

## $^{121}\text{Cs}$ 新能级的观测\*

孙相富 王积成 郭应祥 雷祥国 罗亦孝 余坚芳 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

通过  $^{112}\text{Sn}(^{12}\text{C}, p2n)$  反应产生了处于高激发能高角动量态的  $^{121}\text{Cs}$  核。用在束  $\gamma$  技术对其退激  $\gamma$  进行了测量和研究。在  $\pi h_{11/2}$ ,  $\Delta J = 2$  和  $\pi g_{9/2}$ ,  $\Delta J = 1$  带上各观测到了两个新的能级。

奇  $A$  Cs ( $Z = 55$ ) 核激发态的系统研究<sup>[1]</sup>表明, 它们有很明显的集体运动特征。因此, 它们高自旋态的研究可对认识  $A \sim 130$  过渡区核复杂的能级结构特性提供有用信息。本文报道对  $^{121}\text{Cs}$  高自旋态的实验测量和结果。

在北京原子能研究院 HI-13 串级加速器上, 用  $^{112}\text{Sn}(^{12}\text{C}, p2n)$  反应布局了  $^{121}\text{Cs}$  的高自旋态。 $^{112}\text{Sn}$  靶同位素丰度为 80%, 靶厚  $1.8\text{mg}/\text{cm}^2$ , 靶衬为  $40\text{mg}/\text{cm}^2$  的铅。用五台带 BGO 屏蔽的 HpGe 探测器进行了  $\gamma$ - $\gamma$  符合测量。符合分辨时间 FWHM 为 14 ns。实验测量前后都用  $^{152}\text{Eu}$  放射源对探测器系统做了精确能量刻度。 $\gamma$ - $\gamma$  符合以 E-E-t 事件方式记录在磁带上。在离线处理中, 用四次多项式对各探测器的输出脉冲幅度作了精确归一。然后把全部  $\gamma$ - $\gamma$  符合事件以直接存取方式整理成了一个  $4\text{K} \times 4\text{K}$  的对称矩阵。在从矩阵得到的总投影谱上, 用竖直光标在感兴趣峰的两侧定出高低道数作为峰窗 (peak window)。然后在紧靠峰窗的左侧或右侧, 用光标选出一尽可能宽的平坦范围的高低两个道数作为相应峰的本底窗 (background window)。做符合拉门谱时, 只需沿 Y 轴方向用上述峰窗和本底窗作投影, 即可迅速得到不失计数统计的峰符合谱和本底符合谱。由前者减去经峰窗宽度/本底窗宽度因子相乘的后者就给出了拉门谱。计算机程序可以自动找出拉门谱中峰的精确峰位和定出它的强度。

在实验使用的 60MeV 和 70MeV 两种束流能量下, 经 p2n 道生成  $^{121}\text{Cs}$  的截面都是最大的。但在 60MeV 能量下, 经 2n, 2pn 道生成  $^{122}\text{Ba}$ ,  $^{121}\text{Xe}$  的截面较大, 而在 70MeV 能量下, 经 2p2n 和 2p4n 道生成  $^{120}\text{Xe}$  和  $^{118}\text{Xe}$  的截面较大。

用已知的  $^{121}\text{Cs}$   $\pi h_{11/2}$  带的跃迁 286、472、615、726、816 keV  $\gamma$  峰作门的拉门谱中, 均可见到 894 和 908 keV 两个新的  $\gamma$  峰。作为例子, 图 1(a) 示出了用 816 keV 峰为门的拉门

