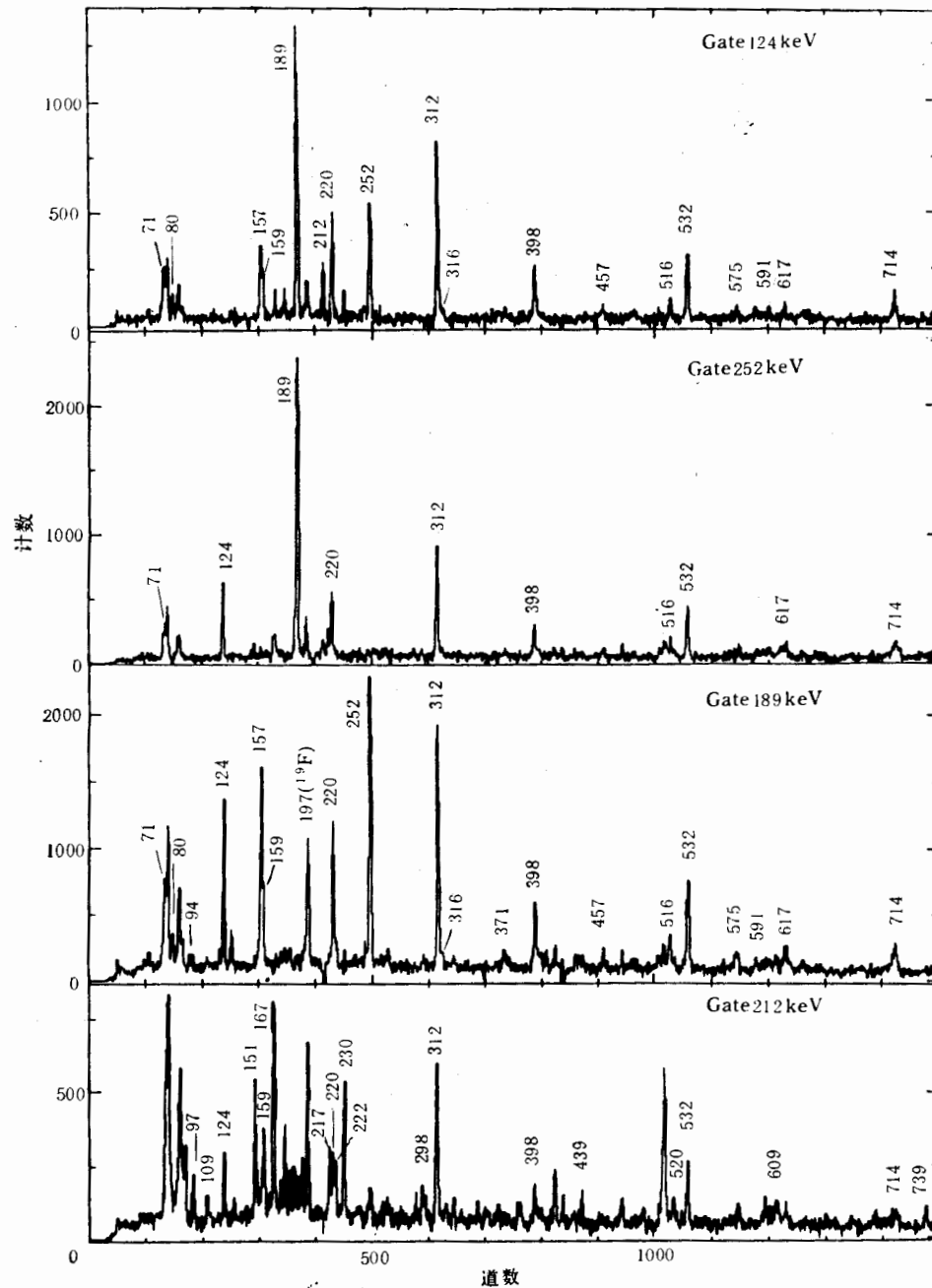


图 1 测量的部分 γ - γ 符合谱, 相应的本底符合谱已扣除

^{121}Ba 将以 12 分钟半寿命衰变到 ^{124}Cs 激发态, 因而会产生如文献[2]观测到的符合谱。但正如图 1(c)、(d) 所示, 这种由衰变产生的符合峰强度比直接来自反应余核 ^{124}Cs 的符合峰弱得多, 因此比较容易区分。二是 ^{124}Ba 的 2^+ 态能量为 229.6 keV, 向 0^+ 态跃迁非常强。在做拉门谱时, 它经常会因为本底谱扣除偏低而作为一个峰与 421 keV 等其它 ^{124}Ba 的强峰按一定强度比例同时出现。而在图 1(d) 中, 只有很强的 229.7 keV 峰, 因此

