

New modern physics Review—

The third part: the nucleus physics (chapter 7 ~ 14)

Huang Zhenqiang HuangYuxiang

China Institute of Water Resources and Hydropower Research

Email: kexuetansuoze@126.com

Abstract

This article is the author of "cold fusion reactor" [1] patent and the "new modern physics" [2] Summary monograph content. We do expectations and mainstream fusion of modern physics and engineering academia academic exchanges. This monograph based on Einstein's idea of determinism, first create a classic elementary quantum spin fluctuations vertical double elliptical orbit motion model, combined with Newtonian mechanics, the basic equations of motion electrodynamics, quantum mechanics, elementary particle velocity along the track combined with the relation between the energy, the use of a unified self-consistent mathematical physics equations were solved derivation and precise. It can accurately answer all the elementary particles, nuclei, the internal structure of the atom, composition, movement characteristics law decay reason, energy, quality source of strong, weak and electromagnetic interaction between and intensity of the interaction. It can to microscopic, macroscopic electromagnetic field and gravitational field of the propagation medium and principles. We eventually demonstrated the infinite eternal cosmology, absolute time and space and a large unified field.

Keywords

Cold fusion reactor; Neutrinos field medium characteristics; Elementary particle structure; The quality of formation energy principle; Determinism of quantum physics; Electromagnetic propagation principle; Neutrinos energy shock; Graviton; Dark matter; The unified field

Subject Areas: Math & Physics

新现代物理学综述—

第三部分:原子核物理学(第7~14章)

黄振强 黄宇翔

中化地质矿山总局福建化工地质勘查院

Email: kexuetansuoze@126.com

收稿日期: 2016年3月30日; 发布日期: 2016年4月5日

摘要

本文是笔者《冷核聚变堆》[1]发明专利和《新现代物理学》[2]专著的综合内容。期望与主流核聚变工程学界和现代物理学界进行学术交流。本专著依据爱因斯坦决定论思路,先建立经典基本粒子量子化波动自旋垂直双椭圆轨道运动模型,结合牛顿力学、电动力学、量子力学最基本的运动方程,结合基本粒子沿轨道运动速度与能量的相对论关系,运用统一自洽的数学物理方程组进行推导和精确求解的。它能精确解答所有基本粒子、原子核、原子的内部结构、组成、运动特征规律,衰变原因、能量、质量来源,强、弱相互作用与电磁相互作用的关系和强度。微观、宏观领域的电磁场和万有引力场的传播介质和原理。最终论证了无限永恒宇宙论、绝对时空观和大统一场。

关键词

冷核聚变堆; 中微子场介质特征; 基本粒子结构; 质量能量形成原理; 决定论量子物理学; 电磁场传播原理; 中微子能量震荡; 引力子; 暗物质; 大统一场

第 7 章原子核内部结构模型、核力、磁矩形成原理

7.1 原子核内部结构模型、核力形成原理

7.1.1 原子核内部结构模型

原子核由质子、中子组成。笔者在前面粒子物理中已经证明：质子、中子由核芯和 π^* 介子组成，这两种基本粒子均由 n 对电偶极子（和一个荷电粒子）组成。为了系统研究、精确计算原子核内部结构、形态、大小、电荷分布特征，核力形成原理，磁矩变化规律，原子核能量变化、分裂衰变特点， x 射线、 γ 射线能量与几率变化关系。根据粒子物理中建立的基本粒子波动、自旋量子化定态垂直双椭圆轨道运动模型；电中性基本粒子和带电基本粒子在波动速度方面的差异，前者， $\beta=1-10^{-9}$ ，后者当 $\infty \geq N_a \geq 34/13$ 时，由（4.9）式，得： $0.9987108301 \leq \beta \leq 0.9989866946$ 。显然，波动、自旋速度不同的粒子是不能在同一条轨道中运行的。我们必须采取新的思路，依据科学界已经测定的数千种原子核素的总能量及相关参数，将质子、中子全部“拆解”成带电基本粒子，并组装出与实验测定的上述所有特征、参数都符合的原子核来。这也是对粒子物理中建立的轨道论量子物理学模型进行全面的、严格的检验。

当我们将质子、中子全部“拆解”成带电基本粒子后，原子核显然就由这众多的带电基本粒子组成。每个带电基本粒子都具有波动、自旋量子化定态垂直双椭圆运动轨道。我们可以令适量的、原始波动能量 m_i 、波动量子数 N_{ai} 相同的基本粒子均匀分布在同一条波动、自旋轨道上，组成粒子螺线环。按能量、空间组合关系分成高能粒子螺线环和低能粒子螺线环。低能粒子螺线环净剩带负电荷的基本粒子，其平均能量和波动量子数以 \bar{m}_{di} 、 N_{adi} 表示；高能粒子螺线环净剩带正电荷的基本粒子，其平均能量和波动量子数以 \bar{m}_{gi} 、 N_{agi} 表示。

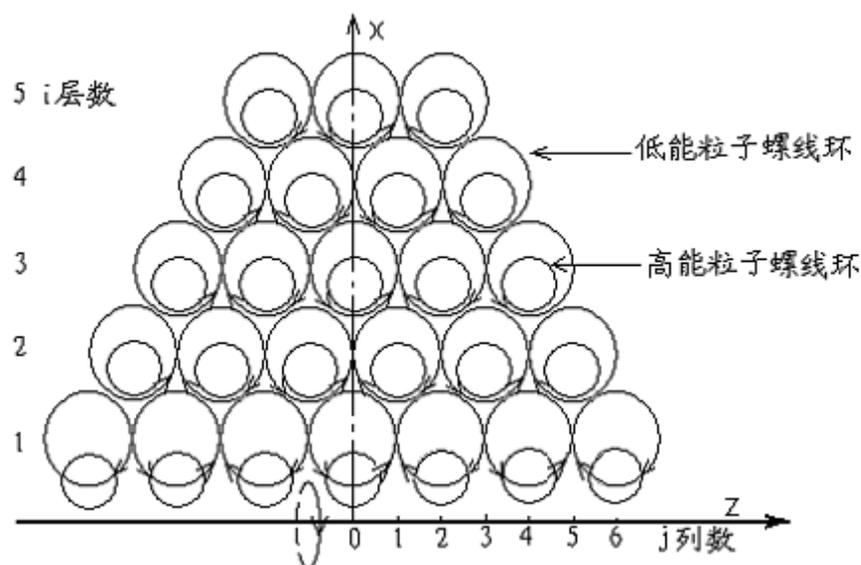


图 7.1 A 型原子核内部高、低能粒子螺线环组合示意图

将数个能量、波动量子数完全相同的低能粒子螺线环并排，令其两侧波动、自旋轨道相切、共用。因为轨道切点上各带电基本粒子的波动、自旋运动方向、速度完全相同，间距错开，就象半径相同的两

个轮子相切转动一样，组成低能粒子螺线环层。总核子数不同的原子核骨架就由 1~5 层这种低能粒子螺线环组成，见图 7.1、图 7.2。最后令高能粒子螺线环也按能量、波动量子数的差别分成 5 层。各层的高能粒子螺线环分别“塞入”同层对应的低能粒子螺线环波动轨道内侧。这样就组成了我们所需要的原子核内部结构模型。根据第 1 层低能粒子螺线环排列数是奇数或偶数，分成 A、B 两种类型的原子核。它们的电场能量方程、核内电、磁相互作用力计算方式、相关公式均略有不同。

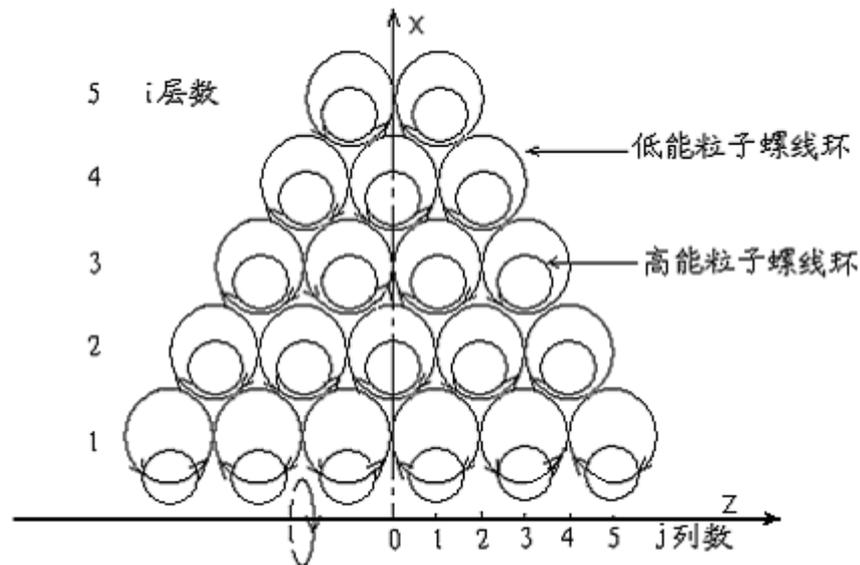


图 7.2 B 型原子核内部高、低能粒子螺线环组合示意图

从图 7.1、图 7.2 看到，第一层高低能粒子螺线环组合模型与第 2~5 层不同。笔者曾用与第 2~5 层相同的方案“组装”过原子核，但最终对质量中等至重原子核的能量计算结果都偏大。不过，对于总核子数小于 56 的 ${}_{26}^{56}\text{Fe}$ 的轻原子核，可以考虑采用。详见第 12 章 12.4 和 12.5 节的总核子数小于 56 的 ${}_{26}^{56}\text{Fe}$ 的轻原子核补充参数计算。

7.1.2 核力形成原理

由 (3.23) ~ (3.26) 式和表 2.2、表 3.1 已证明：只要荷电粒子实体半径 R_a 与波动半径 \bar{R}_a 的比值 $1.499 \times 10^{-13} \geq K_r \geq 8.0 \times 10^{-15}$ ，荷电粒子沿波动轨道中运动时，其综合电、磁场作用力沿波动轨道半径指向波动轨道内侧，其强度就是离心力的天文学倍数！同理，由 (3.18)、(3.19) 式，已证明：带电基本粒子沿波动轨道运动时，除在 $\alpha=90^\circ$ 、 270° 及附近外，综合电、磁场作用力都是沿波动轨道半径 R_a 指向外侧，但却比各个荷电粒子形成的综合电、磁场力小的多。在 $\alpha=90^\circ$ 、 270° 及附近，虽然这时整个带电基本粒子综合电、磁场作用力趋于 0，但是，由荷电粒子形成的综合电、磁场力仍存在，指向波动轨道内侧，并且仍然是波动方向运动形成离心力的天文学倍数！而且，各个荷电粒子综合电、磁场力，见图 3.4、(3.29) 式，均受到上下、左右异性荷电粒子电场力的吸引作用，必将自我调整拉伸变形程度，照样可以恰到好处地约束基本粒子沿波动、自旋轨道运动。

当带电基本粒子自旋轨道内侧存在其它异性带电基本粒子时，设净剩电荷数为 N_e ，由库仑定律，其电场力 F_{e0} 为：

$$F_{e\theta} = \frac{N_e e^2}{4\pi\epsilon_0 \bar{R}_\theta^2 \sqrt{1 - \left(\frac{v_\theta}{c}\right)^2}} \quad (7.1)$$

令荷电粒子电、磁场综合作用力为 ΔF_{eb} ，大于电场力 $F_{e\theta}$ 、离心力 $F_{n\theta}$ 之和。联立(7.1)、(3.25)、(3.26)式，得：

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \bar{R}_\alpha^2} \left\{ \begin{array}{l} \frac{(2n+1)[1-\beta^2(1-K_r^2)]}{4K_r^2} \left[\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2(1+K_r)^2}} - \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2(1-K_r)^2}} \right] \\ - \frac{N_e}{N_\alpha \sqrt{1-\beta^2/N_\alpha}} - \beta \frac{2h\epsilon_0 c}{e^2} \end{array} \right\} \gg 0 \quad (7.2)$$

根据(3.29)式计算数据，对 π^+ 介子，电偶极子数 $n=2$ ，设 $N_\alpha=50$ ， $K_r=8.0 \times 10^{-15}$ ， $N_e=50$ ，由(4.9)式，得： $\beta=0.9987237786$ ，代入(7.2)式，得：

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \bar{R}_\alpha^2} (3.093858 \times 10^{15} - 1.010126 - 136.8611) \gg 0$$

若令 $N_\alpha=500$ ，代入(4.9)式，得： $\beta=0.9987121191$ 。令 $N_e=200$ ，（人类已发现的原子核电荷数小于120），其它参数不变，代入(7.2)式，得：

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \bar{R}_\alpha^2} (3.076858 \times 10^{15} - 0.4003996 - 136.8595) \gg 0$$

从计算结果、表3.1比较看出：荷电粒子内、外侧表面综合电、磁场力 ΔF_{eb} ，既远大于带电基本粒子内、外侧表面综合电、磁场力；更远大于自旋轨道内侧净剩电荷引起的电场力 $F_{e\theta}$ 和离心力 $F_{n\theta}$ ；所以，原子核内每个粒子螺线环沿自旋半径方向的电场力、离心力都不必考虑。只要研究原子核中心电、磁场力对每个粒子螺线环在自旋轨道轴向的分力就够了。

在(2.10)式计算带电基本粒子能量与 N_α 、 β 、 K_r 等参数相关性时我们就发现，带电基本粒子内的净剩荷电粒子是分布在自旋轨道的内侧。由图7.1、图7.2看出：内、外层低能粒子螺线环波动、自旋轨道虽然挨得很近，但决不允许相切或重叠，否则内外层基本粒子会对撞！同层高、低能粒子螺线环在自旋轨道内侧虽然波动、自旋运动方向相同，但速度不同；轨道相邻一侧都是净剩正荷电粒子，因为荷电粒子的静电场力排斥作用，所以轨道也不会相切、重叠或引起“追尾”碰撞；而且，低能粒子螺线环对波动轨道内侧的高能粒子螺线环刚好起自旋轴向空间限制作用。

由于 K_r 值为 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 数量级，所以在低能同层粒子螺线环波动、自旋侧向轨道切点处，由净剩负荷电粒子沿轨道运动中将会形成很强的同向电流相互吸引作用的安培力。后面第10、11章的分析计算结果表明：该安培力相互作用距离短，有同时克服压缩和拉伸的双重作用，能有效地平衡原子核内电场力在各粒子螺线环自旋轴向的分力，这对力就是核力。

7.2 原子核磁矩形成原理

7.2.1 原子核磁矩形成原理

根据实验结果：原子核内核子和过剩电荷几乎都是等密度分布，边缘都有弥散层，见图 7.3。原子核总体能量与核子数 A 成正比，核内电荷分布的半径为： $R_e = (1.2 \sim 1.5) A^{1/3} \times 10^{-15} m$

核力作用半径略大于核电荷分布半径，相当于原子核包着一层“中子皮”。磁矩的变化规律是：当质子、中子均是偶数时，合磁矩为 0。

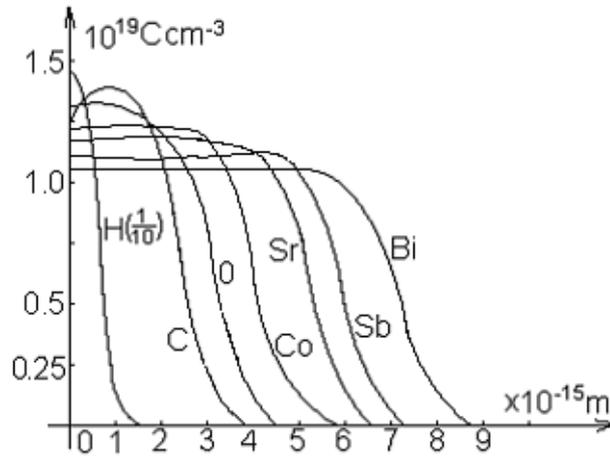


图 7.3 原子核内电荷密度分布图 (C 为电量单位库仑)

综合上述数据、图像特征，经过多种模型、方案、参数模拟计算比较后得出结论：我们必须将质子“拆解”成两个带正电荷的基本粒子，一个带负电荷的基本粒子；中子“拆解”成 4 个各带正、负电荷的两对基本粒子；所有的带电基本粒子都是由两对电偶极子和一个荷电粒子组成，即全部都是带电 π^+ 介子。这样一来，就使所有的原子核内部结构、组成彻底“民主化”。同层内的电偶极子自转起始角度位置参数 α_0 与 K_r 的对应关系也完全相同。由此导出：每个质子的核芯，都必须由 6 对电偶极子组成。对单个质子，“拆解”后多余一个电偶极子可以向中微子场释放；单个中子“拆解”时，差一个电偶极子可以从中微子场中吸收补充。当然，成对质子、中子“拆解”时刚好维持电偶极子总数不变。

以 a 粒子为例，两对质子、中子共“拆解”成 8 个 π^+ 介子，以“ \oplus ”表示，6 个 π^- 介子，以“ \ominus ”表示。对中子，令一个 π^+ 介子进入高能轨道，另 3 个 π^+ 介子进入低能轨道；对质子，令 2 个 π^+ 介子进入高能轨道，另一个 π^+ 介子进入低能轨道。我们令高能轨道中的 π^+ 介子能量是低能轨道中的近 2 倍，精确值由第 8、9 章中模拟计算求得。每个质子、中子“拆解”的所有 π^+ 介子在高、低能轨道上只能有 4 种分配状态，如图 7.4 所示。我们以 a 、 b 、 c 、 d 表示这 4 种分配状态。多个质子、中子将以这 4 种状态的不同组合，就构成不同的高、低能粒子螺线环。

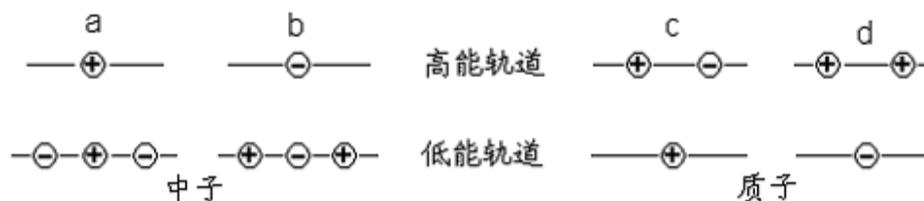


图 7.4 质子、中子“拆解”的 π^+ 介子在高、低能轨道上的分配图

由原子核的磁矩合成原理中导出：当由偶数个质子、中子“拆解”的所有 π^+ 介子组成一对高、低能粒子螺线环时，其高能轨道上的过剩 π^+ 介子数应为质子数的 2 倍，低能轨道上过剩 π^+ 介子数等于质子数。

如 a^{++} 粒子，当它以 a、b、2d 分配状态组合时，如图 7.5 所示。这样，当高、低能 π^\pm 介子自旋运动方向一致时，只要高能 π^\pm 介子的能量 \bar{m}_{g1} 是低能 π^\pm 介子能量 \bar{m}_{d1} 的 2 倍，且波动量子数 $N_{ag1}=N_{ad1}$ ，由 (6.5) 式可知，其总磁矩为 0。

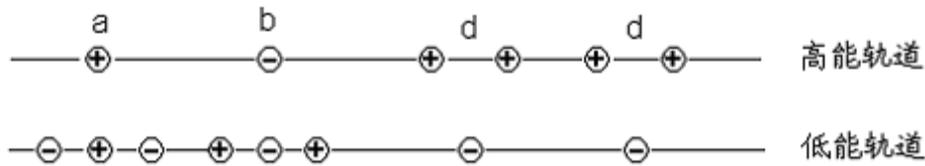


图 7.5 a^{++} 粒子内 14 个 π^\pm 介子在高、低能轨道上的分配组合图

同理，只要偶数个质子、中子“拆解”的全部 π^\pm 介子都按上述规律进入波动量子数相同的同一层高、低能粒子螺线环轨道时，其高能轨道上净剩 π^\pm 介子总数为 $2P_i$ 个，低能轨道上净剩 π^\pm 介子总数为 P_i 个，（ P_i 为该层高、低能粒子螺线环上的总质子数）。如 $^{12}_6\text{C}$ 碳原子核，见图 7.6。我们同时可以令每一对高、低能粒子螺线环内的净剩 π^\pm 介子数与原子核中轴线 X 轴呈对称分布。这是原子核内核电场力相互作用保持平衡所必需的，结果同样也能使合磁矩为 0。

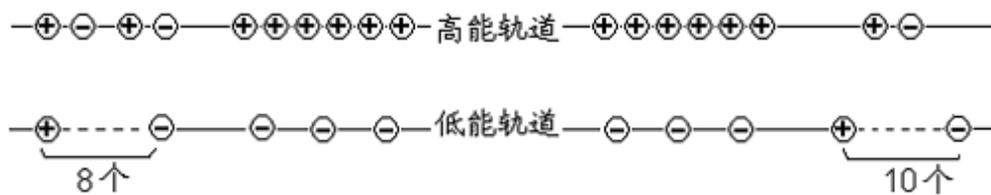


图 7.6 $^{12}_6\text{C}$ 碳原子核内两对并排高、低能粒子螺线环内 π^\pm 介子分配组合图

综上所述，所有的偶数个质子、中子组成的原子核，只要其核子数足够多，我们都可以将质子、中子总数分成 1~5 份，每份均由偶数个质子、中子组成。每份的质子、中子所“拆解”的所有 π^\pm 介子都按上述规律进入相应层 N_{agi} 、 N_{adi} 的高低能粒子螺线环轨道内，则每相应层的高能轨道上的净剩 π^\pm 介子数为 $2P_i$ 个，低能轨道上净剩 π^\pm 介子数为 P_i 个。

由 (1.6)、(6.3) ~ (6.5) 式，质子内部的磁矩是由 π^\pm 介子在自旋轨道中运动形成的，所以，原子核内的每个净剩的 π^\pm 介子，其磁矩方程式都应为：

$$U_{\pi^\pm} = \pm \int_0^{2\pi/N\alpha} \frac{eN_\alpha(N_\alpha - 1)h}{8\pi^2 \bar{m}_{\pi^\pm} (\sqrt{N_\alpha} + \cos \alpha)^2} d\theta \quad (7.3)$$

除第 1 层高、低能粒子螺线环中 $N_{ag1}=N_{ad1}$ ， $\bar{m}_{g1}=2\bar{m}_{d1}$ 外，第 2、3、4、5 层高、低能粒子螺线环中的 N_{agi} 、 N_{adi} 、 \bar{m}_{gi} 、 \bar{m}_{di} 值，均是通过模拟计算后求出，详见第 8、9 章。

7.2.2 原子核内磁矩合成原理

当原子核内的质子、中子不同为偶数时，先扣除同为偶数的质子、中子数，剩余的质子、中子将有奇数个质子、中子；奇数个质子、偶数个中子；偶数个质子、奇数个中子三种组合。根据每种组合“拆解”的全部 π^\pm 介子在高、低能轨道上的分配状态，原子核的磁矩可以有多种状态组合。每个状态组合中各高、

低能 π^\pm 介子又可以分别进入不同层的高、低能粒子螺线环轨道，将会产生不同的磁矩。显然，原子核的磁矩就是各层、各高、低能粒子螺线环轨道中各净剩 π^\pm 介子所形成的各磁矩的代数和。下面分别列出：

1. 质子、中子都为奇数

$$(1) \text{ ac bd 状态组合 } \sum U = \sum_{i=1}^2 U_{gi}^+ + U_{gi}^- + \sum_{i=1}^2 U_{di}^+ + \sum_{i=1}^2 U_{di}^- \quad (7.4-1)$$

$$(2) \text{ ad 状态组合 } \sum U = \sum_{i=1}^3 U_{gi}^+ + 0 + U_{di}^+ + \sum_{i=1}^3 U_{di}^- \quad (7.4-2)$$

$$(3) \text{ bc 状态组合 } \sum U = U_{gi}^+ + \sum_{i=1}^2 U_{gi}^- + \sum_{i=1}^3 U_{di}^+ + U_{di}^- \quad (7.4-3)$$

2. 质子奇数、中子偶数

$$(1) \text{ abc bbd 状态组合 } \sum U = \sum_{i=1}^2 U_{gi}^+ + \sum_{i=1}^2 U_{gi}^- + \sum_{i=1}^4 U_{di}^+ + \sum_{i=1}^3 U_{di}^- \quad (7.5-1)$$

$$(2) \text{ abd aac 状态组合 } \sum U = \sum_{i=1}^3 U_{gi}^+ + U_{gi}^- + \sum_{i=1}^3 U_{di}^+ + \sum_{i=1}^4 U_{di}^- \quad (7.5-2)$$

$$(3) \text{ aad 状态组合 } \sum U = \sum_{i=1}^4 U_{gi}^+ + 0 + \sum_{i=1}^2 U_{di}^+ + \sum_{i=1}^5 U_{di}^- \quad (7.5-3)$$

$$(4) \text{ bbc 状态组合 } \sum U = U_{gi}^+ + \sum_{i=1}^3 U_{gi}^- + \sum_{i=1}^5 U_{di}^+ + \sum_{i=1}^2 U_{di}^- \quad (7.5-4)$$

3. 质子偶数、中子奇数

$$(1) \text{ acd bdd 状态组合 } \sum U = \sum_{i=1}^4 U_{gi}^+ + U_{gi}^- + \sum_{i=1}^2 U_{di}^+ + \sum_{i=1}^3 U_{di}^- \quad (7.6-1)$$

$$(2) \text{ acc bcd 状态组合 } \sum U = \sum_{i=1}^3 U_{gi}^+ + \sum_{i=1}^2 U_{gi}^- + \sum_{i=1}^3 U_{di}^+ + \sum_{i=1}^2 U_{di}^- \quad (7.6-2)$$

$$(3) \text{ bcc 状态组合 } \sum U = \sum_{i=1}^2 U_{gi}^+ + \sum_{i=1}^3 U_{gi}^- + \sum_{i=1}^4 U_{di}^+ + U_{di}^- \quad (7.6-3)$$

$$(4) \text{ add 状态组合 } \sum U = \sum_{i=1}^5 U_{gi}^+ + 0 + U_{di}^+ + \sum_{i=1}^4 U_{di}^- \quad (7.6-4)$$

