

### 快报

# 动力学 $U(36/24)$ 超对称性在轻核的表现\*

孙洪洲

(清华大学中国科学院理论物理所, 北京)

王滩滩 赵恩广 陈生忠

(中国科学院理论物理所, 北京)

### 摘 要

在  $U(36/24)$  超对称模型下, 讨论了  $s$ - $d$  壳核  $^{30}\text{P}$ ,  $^{30}\text{Si}$ ,  $^{31}\text{P}$ ,  $^{31}\text{Si}$  的低激发能谱, 所得结果表明, 在轻核中有可能存在动力学超对称性。

在 IBM4<sup>[1]</sup> 模型下, 价核子相干对的行为是当成玻色子处理的。这些玻色子的轨道角动量  $I_B = 0, 2$ , 自旋和同位旋为  $(0, 1)$  或  $(1, 0)$ 。这时, 动力学对称性可用  $U^B(36)$  表示。对  $sd$  壳的奇  $A$  原子核, 奇核子可以处在  $j = 1/2, 3/2, 5/2$  和  $t = 1/2$  的单粒子轨道上, 相应的对称群是  $U^F(24)$ 。

根据超对称基本理论, 我们可以把  $U^B(36)$  和  $U^F(24)$  都嵌入超群  $U(36/24)$  之中。对偶  $A$  核, 所有价核子都相干配对, 组成玻色子; 对奇  $A$  核, 除了偶数价核子形成的玻色子核心外, 还剩一个奇核子与玻色子相耦合。当玻色子和费米子总数固定时, 在  $sd$  壳核中, 超群  $U(36/24)$  构成了包含所有奇核与偶核在内的最大的对称群。

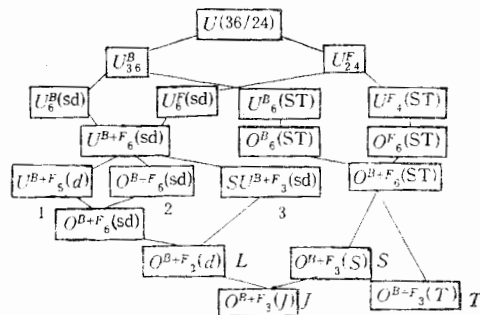


图1 三个强耦合的 SUSY 群链, 每个都包含  $O_6^B(ST)$

\* 本工作得到国家自然科学基金的部份资助。  
本文 1988 年 8 月 1 日收到。

经研究, 我们找到了包含  $O_6^{B+F}(ST)$  对称性的三个强耦合群链, 见图 1. 当超对称性确实存在时,  $sd$  壳核的状态, 原则上可按上面任何一个群链分类, 且  $H$  量可用相应群链的 Casimir 算子写出. Han 等人的研究发现<sup>[2]</sup>, 在  $^{30}\text{P}$  和  $^{30}\text{Si}$  核中有  $O^B(6)$  对称性存在的证据. 因此, 很自然地, 我们在上面三个群链中, 先讨论  $O_6^{B+F}(sd)$  子群链, 即图 1 中的群链 2. 相应的  $H$  量可以写为,

$$\begin{aligned}
 H = & E_0 + AC_{20_6^{B+F}}(sd) + BC_{20_5^{B+F}}(sd) \\
 & + CC_{20_5^{B+F}}(d) + DC_{20_5^{B+F}}(d) + aC_{20_6^{B+F}}(ST) \\
 & + bC_{20_3^{B+F}}(s) + cC_{20_3^{B+F}}(T) + dC_{20_3^{B+F}}(T)
 \end{aligned} \quad (1)$$

在研究  $sd$  壳偶  $A$  核的能谱时, Han<sup>[2]</sup> 等人发现, 对偶核心的低激发态, 只有  $U_6^B(sd)$  ( $U_6^B(ST)$ ) 子群的全对称表示是重要的. 受此启发, 我们假定, 对全部奇核和偶核, 在  $U(36/24)$  的群链中, 只有  $U_6^{B+F}(sd)$  的全对称表示对低激发能级是重要的. 这时,  $H$  量可进一步化简, 最后可得能量表达式如下,

$$\begin{aligned}
 E = & C\tau(\tau + 3) + DL(L + 1) + bs(s + 1) \\
 & + cT(T + 1) + dJ(J + 1).
 \end{aligned} \quad (2)$$

上式中, 只有  $C, D, b, c, d$  等五个参数.

由于我们讨论过半满壳的  $sd$  壳原子核, 下面将取  $^{40}\text{Ca}$  为满壳的空穴表示. 当空穴玻色子和空穴费米子总数为 5 时, 即  $\bar{N}_B + \bar{N}_F = 5$ , 共有七个原子核, 它们是,  $^{30}\text{P}(T = 0)$ ,

