

奇异反应和元素分离

Exotic Reactions and Element Separation

袁双贵/YUAN Shuang-gui, 徐岩冰/XU Yan-bing, 丁华杰/DING Hua-jie, 杨维凡/YANG Wei-fan

中国科学院近代物理研究所, 兰州 730000

Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

[摘要] 14 MeV 中子可以引起重核奇异的(n, 2p)反应。中能较轻的重离子轰击重核, 可以产生多核子转移反应, 并以此为基础形成了我们合成和研究重丰中子新核素的一条物理思想和生成、分离鉴别技术路线。介绍了化学分离和 X- γ 符合方法(元素分离方法); 先后合成了一些如 ^{185}Hf 、 ^{186}Hf 、 ^{237}Th 、 ^{238}Th 、 ^{239}Pa 、 ^{175}Er 和 ^{197}Os 等重丰中子新核素, 并测定它们的半衰期分别为 3.5 min、2.6 min、5.0 min、9.4 min、106 min、2.8 min 和 1.2 min; 还观测了它们其他的衰变性质, 如新 γ 射线和衰变纲图等。

[关键词] 奇异反应; 元素分离

[中图分类号] O571.34

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2006)09-0036-02

Abstract: 14-MeV neutrons could induce the exotic (n, 2p) reaction of heavy nuclear. The heavy ion of lighter mass with intermediate energy bombardment of heavy nucleus could produce multinuclear transfer reaction. The physics idea and technical route for production, separation, and identification in the synthesis and study of new heavy neutron-rich nuclides were formed based on the mentioned above. The radiochemical separation and X- γ coincidence methods (element separation method) are introduced. Some new heavy neutron-rich nuclides such as ^{185}Hf , ^{186}Hf , ^{237}Th , ^{238}Th , ^{239}Pa , ^{175}Er , and ^{197}Os were successively synthesized. Their half-life were determined to be 3.5 min, 2.6 min, 5.0 min, 9.4 min, 106 min, 2.8 min, and 1.2 min, respectively. And their other decay properties such as new γ rays and partial decay scheme were observed.

Key Words: exotic reaction; element separation

CLC Number: O571.34

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)09-0036-02

1 奇异反应

实验证明, 快中子能引起重核(n, 2p)的反应机制确实存在, 这为我们的新核素合成打开了门路^[1]。另外, 我们发现, 从我们的实际情况出发, 把国外使用重的中能重离子轰击较轻的靶核颠倒过来, 也是产生重丰中子新核素的有效途径^[2]。因此, 我们使用了较轻的中能重离子和快中子束流轰击重靶核(厚靶), 通过多核子转移及重靶的耗散碎裂反应和中子诱发反应, 从类靶余核中, 生成重丰中子远离核的新的奇异反应机制来产生目标核(新核素)。上述产生过程及其目标核存在如下特点: ① 反应产物反冲动能很低; ② 使用厚靶; ③ 目标核大都属于高温难熔元素; ④ 目标核的寿命估计相对较长。这 4 个特点决定了我们采用元素分离技术来实现目标核的指定, 就是说, 反应产物反冲动能很低, 加之厚靶的使用, 目标核不能够冲出靶子, 这就根本不存在利用电磁设备的可能性。即使目标核可以冲出靶子, 但其高温难熔的特点也给电

磁方法的挑选造成了困难。而我们采用的元素分离方法是在离束条件下进行的, 这就不要求目标核冲出靶子, 同时, 它不受温度的约束。

2 元素分离

2.1 化学分离方法

通常采用化学分离技术来实现元素分离, 因为化学分离方法是效率最高的分离技术之一, 其化学产额通常可以达到 60% 以上, 这对我们来讲, 是特别重要的, 因为在远离核的合成中, 产额问题是一个根本性的关键问题。当然, 化学分离过程比电磁方法慢得多, 但我们选定的目标核的寿命估计相对较长, 为完成整个化学分离流程提供了时间保证。总之, 利用放射化学分离方法, 将目标核从靶物质和大量反应产物中分离出来, 克服了分离这一重大技术困难。由于化学分离技术属于元素分离, 故与目标核同元素(即 Z 相同)的核素是没有办法分开的, 也就是说, 在分离目标核的同

