

通过 α 关联链鉴别 ^{222}U 和 ^{221}Pa

R. Hingmann等

在我们的裂变研究过程中，通过 α 衰变链鉴别新的同位素 ^{222}U ($T_{1/2} = 1\mu\text{s}$) 和 ^{221}Pa ($T_{1/2} = 6.1\mu\text{s}$) 是可能的。这样的测量可以作为一个例子来说明借助于速度过滤器SHIP观察极短寿命的蒸发余核的可能性。

在GSI的直线加速器上，用速度过滤器SHIP将融合产物与主束分离。在速度选择器后面，蒸发余核被注入到面垒探测器中。为了得到后继 α 衰变的干净谱，在硅探测器和安装在它前面的次级电子透射探测器之间构成反符合条件，用以抑制由反应产物或散射的入射粒子所产生的脉冲。因为蒸发余核被注入到接近于探测器的表面，面垒探测器对 α 衰变的探测效率接近50%。

在能量为 4.5MeV/u 时的 ^{187}W (^{40}Ar , $4n$) ^{222}U 反应中，我们观察到属于新同位素产生的总共三个 α 级联。一个这样的级联导致已知的 ^{214}Ra 的衰变，如图1所示。它是由出现一个蒸发余核，在 $2.8\mu\text{s}$ 后跟着一次能量为 12.08MeV 的 α 衰变所组成的。所观察到的 α 能量被解释为 ^{222}U 和短寿命子体 ^{218}Th ($T_{1/2} = 122\text{ns}$) 的 α 衰变的重叠。其依据是 α 粒子的一个或两者在沉积它们的全部能量

前离开了探测器。在 1.6 秒后观察到一个 7.16MeV 的 α 衰变，它被指定为 ^{214}Ra 。在两个事件之间的关联是肯定的。因为 ^{214}Ra 的衰变率非常低：在 9 小时的测量时间内，观察到的 ^{214}Ra 衰变的总数仅有 12 个。用最大可能性方法，从探测到 3 次 ^{222}U 衰变得出半衰期

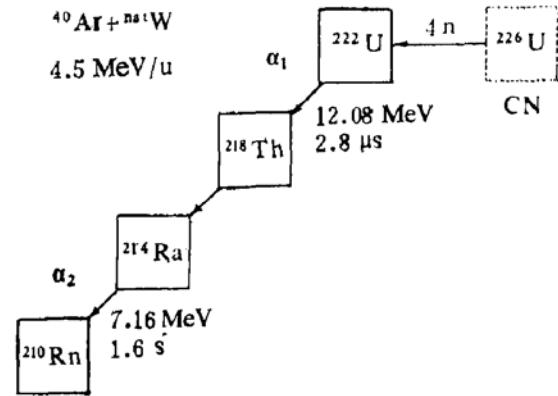


图1 ^{222}U 的鉴别： α 衰变序列的一个例子。图中标出了观察到的 α 衰变的能量及它们之间的时间间隔。

为 $(1.0 \pm 1.2) \mu\text{s}$ 。

在能量为 4.72MeV/u 时的 ^{189}W (^{40}Ar , $4n$) ^{221}Pa 反应中记录到另一个 α 衰变链。图2是从新同位素 ^{221}Pa 开始的一个 α 衰变序列的例子。它从蒸发余核的注入开始，在 14.9

系统。新探测器技术研究组估计，其限度为 $10^{32} - 10^{34}\text{cm}^{-2}\text{sec}^{-1}$ 。主要的探测器类型有，测量飞行中的衰变事件，用空间分辨很好的顶点探测器，分析喷嘴，用精确分置的强子热量计，以及其他鉴别粒子的新装置。

能量—亮度的问题，对于未来的粒子实验设备的选择，也是有影响的。轻子对撞机，事件的截面对总截面之比很高，这就可以做更干净的实验和更精确地实验，不过要

达到强子对撞机所使用的高能，轻子对撞机受一定限制。在经费方面，质子—质子对撞机的建造费用，随着能量的增加而急剧增长；反质子—质子对撞束的加速器，可减少费用，然而要损失亮度。无论怎样，机械结构—相互作用次数，添加更多的环—可能在这种或另一种调整方式中来改动。

(张毓亭译自 Phys. today, 1983, No1, 冉启惠校)

