

有效价核子对数的微观意义初探

吴连坳 娄继忠

(吉林大学物理系 长春 130023)

1996-01-16 收稿

摘 要

首次将有效玻色子数与费米子动力学对称模型(FDSM)的“有效”价核子对数,即正常宇称轨道上的价核子对数相对应,提出了一种计算过渡区——轻稀土区核的“有效”价核子对数亦即有效玻色子数的新方法。

关键词 有效玻色子数,有效价核子对数,轻稀土区。

相互作用玻色子模型(IBM)中的有效玻色子数的概念起源于 $Z=40$ 和 $Z=64$ 质子子壳附近偶偶核性质的研究^[1]。近些年来,人们发展了一些方法来研究有效玻色子数,如唯象的或经验的方法^[2,3],也找到了一些针对具体核素的微观计算或只考虑某些因素的有普遍意义的微观计算方法^[4,5]。1983年由 Scholten^[5]提出的微观方法就是较有名的一例。他计算了在 $50 \leq Z \leq 82$ 区域内,有效质子玻色子数 N_{eff}^p 随质子数 Z 的变化规律(见文献[5]中图2)。 N_{eff}^p 的最大值,即所谓的“饱和值”为4.5左右。显然, $N_{\text{eff}}^p <$ 价质子对数。

另一方面,费米子动力学对称模型(FDSM)^[6]是一个微观的核结构模型理论。它的物理量,诸如能谱、电四极矩等,一般并不直接依赖于主壳上的价核子数,而是依赖于填充于正常宇称态上的价核子对数 N_1 ^[6]。当然,反常宇称态上的价核子对数 N_0 与 N_1 之和,即为价核子对数

$$N = N_1 + N_0, \quad (1)$$

其中 N 是主壳上的价核子对数。显然,象 N_{eff} 一样, $N_1 <$ 主壳上的价核子对数。由于 IBM 的物理量也只依赖于 N_{eff} , 故可以认为 N_1 与 N_{eff} 完全对应。另外,当 $N_1 > \Omega_1/2$ 时,物理量又直接依赖于 $\Omega_1 - N_1$ ^[7], 故可以认为:

$$N_{\text{eff}} = \begin{cases} N_1, & N_1 \leq \Omega_1/2; \\ N_1 - \Omega_1, & N_1 > \Omega_1/2. \end{cases} \quad (2)$$

因此,由(2)式可以给出对 IBM 和 FDSM 均有益处的重要结论。一方面,由于 IBM 在有效玻色子数方面积累了大量的数据,通过这些数据可以直接给出 N_1 。另一方面,也可以在 FDSM 的理论框架内,给出 N_1 值并得到 N_{eff} , 进而与 IBM 得到的对应结果进行比较。在考虑 FDSM 的 $SO(6)$ 极化效应时^[7,8], 我们曾提出用谱因子^[8]的方法由实验

数据来确定 $n_0 (=2N_0)$, 进而可以由方程(1)得到 N_1 . 对于 FDSM, 这是目前获取 N_1 值最准确的方法. 由于谱因子的实验数据不很完备, 故这一方法的大面积推广仍有一些难度.

最初获取 N_1 的方法见文献 [9]. 在此文中, Feng 等提出: 对于一定的价核子对数 N , 取一“适当”的形变值来填充 Nilsson 能级. 填完后, 填在反常宇称态的价核子对数为 N_0 , 正常宇称态的价核子对数为 N_1 . 这里“适当”形变是关键. 对于好的形变核, 如超铀区, 这样做是非常合适的. 且这些核的形变值均为 $\beta=0.3$ 左右. 做比较粗糙的估计, 可以仅选 $\beta=0.3$ 作为“适当”的形变来估计 N_1 值. 但是对于不好的形变核甚至球形核, 如轻稀土区 (Ba 区) 这样的方法是否完全合适值得考虑. 首先, 这个区域的平均核子场一般可以不是轴对称的^[7,8]. 因此, Nilsson 能级可能是不完全正确或至少对此区域的多数核是不完全正确的. 其次, 这一区域中, 有许多球形核, 因此, 至少有必要对 Feng 等人的结果作补充或必要的修改. Feng 等人的方法主要依赖于两个因素: 即 Nilsson 能级和通过实验数据计算得到的 β 形变值. 对于 Ba 区, 实验上已测定^[10] 很多核素的 β (记