我们可以由原子核的磁矩实验测定值来分析、模拟计算非同偶数个质子、中子“拆解”的各 π^\pm 介子在各高低、能轨道层中的分布状态，进而为原子核的能量等参数计算提供依据。

第 8 章原子核内部结构、基准参数 \bar{m}_{π^\pm} 原始能量确定

8.1 原子核内层粒子螺线环波动量子数 N_{a1} 确定

设粒子螺线环自旋方向的轨道外侧半径为 $R_{\theta(m)}$ ，由 (1.3-2)、(1.6) 式，得：

$$R_{\theta(\alpha)} = \frac{R_{\theta 0} \sqrt{N_\alpha}}{\sqrt{N_\alpha + \cos \alpha}} = \frac{h \sqrt{N_\alpha^2 - N_\alpha}}{2\pi \bar{m} \beta c (\sqrt{N_\alpha} - 1)} \quad (8.1)$$

(7.2) 式对基本粒子在自旋运动方向的综合作用力分析中已经证明：基本粒子沿波动、自旋轨道运动的矢径方向有自动收缩的趋势。在原始能量 \bar{m}_1 为定值时，其自旋轨道外侧应取最小值。它对原子核内层粒子螺线环自旋量子数的确定是先决条件。

以不同的波动量子数 N_{a1} 代入(4.9)式算得 β_1 值后再一同代入(8.1)式，得：当 $2.61602 \geq N_{a1} \geq 2.61589$ 时，若用较简单的分数来代替，则 $21/8 \geq N_{a1} \geq 34/13$ 时， $R_{\theta(m)}$ 有最小值。所以，对原子核内层，我们取 $N_{ag1} = N_{ad1} = 34/13$ ，将它代入 (8.1) 式计算的结果比 $N_{ad1} = 21/8$ 值更小。

从 7.1 节、图 7.1、图 7.2 及原子核内部核力形成原理考虑，只要第 1 层相邻并排的各个低能粒子螺线环波动运动方向相反，（一个为顺时针波动运动，一个为逆时针波动运动）；自旋运动方向相同；则高能粒子螺线环轨道外侧与低能粒子螺线环轨道内侧相邻交汇处空间轨道限制条件和正负电荷电场相互作用力，就可以克服高能粒子螺线环自旋运动轴向的电场排斥力；并将该作用力传递给低能粒子螺线环；由低能粒子螺线环自旋轴向轨道切点处的自身安培力来克服。

8.2 原子核内 π^\pm 介子自旋运动方向电场能量方程

本书第 2 章中已经证明：所有基本粒子原始能量主要是波动方向的电、磁场能量，当然也包括自旋运动方向的电、磁场能量。原子核内是由众多质子、中子“拆解”的 π^\pm 介子组成。为了便于研究计算，我们将原子核总的电、磁场能量分成两部分。其中 99.5~99.8% 是所有各个 π^\pm 介子波动、自旋运动方向的电、磁场原始能量。对原子核内第 1 层粒子螺线环，令低能粒子螺线环中每个 π_d^\pm 介子波动、自旋运动方向电、磁场原始能量都为 $\bar{m}_{d1} c^2$ ，高能粒子螺线环中每个 π_g^\pm 介子原始能量都为 $2\bar{m}_{d1} c^2$ 。剩下的 0.2~0.5% 能量是各个高、低能 π^\pm 介子在自旋运动方向相互作用的电、磁场能量。它随不同原子核的核电荷组合而变化。这样，我们就能用前面基本粒子波动、自旋量子化定态垂直双椭圆轨道运动模型和已经证明的相关公式，结合经典电动力学和能量相对论，来推导原子核的总能量方程。

由 (1.6) 式，带电基本粒子原始平均能量 $\bar{m}_i c^2$ ，波动量子数 N_{ai} ，与轨道参数 $R_{\theta 0}$ 的关系通式为：

$$R_{\theta 0} = \frac{h \sqrt{N_\alpha - 1}}{2\pi \bar{m}_i \beta c} \quad (8.2)$$

由 (6.3) 式，粒子螺线环自旋运动方向的轨道长度 L_θ 为：

$$L_\theta = \oint \frac{R_{\theta 0} \sqrt{N_\alpha}}{\sqrt{N_\alpha + \cos \alpha}} d\theta = \frac{2\pi R_{\theta 0} \sqrt{N_\alpha}}{\sqrt{N_\alpha - 1}} \quad (8.3)$$

由图 7.1 和 (1.3-1) 式，粒子螺线环波动方向椭圆轨道的短轴 R_{ab} 为：

$$R_{cb} = \frac{R_{\theta 0}}{\sqrt{N_{\alpha} - 1}} \quad (8.4)$$

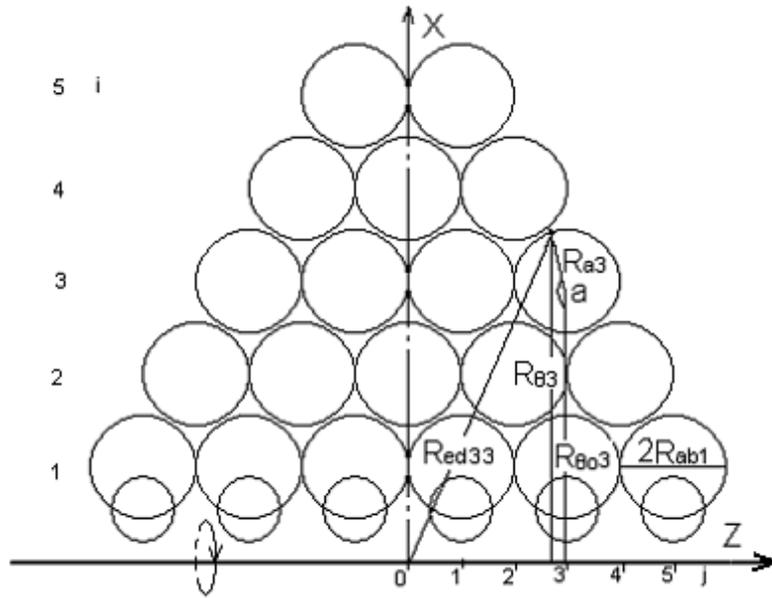


图 8.1 原子核内电、磁场能量方程计算参数示意图

由图 8.1 所示，原子核内各粒子螺线环轨道上的 π^{\pm} 介子，相对原子核中心电场半径 R_{eij} 的通式为：

$$R_{eij} = \sqrt{R_{\theta i}^2 + (K_{eij} R_{abi} - R_{ai} \sin \alpha)^2} \quad (\text{下标 } i, j \text{ 表示层、列数, 下同}) \quad (8.5)$$

电场半径又分为高能 R_{egij} 、低能 R_{edij} 。其相应的位置系数以 K_{egij} 、 K_{edij} 表示，见图 8.1、图 7.1、图 7.2。分 A、B 型原子核结构取相应的自然数。 R_{egij} 、 R_{edij} 可以具体表示为：

$$R_{egij} = \sqrt{\left(\frac{R_{\theta 0gi} \sqrt{N_{agi}}}{\sqrt{N_{agi} + \cos \alpha}} \right)^2 + \left(\frac{K_{egij} R_{\theta 0di} - \frac{R_{\theta 0gi} \sin \alpha}{\sqrt{N_{agi} + \cos \alpha}}}{\sqrt{N_{adi} - 1}} \right)^2} \quad (8.6-1)$$

$$R_{edij} = \sqrt{\left(\frac{R_{\theta 0di} \sqrt{N_{adi}}}{\sqrt{N_{adi} + \cos \alpha}} \right)^2 + \left(\frac{K_{edij} R_{\theta 0di} - \frac{R_{\theta 0di} \sin \alpha}{\sqrt{N_{adi} + \cos \alpha}}}{\sqrt{N_{adi} - 1}} \right)^2} \quad (8.6-2)$$

由经典电动力学和 (2.1) 式，以能量相对论速度自旋运动的每个 π^{\pm} 介子，其电势能通式为：

$$V_e = \oint \frac{e}{4\pi\epsilon_0 L_{\theta} R_e \sqrt{1 - \beta^2/N_{\alpha}}} dl_{\theta} \quad (8.7)$$

将 (8.3) 式代入 (8.7) 式，得：

$$V_e = \frac{e}{4\pi\epsilon_0} \oint \frac{\sqrt{N_{\alpha} - 1}}{2\pi R_e (\sqrt{N_{\alpha} + \cos \alpha}) \sqrt{1 - \beta^2/N_{\alpha}}} d\theta \quad (8.8)$$

我们仍然将 V_e 分为高能 V_{egij} 和低能 V_{edij} 两种。由图 8.1 看出：它们随粒子螺线环的位置不同而异。将 (8.6-1)、(8.6-2) 式，分别代入 (8.8) 式，得：

$$\left\{ \begin{aligned}
 V_{egij} &= \int \frac{e\sqrt{N_{agi}-1}}{8\pi^2 \epsilon_0 R_{\theta 0 gi} \sqrt{N_{agi} + \left[\frac{K_{egij} R_{\theta 0 di} (\sqrt{N_{agi} + \cos \alpha})}{R_{\theta 0 gi} \sqrt{N_{adi}-1}} - \sin \alpha \right]^2} \sqrt{1 - \frac{\beta_{gi}^2}{N_{agi}}} d\theta \\
 & \hspace{15em} (8.9-1) \\
 V_{edij} &= \int \frac{e\sqrt{N_{adi}-1}}{8\pi^2 \epsilon_0 R_{\theta 0 di} \sqrt{N_{adi} + \left[\frac{K_{edij} (\sqrt{N_{adi} + \cos \alpha})}{\sqrt{N_{adi}-1}} - \sin \alpha \right]^2} \sqrt{1 - \frac{\beta_{di}^2}{N_{adi}}} d\theta \\
 & \hspace{15em} (8.9-2)
 \end{aligned} \right.$$

显然，原子核内的各个高、低能 π^+ 介子自旋方向的总电场能量 $\sum W_e$ ，应为各个高、低能粒子螺线环中净剩 π^+ 介子在自旋运动方向之间相互作用电场能量的代数和。（详见后面计算实例）。

8.3 原子核内 π^+ 介子自旋运动方向磁场能量方程

首先，对原子核内的各层高、低能 π^+ 介子，沿高、低能粒子螺线环的轨道运动组成的模型，作为原子核内各层高、低能带电粒子螺线环组合的电流螺线管层。 π^+ 介子在自旋运动中产生的磁场当作经典电动力学中螺线管磁场。由于原子核内净剩 π^+ 介子自旋运动方向磁场能量远小于原子核总能量。根据螺线管内磁力线的连续性，磁通量在螺线管内和两端基本保持不变，各螺线管层之间的磁场互感特征，以螺线管层内轴线中心的磁场强度来代替管内空间各点的磁场强度。可以将磁场强度 H_i 进行简化计算。与该螺线环层内净剩电荷沿自旋轴向分布密度变化无关。

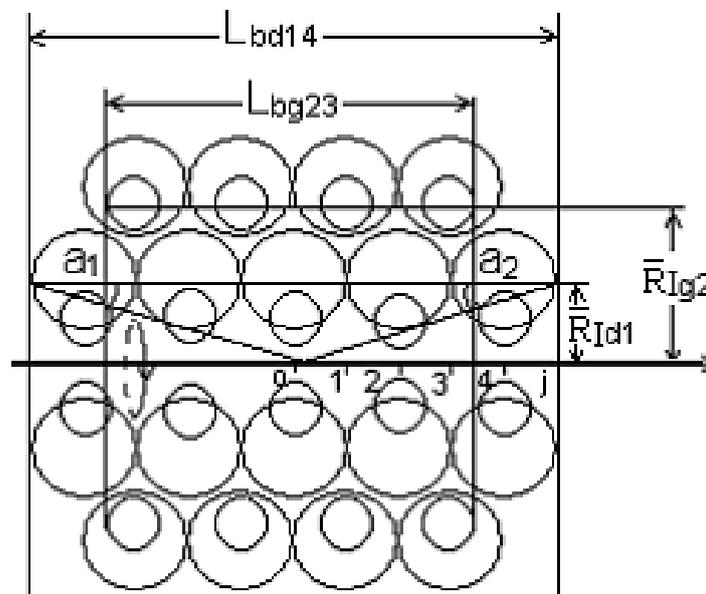


图 8.2 粒子螺线环层内磁场能量计算图

由 (8.3) 式、电动力学、图 8.2，等效电流 I 、半径 \bar{R}_l 和磁场强度 H 通式为：

$$\bar{R}_l = \frac{R_{\theta 0} \sqrt{N_{\alpha}}}{\sqrt{N_{\alpha} - 1}} \quad (8.10)$$

$$H = \frac{I}{2L_b} (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2) \quad (8.11)$$

将 (8.10) 式代入 (8.11) 式, 得:

$$H = \frac{I}{\sqrt{4\bar{R}_l^2 + L_b^2}} \quad (8.12)$$

当确定以各层粒子螺线环波动轨道外侧为各层螺线管边界时, 由图 7.1、图 8.2、(8.4) 式看出: 令 K_{bgij} 、 K_{bdij} 为长度系数, 取相应的自然数, 其长度 L_{bgij} 、 L_{bdij} 应分别为:

$$\left\{ \begin{array}{l} L_{bgij} = (K_{bdij} - 2) \frac{R_{\theta 0 di}}{\sqrt{N_{adi} - 1}} + \frac{2R_{\theta 0 gi}}{\sqrt{N_{agi} - 1}} \end{array} \right. \quad (8.13-1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} L_{bdij} = K_{bdij} \frac{R_{\theta 0 di}}{\sqrt{N_{adi} - 1}} \end{array} \right. \quad (8.13-2)$$

当原子核内质子、中子均是偶数时, (非同偶数时质子、中子“拆解”的 π^{\pm} 介子另外考虑)。因为高能粒子螺线环层内净剩 π^+ 介子数 $2P_i$ 个, 是低能 π 介子数的 2 倍, (P_i 为该层高、低能粒子螺线环内的总质子数), 所以, 由 (1.5)、(8.3) 式, 高、低能粒子螺线环层的电流强度 I_{gi} 、 I_{di} 分别为:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{gi} = \frac{2P_i e \beta_{gi} c}{2\pi \bar{R}_{lgi} \sqrt{N_{agi}}} \end{array} \right. \quad (8.14-1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{di} = \frac{-P_i e \beta_{di} c}{2\pi \bar{R}_{ldi} \sqrt{N_{adi}}} \end{array} \right. \quad (8.14-2)$$

将 (8.14) 方程组分别代入 (8.12) 式, 得各层高、低能粒子螺线环层内的磁场强度分别为:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_{gi} = \left(\frac{ec}{2\pi} \right) \frac{2P_i \beta_{gi}}{\bar{R}_{lgi} \sqrt{N_{agi} (4\bar{R}_{lgi}^2 + L_{bgi}^2)}} \end{array} \right. \quad (8.15-1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} H_{di} = \left(\frac{ec}{2\pi} \right) \frac{-P_i \beta_{di}}{\bar{R}_{ldi} \sqrt{N_{adi} (4\bar{R}_{ldi}^2 + L_{bdi}^2)}} \end{array} \right. \quad (8.15-2)$$

对各粒子螺线环层内的磁场能量 W_{bi} , 应考虑各层之间磁场互感作用。我们可以由原子核自转轴逐层往外计算。其中外层对内层有互感作用, 内层不参加外层互感计算。由经典电动力学原理、(8.13) ~ (8.15) 方程组, 各粒子螺线环层的磁场能量可表示为:

$$\left\{ \begin{aligned} W_{bg1} &= \frac{u_0}{2} (H_{g1} + H_{d1} + H_{g2} + H_{d2} \dots \dots \dots + H_{g5} + H_{d5})^2 \pi \bar{R}_{lg1}^2 L_{bg1j} & (8.16-1) \\ W_{bd1} &= \frac{u_0}{2} (H_{d1} + H_{g2} \dots \dots \dots + H_{g5} + H_{d5})^2 \pi (\bar{R}_{ld1}^2 - \bar{R}_{lg1}^2) L_{bd1j} & (8.16-2) \\ & \dots \dots \dots & \dots \dots \dots \\ & \dots \dots \dots & \dots \dots \dots \\ W_{bg5} &= \frac{u_0}{2} (H_{g5} + H_{d5})^2 \pi (\bar{R}_{lg5}^2 - \bar{R}_{ld4}^2) L_{bg5j} & (8.16-9) \\ W_{bd5} &= \frac{u_0}{2} H_{d5}^2 \pi (\bar{R}_{ld5}^2 - \bar{R}_{lg5}^2) L_{bd5j} & (8.16-10) \end{aligned} \right.$$

8.4 原子核内基本质量参数 \bar{m}_{d1} 确定

在整个宇宙的元素分布中， ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^4_2\text{He}$ 、 ${}^{12}_6\text{C}$ 、 ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ ……等均是常见的稳定元素。但是，2个 ${}^4_2\text{He}$ 原子核无法组成稳定的 ${}^8_4\text{Be}$ 原子核，由两个 ${}^6_3\text{Li}$ 原子核却可以组成稳定的 ${}^{12}_6\text{C}$ 原子核，而且核子数是4的倍数。质子、中子均是偶数，磁矩为0。不象 ${}^6_2\text{He}$ 原子核那样有反常磁矩。说明 ${}^{12}_6\text{C}$ 原子核应是核子数、质子数最少、满足第7章原子核内部结构模型要求、能量方程计算的最简单原子核。可以作为原子核模型计算 \bar{m}_{d1} 、 \bar{m}_{g1} 基准参数的依据。

我们设 ${}^{12}_6\text{C}$ 原子核仅由两对高、低能粒子螺线环并排组成最简单的B型原子核，见图7.2。实验室测定的碳原子能量为12u。因为电子自身沿自旋轨道运动时具有一定的动能，在原子核电场力作用下还具有一定的库仑静电场能量，所以原子核的质量应为原子质量减去所有电子静止质量加上全部电子的电离能 $\sum \Delta W_{ei}$ 。

由图7.2、图7.6， ${}^{12}_6\text{C}$ 原子核内高能粒子螺线环中净剩 π_g^+ 介子总数为12个，自身的电场能量应为 $(12^2/2)eV_{eg11}$ ；两个并排的低能粒子螺线环内净剩 π_d^- 介子数为6个，且两边对称分布，自身电场能量应为 $(6^2/2)eV_{ed11}$ ； π_d^- 介子与内部高能 π_g^+ 介子的相互作用电场能量为 $-6 \times 12eV_{ed11}$ ；所以，碳原子核 ${}^{12}_6\text{C}$ 内高、低能粒子螺线环中过剩 π_g^+ 、 π_d^- 介子自旋运动方向相互作用的电场总能量应为：

$$W_e = (72V_{eg11} + 18V_{ed11} - 72V_{ed11})e \quad (8.17)$$

同理，在 ${}^{12}_6\text{C}$ 原子核自旋运动方向的磁场能量计算中，(8.13)方程组中 $K_{bd11}=4$ ，(8.15)方程组中 $P_i=6$ ，磁场总能量为：

$$W_b = W_{bg11} + W_{bd11} \quad (8.18)$$

由图7.6， ${}^{12}_6\text{C}$ 原子核内总共由18个高能 π_g^+ 介子，24个低能 π_d^+ 介子组成，且 $\bar{m}_{g1} = 2\bar{m}_{d1}$ ，所以， ${}^{12}_6\text{C}$ 原子核内的低能 π_d^+ 介子的平均基准能量 \bar{m}_{d1} 应为：

$$\bar{m}_{d1} = \frac{12u - 6m_{e0} + \sum_{i=1}^6 \frac{\Delta W_{ei}}{c^2} - \frac{(W_e + W_b)}{c^2}}{24 + 18 \times 2} \quad (8.19)$$

\bar{m}_{d1} 参数具体模拟计算程序如下:

1. 由 (8.1) 式, 确定的 $N_{a1}=N_{ag1}=N_{ad1}=34/13$, 代入 (4.9) 式, 得: $\beta_1=0.9989866946$

2. 估算 \bar{m}_{d1} 初始值, 8.2 节开头已经提到, 原子核内高、低能粒子螺线环中净剩 π^\pm 介子自旋运动方向, 相互间的电、磁场作用能仅占原子核总能量的 0.2~0.5%, 我们先取 0.3%。由实验室测得碳原子内 6 个电子总电离能 $\sum \Delta W_{ei} = 1030.08 \text{ eV}$ ③。将这些参数全部代入 (8.19) 式, 算得 \bar{m}_{d1} 初始值为 $3.310209258 \times 10^{-28} \text{ Kg}$ 。

3. 将 β_1 、 N_{ag1} 、 N_{ad1} 、 \bar{m}_{d1} 、 \bar{m}_{g1} 初始值代入 (8.2) 式, 算得 $R_{\theta 0g1}$ 、 $R_{\theta 0d1}$ 值。

4. 由图 7.2、图 8.1、(8.9)、(8.13) 方程组中的位置系数得: $K_{eg11}=K_{ed11}=1$, $K_{bd11}=4$

5. 将 $R_{\theta 0g1}$ 、 $R_{\theta 0d1}$ 、 N_{ag1} 、 N_{ad1} 值分别代入 (8.10) 式, 算得 \bar{R}_{lg1} 、 \bar{R}_{ld1} 值。

6. 将 N_{ag1} 、 N_{ad1} 、 β_1 、 $R_{\theta 0g1}$ 、 $R_{\theta 0d1}$ 、 K_{eg11} 等值分别代入 (8.9) 方程组, 算得:

$$V_{eg11}=1251884.632\text{v} \quad V_{ed11}=831741.7884\text{v}$$

7. 令 $K_{bd11}=4$, 将 N_{ag1} 、 N_{ad1} 、 $R_{\theta 0g1}$ 、 $R_{\theta 0d1}$ 值分别代入 (8.13) 方程组, 算得 L_{bg11} 、 L_{bd11} 值。

8. 令质子数 $P_1=6$, 将 β_1 、 N_{ag1} 、 N_{ad1} 、 \bar{R}_{lg1} 、 \bar{R}_{ld1} 、 L_{bg11} 、 L_{bd11} 值分别代入 (8.15) 方程组, 算得磁场强度 H_{g1} 、 H_{d1} 值。

9. 将 H_{g1} 、 H_{d1} 、 \bar{R}_{lg1} 、 \bar{R}_{ld1} 、 L_{bg11} 、 L_{bd11} 值分别代入 (8.16) 方程组前两式, 算得磁场能量 $W_{bg11}=1.071369311 \times 10^{-12} \text{ J}$ $W_{bd11}=1.688824137 \times 10^{-13} \text{ J}$

10. 将 V_{eg11} 、 V_{ed11} 值代入 (8.17) 式, 计算得总电场能量 W_e 值。

11. 将 W_e 、 W_b 、 $\sum \Delta W_{ei}$ 值代入 (8.19) 式, 算得过渡值 $\bar{m}_{d1}=3.304434003 \times 10^{-28} \text{ Kg}$

12. 将过渡值 $\bar{m}_{d1}=3.304434003 \times 10^{-28} \text{ Kg}$ 代替第 3 计算程序中的 \bar{m}_{d1} 初始值, 重复 3~11 计算程序, 直至 $\bar{m}_{d1}=3.304461327 \times 10^{-28} \text{ Kg}$ 为常数。

$\bar{m}_{d1}=3.304461327 \times 10^{-28} \text{ Kg}$ 基准常数表示: 在质子数 $P_1 \geq 6$ 的原子核中, 质子数=中子数都为偶数的第一层粒子螺线环, 原始低能 π_d^\pm 介子能量都为: $\bar{m}_{d1}=3.304461327 \times 10^{-28} \text{ Kg}$ 。原始高能 π_g^\pm 介子能量都为 $2\bar{m}_{d1}$ 。剩余能量为高、低能粒子螺线环中净剩 π^\pm 介子在自旋运动方向相互作用的电、磁场能量。

第 9 章原子核内 N_{adi} 、 N_{agi} 、 \bar{m}_{di} 、 \bar{m}_{gi} 、核子密度及电场能量参数确定

9.1 N_{adi} 、 N_{agi} 、 \bar{m}_{di} 、 \bar{m}_{gi} 参数确定

由 (7.2) 式，带电基本粒子在波动、自旋轨道运动方向的综合作用力分析、计算结果显示：带电基本粒子在综合电、磁场力、核电场力、离心力的作用下有沿着波动轨道内侧矢径中心自动收缩的趋势。从图 7.1、图 7.2 的原子核内高、低能粒子螺线环组合结构中还可以看出：各层低能粒子螺线环层占据的自旋轨道空间既要最小，挨得最近，又不能重叠。第 2~5 层每对高、低能粒子螺线环在自旋轨道内侧 $R_{\theta gi(0)}$ 、 $R_{\theta di(0)}$ 处也是如此。全部高、低能粒子螺线环除第 1 层外，波动量子数 N_{adi} 、 N_{agi} 均应取自然数。

参照 7.1 节中原子核内核力形成原理，由图 9.1 低能粒子螺线环层组合看出：底层低能粒子螺线环中过剩 π_d 介子在自旋轨道切点处形成的安培力能否包住同层和上层过剩高、低能 π^+ 介子螺线环的综合轴向电场力，应当综合比较 a、b、c、d、..... 各边界点、内部各切点的所有安培力与综合轴向电场力的大小和相互关系。作为空间限制镶嵌的几何条件，由图 9.1，首先 $\alpha_1 < 180^\circ$ ，若由 3 个半径相同的圆柱作紧密堆积，则 $\alpha_1 = 150^\circ$ ，所以， α_1 取值范围为： $180^\circ > \alpha_1 > 150^\circ$ 。