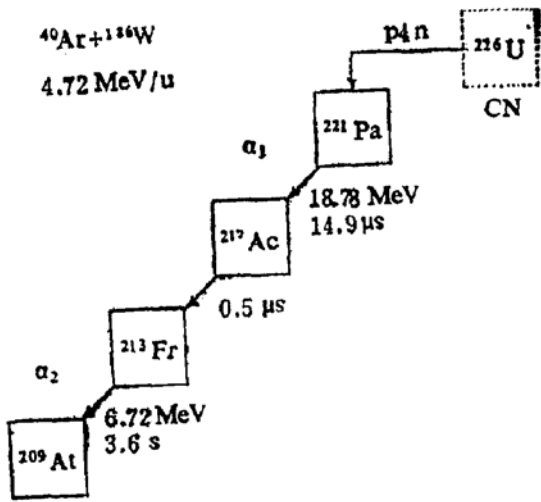


图2 ^{221}Pa 的鉴别: 导致已知的 ^{213}Fr 衰变的 α 衰变链。图中标出观察到 α 衰变的能量及它们之间的时间间隔。

μs 后接着发生一次 α 衰变。在延迟 $0.5\mu\text{s}$ 后发生另一次 α 衰变。然而,它的能量信号不能与蒸发余核的先导衰变分开。我们把这些事件解释为 ^{221}Pa 和短寿命子体 ^{217}Ac ($T_{1/2} = 110\text{ns}$)的衰变。总的观察到的衰变能是 18.78MeV 。在 3.6s 后,能量为 6.72MeV 的一次 α 衰变被探测到,它是属于 ^{213}Fr 的。总共6个 α 级联可以被指定为 ^{221}Pa 。从测量的衰变时间的估算得出这个同位素的半衰期为 $(6.1 \pm 0.7)\mu\text{s}$ 。 ^{221}Pa 的 α 能量不可能精密地被确定,因为不能肯定 18.78MeV 沉积能量是不是 ^{221}Pa 和 ^{217}Ac α 衰变的和。但是,因为 ^{217}Ac 的基态 α 衰变的能量已知是 9.65MeV 。它可以给出 ^{221}Pa 的 α 衰变的 9.13MeV 的下限。

我们的数据没有包含关于 ^{222}U 的 α 能量的信息。Liran和Zeldes的质量表和Viola等人的系统性预言 $E_\alpha = 9.21\text{MeV}$ 。如果用这一值来计算半衰期并假定约化宽度 $W_\alpha = 1$ 的S波发射,我们得到 $T_{1/2} = 13\mu\text{s}$ 。这与测量值 $1\mu\text{s}$ 是矛盾的。因为 ^{222}U 是一个偶偶核,计算有较好的近似性。因此我们假定质量表估算的 E_α 值偏低。测得的半衰期相应于 α 能量为 9.66MeV 。在 ^{221}Pa 的情况下,可以得出 $E_\alpha \geq 9.13\text{MeV}$ 的下限。而Liran和Zeldes的预言是 8.99MeV , Viola等人的预言是 9.02MeV 。这些值比测量的下限大约低 0.1MeV 。在 $E_\alpha = 9.2\text{MeV}$ 能量下的半衰期计算再现了测量半衰期。但是这一值不是非常肯定的。因为 ^{221}Pa 是一个奇偶核,角动量差会阻碍 α 衰变。而且,对较重的Pa同位素的 α 衰变数据了解得尚不完全。在 $N = 133$ 附近的Pa同位素有存在来自同质异能态的 α 衰变的迹象。因此是否所有测量到的 α 能量均属于基态衰变,尚不能肯定。

速度过滤器SHIP有小于 $2\mu\text{s}$ 的分离时间,是一种非常快的分离器。可是,因为 ^{222}U 和 ^{221}Pa 的半衰期正好也是这么短,所以在通过速度过滤器的飞行期间的衰变损失是不可避免的。另外,在核素图的这一区域中的蒸发剩余核的产生截面极低。这是因为它们受到复核系统高的可裂变性的限制。因此本测量达到了我们实验装置的极限。

[孙锡军译自Z. Phys. A, 313(1983)
141]

(上接49页)

参 考 文 献

1. 张维成 核物理动态(内部刊物) 3, 31 (1983)
2. 张维成 分析化学(排印中)
3. 龙敖等 环境科学 2, 39(1978)
4. J. R. Meginley et al., J. Radioanal. Chem. 37, 275(1977)

5. C. V. Barros et al., Ibid 53, 173 (1979)
6. C. Friedli et al., Ibid 54, 281 (1979)
7. B. D. Lass et al., Ibid 57, 481 (1980)
8. Ibid 60, 255 (1980)
9. J. F. OJO et al., Ibid 60, 261 (1980)
10. E. A. Schweibert, Ibid 64, 195 (1981)
11. C. Friedli et al., Ibid 64, 239 (1981)
12. B. D. Lass et al., Ibid 70, 251 (1982)