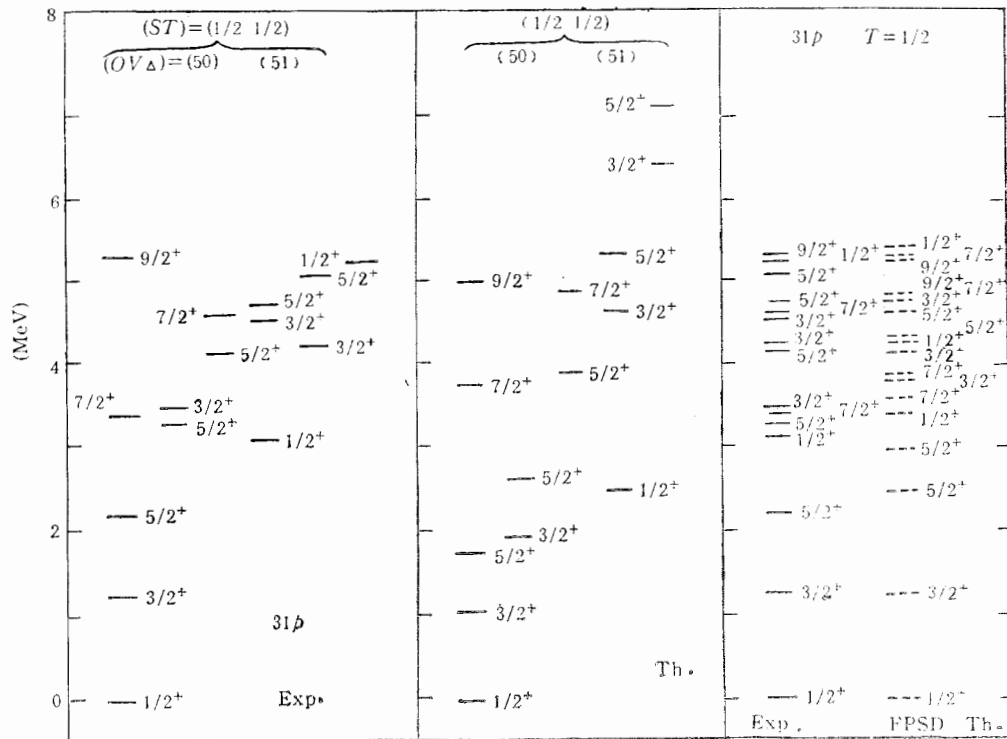


图 2  $^{31}\text{P}$  的理论实验谱比较  
中间实线是超对称结果, 右边虚线是壳模型结果<sup>[3]</sup>.

$^{39}\text{Si}(T=1)$ ,  $^{30}\text{S}(T=1)$ ,  $^{31}\text{P}$ ,  $^{31}\text{S}(T=1/2)$ , 和  $^{31}\text{Si}$ ,  $^{31}\text{Cl}(T=3/2)$ . 如果这里存在动力学超对称性, 这七个核就应当处在  $U(36/24)$  的同一超多重态中, 也就是说, 它们的能级均能用(2)来描述, 且采用同一组参数.

按此设想, 我们检验了  $^{30}\text{P}$ ,  $^{30}\text{Si}$ ,  $^{31}\text{P}$  和  $^{31}\text{Si}$  的 6MeV 以下的全部 52 条能级, 使用的参数值为,

$$C = 0.15\text{MeV}, D = 0.008\text{MeV}, b = 0.64\text{MeV}$$

$$c = 1.3\text{MeV}, d = 0.14\text{MeV}$$

所得结果, 与实验有相当好的符合. 首先, 理论与实验的能级结构是一致的, 二者之间的一一对应关系十分清晰. 其次, 能级位置的符合也是很好的. 在图 2 中, 我们给出一个典型结果. 其中实线是按超对称模型计算的, 虚线是按壳模型计算的<sup>[3]</sup>. 可以看出, 我们的结果与实验符合的程度, 和大规模壳模型计算是一样的. 但是, 我们的计算却简单得多, 每个能级的物理特性更明显.

显然, 这些结果是很发人深省的. 它把在中重核中提出的超对称考虑, 扩展到了轻核. 同时也表明, 我们提出的  $U(36/24)$  模型, 在描述轻核的超对称性和集体运动上, 是令人鼓舞的.

当然, 我们的计算还是初步的, 个别能级的位置与实验的偏差尚嫌过大. 为了进一步检验超对称的  $U(36/24)$  模型, 除了能级之外, 还应对电磁跃迁几率, 粒子转移反应强度等, 做系统的研究.

最后, 在本工作进行过程中, 与韩其智教授, 张玫教授, O. Scholten 教授做过不少有益的讨论, 在此谨向他们致谢.

### 参 考 文 献

- [1] Elliott, J. P. et al., *Phys. Lett.* **97B**(1980), 169.  
 [2] Q. Z. Han et al., *Phys. Rev.*, **C35**(1987), 786.  
 [3] B. H. Wildenthal et al., *Phys. Rev.*, **C4**(1971), 1708.

## DYNAMICAL SUPERSYMMETRY $U(36/24)$ IN LIGHT NUCLEI

SUN HONGZHOU

(Tsinghua University, Institute of Theoretical Physics, Academia Sinica, Beijing)

WANG WEIWEI ZHAO ENGUANG CHEN SHENGZHONG

(Institute of Theoretical Physics, Academia Sinica, Beijing)

### ABSTRACT

Using the dynamical supersymmetry model  $U(36/24)$ , the low-lying energy levels in  $^{30}\text{P}$ ,  $^{30}\text{Si}$ ,  $^{31}\text{P}$ ,  $^{31}\text{Si}$  are discussed. The obtained results show that the dynamical supersymmetry may exist in the region of light nuclei