

FKK 多步复合核模型发射模式分析

王书暖

(中国原子能科学研究院 北京 102413)

M. Herman and G. Reffo

(ENEA, 40138 Bologna, Italy)

摘 要 本文分析了 FKK 多步复合核理论中,考虑模型空间限制在束缚态空间情况下,对能谱形状的影响及各种可能发射模式对能谱贡献的相对重要性. 得出了能谱的高能硬尾,主要由不改变反应初始阶段总激子数的两激子散射过程 $\nu=0$ 的发射模式决定的结论.

关键词 FKK 理论, MSC 模式, 束缚条件, 能谱.

1 引 言

Feshbach, Kerman 和 Koonin 在量子力学基础上给出的多步统计复合核(MSC)和多步统计直接模型(FKK 理论)^[1],已被较多地用于实验数据的理论分析^[2-7]. 他们描述了通过复杂性增加的预平衡衰变的一系列中间阶段流的流动情况,而中间态通常又是以激子数来区分的. 在 MSC 理论中,每一个中间态由束缚态组态构成. 因此核子发射,必须伴随湮灭粒子-空穴对,不改变总激子数的两激子散射和产生一个粒子空穴对的相互作用事件中,并使一个核子进入连续态. 这三种发射模式,分别以

$\nu = -1, 0, +1$ 表示. 这三种发射模式对发射粒子能谱的相对贡献已在 FKK 的文章中有过分析,但却没有考虑所有核子的束缚条件. Bonetti 等人^[3]在态密度中,以数值积分中激发能在核子结合能处截断方式引入了束缚条件. 后来,Stankiewicz 等人^[8]推导出了有束缚条件的粒子空穴态密度解析表达式. Oblozinsky^[9]引入了有限阱深度,又进一步简化了这一公式. 这三篇文章^[3,8,9]仅分析了束缚条件对态密度的效应. 本文认为,有必要进一步分析这种束缚条件对 MSC 机制下能谱计算的影响,并讨论反应的第一、二、三阶段各种发射模式对能谱形状的影响及其相对重要性.

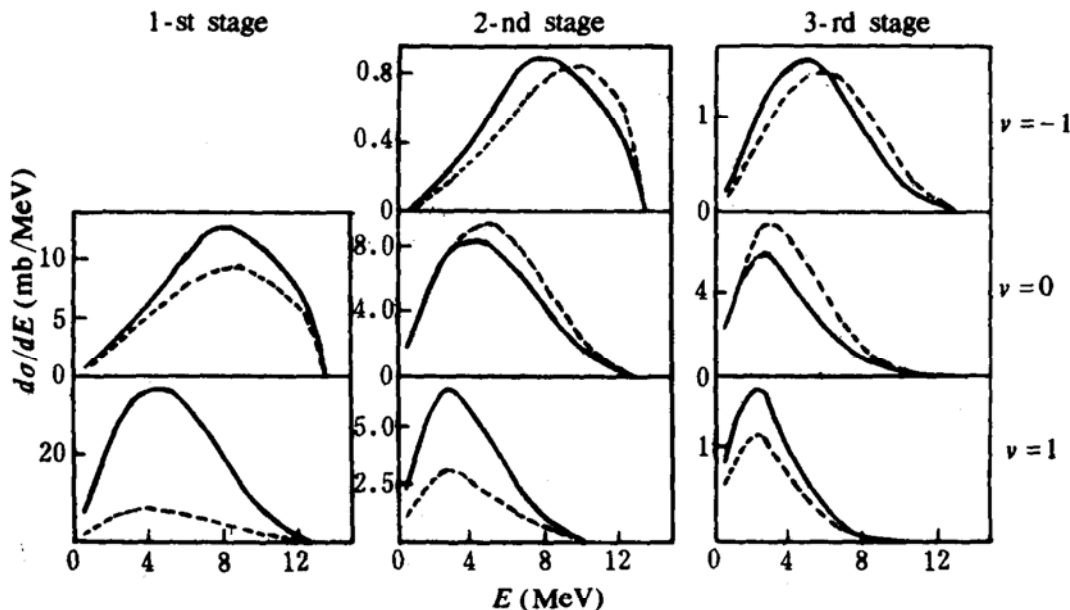


图 1 $E_n = 14.6 \text{ MeV } ^{93}\text{Nb}(n, n')$ 反应最初三个阶段 1-st, 2-nd, 3-rd 的可能存在三种发射模式 $\nu = -1, 0, +1$ 的发射中子能谱

