

# 12A GeV $\alpha$ 粒子与乳胶相互作用多重数研究\*

张东海 罗世彬

(山西师范大学物理系, 临汾 041004)

## 摘 要

本文报告了 12A GeV  $\alpha$  粒子与乳胶作用次级粒子多重数分布以及簇射粒子与重电离粒子之间的关联, 得出随着簇射粒子数的增加, 重电离粒子平均多重数也随着增加。

## 一、引 言

自从在 Berkeley 和 Dubna 加速出相对论性重离子束流以来, 人们对相对论性核-核作用的各个方面进行研究。通过对核-核作用的研究, 可以帮助我们完善强子-强子和强子-核作用中的多粒子产生模型, 得到核集体作用<sup>[1,2]</sup>的信息以及在极端条件下核物质的行为<sup>[3,4]</sup>。

从核几何观点出发, 相对论性核-核作用的特性依赖于碰撞参数  $b$ , 相互作用的类型可以由碰撞参数  $b$  的大小来确定。  $b \simeq (R_P + R_T)$  对应于边缘碰撞;  $b < |R_T - R_P|$  则对应于中心碰撞,  $R_P$  和  $R_T$  分别为射弹核和靶核的半径。在边缘碰撞中, 互相碰撞的两核相互分离。碰撞的两核仅有较小的动量转移, 使得两核或其中之一变成碎片。发射出的碎片的特性由碎裂核内核子的费米动量分布决定<sup>[5]</sup>。射弹碎片沿原射弹方向以很小的角度飞出, 而靶核碎片在实验室系下几乎是各向同性分布的。中心碰撞一般以没有重射弹碎片为标志。

本文我们给出 12A GeV  $\alpha$  粒子与乳胶作用次级粒子多重数分布和它们之间的关联。

## 二、实验简介

体积为  $10 \times 7.5 \times 0.06 \text{cm}^3$  的 Ilford G5 乳胶片在 CERN PS 加速器上被 12A GeV 的  $\alpha$  粒子束流照射, 束流强度为  $2 \times 10^5 \text{cm}^{-2}$ 。由于束流强度较高, 扫描是按“沿面积扫描”的方法进行。我们利用重光 SXJ-1 型生物显微镜在 10 倍物镜镜头下先进行作用事例扫描, 然后在 100 倍浸油镜头下进行各种次级粒子的测量。根据次级粒子的颗粒密度我们把它分成两大类。

本文 1991 年 6 月 11 日收到。

\* 山西省自然科学基金资助。

1). 簇射粒子  $N_s$ , 是速度  $\beta \geq 0.7$  的单电荷粒子, 主要是  $\pi$  介子(约占 90%)和一些快质子。相对电离为  $g/g_0 < 1.4$ , 这里  $g_0$  是坪电离。

2). 重电离粒子  $N_h$ , 为靶核碎片及一些低能  $\pi$  介子( $E_\pi < 60\text{MeV}$ ), 相对电离  $g/g_0 > 1.4$ 。重电离粒子为黑粒子  $N_b$  和灰粒子  $N_g$  的总称,  $N_h = N_b + N_g$ 。灰粒子  $N_g$  是速度为  $0.3 \leq \beta < 0.7$ , 射程  $L \geq 3\text{mm}$  的粒子, 而黑粒子的速度为  $\beta < 0.3$ , 射程  $L < 3\text{mm}$ 。

### 三、实验结果及分析

我们共分析测量了 742 个  $\alpha$  粒子作用事例, 根据重电离粒子  $N_h$  (靶核大小的特征量) 的大小, 把相互作用事例分成三大类: 1).  $N_h \leq 1$  的事例, 由射弹粒子与氢靶(H)碰撞和射弹粒子与部分靶核的边缘碰撞组成, 本文不考虑这一类型的事例。 2).  $1 < N_h \leq 8$  的事例, 是由射弹  $\alpha$  粒子与乳胶中的轻核(C, N, O)作用及部分与重核(Ag Br)边缘碰撞组成。 3).  $N_h > 8$  的事例, 是由  $\alpha$  粒子与重核(Ag Br)作用组成。 由  $N_h > 1$  的 742 个  $\alpha$  粒子与乳胶作用事例(不包括中心事例  $N_h \geq 35$ , 约占 3%) 得出簇射粒子  $N_s$  和重电离粒子  $N_h$  的平均多重数分别为  $\langle N_s \rangle = 8.88 \pm 0.17$ ,  $\langle N_h \rangle = 10.01 \pm 0.13$ 。图 1、图 2 分别给出簇射粒子  $N_s$  及重电离粒子  $N_h$  的多重数分布。在图 1 中我们还给出能量为 4.5A GeV 的  $\alpha$  粒子与乳胶作用的  $N_s$  分布<sup>[6]</sup>, 由图我们看出, 随着能量的增加, 簇射粒子多重数分布的峰值向  $N_s$  增加的方向移动, 分布变宽。由于扫描是在 10 倍物镜镜头下按沿面积扫描方法进行, 这样有部分低多重数事例的丢失。特别是  $N_h$  较小的事例, 这一点可以从  $N_h$  多重数分布明显看出, 在  $N_h$  较小时事例数偏低。

