

快报

关于 ^{190}Hg 的形状共存*

张敬业

(理论物理分中心, CCAST (World Lab) 和中国科学院兰州近代物理所)

摘 要

本文利用标准的 Nilsson $\kappa\mu$ 参数和改进值, 通过 Nilsson-Strutinsky 方法, 计算了 ^{190}Hg 的基态位能面。结果指出除已知的扁椭球极小外, 在长椭球侧还存在一个低位的次极小, 这可用来解释最近实验上发现的额外的形变带。这一结果不同于总罗斯量面的计算。

最近实验上发现, 如同轻 Hg 同位素一样, ^{190}Hg 也存在着形状共存^[1]。也就是说 ^{190}Hg 核不仅存在一基带, 对应于小的扁椭球形变, 还存在另一转动带, 对应于不同的形变。这条带以下称为形变超带, 以区别于一般的二准粒子超带。这一现象和原来利用 Woods-Saxon 位所作的总罗斯量面 (TRS) 的计算结果^[2]不一致。这一形变超带的 2^+-0^+ 跃迁能量为 292keV, 远大于轻 Hg 同位素形变超带的 2^+-0^+ 跃迁能量: 例如已知 ^{184}Hg , ^{186}Hg , ^{188}Hg 形变超带的 2^+-0^+ 跃迁能量分别为 160, 99, 56keV^[3]。

为了探讨 ^{190}Hg 这一新转动带的性质, 本文首先利用一个近似的转动惯量唯象公式^[4], 从 2^+-0^+ 跃迁能量粗略估计一下其带头的形变值。然后再进一步计算 ^{190}Hg 的基态位能面, 以研究是否存在与此形变值对应的次极小。

如文献[4]、[5]所示, 考虑到对关联的影响, 并近似地认为 ^{190}Hg 的基态 $\epsilon_1 = 0$ 和 $\gamma = 0$ (根据相邻核以及已有的 TRS 计算的知识, 这样的假设是合乎本文的精确度要求的), 其有效转动惯量可以唯象地表示为

$$\mathcal{J}_{\text{eff}} = \mathcal{J}_{\text{rig}} \left[\frac{z}{A} (1 - f(x_p)) + \frac{N}{A} (1 - f(x_n)) \right] \quad (1)$$

其中

$$f(x) = \frac{\ln(x + \sqrt{1+x^2})}{x\sqrt{1+x^2}} \quad (2)$$

$$\mathcal{J}_{\text{rig}} = \frac{1}{144} A^{5/3} \left[\left(1 + \frac{1}{3} \epsilon_2\right)^2 \left(1 - \frac{2}{3} \epsilon_2\right) \right]^{2/3} \cdot \left[\left(1 + \frac{1}{3} \epsilon_2\right)^{-2} + \left(1 - \frac{2}{3} \epsilon_2\right)^{-2} \right] (\text{MeV})^{-1} \quad (3)$$

本文 1989 年 9 月 27 日收到。

* 国家自然科学基金资助项目。

而 $x_p = \varepsilon_2 \hbar \omega_p / 2\Delta_p$, $x_n = \varepsilon_2 \hbar \omega_n / 2\Delta_n$. 利用 Wapstra 的质量表^[6], 可求得 ^{190}Hg 基态的质子和中子的对关联能量, $\Delta_p / \hbar \omega_p = 0.1765$ 和 $\Delta_n / \hbar \omega_n = 0.1549$. 并近似地认为这也就是形变超带带头的对关联能量. 于是由形变超带的 $2^+ - 0^+$ 跃迁能量及 $E_\gamma(2^+) = 3 / \mathcal{J}_{\text{eff}}$, 可得 $\varepsilon_2 \approx 0.143$. 这就是新观察到的 ^{190}Hg 的形变超带带头的形变估计值.

基态位能面可以利用通常 Nilsson-strutinsky 方法^[7]加以计算. 但是正如该文所指出的, 由于当时实验数据的限制, 在 $A \approx 187$ 区, Nilsson 参数 κ, μ 并未进行过认真的符合, 而只是利用 $A = 165$ 及 $A = 242$ 区经过与实验符合而确定的 κ, μ 作线性内插而得到的. 应该认为这样的内插是根据不足的. 后来 T. Bengtsson 和 I. Ragnarsson 作了改进, 提出了随主壳层数 N 变化的一套标准的 κ, μ ^[8]. 但经分析, 这套标准 κ, μ , 对于 $A \approx 187$ 区仍不能很好地再现一些重要的实验事实, 如 ^{185}Au 的 $f_{7/2}$ 带头位置^[9]. 为此我们对 $N = 4, N = 5$ 的质子 κ, μ 参数作了改化, 使得能再现 ^{185}Au 的丰富的多带结构的

