

高熔点重丰中子区新核素的合成和研究*

袁双贵

(中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

摘 要 本文介绍了高熔点重丰中子区新核素合成和研究的物理思想和技术路线及新同位素 ^{185}Hf 和 ^{237}Th 的首次合成及鉴别,并提出了今后的设想.

关键词 物理思想和技术路线, 合成和鉴别, 新核素.

远离 β 稳定线新核素的合成可以拓广核素的研究领域,加深对原子核的认识.随着研究对象越来越远离稳定线,其合成、分离和鉴别手段也越来越困难.近年来,它更成为一个竞争激烈、引人入胜的前沿领域.

由于在重丰中子区的一些核存在计算反常的半衰期以及预言的新衰变模式和大形变等新现象,因此,我们对该区内新核素的合成和研究工作极感兴趣,积极地开展了这方面的工作,并取得了一些进展.下面对高熔点重丰中子区新核素的合成与研究、所采取的技术路线与所做的工作和今后的打算做一简单介绍.

1 物理思想和技术路线

我们的物理思想和技术路线是:以奇异的反应机制产生新核素 \rightarrow 以化学分离方法把目标核同 Z 值元素从被照物质中分离出来,以鉴别 Z 值 \rightarrow 根据母子体衰变关系,通过已知子体活性的时间变化来指定母体(新核素),即鉴别 A 值;从而确定了新核素.

针对这一具有重要物理意义的核区,采用这一技术路线进行研究,既有其重要性和必要性,又存在可能性.它是一条既适合于我国国情又是十分有效的路子,它正在形成必将继续深化我们独具特色的物理思想和技术路线.

就生成方法而言,过去惯用的反应机制

在此不适宜,必须找出别人还没有想到的奇异反应,如快中子引起的 $(n, 2p)$ 反应和中能重离子引起的非全熔合反应;就分离手段而言,由于目标核熔点高和反冲动能小,通用的电磁方法无能为力,而化学分离方法特别有效;就鉴别方法而言,这里通过已知的子体来指定未知的母体,可以采用单谱测量方式来完成,从而可以大大降低对产额的要求.

2 工作进展

根据上述思想和路线,我们开展了一些工作,进行了不少实验,取得了两项结果.实践证明,我们的路子是正确的.

2.1 新重丰中子同位素 ^{185}Hf 的首次合成和鉴别

^{185}Hf 是由 $^{185}\text{W}(n, 2p)^{185}\text{Hf}$ 反应产生的.实验先后在兰州大学和中科院近物所的高压倍加器上利用 14MeV 中子进行.

约 20g 分析纯天然钨粉被中子照射 15 分钟,随后立即进行化学分离,用沉淀法将 Hf 元素从被照物质中分离出来并制成 γ 源,在照射结束 8 分钟后开始测量.源和一台相对效率为 18% 的 HPGe 探测器放于一个屏蔽很好的铅室中.以本所研制的 PC-CAMAC 多参数数据获取系统获取并记录单参数时间序列 γ 谱;测量持续 100 分钟是为了适合 ^{185}Hf 的子体 ^{185}Ta 的半衰期($T_{1/2}=49\pm 2\text{min}$)^[1],以便观察 ^{185}Ta 活性可能的迅速增长

* 中国科学院“八、五”重大项目资助课题

及其后的衰变,为累积计数、提高统计,上述过程重复了四次,所用数据是这四次实验数据的总和. 尽管靶物质(钨粉)的量很大,化学分离的时间又很短, ^{185}Ta 的强 γ 射线 (177. 59, 173. 91 和 102. 80keV) 还是被指定了.

新核素 ^{185}Hf 的确认主要是根据其子体 ^{186}Ta 特征 γ 射线强度的时间增长. 我们仔细地跟踪了 ^{186}Ta 的最强峰 177. 59keV, 它的时间变化存在明显的迅速增长和其后的衰变现象, 从而充分肯定了它的母体 ^{185}Hf 的存在. 用递次衰变分析程序, 对上述 177. 59keV γ 射线强度的时间变化实验曲线进行拟合, 得到 ^{186}Hf 和 ^{186}Ta 的半衰期分别为 $3. 5 \pm 0. 6\text{min}$ 和 $48. 6 \pm 5. 6\text{min}$ (图 1). 后者与文献值^[1]符合很好, 前者与预言值^[2]一致. 与此同时, 我们发现了一条能量为 $164. 5 \pm 0. 5\text{keV}$ 、半衰期为 $4. 3 \pm 0. 9\text{min}$ 的新 γ 射线, 并指定为 ^{185}Hf 的衰变 γ . ^{185}Hf 论文已先后发表在“高能物理与核物理”及 Z. Phys. A 上.