时, 它们也伴随而来。因此, 就要以 γ 谱学方法对目标核进行鉴别。一般来讲, 一种未知核素的子体是已知的, 因此, 我们利用了母子体关系, 通过观测已知子体 γ 谱, 由其特征 γ 线的增长和衰变行为, 确定了 A 值, 从而就把该核素指定了下来。

作为例子, 图 1 和图 2 给出了在 ^{237}Th 的鉴别中的 2 张图。图 1 可见目标核 ^{237}Th 的子体 ^{237}Pa 的 γ 射线, 图 2 可给出 ^{237}Th 的半衰期。我们实施了上述物理思想和技术路线的指导以及相应的具体实验方案, 陆续合成了 ^{185}Hf 、 ^{186}Hf 、 ^{237}Th 、 ^{238}Th 和 ^{239}Pa 5 种重丰中子新核素, 测定它们的半衰期分别为 3.5 min、2.6 min、5.0 min、9.4 min 和 106 min, 同时获得了它们的一些衰变 γ 射线。

2.2 X- γ 符合方法

化学分离存在一个缺点, 即它属于靶破坏性方法, 因此, 做一次实验需消耗大量靶材料。在我们最近所作的新核素 ^{197}Os 的工作中, 目标核 ^{197}Os 是由 14 MeV 中子照射天然铂, 通过 $^{198}\text{Pt}(n, 2p)^{197}\text{Os}$ 反应而产生

收稿日期: 2006-03-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(10575118), 中国科学院优秀博士学位论文、院长奖获得者科研启动专项资金项目

作者简介: 袁双贵, 男, 甘肃省兰州市南昌路 509 号中国科学院近代物理研究所, 研究员, 主要研究方向为实验核物理;

E-mail: yuansg@impcas.ac.cn

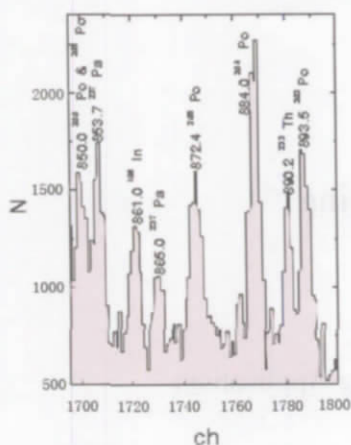


图1 测得的部分 γ 射线谱
Fig. 1 Part of the measured γ -ray spectrum

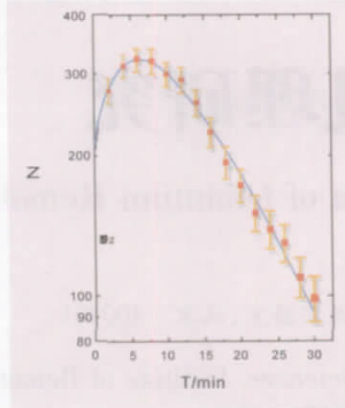


图2 853.7 keV γ 射线的生长、衰变曲线
Fig. 2 Growth and decay curve of the 853.7 keV γ ray

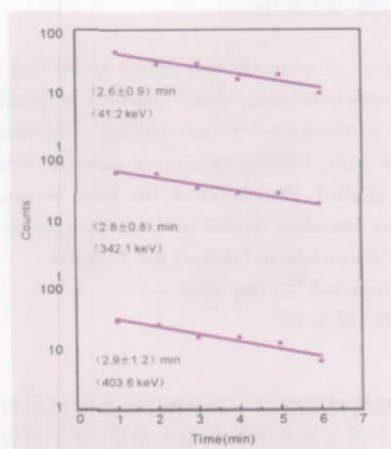


图3 测量的41.2、342.1和403.6 keV γ 射线的衰变曲线
Fig. 3 The measured decay curves of 41.2, 342.1, and 403.6 keV γ rays.