本文 1991 年 10 月 28 日收到。

\* 国家自然科学基金资助。

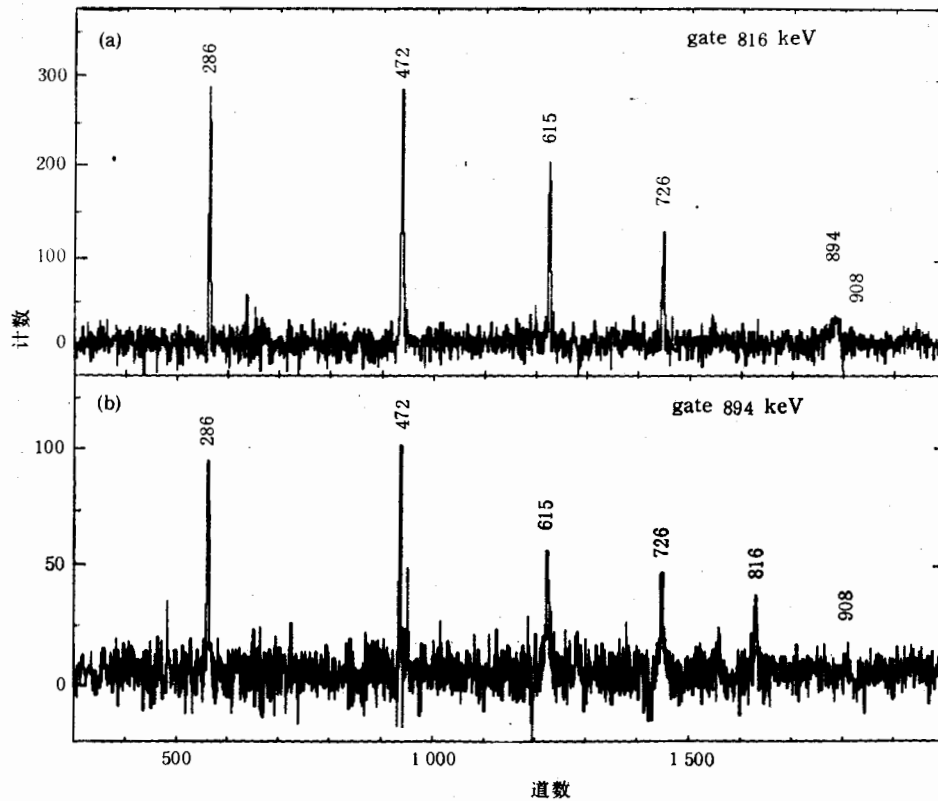


图 1 从  $^{112}\text{Sn}(^{12}\text{C}, p2n)^{121}\text{Cs}$  反应, 60MeV 入射能量测得的拉门谱示例

谱。而图 1(b) 是用 894keV 峰作门的拉门谱, 它清楚地显示了上述已知的  $^{121}\text{Cs}$   $\pi h_{11/2}$  带的所有跃迁, 并也较清楚地显示了 908keV 峰的存在。因此从谱线强度和系统性出发, 我们认定 894 和 908keV 两条  $\gamma$  线是属于  $\pi h_{1/2}$  带上的跃迁。但 908keV 峰强度很弱, 把握性不如 894keV 峰大, 所以在能级图上用了括号。

在  $^{121}\text{Cs}$  的实验中, 除上述一组布局很强,  $\Delta J = 2$  的级联跃迁之外, 还有一组  $\Delta J = 1$ , 并有跨越跃迁伴随的跃迁布局也很强。虽然没观测到这两组谱线之间的联接跃迁, 但从激发函数的测量分析断定, 它们也是  $^{121}\text{Cs}$  的退激  $\gamma$  射线<sup>[1]</sup>。这组  $\Delta J = 1$  的跃迁已被确定为是由一个  $g_{7/2}$  质子跨过  $Z = 50$  质子壳层而激发产生的。我们的实验也未能发现这两组级联  $\gamma$  之间的相互跃迁。但在用已知的  $\Delta J = 1$  的级联跃迁 246、276keV 等  $\gamma$  线为门的拉门谱中, 有一个引人注目的异常现象, 这就是从  $23/2^+ \rightarrow 21/2^+$  的 367keV  $\gamma$  线强度明显大于从  $21/2^+ \rightarrow 19/2^+$  的 361 keV  $\gamma$  线(图 2(a))。这表明 367 keV  $\gamma$  可能是个双重线。果然在用 367keV 峰为门的拉门谱中(图 2(b)), 存在一清晰的 367 keV 峰。而且在图 2(a) 和以 361keV 峰为门的拉门谱图 2(c) 中, 都可见一相当强的, 能量恰好为两倍 367keV 的 734keV 峰, 而这个峰在 367keV 的拉门谱中不出现。这证明, 367keV  $\gamma$  是个级联的两重线, 它们应位于 361keV 跃迁之上, 而新发现的 734keV  $\gamma$  正是跨越它们的跃迁。