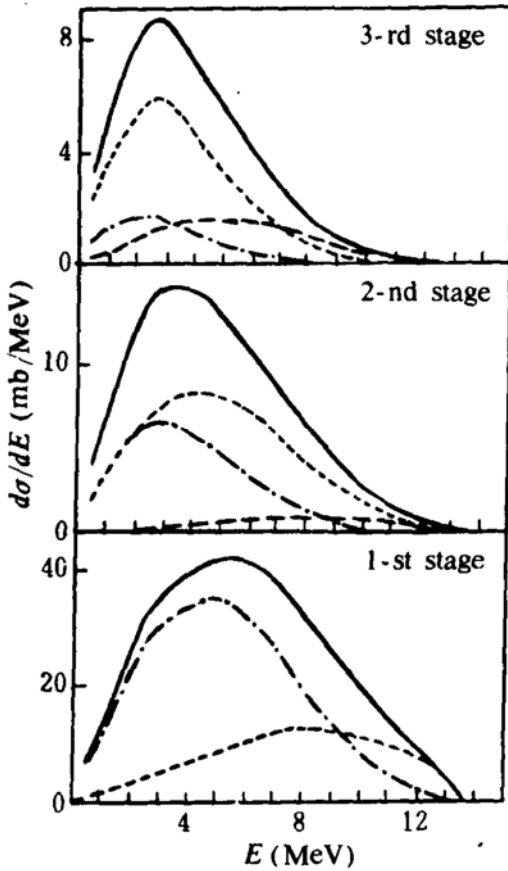


图 2 $E_n = 14.6 \text{ MeV } ^{93}\text{Nb}(n, n')$ 反应中子发射能谱

- $\nu = -1$ 发射模式结果
- $\nu = 0$ 发射模式结果
- · - · $\nu = +1$ 发射模式结果
- 各种发射模式总和

2 计算结果分析及主要讨论

我们以 $^{93}\text{Nb}(n, n')$, $E_n = 14.6 \text{ MeV}$ 为例, 使用考虑了束缚条件态密度^[3]的 MSC 机制的 EMPIPE^[6,10] 程序进行计算, 并讨论和分析计算结果. 计算中所需输入数据取自文献[11]. 实际上, MSC 发射的主要特征对所选的反应道和输入数据并不敏感, 因此本文所得主要结论具有一般性.

图 1 给出了 $E_n = 14.6 \text{ MeV } ^{93}\text{Nb}(n, n')$ 反应时, 在 1-st, 2-nd, 3-rd 最初三个阶段, 可能存在的 $\nu = -1, 0, +1$ 三种发射模式发射中子的能谱. 其中, 实线为考虑了束缚条件的结果, 虚线为不考虑束缚条件的结果. 从图 1 可

见, 束缚条件对 $\nu = 1$ 发射模式过程产生着最重要的影响, 在反应的第一阶段通过 $\nu = 1$ 的发射, 考虑了束缚条件的结果大约为忽略这一条件结果的 5 倍, 这一影响随着反应中间阶段的增加而逐渐减弱, 但对第二、三阶段发射的影响并非可以忽略不计. 至于 $\nu = 0$ 的发射模式, 很明显, 这一效应的影响与反应的阶段有关. 就第一阶段而言, 发射的增强是明显的; 相反, 在第二、三阶段中发射相应减弱. 对 $\nu = -1$ 发射模式, 束缚条件的影响是使能谱的峰值向低能方向移动. 总之, MSC 反应机制中, 模型空间限制在束缚态 Q 空间使核子发射的几率增强, 主要是由于增强了反应初始阶段核子发射几率.

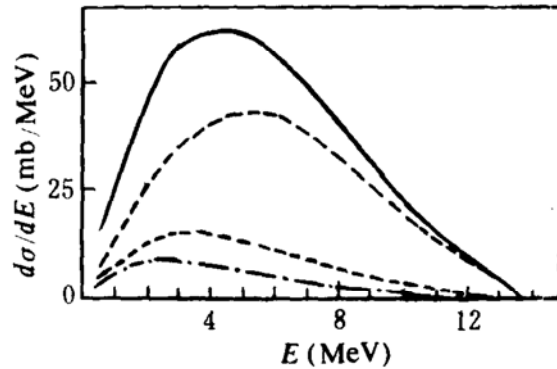


图 3 $E_n = 14.6 \text{ MeV } ^{93}\text{Nb}(n, n')$ 反应最初

- 三个阶段中子发射能谱总和
- 1-st 各种发射模式结果之和
- 2-nd 各种发射模式结果之和
- · - · 3-rd 各种发射模式结果之和
- 三个阶段各种发射模式总和