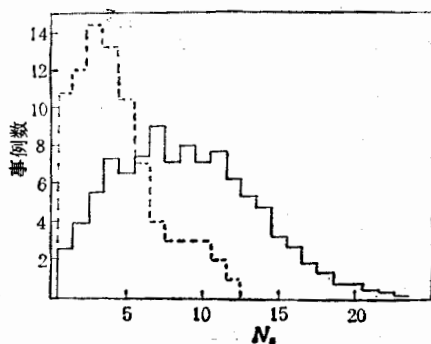


图 1 簇射粒子  $N_s$  多重数分布  
--- 4.5A GeV, — 12A GeV

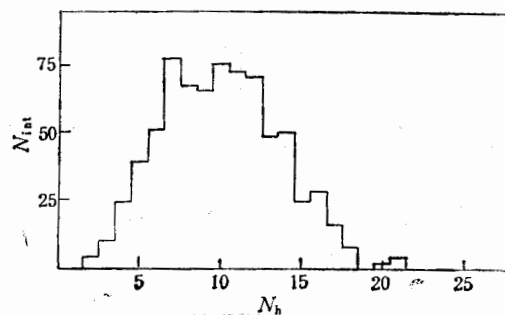


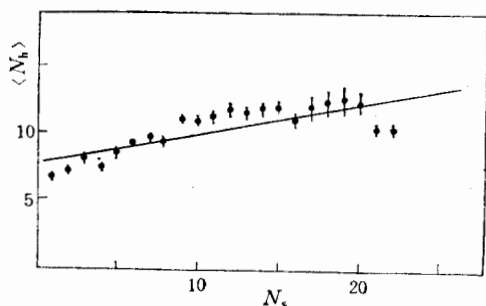
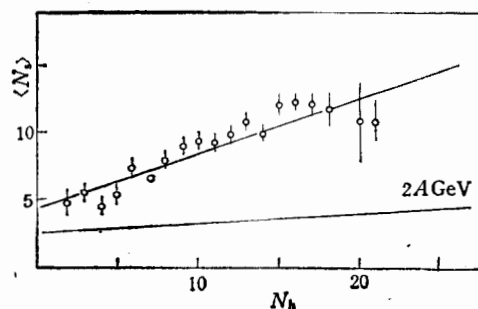
图 2 重电离粒子  $N_h$  多重数分布

图 3 给出重电离粒子平均多重数随簇射粒子  $N_s$  的变化曲线。由图看出, 随着  $N_s$  的增加,  $\langle N_h \rangle$  也线性地增加, 由最小二乘法拟合实验数据得出经验公式为:

$$\langle N_h \rangle = 7.71 + 0.23N_s$$

图 4 给出  $\alpha$  粒子与乳胶作用簇射粒子平均值  $\langle N_s \rangle$  随重电离粒子的变化曲线。由图知, 随着重电离粒子数  $N_h$  的增加, 簇射粒子平均值  $\langle N_s \rangle$  也随之增加。由最小二乘法拟合得:

$$\langle N_s \rangle = 0.41N_h + 4.45$$

图3  $\langle N_s \rangle$  随  $N_h$  的变化曲线图4  $\langle N_s \rangle$  随  $N_h$  的变化曲线

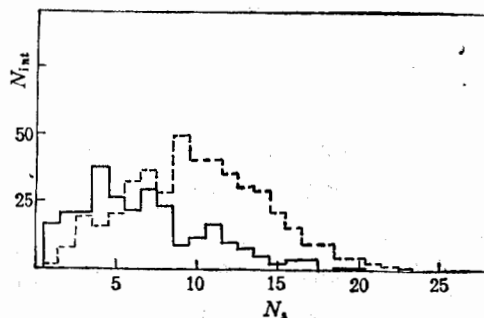
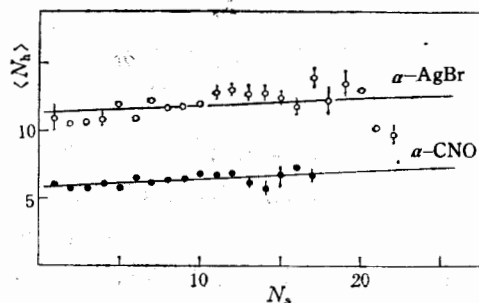
在图中我们还给出  $2A \text{ GeV}$  的  $\alpha$  粒子与乳胶作用  $\langle N_s \rangle$  随  $N_h$  的变化曲线, 由图可以看出, 随着  $N_h$  的增加,  $\langle N_s \rangle$  也随之缓慢地增加。随着入射  $\alpha$  粒子能量的增加,  $\langle N_s \rangle$  随  $N_h$  变化的幅度增加。从碰撞几何考虑, 随着重电离粒子数  $N_h$  的增加, 靶核质量平均增加, 则碰撞参数  $b = |R_T - R_P|$  随之减小, 即参加反应的核子数(反应体)增加, 所以簇射粒子数平均增加。

