

在 ^{20}Na β 延迟 α 衰变中观察到的新衰变道*

徐晓冀 郭俊盛 胡志强 周晓红

马瑞昌 刘洪业 李桂生 杜一飞

(中国科学院近代物理研究所, 兰州 730000)

摘 要

用高能物理研究所直线加速器提供的 35.5 MeV 质子轰击浓缩氚靶, 得到了 ^{20}Na 的 β 延迟 α 衰变谱, 在谱中 0.78 MeV 处观察到一个新峰, 由粒子鉴别、粒子能谱和寿命测量确信, 它是来自 ^{20}Na 的 β 延迟 α 衰变中首次被观察到的低能 α 衰变道。

^{20}Na 是天体物理研究中引人注目的核, 它正好处于热 CNO 链突发过程的主要路径上, 与快质子(γ, p)过程紧密相关^[1], 因此, 详细地研究 ^{20}Na 的衰变性质有着重要的意义。

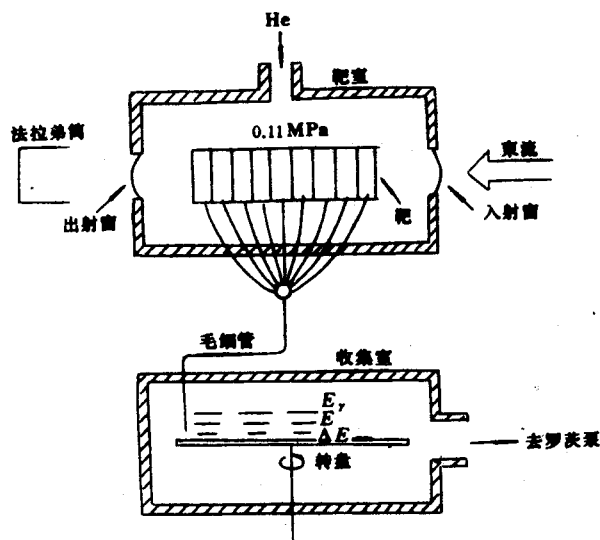


图1 氦喷嘴实验装置

六十年代以来, 国外对 ^{20}Na 的衰变就进行过多次研究, 1964年 Marcfarlane 和 Siivola

* 中国科学院八·五重大项目子课题, 国家自然科学基金资助。

本文 1993 年 3 月 1 日收到。

首次精确地测定了 ^{20}Na 的 β 延迟 α 衰变^[3],1967年Sunier对 ^{20}Na 的 β 、 γ 衰变进行了研究,并结合其 β 延迟 α 衰变,提出了 ^{20}Na 的衰变纲图^[3];Pearson等人^[4]还预言可能存在着低能(能量低于1MeV) β 延迟 α 衰变道.1973年Torgerson等人为考察 β 衰变中质量为20的核的多重态镜对称,对 ^{20}Na 的衰变进行了较详尽的研究^[5],精确测定了其 β 延迟 α 能量及分支比,并发现了几组新的 β 延迟 α 衰变.虽然八十年代直至1992年对 ^{20}Na 衰变的研究一直在开展着^[1],Pearson预言的 β 延迟低能 α 衰变却一直未能在实验上观察到.在 ^{20}Na 衰变纲图上也只给出了可能的 β^+ 衰变分支比的上限($<0.5\%$).

本实验是在北京中国科学院高能物理研究所直线加速器上进行的.用35.5MeV质子轰击浓缩氖靶(纯度为99.99%),将氖与传输气体氦相混合作为气体靶,由改变氖对氦的体积流比率来控制氖靶的质量厚度,采用氦喷嘴-转盘系统(He-jet)来收集和探测核反应中产生的放射性核(图1).其工作原理是:核反应产物从靶中反冲出来,在一个多大气压的氦中慢化并经毛细管快速传输到收集室.在那里,产物核从毛细管中喷射出来并贴