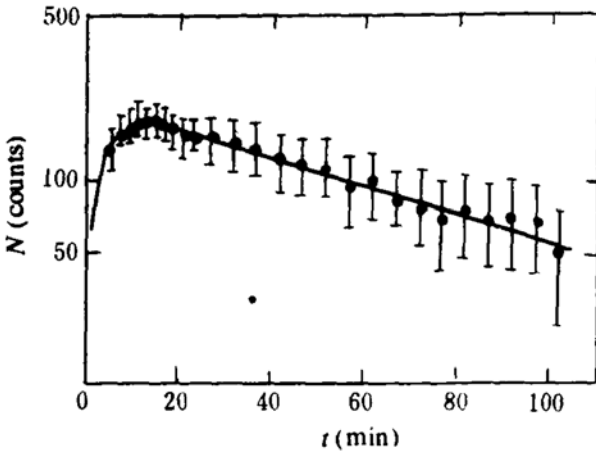


图 1 177. 59keV γ 射线的增长和衰变曲线

2. 2 新重丰中子核素 ^{237}Th 的首次观测

为了将研究扩展到更高的 Z 值, 我们选 ^{237}Th 这个未知核.

有关的实验数据特别是我们的实践清楚地表明, 快中子引起的重靶核的熔合蒸发反应或直接过程, 是产生重丰中子核的最好途径之一. 这里 ^{237}Th 仍然是通过 (n, 2p) 反应产

生的.

实验是在中科院近物所 600-KV 高压倍加器上利用 14MeV 中子进行的, 约 16 克 $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$ 粉末被中子照射 15 分钟, 紧跟着进行化学分离, 用萃取和反萃方法将 Th 元素从被照物中提取出来并做成 γ 源, 即刻测量. 测量方法、采用的数据获取仪器及过程与 ^{185}Hf 的相同, 这里不再重述. 测量持续 30 分钟是为了适合 ^{237}Th 的子体 ^{237}Pa 的半衰期^[3]. 上述过程重复进行了 25 次, 结果是从这 25 次实验累计数据获得的. 不但靶物质质量大, 要求化学分离时间短, 而且更重要的是存在大量的裂变产物, 使得化学分离非常困难. 尽管如此, ^{237}Pa 的两条能量为 853. 7 和 865. 0keV 的强 γ 射线还是被辨认了, 这就使得 ^{237}Th 的鉴别有了可能, 因为 ^{237}Th 的指定主要是基于 ^{237}Pa 活性的增长来进行的.

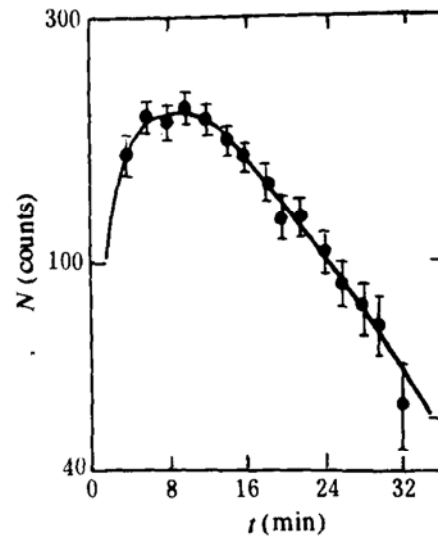


图 2 853. 7keV γ 射线的增长和衰变曲线

同处理 ^{185}Hf 的情况相似, 对 ^{237}Pa 的最强峰 (853. 7keV) 强度的增长和其后的衰变用程序进行了拟合, 从而得到 ^{237}Th 和 ^{237}Pa 的半衰期分别为 $5. 0 \pm 0. 9\text{min}$ 和 $8. 5 \pm 1. 0\text{min}$ (图 2). 分别与预言值^[2]和文献值^[3]一致.

另外, 我们还发现了一条能量为 $35. 1 \pm 0. 3\text{keV}$ 、 $T_{1/2} = 5. 0 \pm 1. 1\text{min}$ 的新 γ 射线, 根据跃迁能量和半衰期的关系, 指定它为

^{237}Th 的衰变 γ 射线;进一步的工作在进行中.

3 今后打算

进一步提高我们的研究水平,在不断改进实验技术以提高实验精度的同时,把我们的研究推向在重丰中子区纵深,合成更多的新核素,并对其衰变性质进行实验和理论方面的研究.同时在上将做两点改进:(1)由手工操作向自动化方向转移.由于经费所限,更主要是为了抢时间,在上述 ^{185}Hf 和 ^{237}Th 的工作中,一些实验步骤都是以人代机,拟逐步改变这一现状.(2)充分发挥 HIRFL 的作

用,在做好中子工作的同时,积极筹备重离子方面的工作.利用重离子(尤其是较为丰中子的重离子)轰击中子含量较为富集的重靶核可在该质量区产生一系列目标核.

参 考 文 献

- 1 Browne E. Nuclear Data Sheets, 1989, 58 : 441
- 2 Staudt A, et al. Atomic Data and Nuclear Data Tables, 1990, 44 : 79
- 3 ELLIS-AKOVALI Y A, Nuclear Data Sheets, 1986, 49 : 181

Synthesis and Study of New Refractory Heavy Neutron-rich Nuclides

Yuan Shuanggui

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

Abstract The physics idea and technical approach on synthesis and study of new refractory heavy neutron-rich nuclides are introduced. The first synthesis and identification of new isotopes ^{185}Hf and ^{237}Th are reported. A plan for coming work is presented.

Key Words physics idea and technical approach, synthesis and identification, new nuclide.