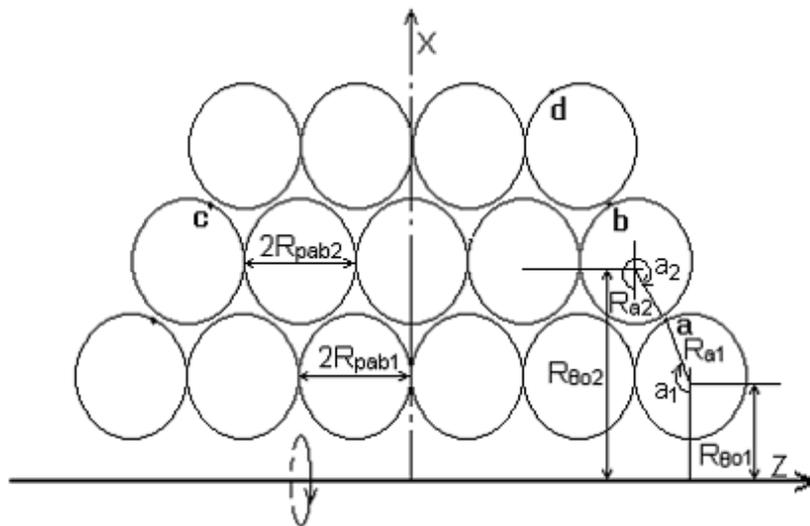


图 9.1 原子核内低能粒子螺线环镶嵌组合示意图

根据镶嵌位置与波动、自旋轨道参数关系，对 n 个并排的低能粒子螺线环，我们有：

$$\begin{cases} n\bar{R}_{ab2} - R_{\alpha 2} \sin \alpha_2 = (n+1)\bar{R}_{ab1} - R_{\alpha 1} \sin \alpha_1 & (9.1-1) \\ R_{\theta 02} - R_{\theta 01} = R_{\alpha 2} \cos \alpha_2 - R_{\alpha 1} \cos \alpha_1 & (9.1-2) \end{cases}$$

将 (8.1)、(8.2)、(8.4) 式代入 (9.1) 方程组，令： $K_d = \beta_2 \bar{m}_{d2} / \beta_1 \bar{m}_{d1}$

整理得：

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\sin \alpha_2}{\sqrt{N_{ad2}} + \cos \alpha_2} &= \frac{1}{\sqrt{N_{ad2}} - 1} \left[n - K_d \left(n + 1 - \frac{\sin \alpha_1 \sqrt{N_{ad1} - 1}}{\sqrt{N_{ad1}} + \cos \alpha_1} \right) \right] & (9.2-1) \\ \frac{\cos \alpha_2}{\sqrt{N_{ad2}} + \cos \alpha_2} &= 1 - \frac{K_d \sqrt{N_{ad1}^2 - N_{ad1}}}{(\sqrt{N_{ad1}} + \cos \alpha_1) \sqrt{N_{ad2}} - 1} & (9.2-2) \end{aligned} \right.$$

由 (9.2-2) 式, 得:

$$\cos \alpha_2 = \sqrt{N_{ad2}} \left[\frac{\sqrt{N_{ad2}} - 1 (\sqrt{N_{ad1}} + \cos \alpha_1)}{K_d \sqrt{N_{ad1}^2 - N_{ad1}}} - 1 \right] \quad (9.3)$$

联立 (9.2) 方程组得:

$$\frac{1}{(\sqrt{N_{ad2}} + \cos \alpha_2)^2} = \frac{1}{N_{ad2} - 1} \left\{ \begin{aligned} &\left[n - K_d \left(n + 1 - \frac{\sin \alpha_1 \sqrt{N_{ad1} - 1}}{\sqrt{N_{ad1}} + \cos \alpha_1} \right) \right]^2 \\ &+ \left[\sqrt{N_{ad2}} - 1 - \frac{K_d \sqrt{N_{ad1}^2 - N_{ad1}}}{\sqrt{N_{ad1}} + \cos \alpha_1} \right]^2 \end{aligned} \right\} \quad (9.4)$$

将 (9.3) 式代入 (9.4) 式, 得:

$$\frac{K_d \sqrt{N_{ad1}^2 - N_{ad1}}}{\sqrt{N_{ad1}} + \cos \alpha_1} = \sqrt{N_{ad2}} \left\{ \begin{aligned} &\left[n - K_d \left(n + 1 - \frac{\sin \alpha_1 \sqrt{N_{ad1} - 1}}{\sqrt{N_{ad1}} + \cos \alpha_1} \right) \right]^2 \\ &+ \left[\sqrt{N_{ad2}} - 1 - \frac{K_d \sqrt{N_{ad1}^2 - N_{ad1}}}{\sqrt{N_{ad1}} + \cos \alpha_1} \right]^2 \end{aligned} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (9.5)$$

从图 9.1, 上、下层低能粒子螺线环空间镶嵌关系, (9.1) 方程组和 (9.5) 式所表示的数学物理图形意义是: 上层低能粒子螺线环应错开尽量接近下层, 但在 a、b、c、d、.....各点只能尽量接近, 不能相切或相交。所以, 我们必须在 $180^\circ > \alpha_1 > 150^\circ$ 取值范围内, 解 (9.5) 式, 算得代表轨道相切或相交位置的方程解 N_{ad2} 的最大自然数, 然后加 1, 使其成为无解方程, 这样才能即靠得最近, 又不能相切或相交, 并使内、外层轨道留下电偶极子自转间隙和轴向摆动调整的空间。

由 (6.2-1)、(8.1)、(8.2) 式, 一对高、低能粒子螺线环在自旋轨道内侧应紧紧相邻, 但又不能重叠, 我们有:

$$\left\{ \begin{aligned} R_{\theta di(0)} &= \frac{h \sqrt{N_{adi}^2 - N_{adi}}}{2\pi \beta_{di} c \bar{m}_{di} (\sqrt{N_{adi}} + 1)} & (9.6-1) \\ R_{\theta gi(0)} &= \frac{h \sqrt{N_{agi}^2 - N_{agi}}}{2\pi \beta_{gi} c \bar{m}_{gi} (\sqrt{N_{agi}} + 1)} & (9.6-2) \end{aligned} \right.$$

经模拟计算, 必须令 $R_{\theta gi(0)}$ 略大于 $R_{\theta di(0)}$ 。由 (7.3) 式, 各层高、低能粒子螺线环在质子数=中子数均为偶数的情况下, 其总磁矩为 0 的条件是:

$$K_{mui} = \frac{\bar{m}_{gi}}{\bar{m}_{di}} = \frac{2 \int \frac{N_{agi} - 1}{(\sqrt{N_{agi}} + \cos \alpha)^2} d\theta}{\int \frac{N_{adi} - 1}{(\sqrt{N_{adi}} + \cos \alpha)^2} d\theta} \quad (9.7)$$

显然，由图 7.5、(9.7) 式，得：当各层高、低能粒子螺线环中质子数等于中子数均为偶数时，高、低能 π^\pm 介子能量关系为：

$$6\bar{m}_{gi} + 8\bar{m}_{di} = 20\bar{m}_{d1} \quad (9.8)$$

将 K_{mui} 值代入 (9.8) 式，得：

$$\bar{m}_{di} = \frac{20\bar{m}_{d1}}{6K_{mui} + 8} \quad (9.9)$$

由 (9.9) 式、(9.2) 方程组，(9.5) 式中 K_d 可表示为：

$$K_d = \frac{\beta_{di+1}(6K_{mui} + 8)}{\beta_{di}(6K_{mui+1} + 8)} \quad (9.10)$$

综上所述，原子核内 N_{adi} 、 N_{agi} 、 \bar{m}_{di} 、 \bar{m}_{gi} 等参数模拟计算程序如下：

1. 先令 (9.5) 式中 $K_d=1$ 、 $N_{ad1}=N_{ag1}=34/13$ 、 $n=5$ ，代入 (9.5) 式，得：

$$N_{ad2}=15 \text{ 是最大的自然数解，这时 } a_1=160.5441181^\circ$$

2. 取 $N_{ad2}=16$ ，代入 (4.9) 式，得 β_{d2} 值。设 $K_{mu2}=1.95$ ，（后面计算结果预计），代入 (9.9)、(9.7) 式，得 \bar{m}_{d2} 、 \bar{m}_{g2} 值。

3. 令 $N_{ag2}=48$ ，代入 (4.9) 式，得 β_{g2} 值。将 N_{ad2} 、 β_{d2} 、 \bar{m}_{d2} 、 N_{ag2} 、 β_{g2} 、 \bar{m}_{g2} 值分别代入 (9.6-1)、(9.6-2) 式，得 $R_{\theta d2(0)}=3.25289 \times 10^{-15} \text{m}$ 、 $R_{\theta g2(0)}=3.22557 \times 10^{-15} \text{m}$ ， $R_{\theta g2(0)} < R_{\theta d2(0)}$ ，显然不合适。

4. 调整 $N_{ag2}=49$ ，重复 3 计算程序，得： $R_{\theta g2(0)}=3.26392 \times 10^{-15} \text{m}$ ，略大于 $R_{\theta d2(0)}=3.25289 \times 10^{-15} \text{m}$ ，该值符合题义。

5. 将 $N_{ad2}=16$ 、 $N_{ag2}=49$ ，代入 (9.7) 式，得： $K_{mu2}=1.95655948$

6. 重复 2~4 计算程序得： $R_{\theta d2(0)}=3.25939 \times 10^{-15} \text{m}$ ， $R_{\theta g2(0)}=3.25948 \times 10^{-15} \text{m}$ ，结果仍然成立。参照 (7.3) 式和上述计算程序，可得其它相关参数：

$$\begin{aligned} \beta_{d2} &= 0.998751741 & U_{\pi^-} &= -2.605996272 \times 10^{-26} \text{J/T} \\ \bar{m}_{g2} &= 6.550745472 \times 10^{-28} \text{Kg} & \bar{m}_{d2} &= 3.348094213 \times 10^{-28} \text{Kg} \end{aligned}$$

7. 将 β_{d2} 、 β_{g2} 、 \bar{m}_{g2} 、 \bar{m}_{d2} 值，再代入 (9.10) 式，得： $K_d=1.012934831$ 。以 $N_{ad1}=34/13$ 、 $N_{ad2}=15$ ，代入 (9.5) 式，得： $a_1=158.4362343^\circ$ ，比估算值略小。若以 $N_{ad2}=16$ 代入重复计算，则该方程仍然无解。同理，若令 $n=1 \sim 7$ 同样也无解。

8. 参照 1~7 计算程序，我们求出其它层的 N_{adi} 、 N_{agi} 、 \bar{m}_{di} 、 \bar{m}_{gi} 等参数，详见表 9.1。

（说明：第 2 层 $R_{\theta g2(0)}$ 值仅略大于 $R_{\theta d2(0)}$ 值，甚至连电偶极子自转空间都不够，所以及时调整取 $N_{ad2}=16$ ， $N_{ag2}=50$ ）

由 (8.19)、(9.7) ~ (9.9) 式、表 9.1 计算结果看出：在原子核内，每一层高、低能粒子螺线环中的高、低能 π^+ 介子能量和自旋运动方向形成的磁矩均是常数，只与自旋轨道内波动量子数 N_{ai} 有关。各层间的高、低能 π^+ 介子的原始能量、磁矩都不相同。对质子数等于中子数且都是偶数的原子核，在波动、自旋运动方向的原始总能量都为 $\sum 5A_i \bar{m}_{di}$ ，(A_i 为各层的核子数)，合磁矩为 0。

若质子、中子不都是偶数时，应参照 7.1 节，先根据原子核的实测总能量值和磁矩值模拟计算。确定落单质子、中子“拆解”的各 π^+ 介子在各粒子螺线环层中的分配状态，并以该状态来单独计算落单的高、低能 π^+ 介子累计原始总能量和合磁矩。(详见第 11、12 章)。

原子核内 N_{adi} 、 N_{agi} 、 \bar{m}_{di} 、 \bar{m}_{gi} 等参数模拟计算结果表表 9.1

螺线环层号 i	1	2	3	4	5
N_{adi}	34/13	16	34	58	88
N_{agi}	34/13	50	114	203	316
$\times 10^{-15}m$					
$R_{edi(0)}$	0.83688	3.25899	5.19382	7.08675	8.96202
$R_{egi(0)}$	0.41844	3.29768	5.20204	7.09552	8.96994
$\times 10^{-28}Kg$					
\bar{m}_{di}	3.304461327	3.348508962	3.325343178	3.316814573	3.312652282
\bar{m}_{gi}	6.608922654	6.550192474	6.581080186	6.592451659	6.598001381
$K_{\mu i}$	2	1.956151991	1.979067974	1.987585231	1.991757909
$\times 10^{-26}J/T$					
$U_{d\pi-}$	-3.25301628	-2.605673491	-2.578713629	-2.569286142	-2.56485582
$U_{g\pi+}$	1.626508137	1.302836745	1.289356815	1.284643071	1.282427909

9.2 原子核内核子数、电场能量参数确定

9.2.1 原子核内各粒子螺线环层核子数密度确定

由 (1.3-2)、(1.6) 式，得低能 π_d^+ 介子自旋椭圆轨道的平均半径，也就是椭圆的半长轴 \bar{R}_{adi} 为：

$$\bar{R}_{adi} = \frac{hN_{adi}}{2\pi\beta_i c \bar{m}_{di} \sqrt{N_{adi} - 1}} \quad (9.11)$$

实验已经确认：原子核内核子和过剩电荷都是等密度分布的，边界有弥散层，见图 7.3。当我们以碳原子核内两个并排的粒子螺线环中 12 个核子数，作饱和层时，见图 7.6，我们就能以平均半径 \bar{R}_{adi} 为依据，根据表 9.1 相关参数，令内层的中间粒子螺线环为饱和层、等密度为原则，逐层、逐个粒子螺线环外推计算各层的核子数。

计算原子核内核子密度时，各层核子数应是自然数，而且必须是偶数。因为各层的 β_i 、 \bar{m}_{di} 值近似，

(9.11) 式中， $\frac{h}{2\pi\beta_i \bar{m}_{di} c}$ 可视为常数。设各层粒子螺线环内的核子沿自旋轨道的平均周长 $2\pi\bar{R}_{adi}$ 内为

等密度分布，每个粒子螺线环内的核子数为 A_i ，则：

$$A_i = \frac{6N_{adi} \sqrt{N_{adi} - 1}}{N_{ad1} \sqrt{N_{adi} - 1}} \quad (9.12)$$

以 $N_{adi}=34/13、16、34、58、88$ 值分别代入 (9.12) 式, 结果均取最接近的偶数, 得各层粒子螺旋环内应填满的核子数分别为: 6、12、18、22、28。

9.2.2 原子核内各高、低能粒子螺旋环中净剩 π^+ 介子电势能参数确定

参照 8.2 节原子核内净剩 π^+ 介子电场能量方程, 依据表 9.1 中确定的各粒子螺旋环内高、低能 π^+ 介子波动量子数 $N_{adi}、N_{agi}$, 原始能量 $\bar{m}_{di}、\bar{m}_{gi}$ 值, 原子核内高、低能粒子螺旋环中净剩 π^+ 介子电势能参数计算程序如下:

1. 将 $N_{adi}、N_{agi}$ 值分别代入 (4.9) 式, 算得各层 π^+ 介子的波动运动速度系数 $\beta_{di}、\beta_{gi}$ 值。
2. 将 $N_{adi}、N_{agi}、\bar{m}_{di}、\bar{m}_{gi}、\beta_{di}、\beta_{gi}$ 分别代入(8.2)式, 算得 $R_{\theta 0 di}、R_{\theta 0 gi}$ 值。
3. 参照图 7.1、图 7.2, 先确定原子核内部的 A、B 型结构, 由 (8.5) 式、(8.6) 方程组中确定每对高、低能粒子螺旋环的位置系数 $K_{egij}=K_{edij}=0\sim 6$ 的某一自然数。

A 型原子核内各高、低能粒子螺旋环中净剩 π^+ 介子电势能参数表(单位: 伏特 V)表 9.2

j N _{ai}	0	1	2	3	4	5	6
88 316	144784.2304 y. 151861.9825	141618.5269 z. 148192.4244					
58 203		v. 177326.8464 u. 187584.5213	x. 166483.1247 w. 174745.2164				
34 114	o. 234938.4252 m. 252547.2638	q. 222384.0614 n. 236860.6565	t. 194154.5797 s. 203024.7476				
16 50		h. 337957.7853 g. 366998.7106	k. 279802.5875 i. 293490.8388	r. 219311.3930 p. 223733.7219			
34/13 34/13	b. 978319.7079 a. 1956639.416	d. 624855.4140 c. 771494.0723	f. 385747.0362 e. 416814.5755	l. 271894.2180 j. 282481.5199			

4. 将相应的 $N_{adi}、N_{agi}、\bar{m}_{di}、\bar{m}_{gi}、\beta_{di}、\beta_{gi}$ 和 $K_{egij}、K_{edij}$ 值, 分别代入(8.9-1)、(8.9-2) 式, 即可求出 A、B 型原子核内各个高、低能粒子螺旋环中, 每个净剩 π^+ 介子的电势能参数, 详见表 9.2、表 9.3。表内英文字母既代表电势能参数绝对值大小排列顺序, 也在后续分析计算中作为本栏参数的位置代码使用(下同)。

B 型原子核内各高、低能粒子螺旋环中净剩 π^+ 介子电势能参数表(单位: 伏特 V)表 9.3

j N _{ai}	0	1	2	3	4	5
88 316		v. 143972.9349 u. 150919.0911				
58 203	s. 178836.7777 q. 189396.5791	t. 173016.7819 r. 182445.3143				
34 114		n. 231601.1851 l. 248335.1566	p. 209202.2517 o. 220829.7834			
16 50	f. 348109.8205 e. 380656.7922	j. 312143.6925 h. 333443.6084	m. 247821.4242 k. 255901.5851			

34/13		b. 830297.5310	d. 481404.0368	i. 319619.5653	
34/13		a. 1249710.828	c. 543788.4359	g. 336991.4616	

9.2.3 原子核内各计算参数的应用

因为原子核内质子、中子都是偶数个时，其核总磁矩为 0，所以 (9.7) ~ (9.10) 式及表 9.1 中计算的 \bar{m}_{di} 、 \bar{m}_{gi} 原始能量数据是原子核内每一层粒子螺线环中质子、中子数相等且都为偶数的条件下才成立。从《核素常用数据表》④中查得：自然界中能稳定存在的所有原子核，除 ${}^3_2\text{He}$ 核外，内部中子数均大于质子数。不稳定的原子核，从核电荷数 ≥ 29 的 ${}^{58}_{29}\text{Cu}$ 原子核开始，其内部的中子数均大于质子数。

多余的成对 neutron 只有将其所“拆解”的所有高、低能 π^\pm 介子按图 7.4、图 7.5 的 a、b 方案进入同一层粒子螺线环，合磁矩才为 0。所以，由表 9.1 的 \bar{m}_{di} 、 \bar{m}_{gi} 原始能量数据，算得每一对多余的 neutron 在第 2、3、4、5 粒子螺线环层中具有相对第 1 层的原始能量增量 $\Delta\bar{m}_{ni}$ 为：（若缺少 neutron 对数， $\Delta\bar{m}_{ni}$ 取负值，详见图 11.1 右侧）

$$\Delta\bar{m}_{ni} = 2(\bar{m}_{di} - \bar{m}_{gi}) + 6(\bar{m}_{di} - \bar{m}_{d1}) \quad (9.13)$$

同理，在不改变原子核磁矩和核电荷分布条件下，当每一对高能或低能 π^\pm 介子在各粒子螺线环层之间激发或跃迁时，同样会导致 π^\pm 介子原始能量变化。我们以 $\Delta\bar{m}_{gi}^\pm$ 、 $\Delta\bar{m}_{di}^\pm$ 表示，（详见第 11~14 章计算实例）。

综合表 9.1、表 9.2、表 9.3 的计算的参数，我们不但能根据总能量守恒定律，由原子实验总能量和总核磁矩值，模拟、计算原子核内各粒子螺线环层中净剩 π^\pm 介子的分布状态，而且还能判断多余 neutron 对分布层次，或成对 π^\pm 介子、单个 π^\pm 介子的激发、跃迁情况。（详见第 11~14 章计算实例）。

第 10 章核力方程及参数计算

10.1 原子核内电场力方程及参数计算

原子核内每个高、低能粒子螺线环中过剩的 π^\pm 介子，沿自旋轨道运动中，在距原子核中心 R_e 处，电场力在自旋轨道轴向分力 $F_{e\theta dij}$ ，是非常复杂的变数，我们仍需用积分方程来计算，见图 10.1。

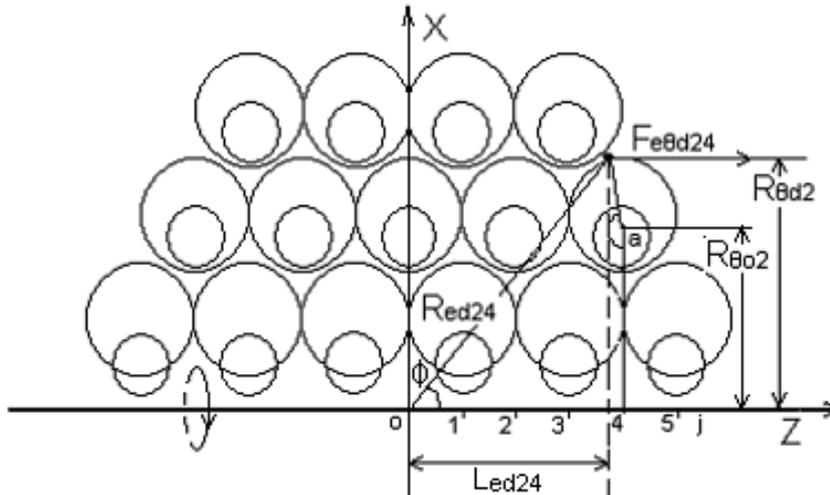


图 10.1 原子核内 π^\pm 介子形成电场力原理图

参照(8.9)方程组中原子核内 π^\pm 介子电势能方程的推导过程，由(8.3)式， π^\pm 介子自旋轨道沿自旋运动方向长度 $L_{\theta i}$ 通式为：

$$L_{\theta i} = \frac{2\pi R_{\theta 0i} \sqrt{N_{\alpha i}}}{\sqrt{N_{\alpha i} - 1}} \quad (10.1)$$

每个粒子螺线环中每一个过剩的 π^\pm 介子相对原子核中心形成的电场力，沿自旋轴向上的分力为 $F_{e\theta i}$ ，假设粒子螺线环内所包围的过剩核电荷数为 K_{ei} 个，则其通式为：

$$F_{e\theta i} = \frac{K_{ei} e^2}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{R_{\theta i} \cos \phi}{L_{\theta i} R_{ei}^2 \sqrt{1 - (v_{\theta i}/c)^2}} d\theta \quad (10.2)$$

同理，由图 10.1、(8.4)式，得：高、低能粒子螺线环中 L_{eij} 、 $\cos\Phi$ 、 R_{ei} 的关系见 (10.3) 方程组。

$$\left\{ \begin{aligned} \cos \phi &= \frac{L_{eij}}{R_{ei}} && (10.3-1) \\ L_{egij} &= \frac{K_{edij} R_{\theta 0di}}{\sqrt{N_{adi} - 1}} - \frac{R_{\theta 0gi} \sin \alpha}{\sqrt{N_{agi} + \cos \alpha}} && (10.3-2) \\ L_{edij} &= \frac{K_{edij} R_{\theta 0di}}{\sqrt{N_{adi} - 1}} - \frac{R_{\theta 0di} \sin \alpha}{\sqrt{N_{adi} + \cos \alpha}} && (10.3-3) \\ R_{egij}^2 &= L_{egij}^2 + R_{\theta gi}^2 && (10.3-4) \\ R_{edij}^2 &= L_{edij}^2 + R_{\theta di}^2 && (10.3-5) \end{aligned} \right.$$

将(10.3)方程组分别代入(10.2)式，得：

$$F_{e\theta_{gij}} = \oint \frac{K_{ei} e^2 \sqrt{N_{agi} - 1} \left[\frac{K_{edij} R_{\theta 0 di} (\sqrt{N_{agi} + \cos \alpha})}{R_{\theta 0 gi} \sqrt{N_{adi} - 1}} - \sin \alpha \right] (\sqrt{N_{agi} + \cos \alpha})}{8\pi^2 \epsilon_0 R_{\theta 0 gi}^2 \left\{ \left[\frac{K_{edij} R_{\theta 0 di} (\sqrt{N_{agi} + \cos \alpha})}{R_{\theta 0 gi} \sqrt{N_{adi} - 1}} - \sin \alpha \right]^2 + N_{agi} \right\}^{\frac{3}{2}} \sqrt{1 - \frac{\beta_{gi}^2}{N_{agi}}}} d\theta \quad (10.4-1)$$

$$F_{e\theta_{adij}} = \oint \frac{K_{ei} e^2 \sqrt{N_{adi} - 1} \left[\frac{K_{edij} (\sqrt{N_{adi} + \cos \alpha})}{\sqrt{N_{adi} - 1}} - \sin \alpha \right] (\sqrt{N_{adi} + \cos \alpha})}{8\pi^2 \epsilon_0 R_{\theta 0 di}^2 \left\{ \left[\frac{K_{edij} (\sqrt{N_{adi} + \cos \alpha})}{\sqrt{N_{adi} - 1}} - \sin \alpha \right]^2 + N_{adi} \right\}^{\frac{3}{2}} \sqrt{1 - \frac{\beta_{di}^2}{N_{adi}}}} d\theta \quad (10.4-2)$$

