

一个 14.6 AGeV 氧原子核碎裂为四个 氦核事例的观测及其机制解释

翁智群 夏佑林 梁 涿

(湖南教育学院物理系, 长沙)

摘 要

本文报道了在 14.6 AGeV 的氧原子核轰击的核乳胶叠中, 观察到一个相对论性氧原子核碎裂为四个氦原子核的四分裂事例, 并对它进行了测量. 对碎裂的机制进行了解释, 认为这一事例为氧原子核的集团模型提供了直接的实验证据.

最近, 我们利用 EMU-01 合作组提供的、由美国布鲁克海文国家实验室的加速器产生的、能量为 14.6 AGeV 的氧原子核轰击的核乳胶叠^[1]来研究相对论性氧原子核在核乳胶中的碎裂现象. 观察仪器选用重光 XSJ-1 型显微镜, 乳胶片片号为 10-17. 在扫描中我们观测了 275 颗作用星, 发现了一个相对论性氧原子核的碎裂事例, 解释为由于电磁作用而引起的库仑激发所产生的氧原子核的四分裂现象, 其出现几率约为作用量的 $3.6 \cdot 10^{-3}$. 本文报道这个事例的测量结果, 并对碎裂的机制进行了解释.

氧原子核以水平方向射入 $10 \times 10 \text{ cm}^2 \times 2 \text{ cm}$ 的乳胶叠, 乳胶叠由苏制 НИКФИ-БР 型乳胶制成, 每层乳胶膜的厚度是 $600 \mu\text{m}$. 照射的氧原子核通量为 $1.7 \times 10^3 / \text{cm}^2$, 被照射的乳胶叠经显影处理后, 由 EMU-01 合作组提供扫描分析.

事例的照片如图 1, 放大倍数为 1500, 为清楚起见, 分别在 a (作用点前后), b (离作用点 0.04 cm)、c (离作用点 0.06 cm)、d (离作用点 0.16 cm) 处, 各截取长度约 $40 \mu\text{m}$ 的一段径迹, 它们表示整个连续径迹上的四个片断. 事例的素描图见图 2. 粗线代表入射的氧核径迹, 三条细实线 1、2、3 代表在同一聚焦平面的三个 α 粒子径迹, 细虚线 4 代表不

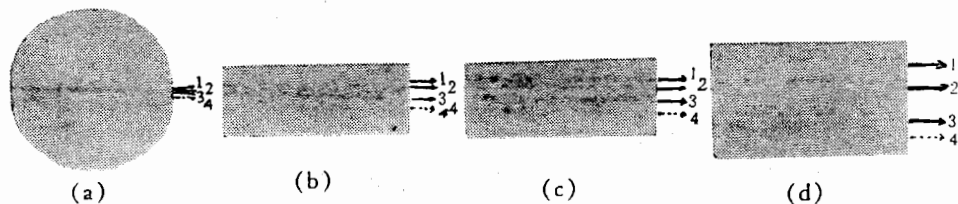


图 1 事例的照片



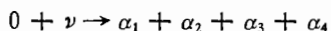
图2 事例的素描图

共面的另一个 α 粒子径迹。氧原子核从左边进入,约在A点处碎裂为四个 α 粒子,仔细观察表明,在A点前后,没有其它 α 粒子径迹的本底,事例中无靶核碎裂或蒸发的粗径迹,即 $N_b = 0$,也无灰径迹,即 $N_g = 0$,开始时,四个 α 粒子重迭在一起,约经过0.03cm后开始缓缓分开,作用点不清晰,其中三个 α 粒子共面,第四个 α 粒子距平面很近但不共面,发射角测量值见表1。根据各个粒子沿径迹多次测量的数据表明:四个氧核的碎片 α_1 、 α_2 、 α_3 和 α_4 从A点飞出后,集中向前一直穿出乳胶片,我们用测量 δ 电子密度和颗粒密度的方法进行鉴别,在作用点A前径迹的 δ 电子密度为 $(6.90 \pm 0.30)/100\mu\text{m}$,作用后4个核碎片径迹的总的 δ 电子密度为 $(1.60 \pm 0.20)/100\mu\text{m}$,在误差范围内,作用前径迹的 δ 电子密度是作用后径迹的 δ 电子密度的四倍,因而确认入射粒子是氧径迹,作用后的这四个碎片为氦原子核。对四个核碎片1、2、3、4各在径迹上取 $400\mu\text{m}$ 距离测定颗粒密度,在测量误差之内均为最小电离值(最小电离值 $I_{\min} = (18.0 \pm 2.0)/100\mu\text{m}$)的四倍,证实它们都是 α 粒子,测量结果见表1。

