

^{131}Pm 衰变的首次观测*

甘再国 郭俊盛 石立军 刘洪业 秦芝 郭天瑞 雷相国
马瑞昌 黄文学 袁双贵 张学谦 靳根明

(中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

摘要 利用 ^{32}S 轰击 ^{106}Cd 靶,通过 $3\text{p}4\text{n}$ 反应产生了 ^{131}Pm ,反应产物经过毛细管及带收集传输系统传输到低本底区,测量了反应产物的X, γ 单谱,并进行了X- γ , γ - γ 符合测量,得到了 ^{131}Pm 的半衰期及衰变 γ 线,并建立了简单的衰变纲图.

关键词 ^{131}Pm 的衰变 半衰期 纲图

1 引言

对 $Z > 50$, $N < 82$ 区域缺中子核的研究可以获得特别丰富的核结构信息,揭示出很多有趣的现象(如集体运动和单粒子激发的共存等)^[1-3].因此对这一区域核的研究,为各种核模型提供了很好的检验机会,如系统研究这些核能揭示形变随中子数的减少而增大.对这一区域很多核都只是进行了在束 γ 的研究,而对其低位能级却研究得很少,但这对于人们进行理论计算和深入理解核结构却是很重要的.这些信息可以利用 β 跃迁后的伴随衰变研究得到.

通过 $11/2$ 态的跃迁,对于奇质量数同位素 $^{133,135,137}\text{Pm}$ 已进行了研究,结果表明这些核都有很强的 $11/2 \rightarrow 11/2$ 能级跃迁^[1,3,4],对 ^{132}Pm 也已经用 β 延迟质子发射方法进行了研究^[5],而对 ^{131}Pm ,虽然A. N. James等人^[6]报道了它的三条在束 γ 线,但仍然没有关于它的衰变研究的任何报道,在本工作中对 ^{131}Pm 的衰变进行了研究,并获得了它的一些低位态衰变的信息.

2 实验装置及实验

所用实验装置如图1所示,它包括靶室、氦喷嘴长毛细管传输系统、带收集传输系统及测量系统.反应产物从靶中反冲到氦气里被慢化,慢化后的产物由氦气载带着通过一根长毛细管输送到低本底区.氦气被高抽速泵抽走,而反应产物收集到带传输系统的收

1997-08-12收稿

* 国家自然科学基金(19475052)和中国科学院重大项目资助

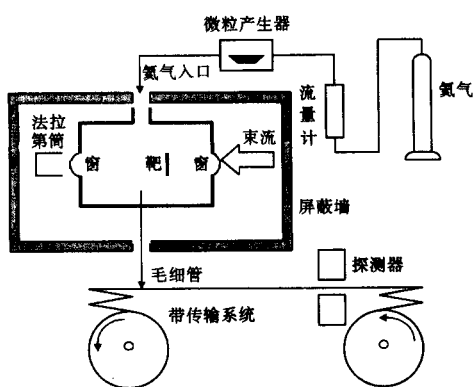


图1 实验装置图

集带上。收集一定的时间后，产物随收集带到达探测系统处，然后对反应产物的活性进行测量。

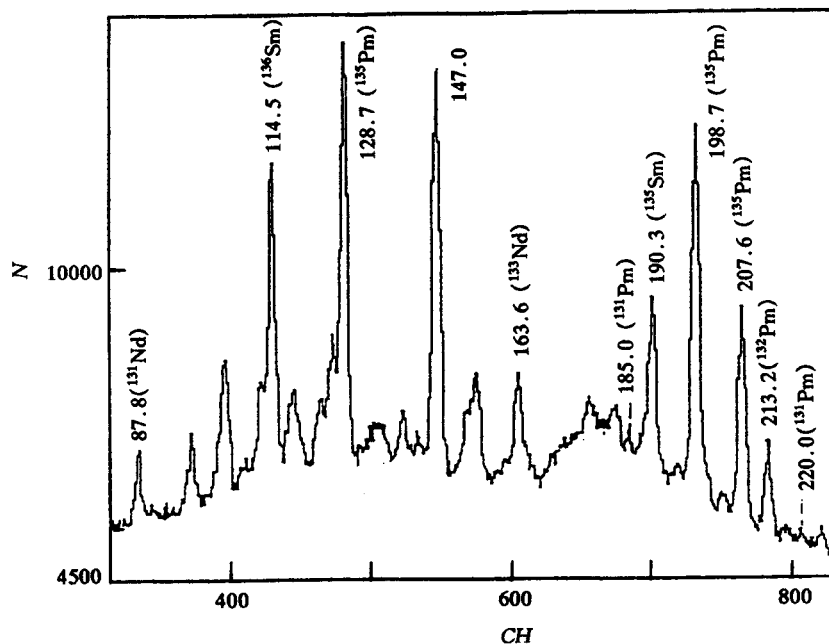
实验是在中国科学院近代物理研究所的 SFC 加速器上进行的，利用该所提供的 ^{32}S 束流轰击 ^{106}Cd 靶，通过 $^{106}\text{Cd} (^{32}\text{S}, 3p4n) ^{131}\text{Pm}$ 反应产生 ^{131}Pm 。实验所用的 ^{32}S 束流强度为 $0.5\mu\text{A}$ ，能量为 170MeV ，浓缩的 ^{106}Cd 靶的厚度为 $1.8\text{mg}/\text{cm}^2$ ，丰度大于 85% 。产物的测量和收集时间都为 40min 。所用探测器有平面型高纯锗探测器和 GMX 型高纯锗探测器。对这些探测器都用标准源进行了刻度。测量