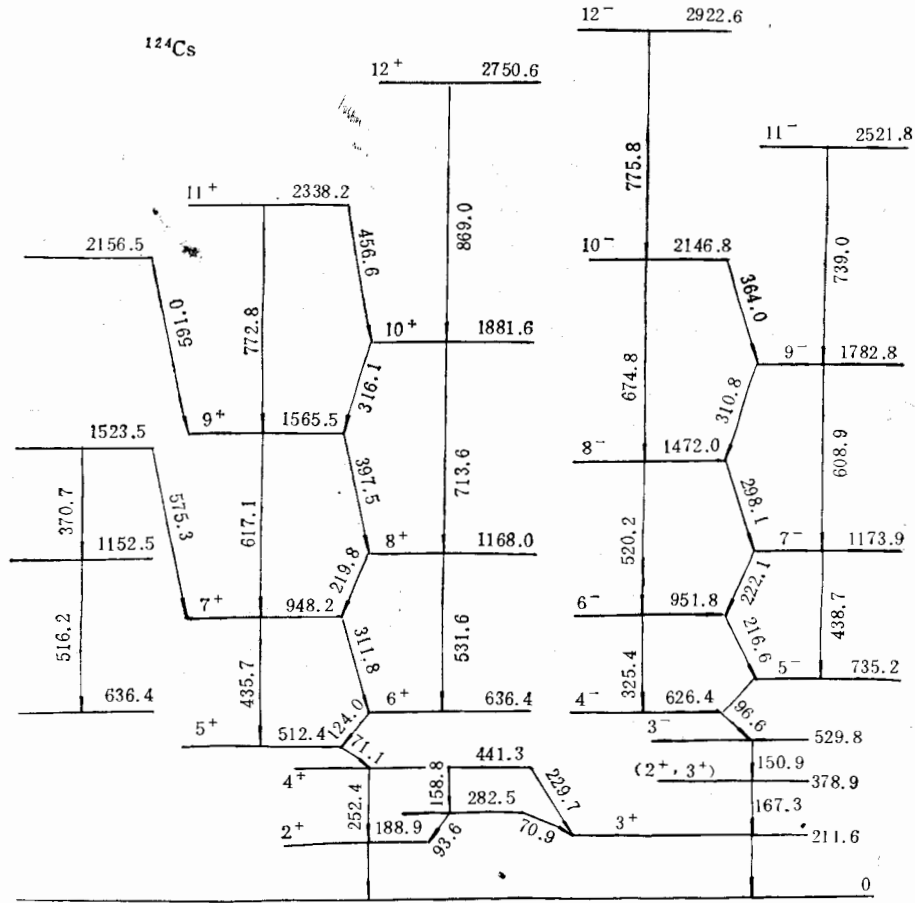


图2 从 $^{109}\text{Ag}(^{19}\text{F}, p3n)$ 反应测量得到的 ^{124}Cs 能级图

它是属于 ^{124}Cs 的跃迁。综合本实验新得到的上述知识和文献[2]对 ^{124}Cs 低位能级的知识,我们建议的 ^{124}Cs 核能级结构如图2。

指定 441.3 keV 能级为 4^+ , 是因为对 252.4 keV 跃迁角分布的测量结果 ($A_2 = 0.321, A_4 = -0.166$) 和 χ^2 的分析表明(见图3)它是个纯 $E2$ 跃迁;而 188.9 keV 能级为 2^+ 是已确定的^[2]。这个 4^+ 作为 $\pi[550]1/2 \otimes \nu[523]7/2$ 组态带头是很合理的。文献[3]把 189 keV 跃迁当作这个带的成员,而我们的观测表明,它既不像其它成员那样可以与 211.6 keV 跃迁相符合,又不是互相符合的双重线,所以它只能是已知的从 2^+ 向基态 1^+ 的那条跃迁。156.9 和 79.6 keV 是级联跃迁,且与 71.1 keV 峰符合,所以它们位于 441.3 与 188.9 keV 能级之间;而另一个可能有很高内转换系数的 16 keV 级联跃迁未被测到。所以这两个跃迁在能级图中无法放置。而 158.8 和 229.7 keV 正好是从 441.3 keV 能级向已知的 282.5 和 211.6 keV 能级的跃迁。由于 150.9, 167.3 和 211.6 keV 三峰相互强烈符合,且又都与文献[3,4]中的 $\pi[550]1/2 \otimes \nu[402]5/2$ 带各跃迁符合,所以把 529.8 keV 能级指定为 3^- , 作为这个带的带头。150.9 和 167.3 keV 跃迁均很强,其顺序难以直接确定。若把 150.9 keV 直接放在 211.6 keV 能级之上,则形成的 362.5 keV 能级应有很强的 120 keV 分支跃迁^[2], 与实验观测相抵触,所以把 167.3 keV 跃迁放在了

150.9keV 跃迁的下边, 所形成的 378.9keV 能级可能指定是 2^+ 或 3^+ .

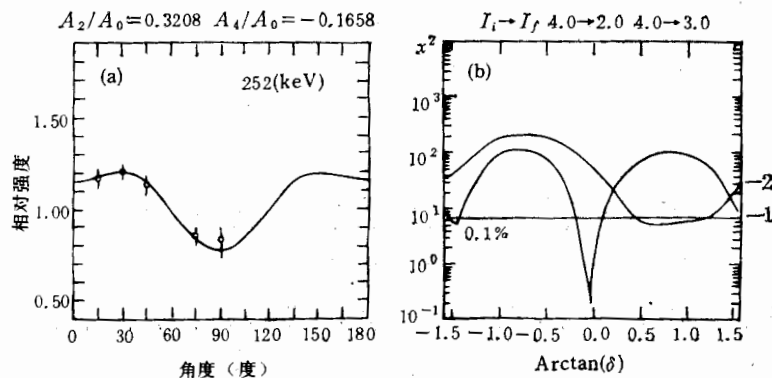