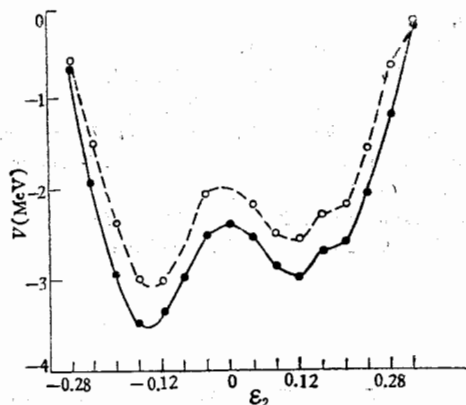


图 1 ^{190}Hg 的基态位能曲线 ○——○ 是用标准 κ, μ 的计算结果, ●——● 是改进的 κ, μ 的结果

实验结果^[9]. 利用这两套不同的 κ, μ , 仍假定 $\gamma = 0$, 我们在 $\varepsilon_2, \varepsilon_4$ 平面上计算了 ^{190}Hg 的位能面. ε_2 的变化范围是 -0.28 到 $+0.32$, ε_4 是 -0.04 到 $+0.08$, 步长均为 0.04 . 为简单明了起见, 图 1 给出了一维位能曲线, 这是由各 ε_2 值下的最低能量作成的(对应的 ε_4 变化很小, 在 0.00 到 0.04 的范围内), 由图可以看出, 不论是标准的 κ, μ 或改进的 κ, μ , 位能面上除有小扁椭球的基态极小外, 均存在一个有足够深度的明显的小形变的长椭球次极小, 对应于 $\varepsilon_2 \approx 0.12$. 相当接近于由形变超带的 $2^+ - 0^+$ 跃迁能量所粗略估计的 ε_2 值. 所以应该认为用 Nilsson-strutinsky 方法所求得的 ^{190}Hg 基态位能面, 是可以描述这个核的形状共存现象的.

相邻的轻 Hg 同位素, 如 $^{180-188}\text{Hg}$, 用两套 κ, μ 参数所求得的位能面给出的次极小的形变值, ε_2 , 均大于 0.2 . 确实远大于 ^{190}Hg 形变超带的带头形变值. 这和 ^{190}Hg 形变超带的 $2^+ - 0^+$ 跃迁能量远大于轻同位素的对应值, 而它们的基态对关联均相差无几的事实是一致的. 其实从中子 Nilsson 能级可以看到, 对于长椭球小形变 ($\varepsilon_2 \sim 0.1$), $N = 110$ 正开始进入 $h_{9/2}$ 和 $i_{13/2}$ 的高 K 轨道, 即上翘轨道区, 而 $N < 110$, 不仅主要处于高 j 低 K (即下降) 轨道区, 并且 $N = 102, 104, 106, 104$ 在长椭球侧都存在形变较大 ($\varepsilon_2 \geq 0.2$) 的

能隙。因此 ^{190}Hg 的长椭球次极小的形变值比 $N < 110$ 的轻 Hg 同位素长椭球次极小的形变小许多是可以理解的。

值得指出的是,这类位能面计算所给出的形变超带的带头能量和实验值有一定偏离。对于 ^{190}Hg , 实验测量值是 1279keV。但标准 $\kappa\mu$ 的计算给出的是 $\sim 410\text{KeV}$, 而改进的 $\kappa\mu$, 给出的也只有 $\sim 610\text{KeV}$ 。这个偏离也许和实际存在的形变超带与基带间的相互作用有关。而这个因素在 Nilsson-strutinsky 的基态位能面计算中是未加考虑的。因此有待于进一步的研究。

作者感谢马文超博士提醒我注意 ^{190}Hg 的新实验结果。

参 考 文 献

- [1] Wenchao Ma (马文超) and J.H. Hamilton, *Chinese Journal of Nucl. Phys.*, **11** (1989), 45.
- [2] Jingye Zhang (张敬业), "Physics at Tandem" 国际会议, 特邀报告, 1986年9月8—13日, 北京. R. Bengtsson, T. Bengtsson, J.Dudek, G. Leander, W. Nazarewicz and Jingye Zhang (张敬业), *Phys. Lett.*, **183B** (1987), 11.
- [3] J. H. Hamilton, *Nukleonika*, **24** (1979), 561.
- [4] R. Bengtsson and S. Åberg, *Phys. Lett.*, **172B** (1986), 277.
- [5] 张敬业, 钟纪泉, 廖毕程, 高能物理与核物理, **12**(1988), 665.
- [6] A.H. Wapstra, G. Audi and R. Hoekstra, *At. Data Nucl. Data Tables*, **39** (1988), 281.
- [7] S.G. Nilsson, C.F. Tsang, A. Sobiczewski, S. Wycech, C.Gustafson, I. Lamm, P. Moller and B. Nilsson, *Nucl. Phys.*, **A131**(1969), 1.
- [8] T. Bengtsson and I. Ragnarsson, *Nucl. Phys.*, **A436** (1985), 14.
- [9] Jingye Zhang (张敬业), A.J. Larabee and L.L. Riedinger, *J. Phys. G. Nucl. Phys.*, **13** (1987) L75.

THE SHAPE COEXISTENCE IN ^{190}Hg

ZHANG JINGYE

(Center of Theoretical Physics, CCAST (World Lab) and
Institute of Modern Physics, Academia Sinica, Lanzhou)

ABSTRACT

The ground state Potential Energy Surface for nucleus ^{190}Hg was calculated in terms of Nilsson-Strutinsky method with standard κ , μ set and modified one. It is shown that there is a low-lying second minimum in prolate side except the known oblate minimum. The existence of such a prolate minimum, which is different from Total Routhian Surface calculation, may explain the recent observation of extra deformation band in ^{190}Hg .