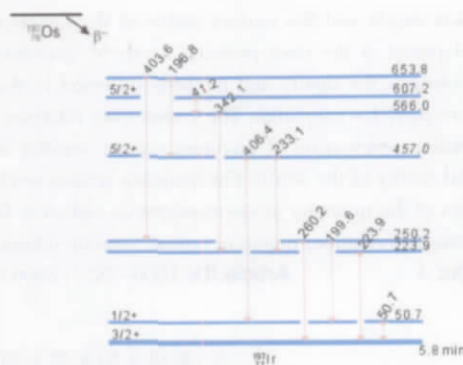


图4 建议的 ^{197}Os 的部分衰变纲图
Fig. 4 The proposed partial decay scheme of ^{197}Os

的。由于铂(即白金)十分昂贵,阻碍了化学方法的使用。所以,该工作也是利用X- γ 符合技术来进行钷元素分离的。结合 γ - γ 符合测量,获得了能量为41.2、50.7、196.8、199.6、223.9、233.1、250.2、342.1、403.6、406.4 keV的10条新 γ 射线,并指定为 ^{197}Os 的衰变,测定它的半衰期为 2.8 ± 0.6 min(图3)。根据 γ (X)- γ 符合测量,建立了一个 ^{197}Os 的部分衰变纲图(见图4)。

利用这一方法,我们还鉴别了 ^{175}Er 。不过,应当指出的是,不是所有情况都可以这么做,而是仅仅对于少数情况才可以利用这一方法。它起码要满足2个条件:①待观测样品中杂质相对不是很强,也不是很复杂,使得识别特征X射线比较容易;②目标核的衰变 γ 射线的内转换系数不是很低,以发射较多的X射线来满足X- γ 符合的需要。

3 结论

通过多核子转移及重靶的耗散碎裂反应和中子诱发(n, 2p)反应,从类靶余核中,生成重丰中子新核素的新的奇异反应机制来产生目标核。同时,使用了与上述反应机制相配套的、经济的多步快速化学分离和 γ (X)谱学方法。形成了我们合成和研究重丰中子新核素的一条物理思想和生成、分离鉴别技术路线。先后合成和研究了一些如 ^{185}Hf 、 ^{186}Hf 、 ^{237}Th 、 ^{238}Th 、 ^{239}Pa 、 ^{175}Er 和 ^{197}Os 等重丰中子新核素。

参考文献(References)

- [1] YUAN S, ZHANG T, PAN Q, et al. New neutron - rich nuclide ^{188}Hf [J]. Z Phys, 1993, A344: 355- 596.
- [2] ZHANG L, JIN G, ZHAO J, et al. Observation of the new neutron - rich nuclide ^{208}Hg [J]. Phys Rev, 1994, C49: R592- 596.

(责任编辑 胡春华)

·读者·作者·编者·

《我与科协'征文优秀作品集'出版发行



8月25日,“中国科技馆杯——我与科协”征文活动颁奖会暨《我与科协’征文优秀作品集》首发式在北京中国科技馆举行。该活动是为了配合中国科协“七大”召开而专门举办的一项全国性大型文化活动。《我与科协’征文优秀作品集》收录了包括特别奖、一等奖、二等奖和三等奖在内的全部110篇获奖征文作品,连同从其他来稿中遴选出的58篇优秀作品,共计约38万字。

中国科协领导十分重视这次征文活动,中国科协主席韩启德和中国科协名誉主席周光召分别为征文活动题词,中国科协副主席、书记处第一书记邓楠为《我与科协’征文优秀作品集》作序。本次征文活动参与者广泛,从参加科技创新大赛风华正茂的中学生,到功成名就耄耋之年的老科技工作者;从长期从事管理工作的科协机关

人员,到受惠于科技知识的农村致富带头人;从厂矿企业孜孜以求的科技发明家,到默默奉献社区科普的基层干部,涵盖了社会的各界人士,涉及到各个领域。征文作品内容真实生动,从不同的侧面反映了科协组织正越来越深入到我们社会的各个角落,促进着这个伟大时代中的国家崛起、社会经济发展与科技进步。

《我与科协’征文优秀作品集》由中国科协书记处书记宋南平主编,科学普及出版社出版,定价35.00元/册,科技导报社负责发行。欲购者请直接与我社经营部联系,优惠价30.00元/册(联系电话:010-62103114;联系人:陈超;电子邮箱:chenchao@cast.org.cn)。

(科技导报经营部 供稿)