

文章编号: 1007-4627(2004)04-0387-02

## $^{19}\text{F} + ^{27}\text{Al}$ 深部非弹性碰撞产物的角分布\*

董玉川<sup>1,2</sup>, 王琦<sup>1</sup>, 李松林<sup>1</sup>, 段利敏<sup>1</sup>, 吴和宇<sup>1</sup>, 徐华根<sup>1,2</sup>, 陈若富<sup>1,2</sup>, 徐珊珊<sup>1</sup>,  
韩建龙<sup>1,2</sup>, 李志常<sup>3</sup>, 路秀琴<sup>3</sup>, 赵葵<sup>3</sup>, 周平<sup>3</sup>, 刘建成<sup>3</sup>, Sergey Yu-Kun<sup>4,5</sup>

(1 中国科学院近代物理研究所, 甘肃 兰州 730000;

2 中国科学院研究生院, 北京 100039;

3 中国原子能科学研究院, 北京 102413;

4 *Centro de Ciencias Fisicas, Campus Morelos UNAM, Cuernavaca, Morelos, Mexico;*

5 *Nonliner Physics Group and Department of Theoretical Physics, RSPHysSE, ANU, Canberra, Australia)*

**摘要:** 完成了 $^{19}\text{F} + ^{27}\text{Al}$  深部非弹性碰撞产物的角分布测量. 初步分析了反应产物 B, C, N, O, F, Ne, Na, Mg 和 Al 的实验室系角分布, 展现出深部非弹性反应机制的特点, 显示了反应系统随时间的演化过程.

**关键词:** 重离子反应; 深部非弹性碰撞; 角分布

**中图分类号:** O571.4 **文献标识码:** A

角分布是核反应机制的重要判据之一. 例如复合核形成过程有足够长的时间使系统的各个自由度达到平衡, 从而衰变产物角分布在质心系表现为 $90^\circ$ 对称. 又例如单核子转移反应, 相互作用时间比较短, 角分布在擦边角成峰. 而深部非弹性碰撞是介于直接反应与复合核形成之间的一种反应机制, 其角分布往往显示出从前角区成峰到后角区平滑的过渡性质. 本文给出 114 MeV 的 $^{19}\text{F} + ^{27}\text{Al}$  深部非弹性碰撞产物角分布的实验结果, 并对其特点进行了讨论.

在中国原子能科学研究院 HI-13 串列静电加速器上完成了 114 MeV  $^{19}\text{F} + ^{27}\text{Al}$  耗散反应产物的角分布测量<sup>[1]</sup>. 在 Q3D 不锈钢带滑动密封散射室内安装了两套可转动角度的电离室加半导体( $\Delta E-E$ )望远镜, 望远镜系统的电荷分辨  $Z/\Delta Z \approx 30$ .

图 1 给出的是 $^{19}\text{F} + ^{27}\text{Al}$  反应的产物 B, C, N, O, F, Ne, Na, Mg 和 Al 的角分布. 其中, N, O, F, Ne, Na 和 Mg 各元素的角分布呈现出从前角成峰到后角区逐渐平滑的特点, 可以用两个不同的斜率拟合, 是典型的深部非弹反应产物的角分布

形状<sup>[2]</sup>. B 和 C 产物则由于从炮弹转移出的核子数较多, 在反应初期来不及完成这一多核子转移过程, 所以, 这两个元素在小角区的截面出现了明显的下降. Al 元素的角分布仅仅表现为前角区是一条直线, 后角区的产物基本探测不到. 这可能是因为反应的后期阶段, 系统逐渐趋于平衡状态, 再也没有足够的激发能使得较重的产物可以出射.

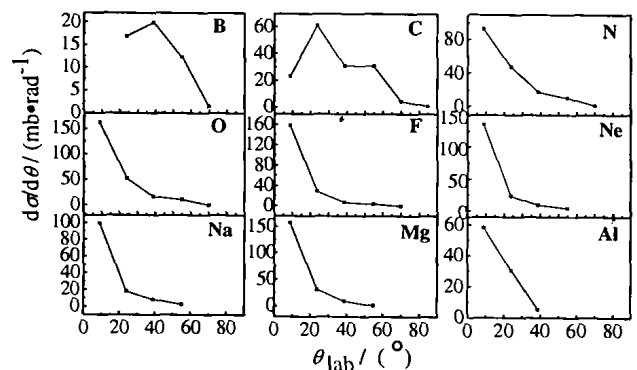


图 1 114 MeV  $^{19}\text{F} + ^{27}\text{Al}$  深部非弹反应产物的角分布

图 2 是 114 MeV 的 $^{19}\text{F} + ^{27}\text{Al}$  深部非弹性反应产物在不同出射角度的元素分布. 在 $9^\circ$ , 核反应

收稿日期: 2004 - 08 - 16

\* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10175083); 国家重大基础研究发展规划资助项目(G2000077400); 中国科学院百人计划资助项目; 科技部重大项目前期研究专项基金资助项目(2001CCB01200)