为了分析比较考虑了束缚条件后各反应阶段(最初一、二、三阶段)不同发射模式相对贡献的大小, 图 2 给出了考虑束缚条件后的初始三个阶段 $E_n = 14.6 \text{ MeV } ^{93}\text{Nb}(n, n')$ 反应中子发射能谱. 可见, 第一阶段的发射主要由 $\nu = +1$ 模式提供, 但能谱的高能硬尾主要由 $\nu = 0$ 模式提供. 在第二、三阶段相继发射中, 几乎在整个能谱中 $\nu = 0$ 模式的贡献变得比 $\nu = +1$ 贡献越来越大, 这时 $\nu = -1$ 模式的发射也对能谱作出了贡献, 尤其对硬尾部分也作出了贡献. 在第二、三阶段中硬尾高能端 $\nu = -1$

模式的贡献是最主要的. 一般讲, 越低, 给出的能谱越硬, $v=-1, 0$ 模式的相对重要性随着反应阶段的增加而增大.

图 3 给出了反应最初三个阶段发射中子能谱总和. 可见, 一般是随着反应阶段的增加, 发射减弱并向低能移动, 能谱的高能部分主要由反应的第一阶段 $v=0$ 模式贡献.

上述计算结果的分析 and 讨论, 表明了多步统计复合核机制中, 各种发射模式的相对重要性与反应的阶段有关. 总之, MSC 能谱主要是由反应的第一阶段 $v=0, +1$ 发射模式决定的, $v=+1$ 模式给出了 6MeV 附近能谱极大值的绝大部分, 而 $v=0$ 模式给出了高能硬尾的主要部分. 结论是: 能谱的高能硬尾, 主要由不改变反应初始阶段总激子数的两激子散射过程的发射所决定.

本文作者之一(王书暖)对在意大利工作期间得到 ENEA - Bologna 各方面的支持, 表示感谢.

参 考 文 献

- 1 Feshbach H, Kerman A and Koonin S. Ann. Phys. (N. Y.), 1980, 125 : 429
- 2 Bonetti R, Colli - Milazzo L, De Rosa A, Inglima G, Perillo E, Sandoli M and Shahin F. Phys. Rev. , 1980, C21 : 816
- 3 Bonetti R, Colli - Milazzo L and Melanotte M. Lett. Nuovo Cimento, 1981, 31 : 33
- 4 Bonetti R, Colli - Milazzo L, Melanotte M, De Rosa A, Inglima G, Perillo E, Sandoli M, Russo V, Saunier N and Shahin F. Phys. Rev. , 1982, C25 : 717
- 5 Bonetti R and Colombo L. Phys. Rev. , 1983, C28 : 980
- 6 Herman M, Marcinkowski A and Stankiewicz K. Nucl. Phys. , 1984, A430 : 69
- 7 Field G M, Bonetti R and Hodgson P E. J. Phys. , 1986, G12 : 93
- 8 Stankiewicz K, Marcinkowski A and Herman M. Nucl. Phys. , 1985, A435 : 67
- 9 Oblozinsky P. Nucl. Phys. , 1986, A453 : 127
- 10 Herman M, Marcinkowski A and Stankiewicz K. Comput. Phys. Comm. , 1984, 33 : 373
- 11 Gruppelaar H and Nagel. Newsletter No. 32 of N. E. A. Data Bank; NEANDC - 204'U'; INDC(NEA)6.

Analysis of Exit Modes in FKK Multistep Compound Process

Wang Shunuan

M. Herman and G. Reffo

(Institute of Atomic Energy of China, Beijing 102413) (ENEA, 40138 Bologna, Italy)

Abstract Relative contributions of possible three exit modes to the spectrum of FKK multistep compound process are analysed with considering effects caused by the restriction of model space to bound configurations. It has been found that high - energy tail of the spectrum is mainly dominated by the emission through $v=0$ mode i. e. through the scattering of two excitons without changing total exciton number.

Key Words FKK theory, MSC model, bound condition, spectrum.