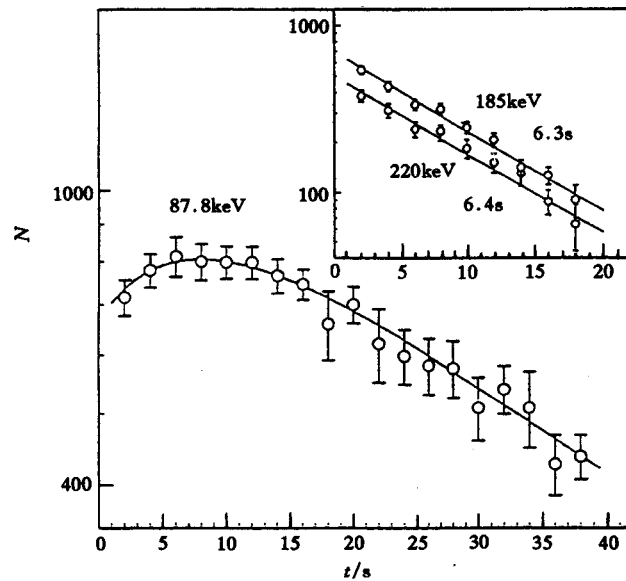
了反应产物的 X、 γ 单谱及 X- γ 、 γ - γ 符合测量。

3 结果和分析

3.1 ^{131}Pm 的鉴别及半衰期

图 2 显示了测得的部分低能衰变 γ 谱，由图可以清楚地看到 87.8 、 185.0 、 220.0keV 的 γ 射线。 87.8keV 的 γ 射线与 Pr 元素的 X 射线符合，这条 γ 射线已经被指认为是 ^{131}Nd 核的 γ 衰变^[7]。通过对这条 γ 线的处理得到如图 3 的一条生长-衰变曲线，很明显它有一个生长的过

图2 $^{32}\text{S}+^{106}\text{Cd}$ 反应产物的部分 γ 衰变谱 (能量为 keV)

图3 ^{131}Pm 核的生长-衰变曲线

程,这说明 ^{131}Nd 核不是直接产生的,而是从它的母核衰变而来的.用放射性生长-衰变分析程序对该曲线进行拟合,得到生长部分的半衰期是6.7s,衰变部分的半衰期是25s,后者与已知的 ^{131}Nd 核的半衰期^[8]能很好地符合,前者应为 ^{131}Nd 的母核 ^{131}Pm 的半衰期.同时,实验还对185.0和220.0keV的 γ 射线进行了分析,发现它们都与Nd的特征X射线符合,分析还发现它们都只具有衰变的特性(见图3),根据它们的衰变曲线得到的半衰期分别为6.3s和6.4s,这与上述87.8keV γ 射线生长部分的半衰期在误差范围内是一致的.通过对已知的Nd同位素的在束能级进行比较和分析发现,除了 ^{131}Nd 核以外,在低位能级没有其它核符合以上条件,因此可以指定能量为185.0和220.0keV的 γ 射线来自 ^{131}Pm 的衰变.

为了得到 ^{131}Pm 核的半衰期的实验值,对185.0、220.0keV γ 射线衰变半衰期6.3、6.4s以及87.8keV γ 线的生长半衰期6.7s,通过权重平均的方法,首次得到了 ^{131}Pm 核的半衰期为 $(6.3 \pm 0.8)\text{s}$,它与Gross理论的预言值5.0—8.45s基本一致.

