

研究简报

关于 ^{36}Kr 同位素的形状共存区

张敬业 李宝安

(近代物理所) (兰州大学)

摘 要

综合分析规范空间的中子数和费米面 ($N \sim \lambda_n$) 关系, 位能面及壳修正能量的结果表明, ^{36}Kr 同位素出现形状共存的区域是一个 N 窗, $N \approx 38 \sim 42$.

近年来, $A \approx 60 \sim 80$ 区域引起了广泛的兴趣^[1-4]. 由于和稀土区比较起来, 这个区显然存在着许多新的特点, 例如: <1> 中子和质子的费米面处于同一大壳内, 因而 p-n 对相互作用显得更为重要些; <2> 核子数较少, 整体说来, 应该预计单粒子效应更加敏感些; <3> 从 28—50 的两个满壳之间, 核子数比较少, 从近球形区到大形变区的过渡可能具有新的特点等. 实验上已经观察到^[1], 这个区域偶偶核 Yrast 线的转动惯量与转动频率平方的关系图和稀土区的差别相当大. 而且还在一些 $N = 38, 40$ 的核上, 如 $^{70,72}\text{Ge}$, $^{72,74}\text{Se}$, ^{36}Kr 等, 观察到了形状共存现象, 而理论上还缺乏对这个区域的系统的研究.

Bohr 和 Mottelsson 等曾经指出^[5], 对场和四极场存在着相似性, 对关联的问题可以在规范空间中进行描述. 根据这一思想, 近年来文献 [6] 所发展的一套关于对振动与对转动的分析方法, 在稀土区已取得了一些较有意义的结果^[6,7]. 本文将运用这一方法, 分析 $A = 60 \sim 80$ 区. 但由于实验数据的限制, 这一分析还只能是初步的.

从线性 CHF 哈密顿量

$$H = H_0 - \epsilon \hat{Q} - \Delta(\hat{P}^+ + \hat{P}) - \omega \hat{I}_x - \lambda \hat{N} \quad (1)$$

可以容易地看出对场和四极场的相似性. ϵ 是四极形变, 亦即普通空间的形变; 而 Δ 是对形变, 亦即规范空间中的形变. ϵ 和 Δ 分别破坏了核在普通空间和规范空间的转动不变性, 从而对应地在这两个空间中出现了转动运动. 而 ω 和 I_x (λ 和 \hat{N}) 则为普通(规范)空间中的转动频率和角动量. 按照正则关系, 易得:

$$\lambda_p(Z, N, I, \nu) = \frac{\partial E(Z, N, I, \nu)}{\partial z} \approx [E(Z+1, N, I, \nu) - E(Z-1, N, I, \nu)]/2, \quad (2)$$

$$\lambda_n(Z, N, I, \nu) = \frac{\partial E(Z, N, I, \nu)}{\partial N} \approx [E(Z, N+1, I, \nu) - E(Z, N-1, I, \nu)]/2 \quad (3)$$

$$\omega(Z, N, I, \nu) = \frac{\partial E(Z, N, I, \nu)}{\partial I_x} \approx [E(Z, N, I+1, \nu) - E(Z, N, I-1, \nu)] / [I_x(I+1) - I_x(I-1)] \quad (4)$$

其中

$$E(Z, N, I, \nu) = -E_B(Z, N) + E_{ex}(Z, N, I, \nu) \quad (5)$$

$$I_x(I) = \sqrt{\left(I + \frac{1}{2}\right)^2 - K^2} \quad (6)$$

而 E_B 是结合能, E_{ex} 是相对于基态的激发能, I_x 和 K 分别为 I 在 x (转动) 轴及对称轴上的投影.

利用 (3)、(4) 式, 我们可就 Kr 同位素的基态作出规范空间中的 $N \sim \lambda_n$ 图 (图 1), 由图可见, 曲线在 $N \approx 50$ 出现平台, 如 [6] 所指出的这对应于大壳的能隙. 除此之外,

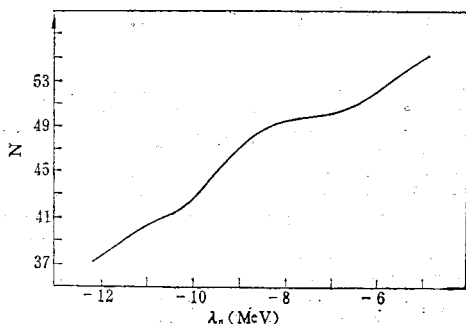


图 1 Kr 的 $N \sim \lambda_n$ 图

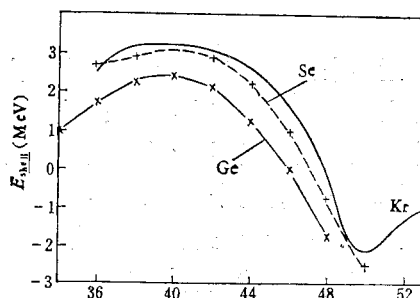


图 2 Ge, Se, Kr 实验壳修正能量

$$E_{shell}(I) = E_{exp}(I) - E_{L.D.}^{ph}(I=0), \quad E_{exp}$$

取自 [9] ^{72}Kr 的 E_{exp} 是外插值^[9].

