

滿壳层外一个粒子原子核的能級^{*†}

儲連元 王德煒 于 敏

(中国科学院原子能研究所)

提 要

本文討論了滿壳层外有一个核子的原子核的能譜,指出在計算能譜時可以用微扰方法。

滿壳层外核子的能量

$$E = E^{(0)} + \Delta E, \quad (1)$$

式中 $E^{(0)} = \langle T \rangle + \langle V \rangle$ 是零級近似能量, ΔE 是各次微扰能量之和^[1]。和 ΔE 相应的費曼图如图 1 所示, 方块表示任意复杂的和滿壳层中核子的相互作用。例如一次微扰的費曼图如图 2 所示, 其中(b)相当于(a)的交換項。按照通常的办法, 我們选择平均坊 V 为福克自恰坊, 則一次微扰的貢獻为零。二次微扰的費曼图如图 3 所示, 其中(b)和(d)分别是(a)和(c)的交換項。由于一次微扰等于零, 所以二次微扰实际上是 ΔE 中的最低次微扰。

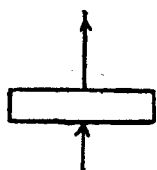
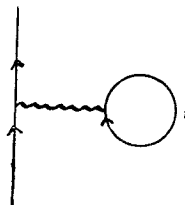


图 1

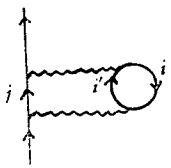


(a)

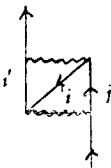


(b)

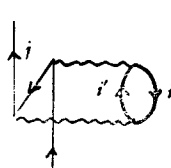
图 2



(a)



(b)



(c)



(d)

图 3

我們知道, $E^{(0)}$ 是核子在平均坊中的动能和位能之和。一般动能和位能值都是很大的(动能 ~ 22 Mev, 位能 ~ -30 Mev), 而且符号相反, 所以 $E^{(0)}$ 实际上是兩大項之差, 因此在計算核子的結合能 E 时, ΔE 很难忽略。但是在計算滿壳层外有一个核子的原子核的能譜时, 情况有所不同。

* 1959年5月21日收到。

† 本文为庆祝中华人民共和国国庆九周年而作。

$$E_2 - E_1 = E_2^{(0)} - E_1^{(0)} + \Delta E_2 - \Delta E_1, \quad (2)$$

式中 1, 2 分別表示兩条能級。假設核子在第二條能級時其動能比在第一條能級時的動能大, 則它在第二條能級時和滿壳層內核子的平均相對動量也比較大, 因此它所受到的平均場在絕對值上說是比較小的。即若

$$T_2 > T_1,$$

則

$$V_2 > V_1.$$

按照有效質量近似,

$$E_2^{(0)} - E_1^{(0)} = T_2 - T_1 + V_2 - V_1 = \frac{k_2^2}{2M} - \frac{k_1^2}{2M} + bk_2^2 - bk_1^2 = \frac{k_2^2}{2M^*} - \frac{k_1^2}{2M^*}, \quad (3)$$

M^* 是核子在原子核中的有效質量。因為 b 是正的, 所以 $M^* < M$ 。據一般估計, $M^* \approx 0.5 M^{[2]}$ 。

因為在 $E_2^{(0)} - E_1^{(0)}$ 中, 無論動能部分或位能部分之差都是正的, 所以有可能可以忽略(2)式中的 $\Delta E_2 - \Delta E_1$ 項, 而不致引起很大的誤差。為此, 我們粗略地估計了 ΔE 中最低次項的大小。為簡單起見, 我們假設二核子間相互作用是與自旋無關的高斯勢

$$v(r) = v_0 e^{-\alpha^2 r^2},$$

式中 $v_0 = -40 \text{ Mev}$, $\alpha = 0.6 \times 10^{13} \text{ cm}^{-1}$, 這種勢的強度介於單態和三態強度之間。據估計結果, 費曼圖 3(a) 對兩條能級能量差的貢獻大約相當於動能部分的 $-8\% \times \frac{M^*}{M}$, 當 $M^* = 0.5 M$, 圖 3(a) 的貢獻為動能部分的 -4% , 而為 $E_2^{(0)} - E_1^{(0)}$ 的 -2% 。所以的確在計算滿壳層外有一個核子的原子核的能譜時, $E_2^{(0)} - E_1^{(0)}$ 是相當好的近似。儲連元^[3]曾計算了滿壳層外一個核子的原子核的反雙重態能級分裂, 得到了相當符合實驗的結果。這種反雙重態分裂主要是由於該核子與滿壳層內核子的相反作用的高次波部分(主要是 P 波)引起的。可惜目前還不能確定在他的計算中, 所用到的 P 波相互作用強度, 是否就是在計算福克平均場的 P 波相互作用強度。

参 考 文 献

- [1] 于敏、張宗燁、余友文: 物理學報, 本期, 397 頁。
- [2] Bethe, H. A., *Phys. Rev.* **103** (1956), 1353.
- [3] 儲連元: 物理學報, **14** (1958), 469.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УРОВНИ ЯДЕР, ИМЕЮЩИХ ОДИН НУКЛОН ВНЕ ЗАПОЛНЕННЫХ ОБОЛОЧЕК

Чу Лян-юан Ван Дэ-юй Юй Мин

(Институт Атомных Энергий АН)

РЕЗЮМЕ

В настоящей работе рассматривали энергетический спектр ядер, имеющих один нуклон вне заполненных оболочек. Показали, что при вычислении спектра можно применить метод возмущения.