

一个可能的 ^{117}Cs 核 $\pi h_{11/2}$ 带的观测*

孙相富 刘忠 周小红 雷祥国 金寒涓
潘强岩 张玉虎 郭应祥 陈新峰 罗亦孝

(中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

温书贤 袁观俊 李广生 杨春祥

(中国原子能科学研究院 北京 102413)

1993年12月8日收到

摘 要

在对 ^{28}Si 轰击 ^{92}Mo 靶反应进行的在束 γ 测量中,观测到一个全新的转动带,通过对其跃迁强度、结构特性的分析,认定它可能是建立在 ^{117}Cs 核的 $h_{11/2}$ 质子能级上的转动带。

关键词 在束 γ , ^{117}Cs 核能级。

$Z = 55$ 的奇 A 缺中子 Cs 核,处在从 $Z = 50$ 满壳球形核向 $Z \geq 58$ 变形核之间的过渡区。处于 $h_{11/2}$ 轨道上的质子是最容易被激发的。对中子数 $N = 64-72$ 的奇 A Cs 核均已进行过在束 γ 研究,都观测到了一个布居最强的 $h_{11/2}$ 带^[1-4]。而且当 N 趋向50和80闭壳的中间时,相应 γ 跃迁能量下降,核形变增加,与理论预期的相一致。但是,由于实验上的困难,以前对 ^{117}Cs 核本身没做过任何研究,只是从用600MeV质子轰击 La 靶经在线同位素分离器分离后的 ^{117}Cs 蜕变正电子或 γ 的测量^[5],推测它可能存在两个同质异能态,半衰期分别为8.4s和6.5s。另外,从 ^{117}Cs 的同中异位素 ^{115}I 的在束 γ 测量得知, ^{115}I 有很强的集体转动特征,并很好地遵从奇 A 缺中子 I 同位素的系统性^[6]。因此可以预计布居最强的 ^{117}Cs 核 $h_{11/2}$ 带也应服从奇 A 缺中子 Cs 同位素的系统性,并最有可能在实验中被观测到。

实验使用北京原子能研究院13MV串列加速器提供的115MeV ^{28}Si 束流,轰击 ^{92}Mo 同位素靶。靶子是用滚压法制成,厚 $2\text{mg}/\text{cm}^2$ 。在其一面蒸发了 $6\text{mg}/\text{cm}^2$ 的铅层,用来阻止反冲核,以消除 γ 峰的多普勒移动。束流在穿过靶后,被阻止在距靶约50cm处的铅阻止器上。反应余核的退激 γ 射线用7台带BGO康普顿抑制的高纯锗探测器进行探测。其相对效率从15%—30%不等。其中两台30%的锗探测器置于与水平面成 35° 的上方。另外五台放在水平面内,分别与束流成 $143^\circ, 90^\circ, 28^\circ, -28^\circ, -75^\circ$ 的位置上。锗

* 国家自然科学基金项目。

探测器距靶约 17—20cm, 以使不同效率的探测器有大致相同的计数率。在靶心位置放一个 ^{152}Eu 放射源, 对各锗探测器做能量刻度和效率刻度。7 台探测器对 ^{152}Eu 源 1408keV 峰的能量分辨率为 1.9—2.2 keV 不等。一个由 14 个 BGO 六棱柱探测器组成的兰州小型晶体球被用来做 γ 多重性滤波器。它被分成相等的两半, 分别置于距靶约 2cm 的上下位置。实验使用的电子学线路如文献[7]所述。由于获取系统参数限制, 晶体球测到的总能量未被记录, 只是同时点火的探测单元数(重数) N_F 作为一个参数而被记录在相应的事件中。在离线分析时, 可以把 N_F 做为条件来把记录的事件再构成 4096×4096 的对称矩阵。只要取 $N_F \geq 1$, 对抑制因 X 射线、511keV γ 以及各种蜕变而造成的符合都十分有效。经过反康以后每两个锗探测器间的 γ - γ 符合时间分辨约 14ns。共记录了 90×10^6 个 γ - γ 符合事件于磁带上。