曲线的斜率在 $N \approx 42$ 附近也有变化. 如 [6] 所指出的, 这种变化是密切联系于核的形状、对关联以及壳结构的变化的. 因此我们应该预计对于 Kr, 从 $38 < N \leq 42$ ($N < 38$, 无实验数据) 到 $N > 42$, 应该存在某种核形状的变化. 这一看法在关于实验壳修正能的分析中得到进一步证实, 参看图 2, 其中球形液滴质量 $E_{L.D.}^{ph}(I=0)$, 是利用 Möller 和 Nix 的公式^[8] 计算的, 由图立即可见, $N \approx 38 \sim 42$ 正是壳修正最大的区域, 按照稀土区所作的分析^[6], 这个区域是过渡区. 这一区域的特点可以由位能面的计算加以进一步的描述. 图 3 是由 Nilsson (+BCS)-Strutinsky 推算模型的位能面计算结果^[10] 作出的, 其中 $\Delta\gamma$ 表示位能主极小低能邻域 (相差不超过 1MeV 的能量区域) 所覆盖的 γ 的范围, 显然 $\Delta\gamma$ 愈大, 表示 γ 方向愈不稳定. 实线联系的是位能主极小的位置, 叉号表示次极小的位置. 这个理论结果告诉我们, $N \approx 38 \sim 42$, 是出现双极小的区域, $N \leq 38$ 的是大形变区,

$$42 < N \leq 50$$

是近球形区, 且 γ 极不稳定. 对于 $N \approx 38 \sim 42$, 若由位能面粗略估计一下两个极小之间位垒的高度, 则对应于 $^{36}\text{Kr}_{38}$, $^{76}\text{Kr}_{40}$, $^{78}\text{Kr}_{42}$ 分别为 2.6MeV, 2.8MeV, 1.5MeV. 可见 ^{74}Kr , ^{76}Kr 两极小间的位垒相当高, 易于从实验上观察到形状共存现象——观察到建立在两个形变上的转动带, 而 ^{78}Kr , 位垒较低, 较难于在实验上观察. 这正是目前实验上所得到的

结果^[4], 实验还指出, 对于 ${}^{74,76}\text{Kr}$ 基态是大形变, 而激发态 0_2^+ 则形变较小, 这和位能面的计算结果也是一致的。

实验上^[4]还指出 ${}^{74,76}\text{Kr}$ 的形状共存和同中素 ${}^{70}\text{Ge}$, ${}^{72}\text{Se}$ 等有所不同, 后者的基态是小形变, 而激发态 0_2^+ 是大形变. 这一差别理应在 $Z-\lambda_p$ 上有所体现, 但由于实验数据的限制, 暂时我们还无法在这个电荷数范围内作出 $N = 38, 40$ 的 $Z-\lambda_p$ 图来但图 2 中已看到 Kr 的壳修正能在 $N \approx 38$ 附近的行为确实和 Ge, Se 不同。

由上述分析可见, 规范空间的分析方法, 辅之以位能面及壳修正能量的知识, 可以用来讨论一种同位素出现形状共存的区域, 可以把它叫做该种同位素的 N 窗, 对于 ${}_{36}\text{Kr}$, N 窗为 $38 \sim 42$. 对于 $A = 60 \sim 80$ 区域形状共存的系统讨论, 将在随后的工作中给出。

这个区域与稀土区的不同特征正在逐渐展示出来, 实验和理论两个方面进一步的深入研究无疑会揭示出许多新的核结构的信息。

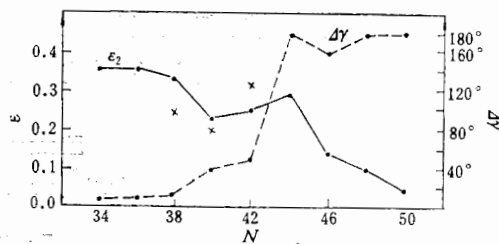


图 3 Kr 同位素位能面的主极小(由实线相联结)及次极小(x)及主极小低能邻域 γ 覆盖区(虚线)

参 考 文 献

- [1] J. H. Hamilton et al., 高能物理与核物理, 3(1979), 355.
- [2] 张敬业, *ibid.* 4(1980), 649. 张敬业, 张锡珍, *ibid.*, 5(1981) 308; 1980年9月美国 Berkeley 国际核物理会议文集, p. 318.
- [3] R. B. Piercey et al., *Phys. Rev. Lett.*, 47(1981), 1514.
- [4] J. H. Hamilton et al., *Phys. Rev.*, C25(1982), 1941.
- [5] A. Bohr and B. Mottelsson, "Nuclear Structure" VII (1975). R. Broglia et al., *Adv. Nucl. Phys.*, V. 6(1973), p. 287.
- [6] 徐躬耦, 张敬业, 3(1979), 232.
R. Bengtsson, Jing-ye Zhang (张敬业), S. Abeng, *Phys. Lett.*, 105B(1981), 5.
S. Abeng, R. Bengtsson, I. Ragnarsson, Jing-ye Zhang (张敬业), Proc. Nucl. Phys. Workshop, I. C. T. P. Trieste, Italy 5—30 October, 1981.
- [7] H. Emling Proc. XIV Masurian Summer School on Nucl. Phys. Poland, (1981)
D. Schwalm, private communications;
L. L. Riedinger, invited talk on nordic Meeting on Nucl. Phys. Fugls, Denmark, 16—20 Aug 1982;
T. L. Khoo, *ibid.*.
- [8] P. Möller and J. R. Nix, *Nucl. Phys.*, A361(1981), 117.
- [9] A. Wapstra and K. Bos, *Atom Data and Nucl. Data Tab.*, 19(1977), 177.
- [10] S. Abeng, *Phys. Scr.*, V25(1982), 23.

ON THE SHAPE COEXISTENCE REGION IN KRYPTON ISOTOPES

ZHANG JING-YE

(Institute of Modern Physics)

LI BAO-AN

(University of Lanzhou)

ABSTRACT

In terms of a systematic analysis of the relation between neutron number and Fermi surface ($N \sim \lambda_n$), the potential energy surface calculation and the shell corrections, it is found that the region appearing shape coexistence in Kr isotopes is located in a N-window $N=38 \sim 42$.