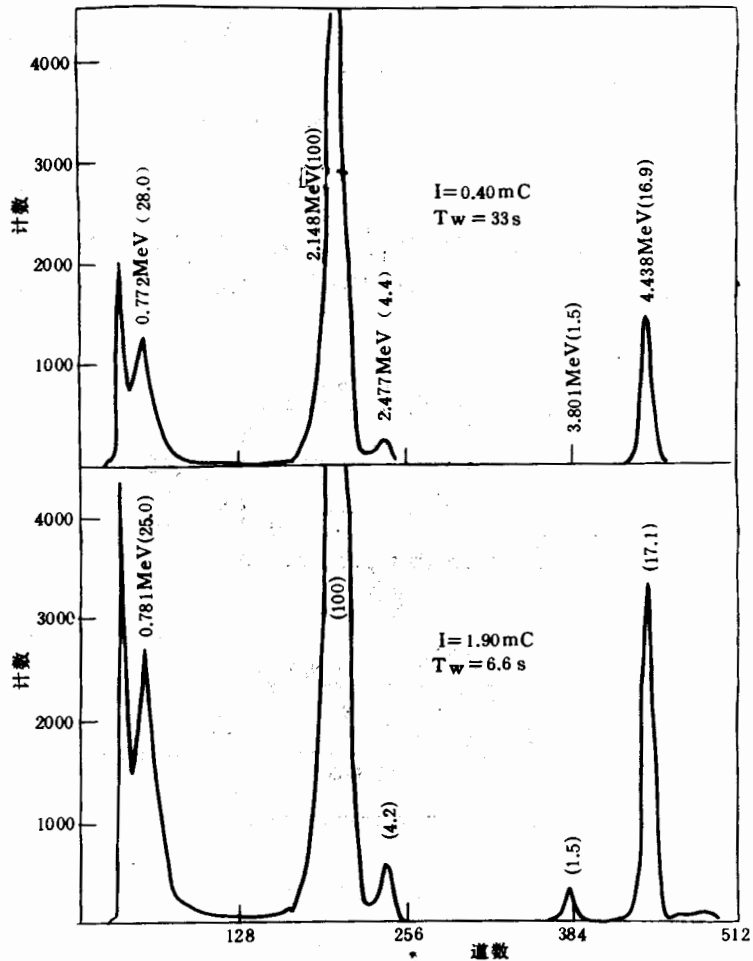


图2 在 $p+^{20}\text{Na}$ 反应中观察到的 α 谱峰能量后面的数字是强度比
 I :积分束流,单位:mC T_w :转盘的转动周期,单位:s

在收集盘上,形成了一个放射源,随着盘的转动,放射源轮流经过 3 个粒子望远镜而被探测,由粒子鉴别技术和衰变测量,可得粒子种类、粒子能谱和先驱核半衰期.本实验中,用薄的金硅面垒单 E 探测器(26μm)和金硅面垒探测器望远镜两种方法进行了测量,望远镜由 ΔE(7μm)、E(166μm)和 E_r(250μm)3 个探测器组成,E_r 为排斥探测器,用作反符合以除去测量中的 β⁺ 本底.以 3μA 的平均质子流强,轰击靶约 20 小时.为了测量先驱核寿命,并判断是否存在不同寿命的其它核,改变收集盘转速,得到了对应于不同转速的 6 个粒子谱.由粒子鉴别确信谱中所有的峰都来自 α 衰变.图 2 展示了其中的两个谱,由谱可见,确定无疑地出现了²⁰Na 的 β 延迟 α 峰.对²⁰Na 的指定是基于谱中的能量、各峰的强度比和先驱核寿命以及反应道的分析.所测量到的各峰能量、强度比和先驱核半衰期与文献[5]报道的结果很一致.有意义的是,注意到在谱中 0.78MeV 处发现了一个新 α 峰,通过多次的变换实验条件测量和以后的数据处理分析,我们相信,该 0.78MeV α 峰是理论预言而过去未被观察到的属于²⁰Na 的 β 延迟低能 α 衰变,即²⁰Na 的一个新的 β 延迟 α 衰变道.该指定的根据是:(1)对应于不同的收集盘转速,不但未观察到与图 2 不同的 α 峰,且该 0.78MeV α 峰对²⁰Na 最强的 β 延迟 α 峰(2.148MeV)的强度比基本保持不变(其中比率的小量涨落主要来自扣除本底带来的误差),这意味着新峰的半衰期和²⁰Na 的半衰期相同;