图 3 (a) 252keV γ 线的角分布 (b) 假定自旋 $I_i \rightarrow I_f$ 为 $4 \rightarrow 2$ (曲线 1) 和 $4 \rightarrow 3$ (曲线 2) 时的 x^2 与 $\text{Arctan}(\delta)$ 关系, δ 为混合比

总之, 本实验观测到了关键的 252.4、167.3keV 等连接 ^{124}Cs 高自旋态向已知低位能级和基态的跃迁, 从而确立了 ^{124}Cs 的能级图。

参 考 文 献

- [1] B. Weiss et al., *Z. Phys.*, **A313**(1983), 173.
- [2] B. Weiss et al., *Z. Phys.*, **A323**(1986), 227.
- [3] A. Gizon et al., *Z. Phys.*, **A335**(1990), 115.
- [4] T. Komatsubara et al., *Z. Phys.*, **A335**(1990), 113.

Study on the Excited States of ^{124}Cs by Heavy Ion Reaction

SUN XIANGFU YU JIANFANG GUO YINGXIANG LEI XIANGGUO LUO YIXIAO

WANG JICHENG XU XIAOJI

(Institute of Modern Physics, Academia Sinica, Lanzhou 730000)

WEN SHUXIAN WENG PEIKUN LI SHENGGANG YANG CHUNXIANG

(Institute of Atomic Energy, Beijing 102413)

ABSTRACT

Excited states of ^{124}Cs have been studied by means of in beam γ -ray technique via the reaction $^{109}\text{Ag}(^{19}\text{F}, p3n)$. Based on the observation of the high spin bands and their decay to the ground state, a level scheme of ^{124}Cs has been established.