

系的 RE 分析结果,其中插图显示了基态转移反应 Q_{gtt} 值随拾取中子个数 N 的变化。对于 $^{40,48}\text{Ca} + ^{40,48}\text{Ca}$ 体系,两个对称体系没有 PQNT 道,插图中显示了这一点,因此这两个体系的熔合实验数据能作为刻度参与核的非弹激发耦合强度的一个基准,在 CCFULL 计算中选取 Akyüz-Winther 形式的核势。对于 $^{40}\text{Ca} + ^{40}\text{Ca}$ 和 $^{48}\text{Ca} + ^{48}\text{Ca}$ 体系,在整个能区 RE 都在 1 附件,说明耦合道计算很好地再现了实验数据。对 $^{40}\text{Ca} + ^{48}\text{Ca}$ 的理论计算中用了刻度出的非弹耦合效应,可看出,随着能量的降

低,得到的 RE 逐步偏离 1,最大到几十倍。对 $^{40,48}\text{Ca} + ^{40,48}\text{Ca}$ 体系的自洽分析给出了一个垒下熔合增强与 PQNT 关联的有力证据。

本工作提供了一种能定量解析近垒能区重离子熔合反应中 PQNT 耦合道效应的自洽方法。揭示了新现象,相关定量结果将进一步促进完全微观理论的探索。

* 国家自然科学基金资助项目(11375268,11475263);国家重点基础研究发展计划资助项目(2013CB834404)

丰质子核 ^{24}Si β 衰变研究*

孙立杰¹,徐新星¹,林承键¹,王建松²,方德清³,李智焕⁴,王玉廷³,李晶⁴,杨磊¹,马南茹¹,王康³,臧宏亮⁴,王宏伟³,李琛³,施晨钟³,聂茂武³,马军兵²,马朋²,金仕纶²,黄美容²,王建国²,白真²,杨彦云²,李秀芳³,李贺³,杨峰¹,贾会明¹,张焕乔¹,刘祖华¹,包鹏飞¹,王东玺¹

(1.核物理研究所;2.中国科学院近代物理研究所;3.中国科学院上海应用物理研究所;4.北京大学)

本研究组在兰州放射性束流线(RIBLL1)上开展了近质子滴线核 ^{24}Si β 衰变的实验研究。使用厚度分别为 $149\ \mu\text{m}$ 和 $66\ \mu\text{m}$ 的双面硅条探测器停阻粒子与探测衰变。在电子学处理上,用探测器正面和背面信号做“与”符合后作为数据获取系统的开门信号,N568B 主放的 $\times 10$ 能量输出信号经过倒相后进入 Philips 7106 做前沿定时甄别,这样大幅降低了噪声的触发率,等效能量探测阈值可降低至约 $100\ \text{keV}$ 。每一个事件的能量和时间信息均被获取系统记录下来,在数据分析中,可利用能量和时间的多重符合进一步提高信噪比,增强对稀有衰变事件的鉴别能力。束流

使用连续束模式,次级束穿透多组降能片被散焦,更均匀地分布到整个硅面,双面硅条探测器每个 x - y 像素格都可视为独立探测器,这样在连续束、高注入率的束流条件下各单个像素格内仍能保持较低注入率($\leq 0.005\ \text{pps}$),衰变事件和注入事件的时间关联仍可建立,测得 ^{24}Si 半衰期为 $(143.4 \pm 2.2)\ \text{ms}$ 。如图 1 所示,衰变质子谱的 β 叠加效应显著减轻,衰变质子的低能探测阈值可达 $200\ \text{keV}$ 。各衰变分支比列于表 1,与已有文献结果基本一致。本探测装置适用于奇特核 β 衰变谱学测量,具有高探测效率、低探测能量下限的优点。