在 742 个  $\alpha$ -Em 作用事例中, 由  $1 < N_h \leq 8$  及  $N_h > 8$  判断条件, 得到 274 个  $\alpha$  粒子与轻核(C, N, O)作用事例和 468 个  $\alpha$  粒子与重核(AgBr)作用事例。  $\alpha$  粒子与轻核作用与与重核作用的簇射粒子和重电离粒子平均多重数分别如表 1 所列。随着靶核质量的增加, 簇射粒子平均值  $\langle N_s \rangle$  也随之增加。

表 1  $\alpha$  粒子与 AgBr 及 C, N, O 作用平均多重数实验结果

	轻核 (C,N,O)	重核 (AgBr)
$N_{int}$	274	468
$\langle N_s \rangle$	$6.75 \pm 0.25$	$10.12 \pm 0.20$
$\langle N_h \rangle$	$6.30 \pm 0.09$	$12.19 \pm 0.12$

图 5 给出  $\alpha$  粒子与轻核(C,N,O)和重核(AgBr)作用簇射粒子  $N_s$  多重数分布。由图看出, 随着靶核质量的增加, 簇射粒子多重数分布的峰值向  $N_s$  增加的方向移动, 分布变宽。

图 5  $\alpha$  粒子与乳胶作用  $N_s$  多重数分布  
——  $\alpha$ -CNO, ----  $\alpha$ -AgBr图 6  $\alpha$  粒子与 C, N, O 及 AgBr 作用  
 $\langle N_s \rangle$  随  $N_h$  的变化曲线

在图 6 中, 我们给出  $\alpha$  粒子与 C、N、O 及 AgBr 作用重电离粒子平均多重数  $\langle N_h \rangle$  随簇射粒子  $N_s$  的变化曲线。由图知, 随着  $N_s$  的增加, 不论对于重核还是轻核,  $\langle N_h \rangle$  均缓慢地增加。这说明不论对于重核还是轻核,  $\langle N_h \rangle$  与  $N_s$  之间的关联均遵从相同的规律, 只是对于重核, 对  $\langle N_h \rangle$  贡献的有效核子数增加而已。

#### 四、结 论

我们分析了 742 个  $N_h > 1$  的  $\alpha$ -Em 作用事例, 得到簇射粒子与重电离粒子的多重数分布。对于  $\alpha$  粒子和轻靶及重靶作用重电离粒子  $N_h$  和簇射粒子  $N_s$  之间的关联分别进行讨论, 得出  $\langle N_h \rangle$  随  $N_s$  的增加而缓慢地增加。同样  $\alpha$ -Em 作用重电离粒子平均值  $\langle N_h \rangle$  也随  $N_s$  的增加而增加。

从核几何观点出发, 碰撞参数  $b$  的大小决定着参加反应的核子数多少, 即反应体的大小。反映到次级粒子, 则  $b$  的大小决定着簇射粒子的产额。对于同样的靶核, 碰撞参数  $b$  减小, 参加反应核子数增多, 簇射粒子数增加, 核-核作用愈强烈, 靶核旁观体更易碎裂成碎片, 则平均地讲, 靶核碎片数目增加。从另一方面讲, 对于不同靶核, 簇射粒子数增加, 反应体的大小增加, 即碰撞参数  $b$  减小, 则由  $b = |R_T - R_P|$  有靶核质量增加, 平均讲, 靶核碎片数目也增加。

#### 参 考 文 献

- [ 1 ] M. I. Sobel, et al., *Nucl. Phys.*, **A251**(1975), 502.
- [ 2 ] O. Akhrorov, et al., Communication JINR Dubna, P1-9963(1978).
- [ 3 ] J. Hofmann, et al., *Phys. Rev. Lett.*, **36**(1976), 88.
- [ 4 ] M. B. Kislinger, et al., *Phys. Lett.*, **B67**(1977), 371.
- [ 5 ] A. S. Goldhaber, *Phys. Lett.*, **B53**(1974), 306.
- [ 6 ] DGKLMW Collaboration: JINR Dubna Communication, p. 1—8313(1974).

### Investigation of Multiplicity of Alpha-particle Interactions with Emulsion at 12 A GeV

ZHANG DONGHAI LUO SHIBIN

(Shanxi Teachers' University, Linfen 041004)

#### ABSTRACT

The multiplicity distribution of charged secondary particles and correlation between shower particles and heavy particles of alpha-particle interaction with nuclear emulsion at 12 A GeV are discussed. The results indicate the mean multiplicity of heavy particle increase with shower particle numbers.