

文章编号: 1007-4627(2007)01-0021-08

# 通过中高能碎裂反应研究奇异核的结构\*

李 琛, 叶沿林<sup>#</sup>, 江栋兴, 华 辉, 郑 涛, 李智焕,  
葛愉成, 庞丹阳, 楼建玲, 卢 飞, 范凤英

(北京大学物理学院技术物理系和教育部重离子物理重点实验室, 北京 100871)

**摘 要:** 介绍了中高能放射性核素碎裂反应实验的主要物理机制, 相应的实验探测装置, 以及从中可得到的放射性核素结构的信息, 提出可能的发展, 力求为兰州 CSR 上的外靶物理实验提供参考。

**关键词:** 碎裂反应; 电磁裂解; 衍射碎裂; 敲出反应

**中图分类号:** O571.2 **文献标识码:** A

## 1 引言

利用放射性核束装置产生放射性次级束为核物理的研究开辟了新的领域。放射性核束(RNB)提供了一种新的实验手段, 利用这种手段可以研究丰中子核的半径和核物质密度分布、中子皮和中子晕; 研究远离稳定线核的壳结构, 如新的幻数、形变、集团结构和多价核子耦合等。利用丰中子 RNB 的熔合蒸发反应和  $\beta$  衰变等可以布局核的高激发态, 获得弱束缚核的核谱学信息。用非常丰中子的 RNB 有利于合成超重元素等<sup>[1-13]</sup>。在丰质子一侧也有类似的物理研究内容。

早期的研究主要通过测量放射性核的相互作用截面或反应总截面、产物的动量分布等分析核的宏观性质。实验发现了多个中子晕核, 如  $^6\text{He}$ ,  $^{11}\text{Li}$ ,  $^{14}\text{Be}$  和  $^{11}\text{Be}$  等。通过测量中能区的放射性核的反应总截面和产物的动量分布可以得到某些核具有核芯加价中子的集团结构的信息, 并为此发展了特殊的少体模型。但是通过测量核的反应总截面或碎裂产物的动量分布难于确定核的量子态结构特征以及核芯与价中子和价中子与价中子之间的相互作用, 并往往出现由反应总截面和动量分布的测量结果导出的结论不一致的情况。例如对  $^8\text{He}$  的研究, 由  $^8\text{He}$  的反应总截面和去中子截面得到  $^8\text{He}$  的结构主要是  $\alpha$  核芯加 4 个价中子 ( $\alpha + 4n$ ) 的形式<sup>[10]</sup>。但是通过测量  $^7\text{He}$  的动量分布发现  $^8\text{He}$  中存在较大概率

的  $^6\text{He} + 2n$  结构<sup>[14]</sup>。对于  $^{16}\text{C}$  和  $^{17}\text{Ne}$  的实验研究也出现了类似情况<sup>[15, 16]</sup>。这很可能是因为实验的选择性不强, 导致多种反应机制混合而模糊了探测结果与研究问题之间的联系。

因此需要通过更多的实验手段, 特别是更具选择性的实验方法, 研究非稳定核的结构。本文主要介绍通过中高能丰中子核的碎裂反应研究奇异核结构的方法, 为在兰州冷却储存环外靶实验装置上开展物理实验提供参考和准备。

## 2 高能碎裂反应的主要机制

这里讨论的是以比较稳定的靶核作为探针, 研究入射奇异核结构的情况。通过多次的高能碎裂反应<sup>[17-20]</sup>得到了很多新的实验结果, 并同时研究了高能碎裂反应的反应机制。

高能碎裂反应主要有 3 种反应机制<sup>[20]</sup>: 电磁裂解 (Electromagnetic dissociation 或 Coulomb breakup)、核衍射碎裂 (Diffractive dissociation) 和敲出反应 (Knockout 或 stripping)。

电磁裂解是指通过弹核与靶核之间的电磁相互作用将弹核激发到共振或非共振的连续态, 继而发生碎裂。通常在采用重靶时这种效应比较明显, 对于轻靶电磁激发的反应截面较小, 可以忽略。对于弱束缚核, 电磁激发到分离阈附近的非共振连续态的概率特别大, 并且主要对应于偶极激发, 理论处

\* 收稿日期: 2006-12-07; 修改日期: 2006-01-04

\* 基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目(G2000077403); 教育部项目(305001)

作者简介: 李 琛(1979-), 男(汉族), 山东济宁人, 博士后, 从事放射性束物理研究; Email: lichen@hep.pku.edu.cn

# 通讯联系人: 叶沿林, E-mail: yeyl@pku.edu.cn