表1

次级 α 粒子	电离度(颗粒/100 μm)	发射角(rad)
1	72.0 ± 2.12	$(4.50 \pm 0.05) \cdot 10^{-3}$
2	71.3 ± 2.11	$(2.50 \pm 0.05) \cdot 10^{-3}$
3	71.3 ± 2.11	$(0.50 \pm 0.05) \cdot 10^{-3}$
4	72.0 ± 2.12	$(1.00 \pm 0.05) \cdot 10^{-3}$

我们认为:这个事例为相对论性氧原子核的四分裂事例,即



即相对论性氧原子核在电磁场作用下吸收一个光子,分解为末态有 α_1 、 α_2 、 α_3 、 α_4 共4个 α 粒子。

以上结果可用氧原子核的集团模型和原子核的电磁分解现象来解释。原子核的集团模型认为核内存在核子团的结构,它起源于惠勒的“共振群结构”^[2],一般形式下的共振群结构是十分复杂的,而固定由两个质子和两个中子组成的 α 集团是原子核共振群结构中比较简单的一个特例。 α 粒子模型假定在原子核内部存在一些单个独立的 α 粒子,它们好象晶体内的原子那样,在其平衡位置附近振动,如在 ^{16}O 原子核中,有4个 α 粒子,它们在一个四面体的四个顶点附近作振动,其中每个 α 粒子本身结构稳定,而氧原子核内各个 α 粒子间只有很松的联系。当入射“炮弹” ^{16}O 原子核轰击乳胶叠时,由于氧核和靶核都带正电,当两者靠近时,首先受到静电排斥力的作用,因而有可能引起氧核的库仑激发而产生电磁分解,氧核吸收光子而碎裂成四个 α 粒子,分开向前飞行的四分裂现象。由于靶核在此过程中接受的能量小,故在反应中不发生靶核的碎裂和蒸发,且由于氧原子核是在与靶核间的相互作用距离较远的情况下发生的碎裂,与靶核能动能量转换小,四个 α 粒子的

横向动量小, 却以较高纵动量向前运动, 因而作用点不清晰, 四条 α 粒子径迹也必然是缓缓分开的。

以上结果为氧原子核的集团模型提供了直接的实验证据。

对 EMU-01 合作组提供乳胶叠表示感谢, 孙君芬教授和中科院高能所唐孝威教授、郑蒲英教授给予作者耐心指导和帮助, 谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] EMU01 collaboration Cosmic and Subatomic Physics Report LUIP 8704, LUND (1987).
- [2] J. A. Wheeler, *Phys.*, 52(1937), 1083, 1107.

OBSERVATION AND MEASUREMENT OF AN EVENT OF A 14.6 AGeV OXYGEN NUCLEUS INTO FOUR HELIUM NUCLEI AND EXPLANATION OF THE MECHANISM

WENG ZHIQUN XIA YOULIN LIANG LU

(Department of Physics, Hunan Educational Institute, Changsha)

ABSTRACT

A nuclear emulsion stack bombarded by 14.6AGeV oxygen nuclei has been analyzed. The measurement of an event of a 14.6AGeV oxygen nucleus into four helium nuclei has been performed. The mechanism of the fragmentation processes has been discussed. The event provides a direct experimental evidence for the cluster model of the oxygen nuclei.