3.2 建议的 ^{131}Pm 核简单衰变纲图

根据对X- γ 、 γ - γ 符合测量结果的分析发现,185.0、220.0keV及146.0keV3条 γ 射线都与Nd的特征X射线存在符合关系,并且这3条 γ 射线之间也存在着符合关系.表明这3条 γ 射线来自同一核,并且它们之间存在着级联关系.此外,又根据已知的奇A Pm同位素^[3,4]的系统性,可以认为 ^{131}Pm 核的基态自旋和宇称为 $11/2^-$.综合上述对符合测量的分析与假定,又同从

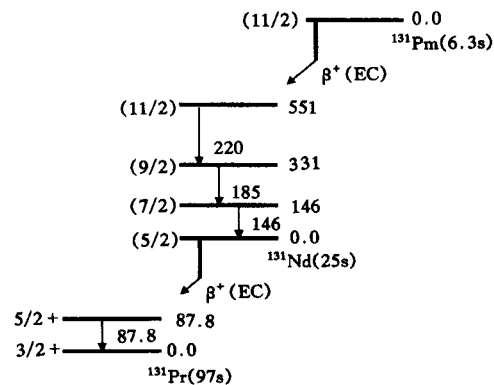


图4 建议的部分衰变纲图

在束谱学得到的 ^{131}Nd 核的低位低自旋态的结果^[7]进行比较,建议了 ^{131}Pm 核的简单衰变纲图示于图 4.

建议的 ^{131}Pm 核的衰变纲图是在本实验的基础上以及文献[7]给出的 ^{131}Nd 核的低能级的顺序尝试性地提出的,其中 146.0keV 的 γ 射线在测得的单谱中被一条很强的 147.0keV 的射线所淹没,但 146.0keV γ 射线在以 185.0 或 220.0keV γ 射线开门的符合谱中都清楚地显示出来,并且它与 Nd 的特征 X 射线符合. 因此尽管它的半衰期无法由单谱中测量,但由于同其它 γ 射线的符合关系,仍然可以给出它在衰变纲图中的位置.

4 讨论

除了上述测得的 3 条 γ 射线以外,根据文献[7]报告的 ^{131}Nd 核在束能级的低能部分,预期还有 331 和 405keV 的 γ 跃迁,但是在本实验中未观测到它们, A. N. James 等人^[6]也未观测到这两条 γ 射线.

此外,本工作中确定的 ^{131}Pm 核的半衰期与 ^{132}Pm 核的已知半衰期非常类似,但是 ^{132}Pm 是一个已知的 β 延迟质子发射的先驱核,在 ^{132}Pm 核的衰变 γ 射线中并没有出现 185.0、220.0、146.0keV 3 条 γ 射线^[5],而且也未在其子体 ^{132}Nd 核的衰变中观测到 87.8keV 的 γ 射线.

参 考 文 献

- [1] Nowicki G P, Buschmann J, Hanser A et al. Nucl. Phys., 1975, A249:76—92
- [2] Klinken J Van, Feenstra S J. Phys. Rev., 1975, C12(6):2111—2114
- [3] Redon N, Ollivier T, Beraud B et al. Z. Phys., 1986, A325:127—138
- [4] Shaheen Rab. Nucl. Data Sheets, 1995, 75:491—665
- [5] Wilmarth P A, Nitschke J M et al. Z. Phys., 1985, A321:179—180
- [6] James A N, Connell K A et al. Daresbury Annual Reports 1985/ 86.103
- [7] Sergeenkov Yu V, Knazov Yu L et al. Nucl. Data Sheets, 1994,72:487—615
- [8] Bogdanov D D, Demyanov A V et al. Nucl. Phys., 1977, A275:229—236

First Observation of ^{131}Pm Decay *

Gan Zaiguo Guo Junsheng Shi Lijun Liu Hongye Qin Zhi
Guo Tianrui Lei Xiangguo Ma Ruichang Huang Wenxue
Yuan Shuanggui Zhang Xueqian Jin Genming

(*Institute of Modern Physics, The Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000*)

Abstract ^{131}Pm nucleus was produced in the $^{106}\text{Cd} (^{32}\text{S}, 3\text{p}4\text{n}) ^{131}\text{Pm}$ reaction. The products were transported by helium jet and tape system, and X, γ single spectra and X- γ , γ - γ coincidence spectra were measured. The half-life of ^{131}Pm has been determined to be $(6.3 \pm 0.8)\text{s}$. A partial decay scheme of ^{131}Pm is proposed.

Key words decay of ^{131}Pm , half-life, decay scheme

Received 12 August 1997

*Supported by the National Science Foundation of China (19475052) and Supported by Major Subject of the Chinese Academy of Sciences