所使用的 ^{92}Mo 同位素靶材料丰度为 94.1%, 含有其它稳定的 Mo 同位素成分 (^{94}Mo 0.98%, ^{95}Mo 1.09%, ^{96}Mo 1.13%, ^{97}Mo 0.53%, ^{98}Mo 1.65%, ^{100}Mo 0.52%)。实验开始时测量的 γ 激发函数与实验前用 CASCADE 程序计算的结果相一致。最强的反应道分别是经 $2p_n \rightarrow ^{117}\text{Xe}$ (经同位素丰度归一后的计算截面为 99.5mb, ^{28}Si 束流能量为 115MeV) 和经 $3p \rightarrow ^{117}\text{I}$ (104.1mb)。经 $\alpha 2p \rightarrow ^{114}\text{Te}$ (54.5mb) 和 $2p \rightarrow ^{118}\text{Xe}$ (25.8mb) 几率也较大, 而经 $3p 2n \rightarrow ^{115}\text{I}$ (7.5mb) 和 $p 2n \rightarrow ^{117}\text{Cs}$ (3.9mb) 的几率则较小。从 $^{95,96}\text{Mo}$ 产生 ^{120}Xe 的总截面在丰度归一后为 2.9mb, 从 $^{96,97}\text{Mo}$ 产生 ^{121}Cs 的截面为 2.1mb。这两个核的产生截面虽小, 但它们的已知 γ 跃迁在实验数据中都能很清楚地被识别出来。

在把十分复杂的 γ - γ 符合关系做仔细的开门谱分析研究中, 不但确证了上述多个核大量的已知 γ 级联关系, 而且对 ^{117}Xe 和 ^{114}Te 等核新识别并指定了很多新的 γ 级联跃迁。但是还有若干个级联跃迁的带, 它们既不是所用反应主要生成核的已知跃迁, 也与这些核的已知 γ 跃迁没有符合关系。其中最引人注意的是如图 1 所示的一组级联跃迁, 它们构

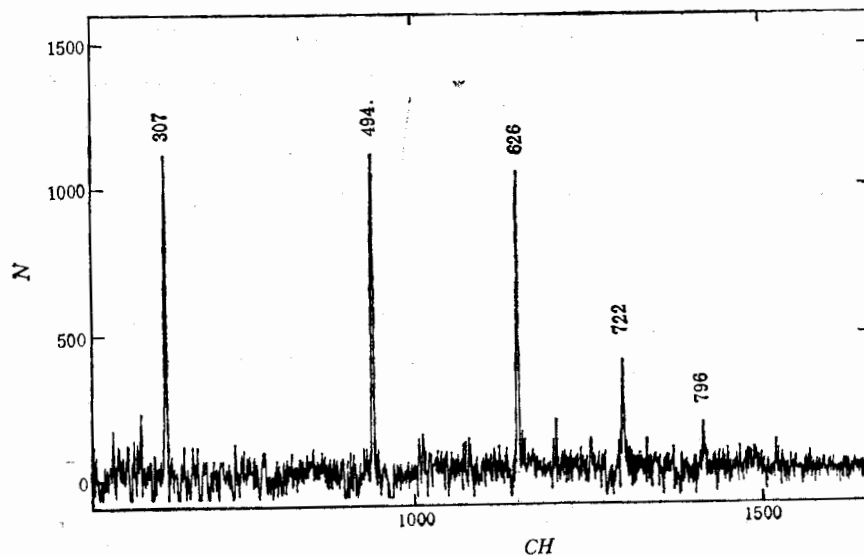


图1 用 307 和 494keV 开门后相加的符合谱, 本底符合已扣除

成一个非常干净的转动带。从开门谱看,其强度约为 ^{115}I 的一半。根据 CASCADE 计算,满足这个条件的核是 ^{110}Sn (3.6mb), ^{113}Te (4.3mb) 和 ^{117}Cs (3.9mb)。偶-偶核 ^{110}Sn 的能级结构是已知的,图 1 所示的级联不属于它。 ^{113}Te 的能级结构虽为未知,但其相邻奇 A 核 $^{115,117}\text{Te}$ 为已知,其能级结构特征排除了 ^{113}Te 有图 1 所示级联跃迁的可能性。因此, ^{117}Cs 成了唯一的可能核,图 1 的级联跃迁最可能的就是 ^{117}Cs 核的 $h_{11/2}$ 带。为了进一步证明这一点,我们仔细比较以 ^{115}I , ^{121}Cs 及图 1 带的前两个跃迁为门的开门谱中的跃迁强度。这里作了一个假定,即这些核的 $h_{11/2}$ 带蜕变强度占其总强度的比例是相同的,这个假定受相邻核实验结果支持。为了消除作开门谱时扣除本底符合而造成的影响,我们取每个带最下边的两条最强的跃迁为门作开门谱。例如对图 1 的带就分别取 307 和 495keV 跃迁为门,在 307keV 的开门谱中测出 495keV 峰下计数,而在 495keV 的开门谱中测出 307keV 峰下计数,然后取两个计数的平均值代表该带强度,记作 I_{117} 。用同样的方法对 ^{115}I 取 411 和 517keV 跃迁,对 ^{121}Cs 取 286 和 473keV 跃迁开门,可以求得 I_{115} 和 I_{121} 。同时从实验数据可求得对这些跃迁 γ 的相对探测效率之比为 $\epsilon_{411}/\epsilon_{307} = 0.86$, $\epsilon_{517}/\epsilon_{495} = 0.92$, $\epsilon_{286}/\epsilon_{307} = 1.12$, $\epsilon_{473}/\epsilon_{495} = 1.02$ 。于是可以求得经探测效率修正后的强度比:

$$R_{115/117} = \frac{I_{115}}{I_{117}} \cdot \frac{\epsilon_{307}}{\epsilon_{411}} \cdot \frac{\epsilon_{495}}{\epsilon_{517}} = 1.92,$$

$$R_{121/117} = \frac{I_{121}}{I_{117}} \cdot \frac{\epsilon_{307}}{\epsilon_{411}} \cdot \frac{\epsilon_{495}}{\epsilon_{517}} = 0.45.$$

而用 CASCADE 计算的两个比值分别是 1.94 和 0.44,与实验结果惊人的符合。

图 1 级联是 ^{117}Cs $h_{11/2}$ 带的另一证据是它完全符合缺中子奇 ACs 核 $h_{11/2}$ 带结构的系统性比较,如图 2 所示。从图 2 可见,奇 ACs 核的 $h_{11/2}$ 质子带能级间隔规律性的变化,反应出这些核的形变从中子数 $N=72$ 向 82 , 50 两闭壳的中间减小时,形变逐渐增加。在壳的中部 $N=64-66$ 时,能级间隔最小,形变达极大。当 $N=62$ 时,能级间隔又开始增加,形变开始减小。这与理论预言以及在 $Z=53$ 的奇 A 碘核的 $h_{11/2}$ 带中测到的系统性^[6]是完全一致的。

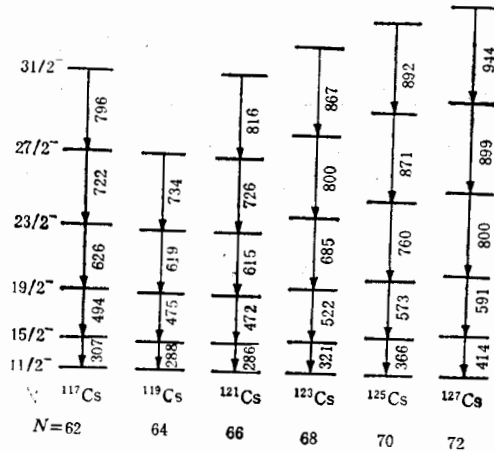


图 2 奇 A Cs 核 $h_{11/2}$ 带能级的系统比较

总之,在用 ^{28}Si 束流轰击 ^{92}Mo 靶的在束 γ 测量中,发现了一个全新的转动带。通过对其布居强度、结构特性的分析及与理论计算和各反应生成核能级结构比较,认为它极可能是属于 ^{117}Cs 核的 $h_{11/2}$ 质子带。

作者感谢原子能研究院串列加速器室全体人员的大力协助。感谢德国 Köln 研究所

赠送 ^{92}Mo 靶。对意大利国家核物理研究院 Santo. Lunardi 教授对实验结果的有益讨论表示感谢。

参 考 文 献

- [1] U. Garg et al., *Phys. Rev.*, **C9**(1979) 217.
- [2] 孙相富等, 高能物理与核物理, **16**(1992)938.
- [3] J. Hattula et al., *J. Phys.*, **G13**(1987) 57.
- [4] Y. Liang et al., *Phys. Rev.*, **C42**(1990) 890.
- [5] G. Marguier et al., *J. Phys.*, **G12**(1986) 757.
- [6] W. F. Piel et al., *Phys. Rev.*, **C31**(1985) 456.
- [7] 孙相富等, 核电子学与探测技术, **12**(1992)83.

Observation of a Possible $\pi h_{11/2}$ band of ^{117}Cs

Sun Xiangfu Liu Zhong Zhou Xiaohong Lei Xiangguo Jin Hanjuan
Pan Qiangyan Zhang Yuhu Guo Yingxiang Cheng Xinfeng Luo Yixiao
(*Institute of Modern Physics, Academia Sinica, Lanzhou 730000*)

Wen Shuxian Yuan Guanjun Li Guangsheng Yang Chunxiang
(*Institute of Atomic Energy, Beijing 102413*)

Received on December 8, 1993

Abstract

A new rotational band has been identified in the reaction of $^{28}\text{Si} + ^{92}\text{Mo}$ by means of in beam γ -ray methods. It is considered as the possible $h_{11/2}$ proton band of ^{117}Cs , through a careful analysis of its intensity and level characters.

Key words in beam γ , ^{117}Cs deduced levels.