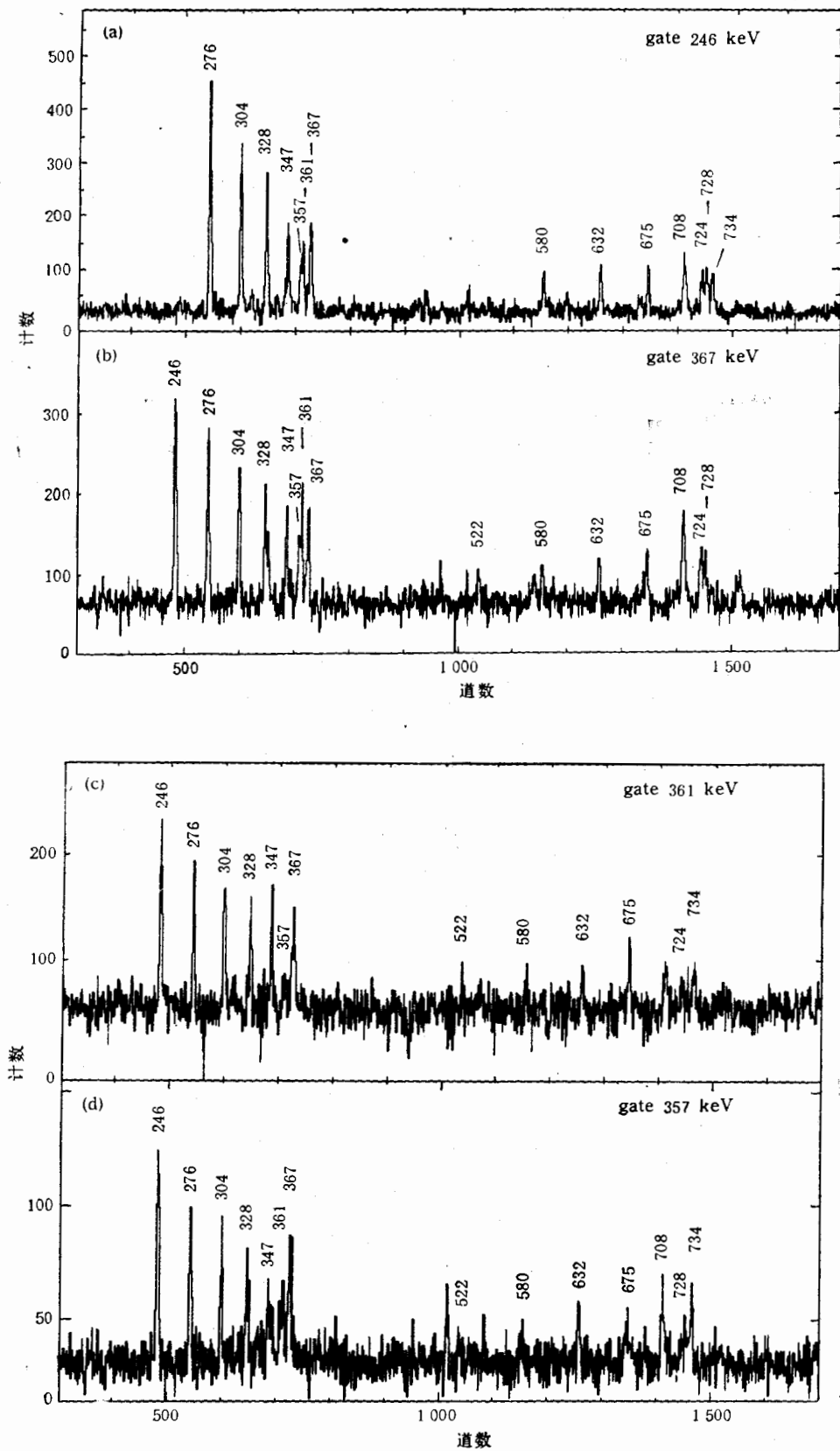


图2 可用于证实 357, 367keV 两个新跃迁的部分拉门谱

另外,图 2(c)中在 357 和 724keV 处均有较强的峰,这个 357keV 峰在我们数据的初步分析中就已经被注意到了<sup>[2]</sup>.在图 2a, b 中,也都有 724keV 峰,而且它们的 361keV 峰向左侧明显加宽,这也正是 357keV 峰造成的.图 2(d)是 357keV 峰的拉门谱,包括了全部  $\Delta J = 1$  的级联跃迁及它们的跨越跃迁,但没有 724keV 峰.这说明, 357keV  $\gamma$  线是位于新发现的 367 keV  $\gamma$  线之上,而新探测到的 724keV  $\gamma$  是它们的跨越跃迁.因此,从跨越跃迁 734 和 724keV  $\gamma$  线的观测,便可唯一地确定,在已知的  $23/2^+$  能级之上,存在 367 和 357keV 两条级联  $\gamma$  跃迁,它们分别来自  $25/2^+$  和  $27/2^+$  能级. 根据上述实验观测而新建议的  $^{121}\text{Cs}$  能级图示于图 3. 两带能级绝对能量均为未知.

图 4(a) 给出了实验测量的  $^{121-127}\text{Cs} \pi h_{11/2}$  带能级的系统性,可以看出从  $^{121}\text{Cs}$  向  $^{127}\text{Cs}$  形变逐渐减小<sup>[3,4]</sup>. 图 4(b) 示出了这些核  $h_{11/2}$  带的角动量  $I$  与转动频率

$$\omega(I) = (E(I) - E(I - 2))/2$$

的关系. 在  $\hbar\omega \approx 0.45\text{MeV}$  时,各核都有反弯出现. 由于这些带是由 Cs 核的一个  $h_{11/2}$  质子产生的,所以阻塞了一对  $h_{11/2}$  质子再转排