参照 9.2 节电场能量参数的计算程序得：A、B 型原子核内各个高、低能粒子螺线环中每个净剩 π^+ 介子沿自旋轨道轴向的电场力参数见表 10.1、表 10.2。（ K_{ei} 值暂时不计）

A 型原子核内各个高、低能粒子螺线环中净剩 π^+ 介子

沿自旋轨道轴向电场力参数计算结果表(单位：牛顿 N)表 10.1

j N _{ai}	0	1	2	3	4	5	6
88 316	y.		z.				
58 203	v. 0.4498676718 u. 0.5389700316		x. 1.116732986 w. 1.307093887				
34 114	o. m.		q. 1.749312461 n. 2.156310585		t. 2.327181743 s. 2.715754808		
16 50	h. 2.957833954 g. 3.939440164		k. 5.021374766 i. 6.042344046		r. 4.023396124 p. 4.460667800		
34/13 34/13	b. a.		d. 26.27706782 c. 47.21591785		f. 11.80397946 e. 14.76239942		l. 6.156321505 j. 6.887946657

10.2 原子核内低能粒子螺线环轨道切点处安培力方程和参数计算

从图 7.1、图 7.2 中看出：同层相邻低能粒子螺线环中的 π_d^+ 介子，将保持固定间隔以相同的波动、自旋速度错开先后通过轨道切点；当 $v_a \rightarrow c$ 时，在波动方向形成的电、磁场与波动轨道垂直，尽管强度很大，但由(2.1)、(2.2)式可知，沿波动轨道切线方向电、磁场作用力极弱；只有在自旋运动方向形成的轨道电流才能有明显的相互作用，因为 $K_r = 10^{-4}$ 、 $K_p = 8 \times 10^{-15}$ 数量级，所以能形成很大的自身轨道电流安培力。

B 型原子核内各个高、低能粒子螺线环中净剩 π^+ 介子

沿自旋轨道轴向电场力参数计算结果表（单位：牛顿 N）表 10.2

j N _{ai}	0	1	2	3	4	5	6
88 316		v. 0.2424503354 u. 0.2815204385					
58 203	s. q.		t. 0.8356753262 r. 0.9917450997				
34 114		n. 0.9881705354 l. 1.242583809		p. 2.183956711 o. 2.621118729			
16 50	f. e.		j. 4.654238992 h. 5.908301428		m. 4.647168885 k. 5.33996127		
34/13 34/13		b. 33.60158953 a. 47.21591785		d. 17.42218092 c. 24.62528602		i. 8.351933465 g. 9.747158235	

说明：表 10.2a 栏位置数据为两个并排的高能粒子螺线环中的 π_g^+ 介子相互电场力。

由 (1.3-1) 式、图 10.2，在并排两个相邻 A、B 低能粒子螺线环轨道切点上，波动轨道椭圆半径 R_a 、半长轴 R_{aa} ，半焦距 R_{ac} ，半短轴 R_{ab} ，及 α_1 值方程式如下：

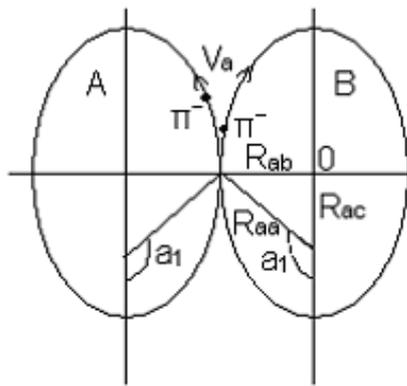


图 10.2 波动椭圆轨道内各参数关系图

$$\left\{ \begin{aligned}
 R_\alpha &= \frac{R_{\theta 0}}{\sqrt{N_\alpha + \cos \alpha}} & (10.5-1) \\
 R_{aa} &= \frac{R_{\theta 0} \sqrt{N_\alpha}}{N_\alpha - 1} & (10.5-2) \\
 R_{ac} &= \frac{R_{\theta 0}}{N_\alpha - 1} & (10.5-3) \text{ 在波动、自旋轨道切点，并排 A、B 低能粒子螺线环中净剩 } \pi_d^- \\
 R_{ab} &= \frac{R_{\theta 0}}{\sqrt{N_\alpha - 1}} & (10.5-4) \\
 \alpha_1 &= \arccos \frac{-1}{\sqrt{N_\alpha}} & (10.5-5)
 \end{aligned} \right.$$

介子的电偶极子自转直径 $2K_a R_a$ 为 $a \rightarrow a'$ 、 $b \rightarrow b'$ 线，见图 10.3。在其相交组成的平面内，电流形成原理如图 10.3 所示：每一个 π_d^- 介子在通过 $a \rightarrow a'$ 、 $b \rightarrow b'$ 线相交的平面时，就相当于一个负电荷粒子从 a 至 a' 和从 b 至 b' 的运动；由此形成从 a' 至 a 和从 b' 至 b 的电流 I_a 、 I_b 。当 A、B 两对高、低能组合的粒子螺线环，因自旋轴向上的电场排斥力大，处于拉伸状态时，由图 10.4 所示，只要 I_a 、 I_b 之间安培力大于

综合电场排斥力，就能阻止它们进一步拉伸以至断开。这时：

$$\begin{cases} \phi = \alpha_1 - 90^\circ & (10.6-1) \\ L_b = 4K_r \bar{R}_\alpha \sin \phi & (10.6-2) \end{cases}$$

由电动力学原理，每个 π_d 介子在轨道切点沿自旋运动方向形成的电流强度 I 、磁场强度 B 分别为：

$$\begin{cases} I = \frac{-e\beta c}{2\pi \bar{R}_l \sqrt{N_\alpha}} & (10.7-1) \\ B = \frac{Iu_0 \cos 2\phi}{2\pi L_b} & (10.7-2) \end{cases}$$

将(8.10)式代入 (10.7-1) 式，得：

$$I = \frac{-e\beta c \sqrt{N_\alpha - 1}}{2\pi R_{\theta 0} N_\alpha} \quad (10.8)$$



图 10.3 π_d 介子内电偶极子自转平面图 10.4 I_a 、 I_b 电流之间安培力示意图

电流形成原理示意图

因为 $a'b'$ 点 I_a 、 I_b 电流轨道重合，由 (3.4) 式，算得 $K_r = 8.0 \times 10^{-15}$ ，所以，每个轨道切点 I_a 、 I_b 电流间安培力 F_{kb} 为：

$$F_{kb} = \int_{K_r \bar{R}_\alpha}^{2K_r \bar{R}_\alpha} IB \cos \phi dl = \int_{K_r \bar{R}_\alpha}^{2K_r \bar{R}_\alpha} \frac{u_0 I_a I_b \cos \phi \cos 2\phi}{4\pi \sin \phi (2K_r \bar{R}_\alpha)} d(2K_r \bar{R}_\alpha) \quad (10.9)$$

将 (10.7-1) 式代入 (10.9) 式积分得：

$$F_{kb} = \frac{e^2 \beta^2 (N_\alpha - 1) \cos \phi \cos 2\phi}{4\pi \epsilon_0 (2\pi R_{\theta 0})^2 N_\alpha^2 \sin \phi} \ln(2K_r \bar{R}_\alpha) \Big|_{K_r \bar{R}_\alpha}^{2K_r \bar{R}_\alpha} \quad (10.10)$$

因同层相邻低能粒子螺线环，每一个自旋轨道周期中都有 N_α 个轨道切点，所以：

$$F_{kb} = \frac{e^2 \beta^2 (N_\alpha - 1) \cos \phi \cos 2\phi}{4\pi \epsilon_0 (2\pi R_{\theta 0})^2 N_\alpha \sin \phi} \ln(2K_r \bar{R}_\alpha) \Big|_{K_r \bar{R}_\alpha}^{2K_r \bar{R}_\alpha} \quad (10.11)$$

由表 9.1 确定的 N_{adi} 、 \bar{m}_{di} 参数，分别代入(4.9)、(1.6)、(10.5-5)式，求出 β_i 、 $R_{\theta 0i}$ 、 a_i 值；再将 β_i 、 N_{adi} 、 a_i 值分别代入 (2.10) 式，求出 K_{ri} 值；最后由(10.11)求出 F_{kb} 值，结果详见表 10.3。

低能粒子螺线环轨道切点处 I_a 、 I_b 电流安培力参数计算结果表表 10.3

N_{adi}	34/13	16	34	58	88
参数					

\bar{m}_{di} $\times 10^{-28}\text{Kg}$	3.304461327	3.348508962	3.325343178	3.316814573	3.312652282
β_{di}	0.9989866946	0.998751741	0.9987299178	0.9987219848	0.998718171
a°	128.1955197	104.4775122	99.87496139	97.54509259	96.11937788
$K_{ri} \times 10^5$	14.1733	6.36539	4.40105	3.37903	2.74688
$F_{kbi}(\text{牛})$	14.26555772	26.21495095	19.10379436	14.8492151	12.09695581

10.3 原子核内并排相邻粒子螺线环自旋运动方向安培力方程

设每对高、低能粒子螺线环，在自旋运动方向每个净剩 π^+ 介子形成的电流强度为 $I_{\theta i}$ ，由(10.8)式，得：

$$I_{\theta i} = \frac{e\beta_i c \sqrt{N_{ai} - 1}}{2\pi R_{\theta i} N_{ai}} \quad (10.12)$$

因为整个粒子螺线环电流之间安培力不但比上述核电场力、轨道切点的安培力小得多；而且与相互间距离成反比，上下层之间就更小；所以，我们只要计算相邻的粒子螺线环电流之间安培力就够了，并可以对其进行简化计算。首先，令 $\bar{m}_{gi} = 2\bar{m}_{di} = 2\bar{m}_{d1}$ 、 $\beta_i=1$ ，将(1.6)式代入(10.12)式，得：

$$I_{\theta i} = \frac{ec^2 \bar{m}_i}{N_{ai} h} \quad (10.13)$$

设每对高、低能粒子螺线环中净剩 π_g^+ 介子数为 N_{egij} 个，净剩 π_d^- 介子数为 N_{edij} 个。则每对高、低能粒子螺线环中净电流 $\Delta I_{\theta ij}$ ，为高、低能粒子螺线环内含有净剩 π^+ 介子在自旋运动方向形成电流的代数和：

$$\Delta I_{\theta ij} = \frac{ec^2 \bar{m}_{di}}{h} \left(\frac{2N_{egij}}{N_{agij}} - \frac{N_{edij}}{N_{adij}} \right) \quad (10.14)$$

并排相邻两个粒子螺线环电流之间安培力 $\Delta F_{\theta bij}$ ，我们参照(10.7-2)、(10.9)式进行简化计算，令：

$$\begin{cases} \Delta B_{\theta ij} = \frac{u_0 \Delta I_{\theta ij}}{2\pi(2R_{abi})} & (10.15-1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta F_{\theta bij} = \Delta I_{\theta ij} \Delta B_{\theta ij} (2\pi \bar{R}_{li}) & (10.15-2) \end{cases}$$

将(8.10)、(10.5-4)、(10.14)式代入(10.15)方程组得：

$$\Delta F_{\theta bij} = \frac{e^2}{2\varepsilon_0 N_{adi}^{1.5}} \left(\frac{\bar{m}_{di} c}{h} \right)^2 \left(2N_{egi1} \frac{N_{adi}}{N_{agi}} - N_{edi1} \right) \left(2N_{egi2} \frac{N_{adi}}{N_{agi}} - N_{edi2} \right) \quad (10.16)$$

每对高、低能粒子螺线环，除原子核边缘外，它都受到左右两边相邻的粒子螺线环安培力的共同作用，所以，可以由两边的合力 $\Delta F_{\theta bij}$ 表示：

$$\Delta F_{\theta bij} = \frac{(e\bar{m}_{d1}c)^2}{2\varepsilon_0 h^2 N_{adi}^{1.5}} \left(2N_{egi2} \frac{N_{adi}}{N_{agi}} - N_{edi2} \right) \left[2 \frac{N_{adi}}{N_{agi}} (N_{egi1} - N_{egi3}) - (N_{edi1} - N_{edi3}) \right]$$

$$(10.17)$$

由 (10.17) 式, 令 $K_{fb} = \frac{(e\bar{m}_{di}c)^2}{2\varepsilon_0 h^2 N_{adi}^{1.5}}$ 、 $N_{edi} = 34/13$ 、 16 、 34 、 58 、 88 。代入得, K_{fb} 分别为: (单位: 牛顿)

$$7.6607111103、0.506281966、0.1634383828、0.07335512162、0.03925079193$$

将表 10.1~10.3 相对应的数据与之比较, 以及后面对原子核内部结构参数综合计算验证和原子核放射性衰变原理的分析计算结果表明: 并排低能粒子螺线环电流之间轨道切点上的自身安培力, 作用距离仅限于轨道切点 $K_r \bar{R}_\alpha$ 的极小范围内, 而且相互吸引力相当大, 与原子核内的综合电场排斥力刚好可组成一对相平衡的核力。并排粒子螺线环电流之间的整体安培力, 仅第 1 层必须参加计算, 其它可以忽略不计。

10.4 同一层相邻低能粒子螺线环自旋运动方向安培力方程计算结果比较

由 (10.8) 式, 每个低能粒子螺线环的净剩 π_d 介子数为 N_{ei} 个, 平均电流强度为 I_i , 由 ((10.15) 方程组、(8.10) 式, 相邻低能粒子螺线环自旋运动方向整体安培力 \bar{F}_{bi} 平均参数计算方程为:

$$\bar{F}_{bi} = \frac{u_0 I_1 I_2 (2\pi R_{li})}{2\pi (2R_{abi})} = \frac{e^2 \beta_i^2 N_{e1} N_{e2} (N_{ai} - 1)}{8\pi^2 \varepsilon_0 R_{\theta 0i}^2 N_{ai}^{1.5}} \quad (10.18)$$

当我们用积分法计算安培力 F_{bi} 时, 因为自旋运动方向的电流元在轨道切点两边呈平行对称分布, 由 (10.5-4)、(10.8)、(10.18) 式, 得:

$$F_{bi} = u_0 I_1 I_2 \int \frac{R_\alpha}{2\pi (2R_{abi} - 2R_{ai} \sin \alpha)} d\theta$$

$$= \frac{e^2 \beta_i^2 N_{e1} N_{e2}}{16\pi^3 \varepsilon_0 R_{\theta 0i}^2 \sqrt{N_{ai}}} \int_0^{2\pi/N\alpha} \frac{(\sqrt{N_{ai}} + \cos \alpha)^2}{\sqrt{N_{ai}} + \cos \alpha - \sin \alpha} d\theta \quad (10.19)$$

其比值为:

$$\frac{F_{bi}}{\bar{F}_{bi}} = \frac{N_{ai}}{2\pi (N_{ai} - 1)} \int_0^{2\pi/N\alpha} \frac{(\sqrt{N_{ai}} + \cos \alpha)^2}{\sqrt{N_{ai}} + \cos \alpha - \sin \alpha} d\theta \quad (10.20)$$

(10.19) 式在波动、自旋轨道切点处两电流元的间隔 $\rightarrow 0$, 是个间断点, 在 (10.11) 式中该点安培力已经计算了, 见表 10.3。我们以 Δa_i 值插入 (10.20) 式的积分上下限, 令:

$$a_{i0} = 2\pi(a_i + \Delta a_i)/360^\circ N_{ai} \quad a_{ia} = 2\pi(360^\circ + a_i - \Delta a_i)/360^\circ N_{ai}$$

将表 10.3 中数据代入 (10.20) 式, 模拟计算结果见表 10.4。

同一层相邻低能粒子螺线环自旋运动方向安培力方程 F_{bi}/\bar{F}_{bi} 计算结果比较表表 10.4

N_{ai}	34/13	16	34	58	88
Δa_i					

2°	无解	无解	无解	无解	无解
5°	4.59313587	6.797401516	7.055965601	7.153204956	7.1992218355
10°	2.786828821	3.4747556	3.560352022	3.592408519	3.607980361
30°	1.464674859	1.223998448	1.204626325	1.197666272	1.194335032
60°	0.9610648229	0.6086085346	0.5779770862	0.568871121	0.5615634465
100°	0.5770989581	0.3072239687	0.2856141877	0.2778747804	0.2741756391

由表 10.4 中看出：当 $\Delta a_i \leq 30^\circ$ 时，积分法计算的安培力大于整体平均常数计算的安培力。所以，在 (10.15-2) 式中的高、低能粒子螺线环电流整体安培力，我们均取低能粒子螺线环电流平均半径 \bar{R}_{ld1} 值，而不取高、低能粒子螺线环的平均值。而且，读者后面将会看到：在原子核内核力平衡验证计算中，尽管轻原子核内的整体核电场力，略大于核磁场力，我们仍有充足的理由也将它们当作稳定的原子核。

同时，我们也看到：当 $30^\circ \leq \Delta a_i \leq 60^\circ$ 时， $F_{bi} / \bar{F}_{bi} \approx 1$ ，由此即可推测各层粒子螺线环中核子数和过剩的高、低能 π^\pm 介子的大致允许密度。过剩的高、低能 π^\pm 介子，尤其是 π^- 介子，在相邻的粒子螺线环轨道中运动时，肯定是以适当的间隔错开分别通过轨道切点的。所以，在微观粒子相邻的螺线环轨道切点上及附近，电流元应该是不连续的。当 $\Delta a_i \leq 30^\circ$ 时，积分法计算的安培力是没有意义的。

第 11 章 $^{208}_{82}\text{Pb}$ 、 $^{232}_{90}\text{Th}$ 、 $^{256}_{100}\text{Fm}$ 原子核内部结构和参数计算

11.1 “组装”原子核的原则

经过前面第 7~10 章对原子核内部结构、核力、磁矩形成原理和参数的论证计算，我们现在不但有“组装”原子核的依据，而且可以预测“组装”原子核必须遵循的几项原则。同时也将对本书的模型、理论进行全面、严格的模拟计算证明。

11.1.1 原子核内核子、净剩电荷等密度分布原则

根据实验测定结果，结合图 7.1~图 7.3 原子核内部结构模型、核电荷分布特征。我们必须将核子、各高、低能粒子螺线环中净剩 π^\pm 介子进行等密度“组装”，并趋于球型分布。内层和内部各粒子螺线环，应当按 (9.12) 式推导结果全部为饱和层，外层和边缘可以处于未饱和状态。这样原子核边界就自然出现“弥散”层。核力作用半径包括了低能粒子螺线环外边缘，略大于净剩 π_g^+ 介子的高能粒子螺线环分布半径。原子核外边缘由于低能粒子螺线环净剩 π_d^- 介子，与原子核内边缘 π_g^+ 介子的正电场起削弱效应，整体上就反映出原子核包着一层“中子皮”。这些特征在图 7.1、图 7.2 中都清晰地反映出来了。

11.1.2 总能量守恒原则

原子核总能量为高、低能粒子螺线环中，所有 π^\pm 介子的原始总能量 \bar{m}_{di} 、 \bar{m}_{gi} ，与各高、低能粒子螺线环中，各净剩 π^\pm 介子之间自旋运动方向，相互作用的电、磁场总能量之和。对实验室测定的各元素原子总能量，既要扣除原子核外所有电子的静止质量 Zm_{e0} ，还要加上所有电子的全部电离能量，(本书电子电离能全部取正值)。因为所有电子总电离能量比原子核的总能量小得多，所以，本书在不影响原子核总能量计算精度前提下，对原子核外所有电子总电离能取估算值，(详见原子物理第 20 章)。

当质子、中子都是偶数的原子核，由 (9.8)、(9.13) 式，高、低能粒子螺线环中所有 π^\pm 介子的原始总能量为：
$$\sum m_\pi = 5A_i \bar{m}_{d1} + \sum \Delta \bar{m}_{ni} \quad (A_i \text{ 为质子、中子数之和})$$

对质子、中子不同为偶数的原子核， π^\pm 介子的原始总能量计算应分两步。参照 7.2 节中原子核磁矩形成原理，先计算 $5(A_i - 2)\bar{m}_{d1}$ 或 $5(A_i - 3)\bar{m}_{d1}$ 的原子核原始总能量；剩余 2~3 个质子、中子应根据原子核磁矩的实验值，分析、模拟计算 2~3 个质子、中子“拆解”的 π^\pm 介子，进入各层高、低能粒子螺线环中的分配状态；然后依据表 9.1 中所列的 \bar{m}_{di} 、 \bar{m}_{gi} 数据分别累加。

当我们按第 1 条原则将所有的质子、中子“拆解”成 π^\pm 介子，充填进原子核内各层、各个高、低能粒子螺线环后，我们就可以按照 (8.16) 方程组、表 9.2 或者表 9.3 来模拟计算原子核内各粒子螺线环中，净剩 π^\pm 介子自旋运动方向相互作用的电、磁场能量。表 9.2、表 9.3 中的各个高、低能粒子螺线环内 π^\pm 介子的电势能参数，是指每个净剩 π^\pm 介子相对于原子核中心为一个净剩单位电荷的电势能参数。实际计算中，我们只要将电势能参数由大到小排列，然后按顺序逐个计算高、低能粒子螺线环中净剩 π^\pm 介子，与所包围的原子核内累计净剩电荷数相互作用电势能和自身电势能；它们的全部代数和就是原子核内所有的粒子螺线环中净剩 π^\pm 介子相互作用的电势能。

同理，我们仍然可以由“组装”出的原子核内部结构模型，由 (8.15)、(8.16) 方程组，从内往外，

逐层计算原子核内各层粒子螺线环中，净剩 π^{\pm} 介子在自旋运动方向相互作用的磁场能量和累加磁场总能量。

11.1.3 电、磁场力平衡稳定原则

从核力形成原理、各参数推导、论证计算过程中不难预测：稳定的原子核，应该是整个原子核内部各粒子螺线环中，电、磁场力总体是均匀平衡的；各低能粒子螺线环轨道切点和整个粒子螺线环自旋轨道电流之间的安培力之和，应全部均匀地大于核电场力在原子核自旋轴向的分力。如果原子核内部某个位置核电场力在自旋轴向的排斥力大于该处的总安培力，就必然导致内部过剩 π^{\pm} 介子的调整、重新分配，或分裂衰变，直至核力平衡稳定为止。所以，我们可以预计：在满足第 1~2 原则的前提下， $^{206}_{82}\text{Pb}$ 、 $^{207}_{82}\text{Pb}$ 、 $^{208}_{82}\text{Pb}$ 、 $^{209}_{83}\text{Bi}$ 4 种天然、人工放射系的结束核，内部核力平衡稳定状态的模拟计算结果，应当是接近临界不稳定状态。我们可以先将 $^{208}_{82}\text{Pb}$ 原子核作为验证本书整个原子核内部结构、模型、核力平衡稳定状态参数模拟计算的实验核。

11.1.4 质子、中子、 π^{\pm} 介子维持适当比例原则

原子核内质子、中子必须维持适当的比例，也就是它们“拆解”的所有高、低能正、负 π^{\pm} 介子在每一个高、低能粒子螺线环中，必须按适当的比例均匀、有序地分配，使每一条高能或低能粒子螺线环轨道上的 π^{\pm} 介子对和过剩 π^{\pm} 介子之间的电场力能互相吸引牵制，即能满足各个 π^{\pm} 介子内部的单个荷电粒子伸缩变形的需要，又能使各个粒子螺线环的电场力能维持动态平衡，整体处于稳定状态，原子核才能最终稳定。

11.2 $^{208}_{82}\text{Pb}$ 原子核内部结构和参数计算

11.2.1 原子核总能量验证计算

实验室测定： $^{208}_{82}\text{Pb}$ 原子质量为 207.976658u④；是钍 $^{232}_{90}\text{Th}$ 元素天然放射系的结束核。对原子核外的全部电子总电离能 $\sum W_{me}$ ，我们取近似值：

$$\sum W_{me} = K_{a2} Z_i \quad (11.1)$$

其中 Z_i 为原子核电荷数， K_{a2} 为原子内层电子电离能。由实验室测定得： $K_{a2}=72794\text{ev}$ ④，以 K_{a2} 层代表整个原子所有电子的电离能平均值。

参照(8.19)、(9.13)式、表 9.1 中 \bar{m}_{di} 、 \bar{m}_{gi} 值， $^{208}_{82}\text{Pb}$ 原子核总能量为：

$$\sum ^{208}_{82}\text{Pb}W_i = 208 \times 5\bar{m}_{d1} + W_e + W_b + \sum \Delta\bar{m}_{ni} \quad (11.2)$$

由(11.1)式，设原子质量为 ^A_zXM ，得原子核的原始质量 $\sum ^A_z\text{XW}_0$ 为：

$$\sum ^A_z\text{XW}_0 = ^A_z\text{XM} - Z_i m_{e0} + K_{a2} Z_i e / c^2 \quad (11.3)$$

将实验值代入(11.3)式，得： $^{208}_{82}\text{Pb}$ 原子核的原始总能量：

$$\sum ^{208}_{82}\text{Pb}W_0 = 3.452895452 \times 10^{-25} \text{Kg}$$

其中电子总电离能:

$$\sum W_{me} = 5.969108 \text{ Mev} = 1.064090616 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

参照图 7.2 和 11.1 节第 1、2 原则，设计“组装”的 $^{208}_{82}\text{Pb}$ 原子核结构如图 11.1 所示，它属于 B 型原子核。各层粒子螺线环内饱和层的核子数由 (9.12) 式计算结果分别取 6、12、18、22，最外层为未饱和层。各层、各高、低能粒子螺线环中质子、中子“拆解”的所有 π^\pm 介子，其中各净剩 π^\pm 介子数安排原理和分配状态参见 7.2 节。我们令每一层粒子螺线环内的净剩高、低能 π^\pm 介子总数不变，在核电场力和自旋方向安培力作用下，位置可以适当调整，对称性分布，以维持核电、磁场力的平衡。