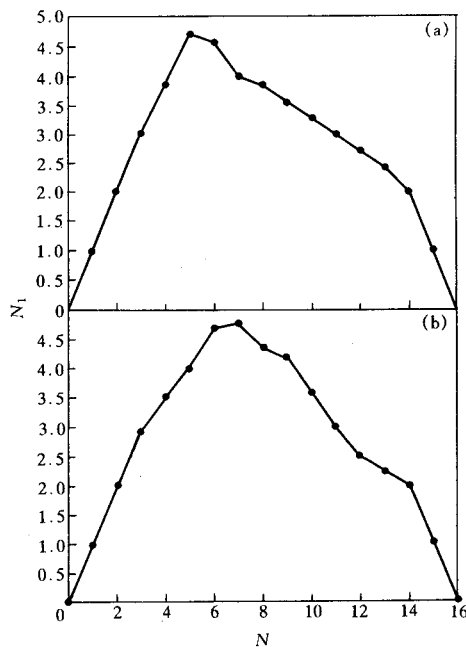


图1 N_{eff} 与 N 的函数关系

(a) $\beta_{\text{max}}=0.15$ 的情况,

(b) $\beta_{\text{max}}=0.25$ 的情况.

用此方法, 我们给出了(2)式中的 N_{eff} 与 N 的函数关系, 如图1. 显然, 图1(a)要比(b)光滑, 且更对称. 最大值均为4.5左右. 与 Scholten 的图2定性上相似, 与参考文献[4]的图形形状更类似.

本文首次提出了重要等式(2). 将有效玻色子数的概念与 FDSM 的“有效”价核子对数 N_1 相对应. 这对于 IBM 和 FDSM 均是有益的.

为 β_2) 值, 但是, 由于此区核不是刚性轴对称转子, 故 Nilsson 能级失效, 所以 Feng 等人的方法也相应地失效. 由于 Feng 等人的方法非常简单和有效, 本文试图在不放弃此法原则的基础上进行一些补救. 补救后是否合理, 将通过本文建立的关键等式(2)与 IBM 定出的 N_{eff} 进行比较 (至少是定性或半定量的比较) 才能得出结论.

我们的方法是: 在 $\beta_1=0$ 至某一最大值 β_{max} 之间取 M 个 β_i 值点. 对于每个 β_i 值, 当价核子对数 N 一定时可确定一个 $N_1(\beta_i)$, 其中 $i=1, 2, \dots, M$. 对不同的 β_i 进行加权平均得:

$$\bar{N}_1 = \sum_{i=1}^M W_i N_1(\beta_i), \quad (3)$$

其中 W_i 表示具有 β_i 形变的实际核的大致个数与我们取的所有核个数之比. 为简化起见, 实际中用平均值代替加权平均, 即:

$$\bar{N}_1 = \sum_{i=1}^M N_1(\beta_i) / M, \quad (4)$$

参 考 文 献

- [1] R. F. Casten *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **47** (1981) 433.
- [2] A. Wolf *et al.*, *Phys. Lett.*, **158B** (1985) 7.
- [3] A. Wolf *et al.*, *Phys. Lett.*, **190b** (1987) 19.
- [4] N. Yoshinaga, *Nucl. Phys.*, **A522** (1991) 99.
- [5] O. Scholten, *Phys. Lett.*, **127B** (1983) 144.
- [6] C. L. Wu *et al.*, *Phys. Rev.*, **C36** (1987) 1157.
- [7] L. A. Wu *et al.*, *Nucl. Phys.*, **A565** (1993) 455; L. A. Wu *et al.*, *Phys. Rev.*, **C52** (1995) 1845.
- [8] L. A. Wu *et al.*, *Nucl. Phys.*, **A575** (1994) 85.
- [9] D. H. Feng *et al.*, *Phys. Lett.*, **B205** (1988) 313.
- [10] S. Raman *et al.*, *At. Data Nucl. Data Tables*, **36** (1987) 1.

The Preliminary Study on the Microscopic Meaning of the Effective Valence Nucleon Pair Number

Wu Lianao Lou Jizhong

(Department of Physics, Jilin University, Changchun 130023)

Received 16 January 1996

Abstract

The effective boson number is related to the effective valence nucleon pair number in the normal parity orbits for the first time. A new approach is suggested for calculating the effective valence nucleon pair number i.e. effective boson number in the light rare-earth region.

Key words effective boson number, effective valence nucleon pair number, light rare-earth region.