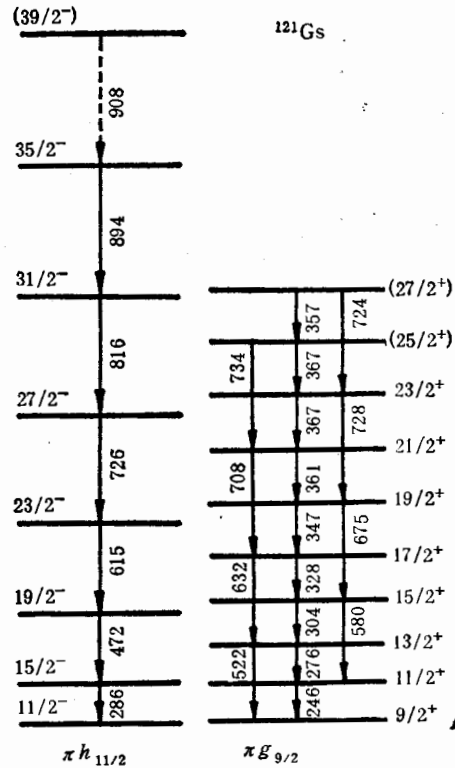


图 3 由本实验建议的  $^{121}\text{Cs}$  能级纲图

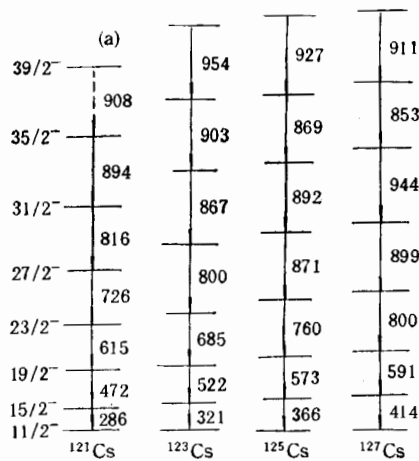
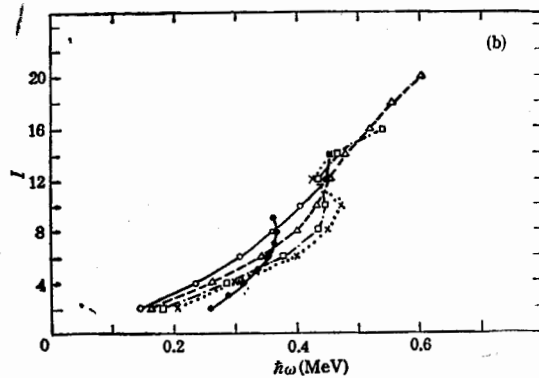


图 4 (a)  $^{121-127}\text{Cs} \pi h_{11/2}$  带能级系统性比较

(b) 角动量  $I$  随转动频率  $\omega$  变化关系

带头自旋取为零. 其中 ( $\dots \times \dots$ )  $^{127}\text{Cs}$ , ( $-\cdot-\cdot-\square-\cdot-\cdot-$ )  $^{125}\text{Cs}$ , ( $-\cdot-\triangle-\cdot-$ )  $^{123}\text{Cs}$ , ( $-\circ-\circ-$ )  $^{121}\text{Cs}$ , ( $-\bullet-\bullet-$ )  $^{121}\text{Cs}(\pi g_{9/2})$



的可能性。因此,这里最可能的反弯机制便是由于一对  $h_{11/2}$  中子的转动排列。

对于  $\pi g_{9/2}$  带, Garg 等<sup>[1]</sup>曾使用转子加准粒子的模型进行了计算,但发现在自旋较高时,计算值与实验值偏离较大。他们把这种不符归结为随着核的转动加快,核的转动惯量要随之改变,而计算中使用的是固定转动惯量值。在图 4(b) 中,也给出了  $^{121}\text{Cs}$   $\pi g_{9/2}$  带的  $I$  与  $\omega$  的关系,已看到在  $\hbar\omega \simeq 0.37\text{MeV}$  处有上弯出现。在  $A=1$  的  $^{120}\text{Xe}$  核中<sup>[2]</sup>, Yrast 带反弯是由一对  $h_{11/2}$  中子转排产生的,其频率在  $\hbar\omega \simeq 0.39\text{MeV}$ ,与  $^{121}\text{Cs}$   $g_{9/2}$  带的基本一致。