作者简介: 董玉川(1978-), 女(汉族), 河北秦皇岛人, 在读博士生, 从事重离子核反应中的耗散机制研究;

E-mail: dyc@impcas.ac.cn

处于初始阶段, 直接成分有显著的贡献, 单核子转移产物 O 和 Mg 的截面极大, F 的产额也不低, 随着被转移核子数的增加, 出射产物的反应截面逐渐减少. 在 24° 的元素分布中, 与 9° 时的情况相比, 截面下降最突出的是 F, 其次是 O 和 Mg, 这表明直接反应成分显著减少, 耗散成分逐渐增强, 其中 C 产物的截面增加最为明显. 在 40° 和 55°, 随着反应产物耗散程度的渐次加深, 元素分布有了明显的结构效应, 凡电荷数为偶数的产物都比电荷数为奇数的产物有更高的截面. 在 70° 以后角区的元素分布中, 结构的奇偶效应已经不再明显, 元素分布的总的趋势表现为产物的质量数越大, 反应截面越小, 反之亦然. 这可能是因为较轻的粒子出射时需要的激发能较少, 反应截面就较大, 而较重的粒子出射时需要的激发能较大, 反应截面也就较小. 而随着相互作用时间的增长, 这种现象更加明显, 到了 85°, 就只有 C 元素出射几率最高; 比 C 更重的元

素, 由于所需的激发能太高而难以出射; 比 C 更轻的元素, 由于转移的核子数太多也难以出射. 大角度时没有探测到比 C 更轻的 B 粒子, 这同时还说明, 深部非弹性反应基本上是一个两体过程, 粒子的出射不同于蒸发机制. 整个图 2 反映了深部非弹性反应中所形成的中间双核系统随时间的演化, 也反映了深部非弹性反应产物中转移核子数的多寡与粒子出射所携带激发能的高低之间的竞争过程.

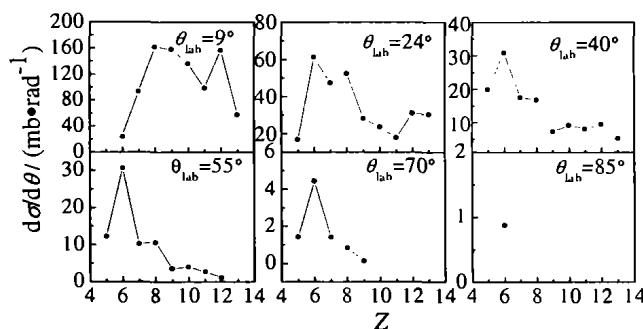


图 2 114 MeV<sup>19</sup>F + <sup>27</sup>Al 深部非弹产物的元素分布

参 考 文 献:

[1] Li Song lin, Wang Qi, Dong Yuchuan, *et al.* HEP & NP, 2004, **28**(10): 1 090. [2] Schroder W U, Huizenga J R. Ann Rev Nucl Sci, 1977, **27**: 465.

## Angular Distribution of Products in Deep Inelastic Collision of <sup>19</sup>F + <sup>27</sup>Al\*

DONG Yu-chuan<sup>1, 2</sup>, WANG Qi<sup>1</sup>, LI Song-lin<sup>1</sup>, DUAN Li-min<sup>1</sup>, WU He-yu<sup>1</sup>, XU Hua-gen<sup>1, 2</sup>,  
CHEN Ruo-fu<sup>1, 2</sup>, XU Hu-shan<sup>1</sup>, HAN Jian-long<sup>1, 2</sup>, LI Zhi-chang<sup>3</sup>, LU Xiu-qin<sup>3</sup>,  
ZHAO Kui<sup>3</sup>, ZHOU Ping<sup>3</sup>, LIU Jian-cheng<sup>3</sup>, Sergey Yu-kun<sup>4, 5</sup>

(1 Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;

2 Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;

3 China Institute of Atomic Energy, Beijing 102413, China;

4 Centro de Ciencias Fisicas, Campus Morelos UNAM, Cuernavaca, Morelos, Mexico

5 Nonliner Physics Group and Department of Theoretical Physics, RSPHysSE, ANU, Canberra, Australia)

**Abstract:** Angular distributions of fragments produced in the deep inelastic collision of <sup>19</sup>F + <sup>27</sup>Al have been measured for incident energy of 114 MeV at  $\theta_{lab} = 9^\circ, 24^\circ, 40^\circ, 55^\circ, 70^\circ$  and  $85^\circ$ . Angular distributions of dissipative products B, C, N, O, F, Ne, Na, Mg and Al are analyzed to provide an evolution process of the intermediate dinuclear system formed in the reaction.

**Key words:** heavy ion reaction; deep inelastic collision; angular distribution

\* **Foundation item:** National Natural Science Foundation of China (10175083); Major State Basic Research Development Program (G2000077400), One Hundred Person Project of Chinese Academy of Sciences; National Key Program for Basic Research, Ministry of Science and Technology (2001CCB01200)