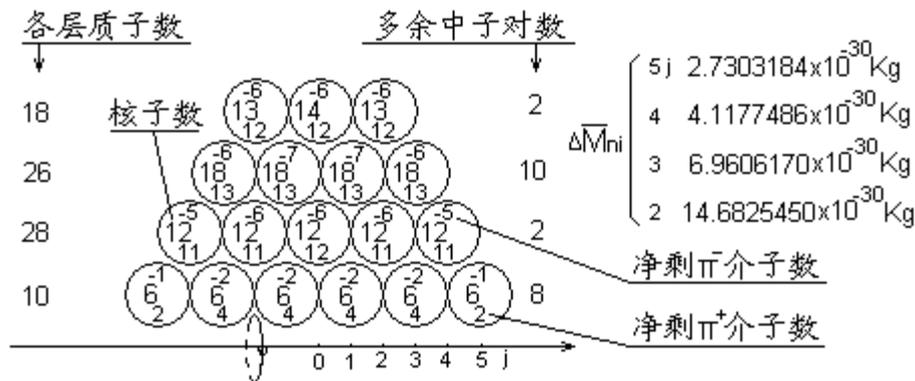


图 11.1 $^{208}_{82}\text{Pb}$ 原子核内核子、净剩 π^\pm 介子分配示意图

由图 11.1 所示，整个 $^{208}_{82}\text{Pb}$ 原子核内净剩 π^\pm 介子之间在自旋运动方向相互作用的电、磁场能量计算程序如下：

1. 由表 9.3 所示的电势能参数，取绝对值从大到小先用英文字母顺序排列，它代表净剩 π^\pm 介子由原子核中心往外围相互作用的电势能变化，便于计算、累计电势能。

2. 按某一系统电势能求和方法，将各相应层、各相应列的高、低能粒子螺线环内净剩 π^\pm 介子数对号入座，写在排列字母的下方， π_g^+ 介子数为正数， π_d^- 介子数为负数。对原子核左右两边对称分布的两对高、低能粒子螺线环内的净剩 π^\pm 介子数应求和。由 (9.13) 式、表 9.1 数据得：多余每对中子剩余的能量 $\Delta\bar{m}_{ni}$ 值见图 11.1 右侧。

3. (11.4) 式中每一个电势能计算参数之前的所有 π^\pm 介子数的代数和，代表该粒子螺线环内侧相对原子核中心所包围的净剩核电荷数，标在该电势能参数的上方：

	8	4	12	8	20	14	18	40	38
Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf	Vg	Vh	Vi	Vj
8	-4	8	-4	12	-6	4	22	-2	-12
26	48	74	64	50	76	64	76	100	94
Vk	Vl	Vm	Vn	Vo	Vp	Vq	Vr	Vs	Vt
22	26	-10	-14	26	-12	12	24	-6	-12

4. 每个高、低能粒子螺线环净剩 π^\pm 介子的电势能，应是内侧相对原子核中心所包围的净剩总核电荷数的相互作用电势能和自身电势能。整个原子核内各高、低能粒子螺线环中净剩 π^\pm 介子间相互作用的电势能，应是每个高、低能粒子螺线环内净剩 π^\pm 介子相互作用电势能总和。所以，直接由上列参数排序，我们有：

$$W_e = \frac{e}{c^2} \left[\begin{aligned} &\frac{8^2}{2}Va - \left(8 \times 4 - \frac{4^2}{2}\right)Vb + \left(4 \times 8 + \frac{8^2}{2}\right)Vc - \left(12 \times 4 - \frac{4^2}{2}\right)Vd + \\ &\dots\dots\dots + \left(76 \times 24 + \frac{24^2}{2}\right)Vr - \left(100 \times 6 - \frac{6^2}{2}\right)Vs - \left(94 \times 12 - \frac{12^2}{2}\right)Vt \end{aligned} \right] \quad (11.4)$$

将表 9.3 计算的 V_{ei} 值代入 (11.4) 式, 得: $W_e=1.503731485 \times 10^{-27} \text{Kg}$

5. 由表 9.1 所示的各层高、低能粒子螺线环中波动物量子数 N_{adi} 、 N_{agi} 值, 分别代入(4.9)式, 求得波动速度系数 β_{gi} 、 β_{di} 值; 连同 \bar{m}_{di} 、 \bar{m}_{gi} 值代入(1.6)式, 求得 $R_{\theta gi}$ 、 $R_{\theta di}$ 值。

6. 将各粒子螺线环层的 N_{adi} 、 N_{agi} 、 β_{gi} 、 β_{di} 、 $R_{\theta gi}$ 、 $R_{\theta di}$ 值分别代入(8.10)式, 求得螺线环电流平均半径 \bar{R}_{Igi} 、 \bar{R}_{Idi} 值。

7. 由图 11.1 所示, 各粒子螺线环层长度系数 K_{bji} 分别为: $K_{bd15}=12$ 、 $K_{bd24}=10$ 、 $K_{bd33}=8$ 、 $K_{bd42}=6$, 连同 $R_{\theta gi}$ 、 $R_{\theta di}$ 、 N_{adi} 、 N_{agi} 值代入 (8.13) 方程组, 求得: L_{bgij} 、 L_{bdij} 值。

8. 由图 11.1 所示, 各粒子螺线环层的质子数分别为: $P_1=10$ 、 $P_2=28$ 、 $P_3=26$ 、 $P_4=18$, 连同上面求得 β_{gi} 、 β_{di} 、 \bar{R}_{Igi} 、 \bar{R}_{Idi} 、 L_{bgij} 、 L_{bdij} 及 N_{adi} 、 N_{agi} 值分别代入(8.15)方程组, 求得磁场强度 H_{gi} 、 H_{di} 值。

9. 将 H_{gi} 、 H_{di} 、 \bar{R}_{Igi} 、 \bar{R}_{Idi} 及 L_{bgij} 、 L_{bdij} 值分别代入(8.16)方程组, 求得磁场能量 W_{bgi} 、 W_{bdi} 值。

10. 将 W_{bgi} 、 W_{bdi} 值累加, 求得总磁场能量, 并换算为质量, 得: $W_b = 1.409748336 \times 10^{-29} \text{Kg}$

11. 由(11.2)式, 得: $\sum_{82}^{208} \text{Pb}W_1=3.452890137 \times 10^{-25} \text{Kg}$, 与(11.3)式的结果相比, 误差 0.29815Mev, 仅相当于原子核外电子估算总电离能的 5.0%, 精度已达要求。可以转入下一课题核力平衡验证计算。

12. 图 11.1 原子核内质子、中子、净剩 π^+ 介子的分配状态是经过多种方案模拟计算的最终结果。如果预设质子、中子、净剩 π^+ 介子分配某一方案经过 1~11 计算程序总能量与实验值未能吻合, 可以通过合理调整各层质子、中子数或粒子螺线环内净剩 π^+ 介子的轴向分配状态, 重复 1~11 计算程序, 就能改变原子核的总能量。最后直到与实验值吻合为止。(后面所有原子核参数来源、计算程序和调整过程均相同)。

11.2.2 核力平衡验证计算

由表 10.2 所示 B 型原子核内各高、低能粒子螺线环中净剩 π^+ 介子的相互间自旋轴向核电场力参数, 我们可以参照电势能的求法, 逐层、逐对计算轴向电场力。

由第 1 计算程序中的电势能参数从大到小的排列顺序, 可以清楚地看出: 每对高、低能粒子螺线环内侧相对原子核中心所包围的净剩核电荷数, 这时自身应为单边净剩 π^+ 介子数, 对称的另一边应并入原子核内总净剩核电荷数。所以, 每一对高、低能粒子螺线环中净剩 π^+ 介子所受的原子核内在自旋轴向的核电场分力应为高、低能粒子螺线环轴向电场分力总和。如图 11.1 所示: 第 2 层 $i=2$, 第 4 列 $j=4$ 的那对粒子螺线环, 位置代号为 k 、 m , 由第 1 计算程序的排列参数, 我们有:

$$F_{e\theta km}=11 \times (26+11)F_{e\theta k}-5 \times (74-5)F_{e\theta m} \quad (11.5)$$

将表 10.2 中 $F_{e\theta k}$ 、 $F_{e\theta m}$ 参数代入 (11.5) 式, 得: $F_{e\theta km}=570.0909716$ (牛顿)。

同理, 由 (11.5) 式、表 10.2 中各参数, 其它粒子螺线环的核电场力在轴向的分力计算结果见表

11.1。

同一层并排的低能粒子螺线环内净剩 π_d^- 介子在自旋轨道切点处的安培力，从 (10.7-1) ~ (10.11) 式的推导过程中，均是以一个 π_d^- 介子为依据，当它们分别为 N_{e1} 、 N_{e2} 个 π_d^- 介子时，则 (10.11) 应变为：

$$F_{b\theta ij} = N_{e1} N_{e2} F_{kbi} \quad (11.6)$$

根据图 11.1 所示的各低能粒子螺线环中的净剩 π_d^- 介子数，将表 10.3 中各层 F_{kbi} 参数值，分别代入 (11.6) 式，求得各个轨道切点处安培力见表 11.1。

$^{208}_{82}\text{Pb}$ 原子核内核力平衡验证计算结果表 (图 11.1, 单位: 牛顿) 表 11.1

j		1	2	3	4	5	核电、磁场力累计
N _a							
58	$F_{e\theta}$	t. 606.0462530					↑ 689.131672
	$F_{b\theta}$	-534.5717436					
34	$F_{e\theta}$	n. 591.0889169	p. 1229.43442				 617.6571626
	$F_{b\theta}$	-936.0859236	-802.3593631				
16	$F_{e\theta}$	j. 991.1342691		m. 570.0909716		 190.5821057	
	$F_{b\theta}$	-943.7382342		-786.4485285			
34/13	$F_{e\theta}$	b. 352.235612	d. 439.5655342		i. -13.81634162		 359.5436277
	$F_{b\theta}$	-57.06223088	-57.06223088		-28.53111544		
$\Delta F_{\theta b}$				-137.8927999			

说明：表 11.1n 栏内多余的磁场力对上、下层粒子螺线环外侧核电场力没有镶嵌限制作用，不参与整体核力平衡计算，以粗线条隔开，(下同)。

相邻 3 对并排的高、低能粒子螺线环内净剩 π^+ 介子在整个自旋轨道运动方向，产生轨道电流相互作用的整体安培力 $\Delta F_{\theta b ij}$ ，由 (10.17) 式及 K_{tb} 参数值，根据图 11.1 所示的第 1 层粒子螺线环内的净剩 π^+ 介子数，我们将第 1 层的计算值也列于表 11.1 中。

11.2.3 轨道切点处安培力分析和整体核力平衡原理

由表 11.1 看出：整个 $^{208}_{82}\text{Pb}$ 原子核内粒子螺线环轴向核电场力总体接近内侧安培力；尤其是外层 $F_{e\theta 42}$ 和内层 $F_{e\theta 22}$ ，均接近于安培力（同一层的电、磁场力可以累加）；整体接近不稳定状态的临界极限，与预计的结果吻合。同时，第 1 层边缘粒子螺线环 $F_{e\theta 15} \ll F_{b\theta} + \Delta F_{b\theta}$ ，甚至为负值，出现向内压缩的合力！从第 1 计算程序中电势能参数排列上方的净剩核电荷数看出：它们均为正数，说明这对高、低能粒子螺线环在核电、磁场力作用下沿轴向分力不是处在拉伸状态，而是处在向原子核内部的被压缩状态。

进一步分析并排低能粒子螺线环轨道切点上的安培力，我们才发现，它不但在拉伸状态下相吸以抵抗拉伸作用，更能在压缩状态表现出排斥力以抵抗压缩的作用，而且还会随着核电场力的大小进行自我调整！表 10.3 计算的安培力参数是在拉伸或压缩两种状态下都具有的极大值。（该核力的特征也是天文学领域中的中子星和黑洞内部抵抗万有引力场的强作用力，详见第 26 章）

参见图 10.2、图 10.3、图 10.4，在压缩状态，轨道切点处 π_d^- 介子内正、负电荷粒子形成的电流不是在 $a'b'$ 点重合，而是在 ab 点重合。轨道切点间的安培力如图 11.2 所示。尽管也是相互吸引力，只要

最大安培力仍大于核电场力在轴向的压缩分力，整体上仍可阻止 A、B 低能粒子螺线环在轨道切点处进一步被压缩越界，以致断开。

同理，若轨道切点处电偶极子自转直径线 $a-a'$ 、 $b-b'$ 如图 10.3 所示对称相交。由第 2 章基本粒子能量起源中我们已经知道：基本粒子能量是由波动速度 βc 、半径 R_a 、波动量子数 N_a 和电偶极子自转角度 α 、自转半径 $K_r \bar{R}_a$ 、电偶极子对数 n 各关键参数综合决定的。所以外界的电、磁场强度除非大到能足以改变它的能量，否则根本无法改变这些关键参数，包括图 10.4、图 11.2 中和 (10.6-1) 式中 α 、 Φ 值。所以，电流元 $a-a'$ 、 $b-b'$ 线在安培力作用下不会绕着交叉点转动，只能从图 10.4 状态拉伸状态平移到图 11.2 的压缩状态，在中间对称图 10.3 位置，安培力总体合力为 0。由 (10.9)~ (10.11) 式的积分上、下界限可以看出：平移过程中安培力的值也将逐渐发生变化。

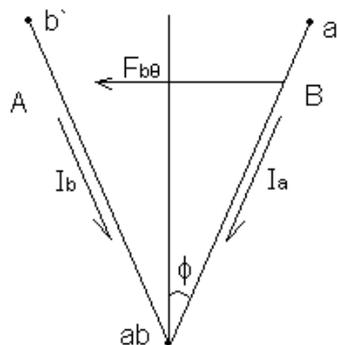


图 11.2 I_a 、电流元之间安培力示意图

由此得出结论：每对高、低能粒子螺线环所受的核电场力在自旋轴向的分力，只要小于、等于轨道切点上的安培力的极大值，不管是拉伸力，还是压缩力，安培力都会如弹簧一样做出反应，并随着 $a-a'$ 、 $b-b'$ 线的平移，安培力会调整至与核电场力相等。当核电场力大于左侧切点的安培力时，切点上的安培力达到极大值。若没有其它力参与克服核电场力，则该处粒子螺线环内净剩 π^+ 介子将处于不稳定状态。

同层相邻粒子螺线环内净剩 π^+ 介子之间整体上相互作用的安培力，它将会如弹簧串联一样，将外侧安培力逐级累加传递至内侧。同理，内侧的核电场力大于左边切点的安培力时，其多余部分也会累加传递到外侧边沿。

从图 11.1 中原子核内部各层粒子螺线环错开镶嵌结构看出：只要总安培力大于总核电场力，内层外侧的粒子螺线环对外层内侧的粒子螺线环有空间限制维持稳定作用。如图 11.1 中除 F_{e031} 那对高、低能粒子螺线环外，其它粒子螺线环镶嵌结构都可以通过电、磁场力累计传递方式由内层往外层、由外侧往内侧对原子核整体进行核力稳定平衡计算。由表 11.1 平衡累计计算结果，整个原子核安培力略小于核电场力，所以这种原子核是不稳定的，我们必须重新“组装” ${}_{82}^{208}\text{Pb}$ 原子核。

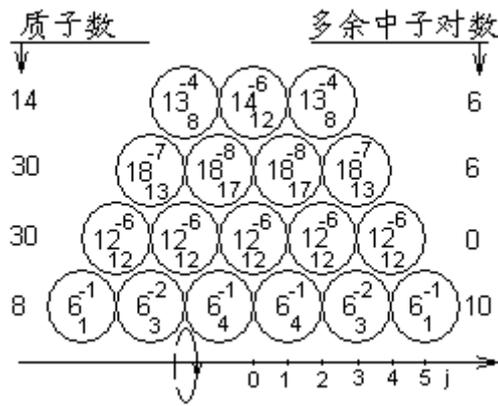


图 11.3 $^{208}_{82}\text{Pb}$ 原子核内核子、净剩 π^+ 介子分配示意图

V_a	V_b	V_c	V_d	V_e	V_f
8	-2	6	-4	12	-6
V_g	V_h	V_i	V_j	V_k	V_l
14	16	40	38	26	50
2	24	-2	-12	24	34
V_m	V_n	V_o	V_p	V_q	V_r
84	72	56	82	68	80
-12	-16	26	-14	12	16
V_s	V_t				
96	90				
-6	-8				

$$W_e = 1.549177931 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$W_b = 9.813269321 \times 10^{-30} \text{ Kg}$$

$$\sum_{82}^{208} \text{Pb} W_3 = 3.452894394 \times 10^{-25} \text{ Kg}$$

当我们适当调整图 11.1 的 $^{208}_{82}\text{Pb}$ 原子核内部质子、中子、净剩 π^+ 介子的分配，可以“组装”出另一种结构的 $^{208}_{82}\text{Pb}$ 原子核，见图 11.3。根据本节 1 ~ 11 计算程序， W_b 、 W_e 、 $\sum_{82}^{208} \text{Pb} W_3$ 值见图 11.3 左侧。

同理，参照本节核力平衡验证计算方法，结果见表 11.2。显然，这种 $^{208}_{82}\text{Pb}$ 原子核是稳定的，是我们期望的一个解，与图 11.1 第 1 个核模型相比，关键在第 1 ~ 2 层净剩 π^+ 介子的排列不同。

$^{208}_{82}\text{Pb}$ 原子核内核力平衡验证计算结果表（图 11.3，单位：牛顿）表 11.2

j	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计
N_a						
58 F_{e0}	t. 410.7162380					↑ -136.2029571
F_{b0}	-356.3811624					
34 F_{e0}	n. 909.3596443	p. 1204.566227				-190.5380327
F_{b0}	-1222.642839	-1069.812484				
16 F_{e0}	j. 1091.575393		m. 260.1473009			-325.2917757
F_{b0}	-943.7382342		-943.7382342			
F_{e0}	b. 520.2435589	d. 316.4391041		i. -179.5180316		210.4619988
34/13 F_{b0}	-14.26555772	-28.53111544		-28.53111544		
ΔF_{0b}	-160.8749332	-183.8570665		-30.64284441		

11.3 $^{232}_{90}\text{Th}$ 原子核内部结构和参数计算

$^{232}_{90}\text{Th}$ 原子核是天然放射系钍系起始核，半衰期长达 1.4×10^{10} 年，丰度为 100%。实验室测定 $^{232}_{90}\text{Th}$ 原子质量为 232.038074u，内层电子 K_{a2} 电离能为 89942ev。

由 (11.3) 式，得： $^{232}_{90}\text{Th}$ 原子核总能量 $\sum^{232}_{90}\text{Th}W_0 = 3.852409956 \times 10^{-25}\text{Kg}$ ，其中电子总电离能 $\sum W_{me} = 8.09478\text{Mev} = 1.443026234 \times 10^{-29}\text{Kg}$ 。

参照图 11.1、图 11.3，设计的 $^{232}_{90}\text{Th}$ 原子核内部结构见图 11.4、图 11.5。

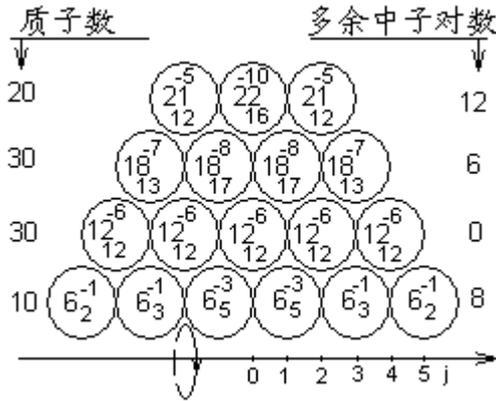


图 11.4 $^{232}_{90}\text{Th}$ 原子核内核子、净剩 π^\pm 介子分配示意图

V_a	10	4	10	8	20
	10	-6	6	-2	12
V_g	14	18	42	40	28
	4	24	-2	-12	24
V_m	86	74	58	84	70
	-12	-16	26	-14	16
V_s	110	100			
	-10	-10			

$$W_e = 1.817530386 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.437800649 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum^{232}_{90}\text{Th}W_1 = 3.85240599 \times 10^{-25} \text{ Kg}$$

根据 11.2 节的计算程序和方法， $^{232}_{90}\text{Th}$ 原子核内核力平衡验证

证计算结果见表 11.3、表 11.4。

$^{232}_{90}\text{Th}$ 原子核内核力平衡验证计算结果表 (图 11.4, 单位: 牛顿) 表 11.3

$N_a \backslash j$	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计
58 $F_{e\theta}$		t. 769.3464573				↑
$F_{b\theta}$		-742.460755				
34 $F_{e\theta}$	n. 935.7967653		p. 1242.139920			
$F_{b\theta}$	-1222.642839		-1069.812484			
16 $F_{e\theta}$		j. 1177.523760		m. 332.5403448		
$F_{b\theta}$		-943.7382342		-943.7382342]		

$F_{e\theta}$	b. 474.7645661	d. 360.3313781	i.-30.52020855		243.7486412
34/13 $F_{b\theta}$	-128.3900195	-42.79667316	-14.26555772		
$\Delta F_{\theta b}$	-107.2499554	-153.2142221	-114.9106665		

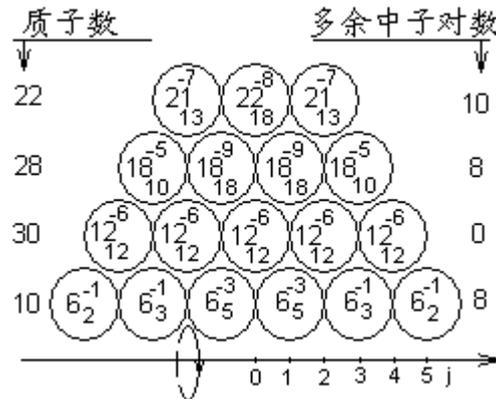


图 11.5 $^{232}_{90}\text{Th}$ 原子核内核子、净剩 π^+

Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf
10	-6	6	-2	12	-6
Vg	Vh	Vi	Vj	Vk	Vl
14	18	42	40	28	52
4	24	-2	-12	24	36
Vm	Vn	Vo	Vp	Vq	Vr
88	76	58	78	68	86
-12	-18	20	-10	18	26
Vs	Vt				
112	104				
-8	-14				

介子分配示意图

$$W_e = 1.812742002 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.434229785 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum_{90}^{232}\text{Th}W_2 = 3.852414607 \times 10^{-25} \text{ Kg} \quad ^{232}_{90}\text{Th} \text{原子核内核力平衡验证计算结果表 (图 11.5, 单位: 牛顿)}$$

表 11.4

j \ Na	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计
58 $F_{e\theta}$		t. 708.9523968				↑ -186.4876078
$F_{b\theta}$		-831.5560456				
34 $F_{e\theta}$	n. 969.7887665		p. 985.2165362			-63.88395896
$F_{b\theta}$	-1547.407343		-859.6707462			
16 $F_{e\theta}$		j. 1177.523760		m. 276.7743182		-189.429749
$F_{b\theta}$		-943.7382342		-943.7382342		
$F_{e\theta}$	b. 474.7645661		d. 360.3313781		i.-30.52020855	243.7486412
34/13 $F_{b\theta}$	-128.3900195		-42.79667316		-14.26555772	
$\Delta F_{\theta b}$	-107.2499555		-153.2142222		-114.9106666	

由表 11.3、表 11.4 结果可见：第一种原子核接近临界永久性稳定状态；第二种原子核虽然属永久性稳定原子核，但是第 3~4 层中间粒子螺线环中高能 π_g^+ 介子是过分集中了，核电场力不均匀也必将导致整个原子核不稳定。

11.4 ²⁵⁶Fm 原子核内部结构和参数计算

11.4.1 ²⁵⁶FmA 型原子核内部结构和参数计算

实验室测定 ²⁵⁶₁₀₀Fm 原子质量为 256.091807u，半衰期仅 2.63 小时，内层电子 K_{a2} 的电离能为 114926ev。由 (11.3) 式，得： $\sum_{100}^{256} FmW_0=4.251801339 \times 10^{-25} Kg$ 。

因 ²⁵⁶₁₀₀Fm 原子核核子数较多，我们先以图 7.1A 型原子核的模型来“组装”²⁵⁶₁₀₀Fm 原子核。由表 9.1、表 10.1A 型原子核的相关计算参数，参照 11.2 节计算程序和核力平衡验证计算方法，其结果见图 11.6、表 11.5。

由图 11.6、表 11.5 中数据可见：2~4 层粒子螺线环内侧虽然磁场力大于核电场力，但对内层、外侧均没有镶嵌空间限制作用，导致底层和外侧各层核电场力远大于磁场力。这种原子核是极不稳定的，也是不存在的。我们还得重新设计“组装”²⁵⁶₁₀₀Fm 原子核。详见图 11.7、图 11.8。核力平衡验证计算结果详见表 11.6、表 11.7。

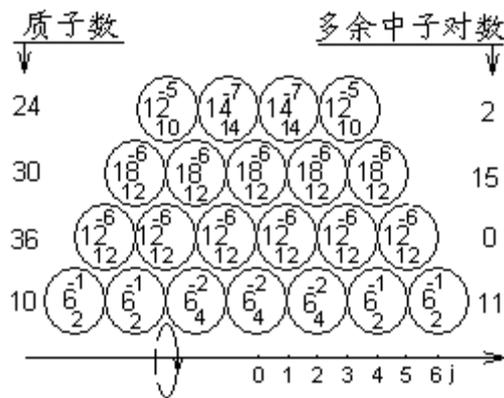


图 11.6 ²⁵⁶₁₀₀Fm 原子核内核子、净剩 π[±]