这倾向支持  $g_{9/2}$  带出现的上弯也是由一对  $h_{11/2}$  中子转排造成的。但是,在  $^{121}\text{Cs}$  核中  $\pi h_{11/2}$  和  $\pi g_{9/2}$  两个带反弯频率相差较大,其原因是什么,是个值得注意的问题。

本文作者对原子能研究院 HI-13 实验室为提供束流和计算机服务的全体同志表示感谢。

### 参 考 文 献

- [1] U. Garg, et al., *Phys. Rev.*, **C9**(1979),217.
- [2] 郭应祥等,高能物理与核物理,**14**(1990),635.
- [3] J. Hattula, et al., *J. Phys.*, **G13**(1987),57.
- [4] Y. Liang, et al., *Phys. Rev.*, **C42**(1990),890.
- [5] M.S. Rouabah, et al., *Z. Phys.*, **A328**(1987),493.

## Observation of New Levels in $^{121}\text{Cs}$

SUN XIANGFU WANG JICHENG GUO YINGXIANG LEI XIANGGUO

LUO YIXIAO YU JIANFANG 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

The high spin states of  $^{121}\text{Cs}$  have been populated via the  $^{112}\text{Sn}(^{12}\text{C}, p2n)$  reaction and measured by in beam  $\gamma$  technique. Two new levels in each of the  $\pi h_{11/2}$   $\Delta J = 2$  and  $\pi g_{9/2}$   $\Delta J = 1$  bands were observed.