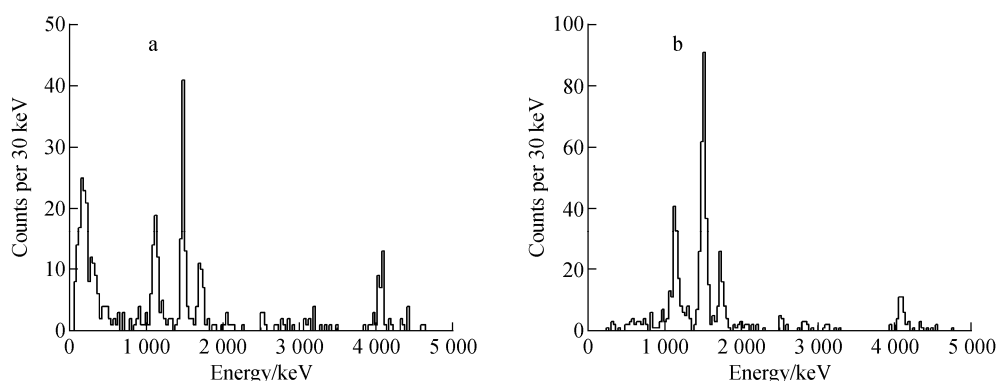


图 1 $149\ \mu\text{m}$ (a)和 $66\ \mu\text{m}$ (b)双面硅条探测器测量的 ^{24}Si β 缓发质子能谱

表 1 ^{24}Si β 缓发质子衰变分支比

E_{ex}/MeV	E_d/MeV	$B/\%$	E_{ex}/MeV	E_d/MeV	$B/\%$	E_{ex}/MeV	E_d/MeV	$B/\%$
2.990 (15)	1.127	5.1(4)	4.677 (20)	2.814	1.4(2)	5.946 (14)	1.721, 4.083	9.8(7)
3.364 (13)	1.501	9.6(8)	4.963 (27)	3.1	0.9(2)	6.225 (19)	2.005, 4.362	2.8(3)
4.368 (21)	2.505	0.7(1)	5.803 (26)	3.94	1.0(2)			

* 国家自然科学基金资助项目(11375268, 11475263, U1432246, U1432127); 国家重点基础研究发展计划资助项目(2013CB834404)

三轴形变原子核平均场的 投影后变分计算

高早春¹, Mihai Horoi², 陈永寿¹

(1. 核物理研究所; 2. 美国中密歇根大学 物理系)

发展超越平均场理论是当前核理论研究的基本课题。采用自己提出的新公式^[1-2], 实现了投影后变分的数值计算^[3]。该方法的基本思想如下: 从现实哈密顿量出发(以 USDB 相互作用为例), 对其进行 HFB 平均场计算。在所得平均场基础上, 首次作角动量(J)、同位旋(T)、质量数(A)三者同时投影(即 JTA 投影)。最后, 需要尝试各种可能的平均场(即对平均场进行变分), 以便找到投影能量最低的平均场。该方法被称为投影后变分(VAP)。虽然物理图像很简单, 但是具体细节很复杂, 程序编写难度很大, 国际上类似的程序并不多见。

VAP 方法具有两方面重要意义: 1) VAP 是一个研究量子多体体系动态关联效应的有力工具, 有助于揭示体系内粒子的集体运动和独立运动之间的动态关系, 进一步帮助人们理解原子核及其他量子多体体系内部运动的深刻物理; 2) 在重核区, VAP 的计算量会小于传统壳模型, 再结合 PCI 方法, 有望在重核区取代壳模型方法开展大规模微观理论计算。

为了揭示不同类型投影的特性, 首先以 ^{24}Mg 为例作各种 VAP 计算。

在只含质量数投影的 VAP 计算(记为 VAP-A)中发现, VAP-A 收敛的能量并不依赖于费米面。所有收敛的 VAP 能量都相等, 即 $E_A = -81.358 \text{ MeV}$, 但它们相应的 HFB 平均场却各不相同, 因为各平均场的质量数期望值互不相同。由于 VAP 能量都相等, 需要验证相应的投影波函

数是否也完全相同。对这些投影波函数进行叠积计算, 发现所有的叠积值都是 1, 因而证实了这些投影波函数的确也是相同的。由于 HFB 平均场的不确定性, 由平均场给出的形变也不确定, 因此不再适宜描述原子核形变。这种情况下, 只能从质量数投影后的波函数中定义原子核形变。与 ^{24}Mg 的壳模型能量 $E_{SM} = -87.105 \text{ MeV}$ 比较发现, 仅作质量数投影还远远不够。

在有同位旋和质量数的 VAP 计算(记为 VAP-TA)中, 收敛的投影波函数及其能量($E_{TA} = -82.831 \text{ MeV}$)虽然也都相同, 但其平均场也同样不能确定。换言之, 在 VAP 中, 无法唯一确定原子核的内禀态。反之, 这一结论也只有在 VAP 中才能得到。与 VAP-A 类似, VAP-TA 的形变只能从 TA 投影的波函数中定义。可看出, TA 能量与壳模型能量有很大的差距。

在完全的 VAP 计算中, 进一步包含了角动量投影(记为 VAP-JTA)。这是到目前为止最为复杂的 VAP 计算。得到了收敛的 JTA 能量 $E_{JTA} = -86.919 \text{ MeV}$, 非常接近于壳模型能量。由此相信, 要得到好的壳模型近似, 角动量投影是关键因素, 必须予以考虑。VAP-JTA 计算收敛后得到的平均场虽然还是不相同, 但如果对这些平均场作 TA 投影, 但不作 J 投影, 居然发现这些 TA 投影的波函数竟然也是相同的, 提取的形变也相同。由此, 定义 VAP-JTA 的内禀态为相应平均场的 TA 投影波函数。

采用 USDB 相互作用, 对 sd 壳偶核进行了