介子分配示意图

Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf
4	-2	8	-4	4	-2
8	32	20	44	48	36
Vg	Vh	Vi	Vj	Vk	Vl
24	-12	24	4	-12	-2
34	46	70	64	88	76
Vm	Vn	Vo	Vp	Vq	Vr
12	24	-6	24	-12	-12
64	88	76	104	90	110
Vs	Vt	Vu	Vv	Vw	Vx
24	-12	28	-14	20	-10

$$W_e = 2.083292346 \times 10^{-27} Kg$$

$$W_b = 1.291733144 \times 10^{-29} Kg$$

$$\sum_{100}^{256} FmW_1 = 4.251799043 \times 10^{-25} Kg$$

²⁵⁶₁₀₀Fm 原子核内核力平衡验证计算结果表 (图 11.6, 单位:

牛顿) 表 11.5

$N_a \backslash j$	1	2	3	4	5	6	核电、磁场力 累计
58 F_{e0}	v.373.6420907		x. 720.8090694				↑ 3276.131632 3075.045092 2430.986722 885.286855
F_{b0}	-727.6115399		-519.7225285				
34 F_{e0}	q. 640.1304363		t. 1331.794967				
F_{b0}	-687.7365970		-687.7365970				
16 F_{e0}	h.480.0435425		k. 1054.873673		r. 2378.302662		
F_{b0}	-943.7382342		-943.7382342		-943.7382342		
F_{e0}	d. 712.7489433		f. 129.9625756		l. 418.2198398		
34/13 F_{b0}	-57.06223088		-28.53111544		-14.26555772		
ΔF_{0b}	-137.8927999		-68.94639993		-68.94639993		

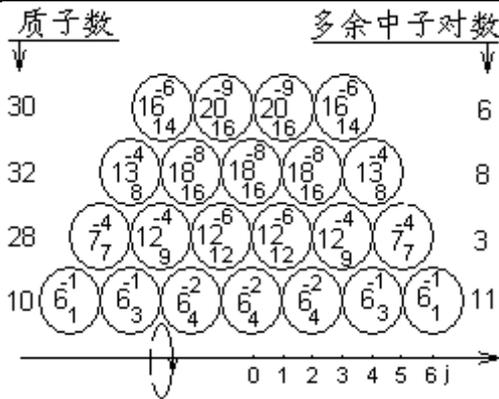


图 11.7 $^{256}_{100}Fm$ 原子核内核子、净剩 π^\pm

Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf
4	-2	8	-4	6	-2
Vg	Vh	Vi	Vj	Vk	Vl
10	34	22	40	42	34
24	-12	18	2	-8	-2
Vm	Vn	Vo	Vp	Vq	Vr
32	48	80	72	86	70
16	32	-8	14	-16	-8
Vs	Vt	Vu	Vv	Vw	Vx
62	78	70	102	84	112
16	-8	32	-18	28	-12

介子分配示意图

$$W_e = 2.072443525 \times 10^{-27} Kg$$

$$W_b = 1.231082309 \times 10^{-29} Kg$$

$$\sum_{100}^{256} Fm W_2 = 4.251802433 \times 10^{-25} Kg$$

由图 11.6、图 11.7、图 11.8、表 11.5、表 11.6、表 11.7 的内部结构图、核力平衡验证计算参数特征比较可见，我们设计 3 种差异很大的核子、 π^\pm 介子组合方案，模拟计算的 A 型 $^{256}_{100}Fm$ 原子核，其共同特点是：原子核内层和外侧边沿各层粒子螺旋环中核电场力都远大于磁场力，显然，这 3 种 A 型原子核都是极不稳定的，也不会存在。后面进一步对质量中等~轻原子核的核力平衡验证模拟计算分析也表明：对核电荷数 $Z \geq 6$ 的所有原子核，A 型原子核都是极不稳定的，只能都是 B 型原子核。

$^{256}_{100}Fm$ 原子核内核力平衡验证计算结果表（图 11.7，单位：牛顿）表 11.6

j \ Na	1	2	3	4	5	6	核电、磁场力 累计
58 F_{e0} F_{b0}	v. 356.0835222 -1202.786423		x. 1083.090634 -801.8576154				↑ 2465.520852
34 F_{e0} F_{b0}		q. 1116.491063 -1222.642839		t. 831.9768966 -611.3214195			2184.287834
16 F_{e0} F_{b0}	h. 543.0960990 -943.7382324		k. 922.5650244 -629.1588228		r. 1404.572717 -419.4392152		1963.632357
F_{e0} 34/13 F_{b0} ΔF_{0b}		d. 712.7489433 -57.06223088 -45.96426662		f. 268.7410103 -28.53111544 -191.5177776		l. 79.24720327 -14.26555772 -38.30355552	685.0926531

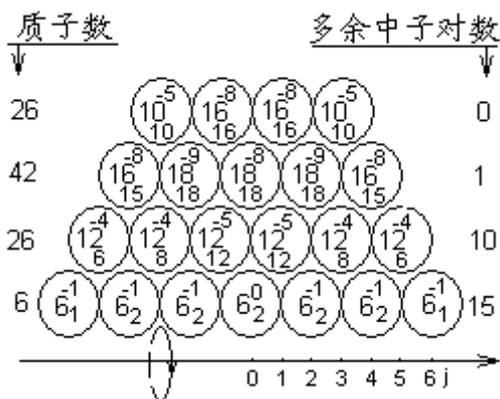


图 11.8 $^{256}_{100}\text{Fm}$ 原子核内核子、净剩 π^+ 介子分配示意图

V_a 2	V_b 0	V_c 4	V_d -2	V_e 4	V_f -2
V_g 24	V_h -10	V_i 16	V_j 2	V_k -8	V_l -2
V_m 18	V_n 36	V_o -8	V_p 12	V_q -18	V_r -8
V_s 30	V_t -16	V_u 32	V_v -16	V_w 20	V_x -10

$$W_e = 2.049571000 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$W_b = 5.584920854 \times 10^{-30} \text{ Kg}$$

$$\sum_{100}^{256}\text{Fm}W_3 = 4.251799918 \times 10^{-25} \text{ Kg}$$

$^{256}_{100}\text{Fm}$ 原子核内核力平衡验证计算结果表 (图 11.8, 单位: 牛顿) 表 11.7

j \ Na	1	2	3	4	5	6	核电、磁场力 累计
58 F_{e0} F_{b0}	v. 423.420591 -950.3497664		x. 720.8090694 -593.968604				↑ 1414.655202
34 F_{e0} F_{b0}		q. 1271.796258 -1375.473194		t. 1528.592936 -1375.473194			1287.814736

16 F_{e0}	h. 481.1898312	k. 670.5780981	r. 1111.131136		1134.694994
F_{b0}	-655.3737738	-524.299019	-419.4392152		
F_{e0}		d.246.3420037	f. 94.52093682	l. 76.32070266	296.7239945
34/13 F_{b0}		-22.98213332	-14.26555772	-14.26555772	
ΔF_{0b}			-45.96426665	-22.98213332	

11.4.2 $^{256}_{100}\text{FmB}$ 型原子核内部结构和参数计算

当我们用 B 型原子核模型重新“组装” $^{256}_{100}\text{Fm}$ 原子核时，见图 11.9、图 11.10，核力平衡验证模拟计算结果详见表 11.8、表 11.9。

由图 11.9、图 11.10、表 11.8、表 11.9 的结果可以看出：具有这两种内部结构的原子核 $^{256}_{100}\text{Fm}$ ，累计核电场力只是略大于磁场力。如表 11.9 中的 v、t 栏，尽管安培力大于核电场力，由于对 p 栏中粒子螺线环没有镶嵌限制作用，说明它们虽然是不稳定的原子核，却是可以暂时存在的。

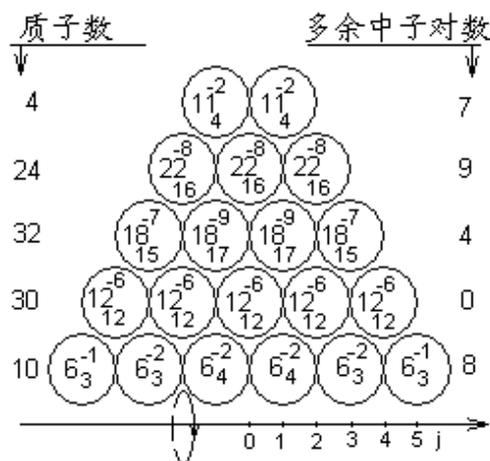


图 11.9 $^{256}_{100}\text{Fm}$ 原子核内核子、净剩 π^\pm 介子分配示意图

Va 8	Vb -4	Vc 6	Vd -4	Ve 12	Vf -6
Vg 6	Vh 24	Vi -2	Vj -12	Vk 24	Vl 34
Vm -12	Vn -18	Vo 30	Vp -14	Vq 16	Vr 32
Vs -8	Vt -16	Vu 8	Vv -4		

$$W_e = 2.110556341 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.446182535 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum_{100}^{256}\text{Fm}W_4 = 4.251800825 \times 10^{-25} \text{ Kg} \quad ^{256}_{100}\text{Fm} \text{ 原子核内核力平衡验证计算结果表(图 11.9, 单位:}$$

牛顿) 表 11.8

j		1	2	3	4	5	核电、磁场力累计	
Na	88 Fe _{eθ}	v. 63.14830698					↑	290.5680627
	F _{bθ}	-48.38782324						275.8075790
58 Fe _{eθ}	t. 954.9819745					271.1753709		
	F _{bθ}	-950.3497664						-109.0489691
34 Fe _{eθ}	n. 879.4710447	p. 1583.763385				268.3633945		
	F _{bθ}	-1547.407343		-1203.539045				
16 Fe _{eθ}	j. 1177.523760		m. 332.5403448					
	F _{bθ}	-943.7382342		-943.7382342				
Fe _{eθ}	b. 352.2356112		d. 238.3761117		i. 96.19284851			
34/13 F _{bθ}	-57.06223088		-57.06223088		-28.53111544			
ΔF _{θb}	-91.92853324		-30.64284441		-153.2142221			

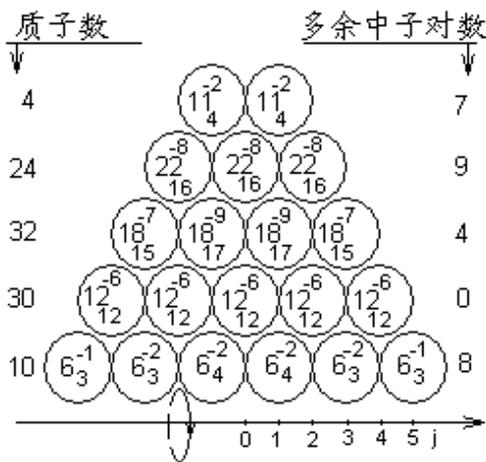


图 11.9 ²⁵⁶Fm 原子核内核子、净剩 π⁺

介子分配示意图

	8	4	10	6	18
Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf
8	-4	6	-4	12	-6
12	18	42	40	28	52
Vg	Vh	Vi	Vj	Vk	Vl
6	24	-2	-12	24	34
86	74	56	86	72	88
Vm	Vn	Vo	Vp	Vq	Vr
-12	-18	30	-14	16	32
120	112	96	104		
Vs	Vt	Vu	Vv		
-8	-16	8	-4		

$$W_e = 2.110556341 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.446182535 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum_{100}^{256} Fm W_4 = 4.251800825 \times 10^{-25} \text{ Kg}$$

从本章对 ²⁰⁸Pb、²³²Th、²⁵⁶Fm3 种原子核素的内部结构设计、模拟计算结果中可以看出：在原子核内核子、净剩 π⁺介子均匀分布的前提条件下，能“组装”出符合某一稳定原子核总能量的只有几个方案，其中仅个别能符合内部核力平衡条件，但这个别(不是唯一的)实例也说明存在同核异能素。

$^{256}_{100}\text{Fm}$ 原子核内核力平衡验证计算结果表 (图 11.9, 单位: 牛顿) 表 11.8

$N_a \backslash j$		1	2	3	4	5	核电、磁场力累计	
88	F_{e0}	v. 63.14830698					↑	290.5680627
	F_{b0}	-48.38782324						
58	F_{e0}		t. 954.9819745					275.8075790
	F_{b0}		-950.3497664					
34	F_{e0}	n. 879.4710447		p. 1583.763385				271.1753709
	F_{b0}	-1547.407343		-1203.539045				
16	F_{e0}		j. 1177.523760		m. 332.5403448		-	-109.0489691
	F_{b0}		-943.7382342		-943.7382342			
	F_{e0}	b. 352.2356112		d. 238.3761117		i. 96.19284851		
	$34/13 F_{b0}$	-57.06223088		-57.06223088		-28.53111544		
	ΔF_{0b}	-91.92853324		-30.64284441		-153.2142221		

从本章对 $^{208}_{82}\text{Pb}$ 、 $^{232}_{90}\text{Th}$ 、 $^{256}_{100}\text{Fm}$ 3 种原子核素的内部结构设计、模拟计算结果中可以看出: 在原子核内核子、净剩 π^\pm 介子均匀分布的前提条件下, 能“组装”出符合某一稳定原子核总能量的只有几个方案, 其中仅个别能符合内部核力平衡条件, 但这个别(不是唯一的)实例也说明存在同核异能素。

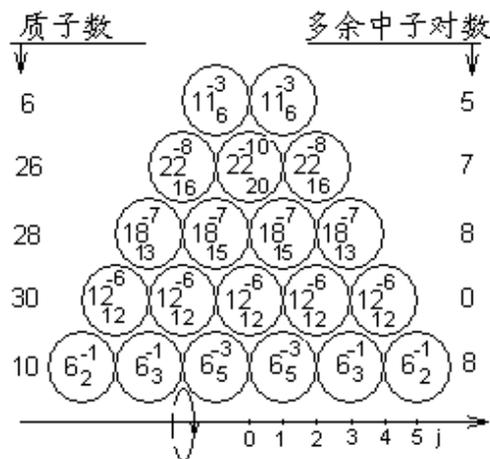


图 11.10 $^{256}_{100}\text{Fm}$ 原子核内核子、净剩 π^\pm

介子分配示意图

V_a	V_b	V_c	V_d	V_e	V_f
10	-6	6	-2	12	-6
V_g	V_h	V_i	V_j	V_k	V_l
14	18	42	40	28	52
4	24	-2	-12	24	30
V_m	V_n	V_o	V_p	V_q	V_r
82	70	56	82	68	88
-12	-14	26	-14	20	32
V_s	V_t	V_u	V_v		
120	110	94	106		
-10	-16	12	-6		

$$W_e = 2.096575583 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.437941511 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum_{100}^{256} F_m W_5 = 4.251801656 \times 10^{-25} \text{ Kg} \quad {}_{100}^{256} \text{Fm 原子核内核力平衡验证计算结果表 (图 11.10, 单位: 牛顿) 表 11.9}$$

位：牛顿) 表 11.9

j		1	2	3	4	5	核电、磁场力累计		
N _a									
88	F _{eθ}	v. 93.99510946						↑	11.8867131
	F _{bθ}	-108.8726023							26.76420594
58	F _{eθ}		t. 968.3527797						246.3486342
	F _{bθ}		-1187.937208						-22.13166916
34	F _{eθ}	n. 813.0135219	p. 1204.566227						243.7486412
	F _{bθ}	-936.0859236	-936.0859236						
16	F _{eθ}		j. 1177.523760	m. 444.0723980					
	F _{bθ}		-943.7382342	-943.7382342					
	F _{eθ}	b. 474.7645661	d. 360.3313781		i. -30.52020855				
34/13	F _{bθ}	-128.3900195	-42.79667316		-14.26555772				
	ΔF _{bθ}	-107.2499554	-153.2142221		-114.9106665				

第 12 章 $^{168}_{70}\text{Yb}$ 、 $^{124}_{54}\text{Xe}$ 、 $^{54}_{26}\text{Fe}$ 、 $^{40}_{20}\text{Ca}$ 、 $^{16}_8\text{O}$ 原子核及稳定同位素内部结构和参数计算

12.1 $^{168}_{70}\text{Yb}$ 原子核及稳定同位素内部结构和参数计算

12.1.1 $^{168}_{70}\text{Yb}$ 原子核及稳定同位素各参数实验、计算值

科学界至今已发现数千种核素，其中稳定核素仅数百种。本章将有目的地选取上述 5 种原子核及同位素，进行内部结构设计、分析和参数计算，以便全面验证本书理论模型。

$^{168}_{70}\text{Yb}$ 核素及稳定的同位素共有 7 种。以实验室测定的各同位素原子总能量值，扣除原子核外所有电子原始总能量 $70m_{e0}$ ，加上由(11.1)式估算的核外电子总电离能 $70 \times 51326\text{eV} = 6.404786 \times 10^{-30}\text{Kg}$ ，求得 $^{168}_{70}\text{Yb}$ 原子核及稳定同位素能量参数实验、计算结果见表 12.1。

$^{168}_{70}\text{Yb}$ 原子核及稳定同位素能量参数实验、计算结果表表 12.1

核素	实验测定原子总能量值 u	丰度 %	原子核总能量计算值 $\times 10^{-25}\text{Kg}$	净剩 π^+ 介子电磁场总能量 $\times 10^{-27}\text{Kg}$	磁矩 U_P 核磁子
$^{168}_{70}\text{Yb}$	167.933925	0.14	2.788036725	1.228920997	
$^{170}_{70}\text{Yb}$	169.934792	3.0	2.821261926	1.246979758	
$^{171}_{70}\text{Yb}$	170.936354	14.3	2.837893265	1.257883058	0.4919
$^{172}_{70}\text{Yb}$	171.936405	21.9	2.854499514	1.266277282	
$^{173}_{70}\text{Yb}$	172.938234	16.2	2.871135287	1.277623947	-0.678
$^{174}_{70}\text{Yb}$	173.938881	31.8	2.887751433	1.287007853	
$^{176}_{70}\text{Yb}$	175.942582	12.7	2.921023694	1.309772585	

其中， π^+ 介子电磁场暂不考虑 \bar{m}_{di} 、 \bar{m}_{gi} 与 \bar{m}_{d1} 、 \bar{m}_{g1} 之间能量差异（下同）。

从表 12.1 中看出：随着核内中子数增多，原子核中各粒子螺线环内净剩 π^+ 介子自旋运动方向的电、磁场能量逐渐增大，它将为我们在“组装”、调整、模拟计算原子核总能量时提供净剩 π^+ 介子分配状态的依据。

12.1.2 $^{172}_{70}\text{Yb}$ 原子核内部结构和参数计算

参照 11.1~2 节，原子核内各粒子螺线环“组装”、净剩高、低能 π^+ 介子分配、能量模拟计算和拟合调整过程。先以 A 型核来“组装” $^{172}_{70}\text{Yb}$ 原子核，见图 12.1。由表 9.2A 型核电势能参数，参照(11.4)式、11.2 节 5~13 计算程序，可求得净剩 π^+ 介子电、磁场能量和原子核总能量。由表 10.1、表 10.3、(10.17) 式计算数据，参照 (11.5)、(11.6)、(11.7) 式，核力平衡验证计算结果见表 12.2。

图 12.1 中 $^{172}_{70}\text{Yb}$ A 型原子核内部结构模型是经过多种方案模拟计算中优选出来的一种，各粒子螺线环内净剩 π^+ 介子的分配调整已趋于极限。由表 12.2 中可见，原子核内电、磁场力大小分布极不均匀，尤其是底层，根本无法镶嵌包住边沿粒子螺线环。也就是说：无法“组装”出稳定的 $^{172}_{70}\text{Yb}$ A 型原子核。

同理，当我们采用 B 型原子核模型时，见图 12.2：

由表 9.1、表 9.3、表 10.2 的计算数据，参照上述计算方法，得 B 型 $^{172}_{70}\text{Yb}$ 原子核内部结构参数及

核力平衡验证计算结果见表 12.3。

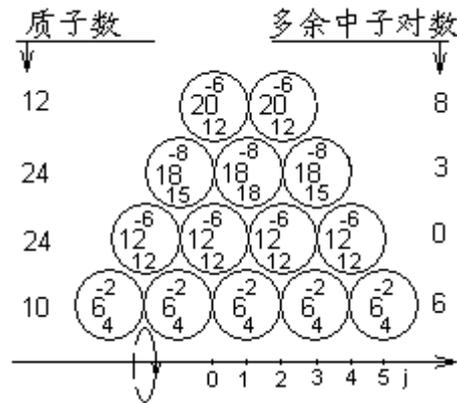


图 12.1 $^{172}_{70}\text{Yb}$ 原子核内核子、净剩 π^+ 介子分配示意图

Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf
$\begin{matrix} 4 \\ 4 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 4 \\ -2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 2 \\ 8 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 10 \\ -4 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 6 \\ 8 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 14 \\ -4 \end{matrix}$
Vg	Vh	Vi	Vj	Vk	Vl
$\begin{matrix} 10 \\ 24 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 34 \\ -12 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 22 \\ 24 \end{matrix}$		$\begin{matrix} 46 \\ -12 \end{matrix}$	
Vm	Vn	Vo	Vp	Vq	Vr
$\begin{matrix} 34 \\ 18 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 52 \\ 30 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 82 \\ -8 \end{matrix}$		$\begin{matrix} 74 \\ -16 \end{matrix}$	
Vs	Vt	Vu	Vv		
		$\begin{matrix} 58 \\ 24 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 82 \\ -12 \end{matrix}$		

$$W_e = 1.195446297 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.647200661 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum ^{172}_{70}\text{Yb}W_1 = 2.854494163 \times 10^{-25} \text{ Kg}$$

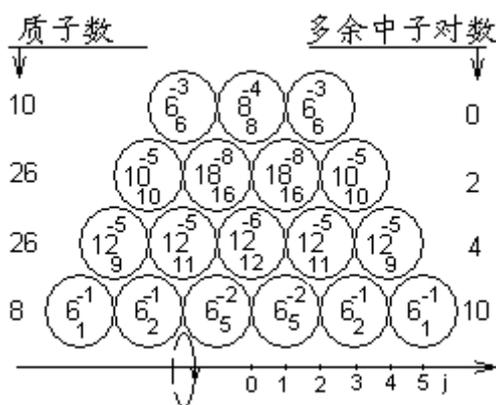


图 12.2 $^{172}_{70}\text{Yb}$ 原子核内核子、净剩 π^+ 介子分配示意图

介子分配示意图

Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf
10	-4	4	-2	12	-6
Vg	Vh	Vi	Vj	Vk	Vl
14	16	38	36	26	44
2	22	-2	-10	18	32
Vm	Vn	Vo	Vp	Vq	Vr
76	66	50	70	60	68
-10	-16	20	-10	8	12
Vs	Vt				
80	76				
-4	-6				

$$W_e = 1.184427299 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$W_b = 9.366575355 \times 10^{-30} \text{ Kg}$$

$$\sum_{70}^{172} Yb W_2 = 2.854501194 \times 10^{-25} \text{ Kg}$$

$^{172}_{70}Yb$ 原子核内核力平衡验证计算结果表(图 12.1)表 12.2

$N_a \backslash j$	1	2	3	4	5	6	核电、磁场力 累计
58 $F_{e\theta}$	v. 247.5951682						↑
$F_{b\theta}$	-534.5717436						
34 $F_{e\theta}$		q. 1243.455159					967.2598644
$F_{b\theta}$		-1222.642839					
16 $F_{e\theta}$	h. 543.096099		k. 1260.146427				946.4475444
$F_{b\theta}$	-943.7382342		-943.7382342				
$F_{e\theta}$		d. 712.7489433		f. 307.2004698			630.0393516
34/13 $F_{b\theta}$		-57.06223088		-57.06223088			
$\Delta F_{\theta b}$				-275.7855997			

$^{172}_{70}Yb$ 原子核内核力平衡验证计算结果表(图 12.2, 单位: 牛顿)表 12.3

$N_a \backslash j$	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计
58 $F_{e\theta}$		t. 257.3219278				↑
$F_{b\theta}$		-178.1905812				
34 $F_{e\theta}$	n. 734.3693282		p. 862.8853063			-150.368562
$F_{b\theta}$	-1222.642839		-764.1517744			
16 $F_{e\theta}$		j. 1033.35848		m. 32.34284588		-249.1020939
$F_{b\theta}$		-786.4485285		-655.3737738		
$F_{e\theta}$	b. 642.7725138		d. 237.204948		i. -162.8141647	127.0188825
34/13 $F_{b\theta}$	-57.06223088		-28.53111544		-14.26555744	
$\Delta F_{\theta b}$	-306.4284441		-160.8749332		-22.98213331	

12.1.3 $^{170}_{70}Yb$ 原子核内部结构和参数计算

同理, 对 $^{172}_{70}Yb$ 原子核的稳定同位素 $^{170}_{70}Yb$ 原子核, 我们可以在 $^{172}_{70}Yb$ 原子核、图 12.2 模型“组装”的基础上通过对质子、中子、 π^* 介子分配状态作适当调整获得内部结构图和相关参数。