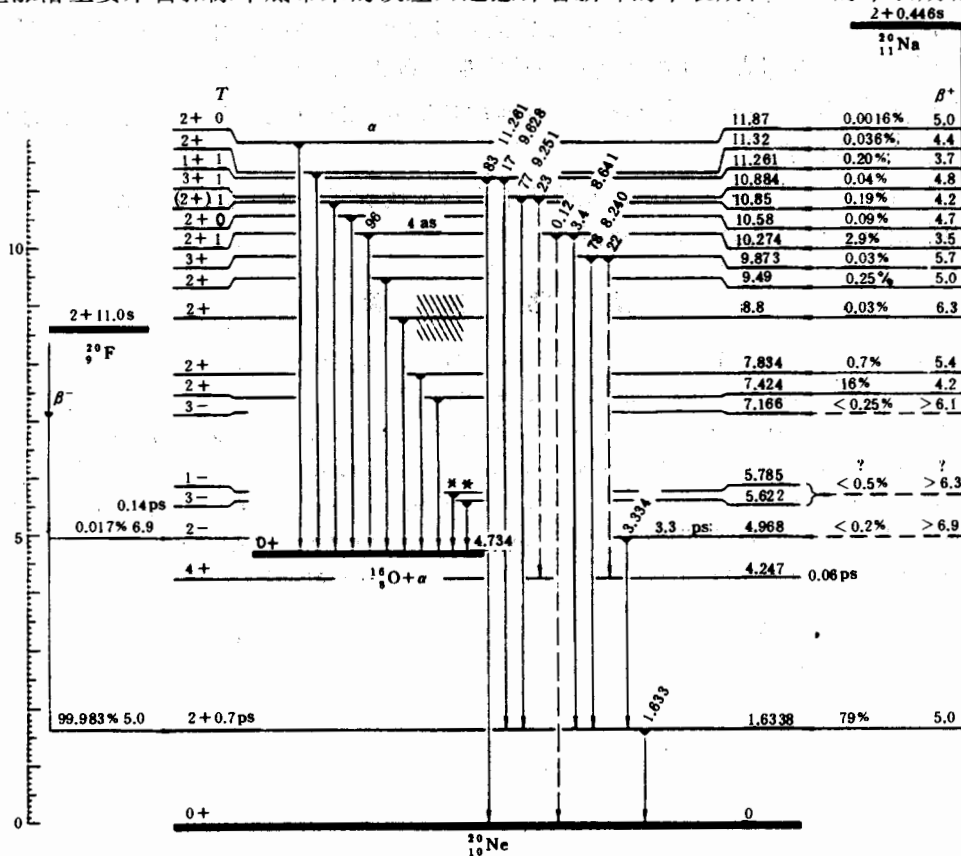


图 3 ²⁰Na 的 β 延迟 α 衰变纲图

(2)0.78MeV峰所对应的 α 衰变能(0.975MeV)正好与 ^{20}Na 的 β^+ 衰变子核 ^{20}Ne 的两激发态(5.785MeV和5.622MeV)与 ^{16}O 基态(4.734MeV)能量差的平均值(0.970MeV)相当(见图3);(3)0.78MeV的新衰变道遵守角动量和宇称守恒律($1^- \rightarrow 0^+$, $3^- \rightarrow 0^+$);(4).根据对所有可能的反应道分析,超过反应阈能而又产生 β^+ 延迟 α 衰变的先驱核只有 ^{20}Na .基于同位素表^[6]中 ^{20}Na 的衰变纲图,我们提出了 ^{20}Na 的 β 延迟 α 衰变纲图如图3,其中 β^+ 衰变的分支比及 $\log ft$ 值暂采用原值.

应该指出,根据已知的 ^{20}Na 的激发态能级(见图3),并考虑到探测器的能量分辨不够好,该0.78MeV峰(其半宽度比最强和次强峰更宽)可能是未分辨开的两个峰,它们分别对应于 ^{20}Ne 的5.785MeV和5.622MeV两激发态到 ^{16}O 基态的 α 跃迁.为什么国外早期预言到的低能 α 衰变在以后实验上却一直未观察到?推测其原因,可能是由于他们使用了较厚的(200 μm)金硅面垒(Si(Au))探测器而在谱的低能端产生很强的 β^+ 连续本底所致.该 β^+ 连续本底来源于 β^+ 粒子在Si(Au)探测器中多次碰撞,每次碰撞损失能量基本上是常数而与原始能量无关,探测器越厚碰撞次数越多,损失能量就越多.实验证明^[7],在13.9 μm Si(Au)探测器中 β^+ 最大沉积能量约为15KeV,而在100 μm Si(Au)探测器中 β^+ 最大沉积能量可达1MeV.本次实验中我们使用了薄探测器,使我们有可能观察到低能 α 衰变.综上所述,本工作是对 $^{20}\text{Na}\beta^+$ 延迟低能 α 衰变的首次观察,图3所示 $^{20}\text{Na}\beta^+$ 延迟 α 衰变纲图中,打*者即表示在本次实验中首次观察到的 ^{20}Na 的 β^+ 延迟 α 衰变.

如前所述,对于 ^{20}Na 衰变的观察具有理论和实际上的意义,本结果将在改进的实验条件下做进一步检验.

作者对中国科学院高能物理研究所质子直线加速器室全体同志高效率地提供束流和实验中自始至终极好地合作表示感谢.

参 考 文 献

- [1] S. Kubono, N. Ikeda and Y. Funatsu et al., *Physical Review*, **C46**(1992),361.
- [2] R. D. Macfarlane and A. Siivola, *Nucl. Phys.*, **59**(1964).
- [3] J. W. Sunier, Anthony J. Armini and R. M. Polichar et al., *Physical Review*, **163**(1967),1091.
- [4] J. D. Pearson, E. Almqvist and J. A. Kuehner, *Can. J. Phys.*, **42**(1964)489.
- [5] D. F. Torgerson, K. Wien and Y. Fares et al., *Physical Review*, **C8**(1973),161.
- [6] Table of Isotopes, Seventh Edition edited by C. Michael Lederer and Virginia S. Shirley, 1978.
- [7] J. Honkanen, M. Kortelahti and K. Valli et al., *Nuclear Physics*, **A330**(1979),429.

A New Decay Channel Discovered in the β -Delayed α Decay of ^{20}Na

XU XIAOJI GUO JUNSHENG HU ZHIQIANG ZHOU XIAOHONG

MA RUICHANG LIU HONGYE LI GUISHENG DU YIFEI

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

ABSTRACT

The enriched neon was bombarded by 35.5 MeV protons from linear accelerator at Institute of High Energy Physics. The spectra of beta delayed alpha decay of ^{20}Na were obtained. A new peak at 0.78 MeV was observed in the spectra. From the particle identification, particle spectra and the life time measurement it was believed that the peak at 0.78 MeV was from low energy alpha decay channel first observed in the beta delayed alpha decay of ^{20}Na .