详见图 12.3、 $^{170}_{70}Yb$ 原子核核力平衡验证计算结果见表 12.4。

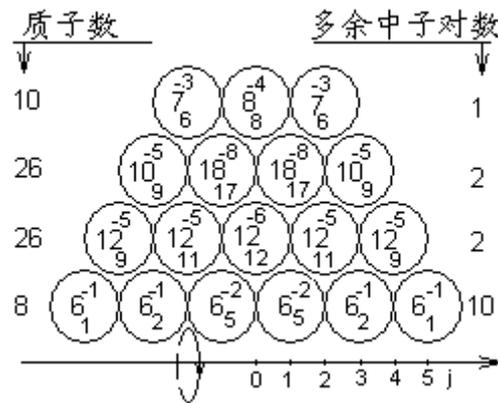


图 12.3 $^{170}_{70}\text{Yb}$ 原子核内核子、净剩 π^+ 介子分配示意图

V_a	10	6	10	8	20
	10	-4	4	-2	12
V_g	14	16	38	36	26
	2	22	-2	-10	18
V_m	78	68	52	70	60
	-10	-16	18	-10	8
V_s	80	76			
	-4	-6			

$$W_e = 1.190401554 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$W_b = 9.366575355 \times 10^{-30} \text{ Kg}$$

$$\sum_{70}^{170} \text{Yb} W_1 = 2.82126385 \times 10^{-25} \text{ Kg}$$

$^{170}_{70}\text{Yb}$ 原子核内核力平衡验证计算结果表 (图 12.3, 单位: 牛顿) 表 12.4

N_a \ j	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计	
58 $F_{e\theta}$	t. 257.3219278					↑ 	
$F_{b\theta}$	-178.1905812						-251.3859595
34 $F_{e\theta}$	n. 814.2375529	p. 729.2082511				 	
$F_{b\theta}$	-1222.642839	-764.1517744					-330.5173061
16 $F_{e\theta}$	j. 1033.35848		m. -14.12884298			 	
$F_{b\theta}$	-786.4485285		-655.3737738				-295.5737828
$F_{e\theta}$	b. 642.7725138	d. 237.204948		i. -162.8141647		 	
34/13 $F_{b\theta}$	-57.06223088	-28.53111544		-14.26555772			127.0188825
$\Delta F_{\theta b}$	-306.4284441	-160.8749332		-22.98213331			

12.1.4 $^{173}_{70}\text{Yb}$ 原子核内部结构和参数计算

$^{173}_{70}\text{Yb}$ 原子核内部质子、中子非同偶数, 原子核有 $U=-0.678U_p$ 的磁矩。因为落单的核子数为 m_n+2m_p , 根据 7.2 节原子核内磁矩形成原理, 我们令 m_n+2m_p “拆解”的全部 π^+ 介子按图 7.4 所示, 以 a、d、d 方案分别进入各层高、低能粒子螺线环轨道。由 (7.6-4) 式, 核磁矩合成方案为:

$$\sum U = 5U_{g1}^+ + U_{d1}^- + 2U_{d2}^- + U_{d3}^- + U_{d4}^+ \quad (12.1)$$

将表 9.1 中各层 π^\pm 介子的原始磁矩值代入 (12.1) 式, 并换算成核磁子得: $\sum U = -0.6756U_p$

由表 9.1 的各 π^\pm 介子质量 \bar{m}_{di} 、 \bar{m}_{gi} 数据, m_n+2m_p “拆解”的各 π^\pm 介子按 (12.1) 式的分配方案进入各高、低能粒子螺线环时, 其 m_n+2m_p 总质量、原始质量将增加: $\Delta m=1.213303744 \times 10^{-29} \text{Kg}$

所以, ${}^{173}_{70}\text{Yb}$ 原子核的总能量方程 $\sum {}^{173}_{70}\text{Yb}W_1$ 应表示为:

$$\sum {}^{173}_{70}\text{Yb}W_1 = 173 \times 5\bar{m}_{d1} + \Delta m + \sum N_i \bar{m}_{ni} + W_b + W_e \quad (12.2)$$

根据上述方案, 设计的 ${}^{173}_{70}\text{Yb}$ 原子核如图 12.4 所示。为计算方便, 我们将落单 π^\pm 介子“拆成”两半, 参加核电荷数计算。这并不意味着荷电粒子能“拆解”, 恰恰相反, ${}^{173}_{70}\text{Yb}$ 原子核表现出的电四极矩恰恰反证本书模型的正确性和荷电粒子不能“拆解”。 ${}^{173}_{70}\text{Yb}$ 原子核内核力平衡验证计算结果见表 12.5。

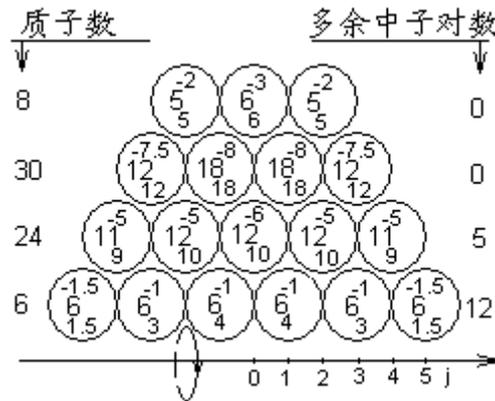


图 12.4 ${}^{173}_{70}\text{Yb}$ 原子核内核子、净剩 π^\pm 介子分配示意图

Va	8	6	12	10	20
Vb	-2	6	-2	10	-6
Vg	14	17	37	34	24
Vh	3	20	-3	-10	18
Vm	78	68	52	76	61
Vn	-10	-16	24	-15	6
Vp					6
Vq					6
Vr					10
Vs	77	74			
Vt	-3	-4			

$$W_e = 1.182004425 \times 10^{-27} \text{Kg}$$

$$W_b = 1.051690152 \times 10^{-29} \text{Kg}$$

$$\sum {}^{173}_{70}\text{Yb}W_1 = 2.871139719 \times 10^{-25} \text{Kg}$$

${}^{173}_{70}\text{Yb}$ 原子核内核力平衡验证计算结果表 (图 12.4, 单位: 牛顿) 表 12.5

N_a	j	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计
-------	---	---	---	---	---	---	----------

58 F _{eθ} F _{bθ}		t. 236.6909889 -89.0952906			↑	-389.2552892
34 F _{eθ} F _{bθ}	n. 867.6686567 -1222.642839		p. 891.0114236 -1146.227662			-536.8509875
16 F _{eθ} F _{bθ}		j. 920.3767317 -786.4485285	m. -110.2481458 -655.3737738			-281.6347491
F _{eθ} 34/13 F _{bθ} ΔF _{bθ}	b. 520.2435589 -14.26555772 -107.2499554	d. 473.2387324 -14.26555772 -210.6695553	i. -218.119028 -21.39833658 -57.45533327			350.0589672

12.1.5 ¹⁶⁸₇₀Yb 原子核内部结构和参数计算

同理，参照 12.1.2~12.1.3 节，¹⁶⁸₇₀Yb 原子核内部结构和核力平衡验证计算见图 12.5、表 12.6。

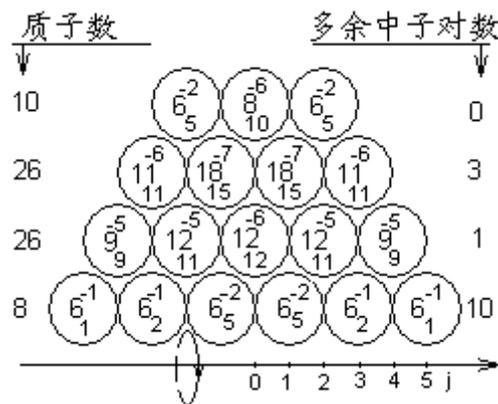


图 12.5 ¹⁶⁸₇₀Yb 原子核内核子、净剩 π⁺

介子分配示意图

V _a	10	6	10	8	20
V _b	10	-4	4	-2	12
V _c	14	16	38	36	26
V _d	2	22	-2	-10	18
V _e	74	64	50	72	60
V _f	-10	-14	22	-12	10
V _g	80	74			70
V _h	-6	-4			10
V _i					
V _j					
V _k					
V _l					
V _m					
V _n					
V _o					
V _p					
V _q					
V _r					
V _s					
V _t					

$$W_e = 1.18362812 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$W_b = 9.366575355 \times 10^{-30} \text{ Kg}$$

$$\sum_{70}^{168} Yb W_1 = 2.788033106 \times 10^{-25} \text{ Kg}$$

¹⁶⁸₇₀Yb 原子核内核力平衡验证计算结果表（图 12.5，单位：牛顿）表 12.6

	j	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计
N _a							
58 F _{eθ} F _{bθ}		t. 251.5671654 -178.1905812					↑ -37.68937437

34 F _{eθ} F _{bθ}	n. 705.4066273 -936.0859236	p. 893.9238096 -802.3593631			-111.0659586
16 F _{eθ} F _{bθ}		j. 1033.35848 -786.4485285	m. 78.81453473 -655.3737738		-202.6304051
F _{eθ} 34/13 F _{bθ} ΔF _{θb}	b. 642.7725138 -57.06223088 -306.4284441	d. 237.204948 -28.53111544 -160.8749332	i.-162.8141647 -14.26555772 -22.98213331		127.0188825

12.1.6 ¹⁷⁴₇₀Yb 原子核内部结构和参数计算

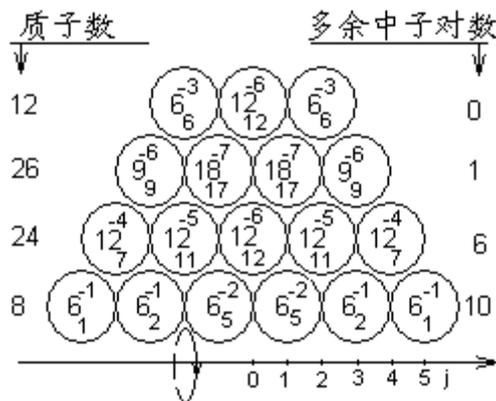


图 12.6 ¹⁷⁴₇₀Yb 原子核内核子、净剩 π⁺

介子分配示意图

	10	6	10	8	20
Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf
10	-4	4	-2	12	-6
	14	16	38	36	26
Vg	Vh	Vi	Vj	Vk	Vl
2	22	-2	-10	14	34
	74	66	52	70	58
Vm	Vn	Vo	Vp	Vq	Vr
-8	-14	18	-12	12	12
	82	76			
Vs	Vt				
-6	-6				

$$W_e = 1.182568429 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$W_b = 9.223978353 \times 10^{-30} \text{ Kg}$$

$$\sum^{174}_{70} Yb W_1 = 2.887749837 \times 10^{-25} \text{ Kg}$$

同理，参照 12.1.2~12.1.3、12.1.5 节，¹⁷⁴₇₀Yb 原子核内部结构和核力平衡验证计算见图 12.6、表

12.7。

¹⁷⁴₇₀Yb 原子核内核力平衡验证计算结果表（图 12.6，单位：牛顿）表 12.7

	j	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计
N _a							
58 F _{eθ} F _{bθ}		t. 269.2228690 -267.2858718					↑ -418.1139802

34 F _{eθ} F _{bθ}	n. 795.9492798 -936.0859236	p. 600.3548052 -802.3593631			-420.0509774
16 F _{eθ} F _{bθ}		j. 1033.35848 -786.448285	m. -67.67623443 -524.299019		-218.0464195
F _{eθ} 34/13 F _{bθ} ΔF _{θb}	b. 642.7725138 -57.06223088 -306.4284441	d. 237.204948 -28.53111544 -160.8749332	i. -162.8141647 -14.26555772 -22.98213331		127.0188825

12.1.7 ¹⁷⁶₇₀Yb 原子核内部结构和参数计算

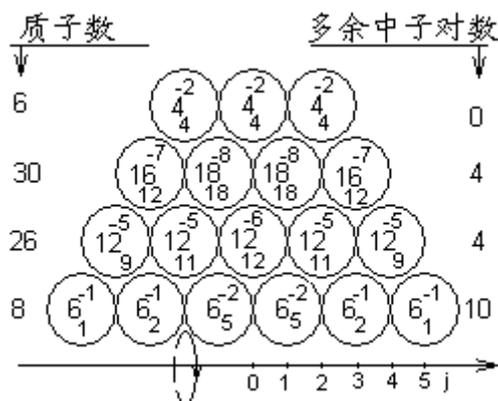


图 12.7 ¹⁷⁶₇₀Yb 原子核内核子、净剩 π⁺

介子分配示意图

Va	10 10	Vb	6 -4	Vc	10 4	Vd	8 -2	Ve	20 12	Vf	6 -6
Vg	14 2	Vh	16 22	Vi	38 -2	Vj	36 -10	Vk	26 18	Vl	44 36
Vm	80 -10	Vn	70 -16	Vo	54 24	Vp	78 -14	Vq	64 4	Vr	68 8
Vs	76 -2	Vt	74 -4								

$W_e = 1.214035693 \times 10^{-27} \text{ Kg}$

$W_b = 9.43993031 \times 10^{-30} \text{ Kg}$

$\sum_{70}^{176} Yb W_1 = 2.921026450 \times 10^{-25} \text{ Kg}$

同理，参照 12.1.5~12.1.6 节，¹⁷⁶₇₀Yb 原子核内部结构和核力平衡验证计算见图 12.7、表 12.8。

¹⁷⁶₇₀Yb 原子核内核力平衡验证计算结果表（图 12.7，单位：牛顿）表 12.8

	j	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计
58 F _{eθ} F _{bθ}			t. 165.2853417 -59.3968604				↑ -315.4699263
34 F _{eθ} F _{bθ}		n. 896.5909453 -1222.642839	p. 990.4995480 -1069.812484				↑ -421.3584076

16 F _{e0}		j. 1033.35848	m. -60.60053183			-342.0454716
F _{b0}		-786.4485285	-655.3737738			
F _{e0}	b. 642.7725138	d. 237.204948	i. -162.8141647			127.0188825
34/13 F _{b0}	-57.06223088	-28.53111544	-14.26555772			
ΔF _{0b}	-306.4284441	-160.8749332	-22.98213331			

12.2 ¹³⁰₅₄Xe 原子核及稳定同位素内部结构和参数计算

12.2.1 ¹³⁰₅₄Xe 原子核及稳定同位素的实验计算值

¹³⁰₅₄Xe 核素及稳定同位素共有 9 种，参照上节 ¹⁶⁸₇₀Yb 原子核及表 12.1 的参数计算方法，¹³⁰₅₄Xe 原子核及稳定同位素各参数实验值、计算结果见表 12.9。其中原子内层的 K_{a2} 层电子电离能 K_{a2}=29485ev，代入 (11.1) 式，得：ΣW_{me}=2.838337718×10⁻³⁰Kg。

¹³⁰₅₄Xe 原子核及稳定同位素各参数实验、计算结果表表 12.9

核素	实验测定原子总能量值 u	丰度 %	原子核总能量计算值 ×10 ⁻²⁵ Kg	净剩 π [±] 介子电磁场总能量 ×10 ⁻²⁸ Kg	磁矩 U _p
¹²⁴ ₅₄ Xe	123.90612	0.096	2.057047409	8.281386454	
¹²⁶ ₅₄ Xe	125.904279	0.09	2.090227643	8.417006639	
¹²⁸ ₅₄ Xe	127.9035323	1.92	2.123426047	8.570798115	
¹²⁹ ₅₄ Xe	128.904784	26.44	2.140052234	8.674678462	-0.7768
¹³⁰ ₅₄ Xe	129.9035108	4.08	2.156636494	8.736631829	
¹³¹ ₅₄ Xe	130.9050847	21.18	2.173268032	8.845862436	0.69066
¹³² ₅₄ Xe	131.9041568	26.89	2.189858025	8.913549648	
¹³⁴ ₅₄ Xe	133.905398	10.44	2.22308944	9.100351003	
¹³⁶ ₅₄ Xe	135.907222	8.9	2.256330532	9.296829987	

12.2.2 ¹³⁰₅₄Xe 原子核内部结构和参数计算

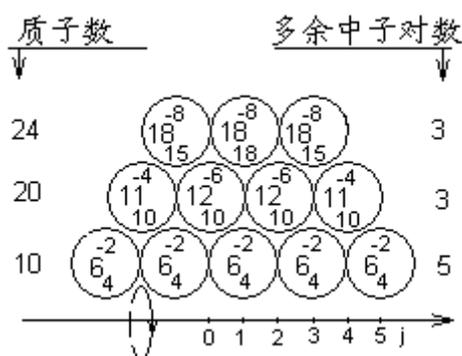


图 12.8 ¹³⁰₅₄Xe 原子核内核子、净剩 π[±] 介子分配示意图

Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf
4	-2	8	-4	8	-4
Vg	Vh	Vi	Vj	Vk	Vl
10	30	18		38	
20	-12	20		-8	
Vm	Vn	Vo	Vp	Vq	
30	48	78		70	
18	30	-8		-16	

$$W_e = 7.926277014 \times 10^{-28} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.614707866 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum_{54}^{130} Xe W_1 = 2.15663905 \times 10^{-25} \text{ Kg}$$

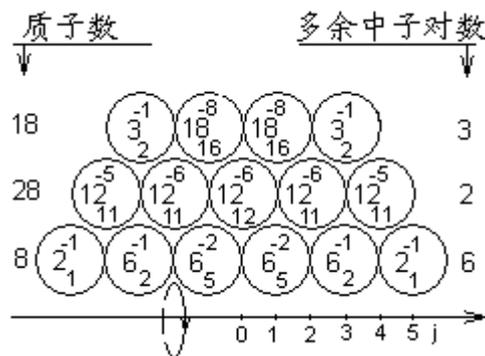


图 12.9 $^{130}_{54}Xe$ 原子核内核子、净剩 π^+

介子分配示意图

Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf
10	-4	4	-2	12	-6
Vg	Vh	Vi	Vj	Vk	Vl
14	16	38	36	24	46
2	22	-2	-12	22	32
Vm	Vn	Vo	Vp		
78	68	52	56		
-10	-16	4	-2		

$$W_e = 8.136574665 \times 10^{-28} \text{ Kg}$$

$$W_b = 9.346342627 \times 10^{-30} \text{ Kg}$$

$$\sum_{54}^{130} Xe W_2 = 2.15663237 \times 10^{-25} \text{ Kg}$$

参照 12.1 节 $^{172}_{70}Yb$ 原子核内部结构和参数计算方法、核力平衡验证计算过程，我们仍以图 7.1 A 型原子核的模型先“组装” $^{130}_{54}Xe$ 原子核，见图 12.8。 $^{130}_{54}Xe$ 核力平衡验证计算结果见表 12.10。

同表 12.2 结果一样，核内电、磁场力大小分布极不均匀，尤其是底层，无法镶嵌边沿的粒子螺线环层，这种 A 型原子核仍然是不稳定的。所以，我们应该采用 B 型原子核模型来“组装” $^{130}_{54}Xe$ 系列原子核素，见图 12.9、表 12.11。

$^{130}_{54}Xe$ 原子核内核力平衡验证计算结果表（图 12.8，单位：牛顿）表 12.10

$N_a \backslash j$	1	2	3	4	5	6	核电、磁场力 累计
34 F_{e0}		q. 1170.054522					↑
F_{b0}		-1222.642839					
16 F_{e0}	h. 361.9599434		k. 1008.949365				1009.82989
F_{b0}	-943.7382342		-629.1588228				4
F_{e0}		d. 712.7489433		f. 307.2004698			630.039351
34/13 F_{b0}		-57.06223088		-57.06223088			6
ΔF_{0b}				-275.7855997			

$^{130}_{54}\text{Xe}$ 原子核内核力平衡验证计算结果表 (图 12.9, 单位: 牛顿) 表 12.11

$N_a \backslash j$	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计
34 F_{e0}	n. 758.3212815		p. 162.9632036			↑
F_{b0}	-1222.642839		-152.8303549			
16 F_{e0}		j. 917.0025056		m. 359.6684459		-326.4969287
F_{b0}		-943.7382342		-786.448285		
F_{e0}	b. 642.7725138		d. 237.204948		i. -162.8141647	127.0188825
34/13 F_{b0}	-57.06223088		-28.53111544		-14.26555772	
ΔF_{0b}	-306.4284441		-160.8749332		-22.98213331	

12.2.3 $^{131}_{54}\text{Xe}$ 原子核内部结构和参数计算

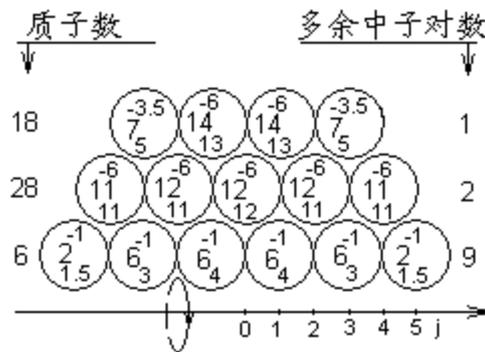


图 12.10 $^{131}_{54}\text{Xe}$ 原子核内核子、净剩 π^\pm

介子分配示意图

Va	8	6	12	10	22
Vb	-2	6	-2	12	-6
Vg	16	19	41	39	27
Vh	3	22	-2	-12	22
Vm	75	63	51	61	
Vn	-12	-12	10	-7	
Vo					
Vp					

$$W_e = 8.186479798 \times 10^{-28} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.086864991 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum_{54}^{131} \text{Xe} W_1 = 2.173277665 \times 10^{-25} \text{ Kg}$$

$^{131}_{54}\text{Xe}$ 原子核，实验测得磁矩值为 $0.69066U_p$ ，电四极矩为 $-0.12 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$ 。参照 7.2 节和 (12.1) 式的磁矩合成原理。由图 7.4 所示，仍取的 a、d、d 方案，其磁矩合成公式为：

$$\sum U = 5U_{g1}^+ + U_{d2}^+ + 3U_{d2}^- + U_{d3}^- \quad (12.3)$$

将表 9.1 中各层净剩 π^\pm 介子原始磁矩值代入 (12.3) 式，得： $\sum U = 0.67806U_p$ 。

同理，按这种落单的 m_n+2m_p “拆解”的 π^\pm 介子以 (12.3) 式的分配方案，由表 9.1 中的 \bar{m}_{di} 、 \bar{m}_{gi} 值得，落单的 m_n+2m_p 其总质量增量为： $\Delta m = 1.9707240905 \times 10^{-29} \text{ Kg}$ 。所以，参照 (12.2) 式、 $^{173}_{70}\text{Yb}$ 原子核磁矩、内部结构和参数计算，组装的 B 型 $^{131}_{54}\text{Xe}$ 原子核见图 12.10，核力平衡验证计算结果见表 12.12。

$^{131}_{54}\text{Xe}$ 原子核内核力平衡验证计算结果表 (图 12.10, 单位: 牛顿) 表 12.12

Na \ j	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计	
34 Feθ	n. 663.5682269	p. 294.3919560				↑ 	
Fbθ	-687.7365970	-401.1796816					-160.7918113
16 Feθ		j. 1028.200151	m. 308.1758925			 	
Fbθ		-943.7382342	-943.7382342				-54.00408574
Feθ	b. 520.2435589	d. 473.2387324		i. -78.21443493		 	
34/13 Fbθ	-14.26555772	-14.26555772		-14.26555772			497.0963392
ΔFθb	-107.2499554	-191.5177776		-76.60711103			

12.2.4 $^{124}_{54}\text{Xe}$ 原子核内部结构和参数计算

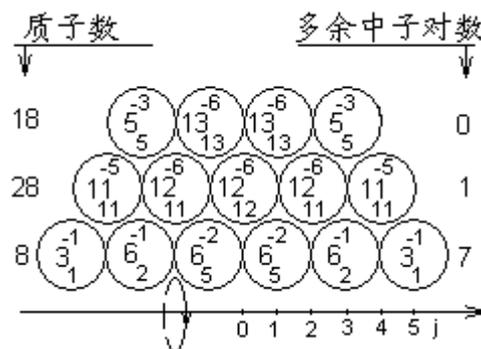


图 12.11 $^{124}_{54}\text{Xe}$ 原子核内核子、净剩 π^\pm 介子分配示意图

Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf
10	-4	4	-2	12	-6
Vg	Vh	Vi	Vj	Vk	Vl
14	16	38	36	24	46
2	22	-2	-12	22	26
Vm	Vn	Vo	Vp		
72	62	50	60		
-10	-12	10	-6		

$$W_e = 8.048187241 \times 10^{-28} \text{ Kg}$$

$$W_b = 9.346342627 \times 10^{-30} \text{ Kg}$$

$$\sum_{54}^{124} Xe W_1 = 2.057054499 \times 10^{-25} \text{ Kg}$$

$^{124}_{54}Xe$ 原子核内核力平衡验证计算结果表 (12.11, 单位: 牛顿) 表 12.13

$N_a \backslash j$	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计
34 Fe θ	n. 621.0364816		p. 347.3510529			↑ -183.5991077
Fb θ	-687.7365970		-343.8682985			
16 Fe θ	j. 917.0025056		m. 499.0835125			 -187.0818621
Fb θ	-943.7382342		-786.4485285			
Fe θ	b. 642.7725138		d. 237.204948		i. -162.8141647	 127.0188825
34/13 Fb θ	-57.06223088		-28.53111544		-14.26555772	
$\Delta F\theta b$	-306.4284441		-160.8749332		-22.98213331	

12.2.5 $^{136}_{54}Xe$ 原子核内部结构和参数计算

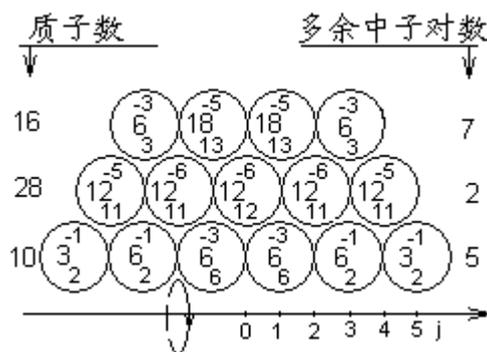


图 12.12 $^{136}_{54}Xe$ 原子核内核子、净剩 π^\pm

介子分配示意图

Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf
12	-6	4	-2	12	-6
Vg	Vh	Vi	Vj	Vk	Vl
14	18	40	38	26	48
4	22	-2	-12	22	26
Vm	Vn	Vo	Vp		
74	64	54	60		
-10	-10	6	-6		

$$W_e = 8.384428902 \times 10^{-28} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.384307482 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum_{54}^{136} Xe W_1 = 2.256337456 \times 10^{-25} \text{ Kg}$$

$^{136}_{54}Xe$ 原子核内核力平衡验证计算结果表 (12.12, 单位: 牛顿) 表 12.14

j \ N _a	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计	
34 Fe _{eθ}	n. 693.8586526	p. 74.75470508				↑ 	
F _{bθ}	-477.5948590	-286.5569154					45.44894326
16 Fe _{eθ}		j. 991.1342691	m. 570.0909716			 	
F _{bθ}		-943.7382342	-786.4485285				40.98735998
Fe _{eθ}	b. 792.5301253	d. 237.204948		i. -13.81634162		 	
34/13 F _{bθ}	-128.3900195	-42.79667316		-14.26555772			209.948882
ΔF _{θb}	-413.6783996	-137.8927999		-68.94639993			

比较得：外侧磁场力总体上略小于核电场力。当我们考虑第一层并排低能粒子螺线环轨道切点处及附近由于自旋方向电流元间隔很小，用积分法计算整体安培力会有所提高时，详见 (10.20)，表 10.4，可以认定，这种原子核仍然是稳定的，(下同)。

12.3 $^{56}_{26}Fe$ 、 $^{40}_{20}Ca$ 、 $^{16}_8O$ 原子核及稳定同位素

内部结构和参数计算

12.3.1 $^{56}_{26}Fe$ 原子核及稳定同位素内部结构和参数计算

$^{56}_{26}Fe$ 核素及稳定同位素共有 5 种，K_{a2}层电子电离能 K_{a2}=6390ev，代入 (11.1) 式，得：

$\sum W_{me}=2.961715803 \times 10^{-31} \text{ Kg}$ 。根据实测原子能量值、计算参数见表 12.15。

$^{56}_{26}Fe$ 原子核及稳定同位素各参数实验值、计算结果表表 12.15

核素	实验测定原子 总能量值 u	丰度 %	原子核总能量计算 值 $\times 10^{-26} \text{ Kg}$	净剩 π^\pm 介子电磁场总 能量 $\times 10^{-28} \text{ Kg}$	磁矩 UP 核磁子
$^{26}_{56}Fe$	53.9396120	5.8	8.954550586	3.250500278	0.0902
$^{26}_{57}Fe$	55.9349339	91.7	9.285881808	3.339009277	
$^{26}_{58}Fe$	56.9353907	2.19	9.452011682	3.429689989	
$^{26}_{58}Fe$	57.9332745	0.31	9.617714298	3.477645002	

我们首先以 A 型原子核模型来“组装” $^{56}_{26}Fe$ 原子核，见图 12.13， $^{56}_{26}Fe$ 核力平衡验证计算见表 12.16。从图 12.13 可见：在核磁矩 = 0 的前提下，核内净剩 π^\pm 介子、各层核子数均无进一步可调整的余地。这时，我们可以调整成对的高能或低能 π^\pm 介子在各层粒子螺线环中的分配数量。根据表 9.1 各层 \bar{m}_{di} 、 \bar{m}_{gi} 值的差异，参见表 13.3 的计算值，同样也能起到调整原子核总能量的作用。

$^{56}_{26}Fe$ 原子核内核力平衡验证计算结果表 (图 12.13, 单位: 牛顿) 表 12.16

	j	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计
Na	16 Fe _{eθ}	h. 484.0435425					↑
	F _{bθ}	-943.7382342					
	F _{eθ}	d.	1257.573065				
	34/13 F _{bθ}		-85.59334632				
	ΔF _{bθ}		-536.2497772				

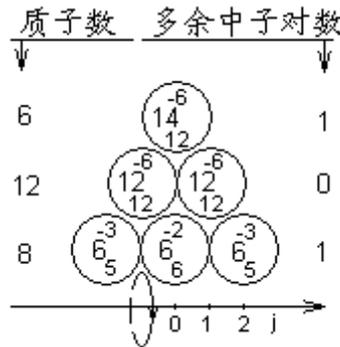


图 12.13 ⁵⁶Fe 原子核内核子、净剩 π[±] 介子分配示意图

<i>V</i> a	⁶ <i>V</i> b	⁴ <i>V</i> c	¹⁴ <i>V</i> d	<i>V</i> e	<i>V</i> f
6	-2	10	-6		
⁸ <i>V</i> g	³² <i>V</i> h	<i>V</i> i	<i>V</i> j	<i>V</i> k	<i>V</i> l
24	-12				
²⁰ <i>V</i> m	<i>V</i> n	³² <i>V</i> o			
12		-6			

$$W_e = 2.892590098 \times 10^{-28} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.700296422 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum_{26}^{56} Fe W_1 = 9.283813975 \times 10^{-26} \text{ Kg}$$

令 $\bar{m}_{d1}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{d2}^{\pm}$ 、 $\bar{m}_{g2}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{g1}^{\pm}$ ，则 $\Sigma \Delta m = 2.05555632 \times 10^{-29} \text{ Kg}$ 。调整后 ⁵⁶Fe 原子核总能量为

$\Sigma_{26}^{56} Fe W_2 = 9.285869531 \times 10^{-26} \text{ Kg}$ ，同实验值吻合。但是，由表 12.16 所示，第 1 层粒子螺线环中核电场力远大于磁场力，第 2 层磁场力虽大，但对第 1 层外侧粒子螺线环不起镶嵌稳定作用，所以，这种原子核也不存在。

当我们用 B 型原子核模型来“组装”⁵⁶Fe 原子核时，见图 12.14、表 12.17。尽管核电场力大于核磁场力，但总比图 12.13、表 12.16 所示的 A 型原子核稳定得多。

当然，我们也可以考虑增加第 3 层粒子螺线环，并将第 1 层粒子螺线环的质子数增至 10。有兴趣的读者可以自己动手“组装”，进行模拟计算练习。

令 $2\bar{m}_{d1}^{\pm} \rightarrow 2\bar{m}_{d2}^{\pm}$ ，则 π[±]介子能量增量 $\Delta m = 1.76190544 \times 10^{-29} \text{ Kg}$ ，求得 B 型原子核 ⁵⁶Fe 调整后的总能量 $\Sigma_{26}^{56} Fe W_4 = 9.285944876 \times 10^{-26} \text{ Kg}$ 。

若维持图 12.14、⁵⁶Fe 原子核内的净剩 π[±] 介子分配状态不变，则核内净剩 π[±]介子电、磁场总能量和表 12.17 所示的核力平衡状态不变。对 ⁵⁸Fe 原子核，先令一对中子进入第一层粒子螺线环，接着令：

$$\bar{m}_{g2}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{g1}^{\pm}, \text{ 则 } \sum_{26}^{58} FeW_1 = 9.617565612 \times 10^{-26} \text{Kg}。$$

同理，对 ⁵⁴Fe 原子核，只要将图 12.14 中的第 1 层粒子螺线环中边缘两个中子去掉，接着令 $\bar{m}_{d2}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{d1}^{\pm}$ ，则 $\sum_{26}^{54} FeW_1 = 8.95461779 \times 10^{-26} \text{Kg}$ 。上述这些参数与实验结果都很接近。

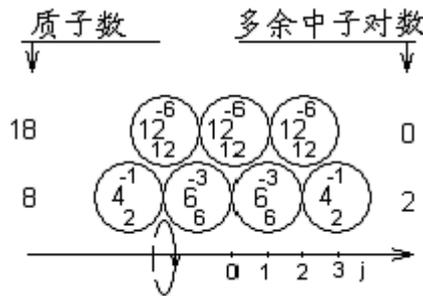


图 12.14 ⁵⁶Fe 原子核内核子、净剩

π[±]介子分配示意图

	12	6	10	8	20
Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf
	12	-6	4	-2	12
					-6
Vg	Vh	Vi	Vj		
	14		38		
	24		-12		

$$W_e = 3.039936250 \times 10^{-28} \text{Kg}$$

$$W_b = 1.291892102 \times 10^{-29} \text{Kg}$$

$$\sum_{26}^{56} FeW_3 = 9.28418297 \times 10^{-26} \text{Kg}$$

⁵⁶Fe 原子核内核力平衡验证计算结果表（图 12.14，单位：牛顿）表 12.17

Na \ j	j					核电、磁场力累计
	1	2	3	4	5	
16 Fe _{eθ}	j. 949.7761591					↑
F _{bθ}	-943.7382432					
Fe _{eθ}	b. 792.5301253	d. 237.204948				238.0307813
34/13 F _{bθ}	-128.3900195	-42.79667316				
ΔF _{θb}	-413.6783998	-206.8391998				

12.3.2 ⁴⁰Ca 原子核及稳定同位素内部结构和参数计算

⁴⁰Ca 原子核素及稳定同位素共有 5 种。K_{a2}层电子电离能 K_{a2}=3688ev，代入（11.1）式，得：
 $\sum W_{me} = 1.314892005 \times 10^{-31} \text{Kg}$ 。根据实测原子能量值、计算参数见表 12.18。

⁴⁰Ca 原子核及稳定同位素各参数实验值、计算结果表表 12.18

核素	实验测定原子总能量值 u	丰度 %	原子核总能量计算值 ×10 ⁻²⁶ Kg	净剩 π [±] 介子电磁场总能量 ×10 ⁻²⁸ Kg	磁矩 U _p
----	--------------	------	---------------------------------	--	-------------------

⁴⁰ ₂₀ Ca	39.9625921	96.94	6.634140339	2.521768481	-1.31721
⁴² ₂₀ Ca	41.9586281	0.65	6.965590141	2.622135397	
⁴³ ₂₀ Ca	42.9587774	0.14	7.131668953	2.707709949	
⁴⁴ ₂₀ Ca	43.9554875	2.08	7.297176671	2.736175201	
⁴⁶ ₂₀ Ca	45.953689	0.003	7.628986063	2.872501116	

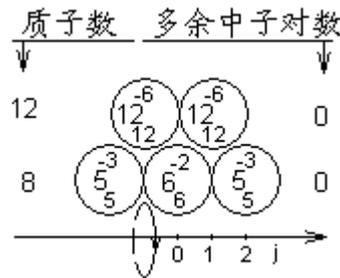


图 12.15 ⁴⁰₂₀Ca 原子核内核子、净

剩 π⁺介子分配示意图

V_a	V_b	V_c	V_d	V_e	V_f
6	6	4	14		
6	-2	10	-6		
	8	32			
	V_g	V_h			
	24	-12			

$$W_e = 2.216685332 \times 10^{-28} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.698237985 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum_{20}^{40} Ca W_1 = 6.632787745 \times 10^{-26} \text{ Kg}$$

我们先用 A 型原子核模型来“组装”⁴⁰Ca 原子核。因为质子、中子数相等，我们别无选择，只能以图 12.15 所示“组装”⁴⁰Ca 原子核，并令 $2\bar{m}_{g2}^{\pm} \rightarrow 2\bar{m}_{g1}^{\pm}$, $\bar{m}_{d2}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{d1}^{\pm}$ ，则： $\sum_{20}^{40} Ca W_2 = 6.634256 \times 10^{-26} \text{ Kg}$ 。

虽然与实验值吻合，但与图 12.13、表 12.16 的 A 型⁵⁶Fe 原子核比较，第 1、2 层粒子螺线环中核力参数完全相同，所以，该原子核仍是不稳定或是不存在的。

当我们用 B 型原子核模型“组装”⁴⁰Ca 原子核时，见图 12.16、表 12.19。

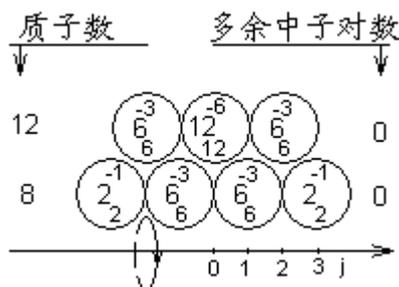


图 12.16 ⁴⁰₁₆Ca 原子核内核子、净剩

π⁺介子分配示意图

$$\begin{matrix}
 & \begin{matrix} 12 & 6 & 10 & 8 & 20 \\ Va & Vb & Vc & Vd & Ve & Vf \\ & 12 & -6 & 4 & -2 & 12 & -6 \end{matrix} \\
 & \begin{matrix} 14 & 26 \\ Vg & Vh & Vi & Vj \\ & 12 & & -6 \end{matrix}
 \end{matrix}$$

$$\begin{aligned}
 W_e &= 2.126232534 \times 10^{-28} \text{ Kg} \\
 W_b &= 1.263288342 \times 10^{-29} \text{ Kg} \\
 \sum_{20}^{40} Ca W_2 &= 6.631448268 \times 10^{-26} \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

⁴⁰Ca 原子核内核力平衡验证计算结果表 (图 12.16, 单位: 牛顿) 表 12.19

j		1	2	3	4	5	核电、磁场力 累计	
Na	16 Feθ	j. 387.8536809					↑	154.0153451
	F _{bθ}	-471.8691171						
	F _{eθ}	b. 792.5301253	d. 237.204948					238.0307813
	34/13 F _{bθ}	-128.3900195	-42.79667316					
	ΔF _{θb}	-413.6783996	-206.8391998					

令 $3\bar{m}_{d1}^{\pm} \rightarrow 3\bar{m}_{d2}^{\pm}$, 则: $\sum_{20}^{40} Ca W_3 = 6.634091126 \times 10^{-26} \text{ Kg}$

维持图 12.16、⁴⁰Ca 原子核内净剩 π[±]介子的分配方案不变, 适当调整新增中子和成对高、低能 π[±]介子对的分配层次, 我们可以模拟计算出 ⁴⁰Ca 同位素的内部结构和参数, 这时, 核自旋方向电、磁场能量、核力平衡状态均不变。

对 ⁴²Ca 原子核素, 令一对新增的中子进入第 2 层粒子螺线环, 则: $\sum_{20}^{42} Ca W_1 = 6.963362655 \times 10^{-26} \text{ Kg}$

令 $2\bar{m}_{g2}^{\pm} \rightarrow 2\bar{m}_{g1}^{\pm}$, 则: $\sum_{20}^{42} Ca W_2 = 6.965711862 \times 10^{-26} \text{ Kg}$

对 ⁴⁴Ca 原子核素, 令 2 对新增中子都进入第 2 层粒子螺线环, 则: $\sum_{20}^{44} Ca W_1 = 7.295277042 \times 10^{-26} \text{ Kg}$

令 $\bar{m}_{d1}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{d2}^{\pm}$, $\bar{m}_{g2}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{g1}^{\pm}$, 则 $\sum_{20}^{44} Ca W_2 = 7.297332599 \times 10^{-26} \text{ Kg}$

对 ⁴⁶Ca 原子核素, 令 3 对新增中子全部进入第 2 层粒子螺线环, 则: $\sum_{20}^{46} Ca W_1 = 7.62719143 \times 10^{-26} \text{ Kg}$

接着令 $2\bar{m}_{d1}^{\pm} \rightarrow 2\bar{m}_{d2}^{\pm}$, 则: $\sum_{20}^{46} Ca W_2 = 7.628953335 \times 10^{-26} \text{ Kg}$

对 ⁴³Ca 原子核, 磁矩合成采用图 7.4 中的或 a、c、d 或 b、d、d 方案, 由 (7.6-1) 式, 得:

$$\sum U = U_{g1}^+ + U_{g1}^- + 3U_{g2}^+ + 2U_{d2}^+ + 3U_{d1}^- \quad (12.4)$$

将表 9.1 中的原始磁矩值代入 (12.4) 式, 得: $\sum U = -1.26551 U_p$, 同理, 质量增量为:

$$\Delta m = -8.80952673 \times 10^{-30} \text{ Kg}$$

“组装”的 ⁴³Ca 原子核见图 12.17、核力平衡验证计算结果见表 12.20。

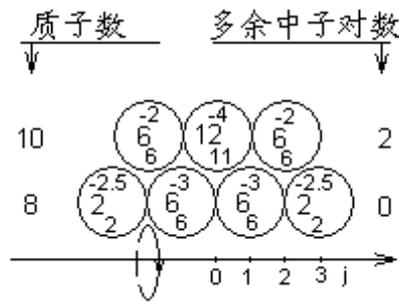


图 12.17 $^{43}_{16}\text{Ca}$ 原子核内核子、净剩

π^* 介子分配示意图

Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf
12	-6	4	-5	11	-4
Vg	Vh	Vi	Vj		
12	12		-4		

$$W_e = 2.023653299 \times 10^{-28} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.263917481 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum_{20}^{43}\text{Ca}W_1 = 7.12814786 \times 10^{-26} \text{ Kg}$$

$^{43}_{20}\text{Ca}$ 原子核内核力平衡验证计算结果表 (图 12.17, 单位: 牛顿) 表 12.20

N_a \ j	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计
16 $F_{e\theta}$	j. 433.3100386					↑
$F_{b\theta}$	-209.7196076					
$F_{e\theta}$	b. 792.5301253		d. 67.33868407			3.969507647
34/13 $F_{b\theta}$	-128.3900195		-106.9916829			
$\Delta F_{\theta b}$	-517.0979995		-103.4195999			

令 $3\bar{m}_{g2}^{\pm} \rightarrow 3\bar{m}_{g1}^{\pm}$, 则: $\sum_{20}^{43}\text{Ca}W_2 = 7.131671671 \times 10^{-26} \text{ Kg}$

12.3.3 $^{16}_8\text{O}$ 原子核及稳定同位素内部结构和参数计算

$^{16}_8\text{O}$ 原子核素及稳定同位素只有 3 种。K_{a2} 层电子电离能 K_{a2}=523ev, 代入 (11.1) 式, 得:

$\sum W_{me} = 0.004184 \text{ Mev} = 7.45866 \times 10^{-33} \text{ Kg}$ 。根据实测原子能量值、计算能量参数见表 12.21。

$^{16}_8\text{O}$ 原子核及稳定同位素各能量参数实验值、计算结果表表 12.21

核素	实验测定原子总能量值 u	丰度 %	原子核总能量计算值 $\times 10^{-26} \text{ Kg}$	净剩 π^* 介子电磁场总能量 $\times 10^{-28} \text{ Kg}$	磁矩 U_p 核磁子
$^{16}_8\text{O}$	15.99491502	99.76	2.655291933	1.172287172	
$^{17}_8\text{O}$	16.9991333	0.039	2.822046416	1.325428772	-1.89371
$^{18}_8\text{O}$	17.99915996	0.205	2.988104863	1.408966837	

我们先以 A 型原子核模型“组装” $^{16}_8\text{O}$ 原子核, 见图 12.18、表 12.22。

$^{16}_8\text{O}$ 原子核内核力平衡验证计算结果表 (图 12.18, 单位: 牛顿) 表 12.22

j	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计	
N _a							
F _{eθ}		d. 1257.573065				↑	635.7299417
34/13 F _{bθ}		-85.59334632					
ΔF _{θb}		-536.24977762					

由上述计算结果比较可以看出： $^{16}_8\text{O}$ 原子核内净剩 π^+ 介子只能如此分配，而且核电、磁场总能量、核总能量均是最大值，却仍小于实验值，核力也同样无法平衡。所以，A 型 $^{16}_8\text{O}$ 核模型同样不能存在。同理，“组装的”B 型 $^{16}_8\text{O}$ 原子核见图 12.19，核力平衡验证计算见表 12.23。

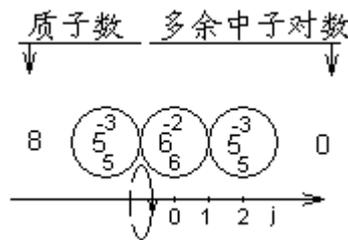


图 12.18 $^{16}_8\text{O}$ 原子核内核子、净剩

π^+ 介子分配示意图

$$\begin{matrix} Va & Vb & Vc & Vd \\ 6 & -2 & 10 & -6 \end{matrix}$$

$$W_e = 9.560477373 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.689408034 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum ^{16}_8\text{O} W_1 = 2.654818947 \times 10^{-26} \text{ Kg}$$

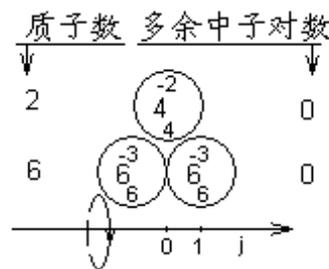


图 12.19 $^{16}_8\text{O}$ 原子核内核子、净剩

π^+ 介子分配示意图

$$\begin{matrix} Va & Vb & Vc & Vd & Ve & Vf \\ 12 & -6 & & & 6 & 10 \\ & & & & 4 & -2 \end{matrix}$$

$$W_e = 9.10194656 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.379237908 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum {}_8^{16}\text{OW}_1 = 2.654050246 \times 10^{-26} \text{ Kg}$$

令 $\bar{m}_{g2}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{g1}^{\pm}$ ，则： $\sum {}_8^{16}\text{OW}_2 = 2.65522486 \times 10^{-26} \text{ Kg}$

${}_8^{16}\text{O}$ 原子核内核力平衡验证计算结果表 (图 12.19, 单位: 牛顿) 表 12.23

Na \ j						核电、磁场力累计
	1	2	3	4	5	
$F_{e\theta}$		b. 792.5301253				↑ 43.62250648
$34/13 F_{b\theta}$		-128.3900195				
$\Delta F_{\theta b}$		-620.5175993				

对 ${}_{18}^{\text{O}}$ 原子核, 令一对中子进入第 2 层粒子螺线环层, 则： $\sum {}_8^{18}\text{OW}_1 = 2.985964633 \times 10^{-26} \text{ Kg}$

令 $\bar{m}_{g2}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{g1}^{\pm}$, $\bar{m}_{d1}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{d2}^{\pm}$, 则： $\sum {}_8^{18}\text{OW}_2 = 2.98802019 \times 10^{-26} \text{ Kg}$

对 ${}_{17}^{\text{O}}$ 原子核, 磁矩合成取图 7.4 中 a、d、d 方案, 由 (7.6-4) 式和表 9.1 数据:

$$\sum U = 5U_{g1}^+ + 2U_{d1}^- + U_{d2}^+ + 2U_{d2}^- = -1.93864U_p \quad (12.5)$$

$$\Delta m = 1.321429084 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

其内部结构和计算结果见图 12.20 和表 12.24。

令 $\bar{m}_{g1}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{g2}^{\pm}$, $\bar{m}_{d1}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{d2}^{\pm}$, 则： $\sum {}_8^{17}\text{OW}_2 = 2.82206546 \times 10^{-26} \text{ Kg}$

通过第 11、12 章对几种原子核及同位素的内部模型设计、核力平衡验证模拟计算结果比较, 可以看出: 核子数 $A_i \geq 12$ 的所有原子核, 都是 B 型原子核, 内部核力才能平衡。由于各层粒子螺线环中高、低能 π^{\pm} 介子对、中子对的原始波动能量略有差异, 在相邻粒子螺线环中激发、跃迁不影响核电荷的分布, 却能反映整个原子核的能量差异, 这是在没有 γ 射线、x 射线形成条件下, 原子核内能发生微小变化的同核异能素。

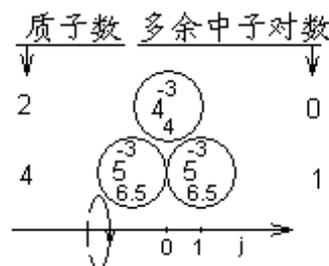


图 12.20 ${}_{17}^{\text{O}}$ 原子核内核子、净剩 π^{\pm} 介子分配示意图

$$\begin{matrix}
 Va & Vb & Vc & Vd & Ve & Vf \\
 13 & -6 & & & 4 & -3
 \end{matrix}$$

$$W_e = 1.061847095 \times 10^{-28} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.62708268 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum {}_8^{17}\text{O}W_1 = 2.822359111 \times 10^{-26} \text{ Kg}$$

${}_{8}^{17}\text{O}$ 原子核内核力平衡验证计算结果表 (图 12.20, 单位: 牛顿) 表 12.24

j \ N _a	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计
F _{eθ}		b. 986.8248433				↑
34/13 F _{bθ}		-128.3900195				
ΔF _{θb}		-766.0711103				

12.4 轻原子核内部结构和参数补充计算

12.4.1 轻原子核内 N_{adi} 、 N_{agi} 、 \bar{M}_{di} 、 \bar{M}_{gi} 参数补充计算

前面第 7 章 7.1 节图 7.1、图 7.2 中显示, 第一层高、低能粒子螺线环组合模型与第 2~5 层不同。但这种方案却适用于质量中等~重的原子核。对轻原子核, 从上一节的模拟计算结果可看出: 普遍存在总能量偏小, 核内电场排斥力偏大现象, 所以, 对轻原子核, 第一层我们可以考虑采用与第 2~5 层高、低能粒子螺线环内套组合模型的相同方案。

参照第 8 章 ${}_{6}^{12}\text{C}$ 原子核内 $\bar{M}_{\pi d1}$ 介子的基准常数计算方法。先令 $N_{ad1} = 34/13$, 代入(4.9)式求得 β_{ad1} 值。参照第 9 章 N_{adi} 、 N_{agi} 、 \bar{M}_{di} 、 \bar{M}_{gi} 参数模拟算法, 令 $N_{agi} = 4、5、6$ 的某一个自然数。分别代入(9.7)、(9.9)式和(9.6)方程组, 求得 $N_{agi} = 5$ 。最后由第 8 章 8.4 节最后的 1~12 模拟计算程序, 模拟计算求得: $\bar{M}_{\pi d1} = 3.572742815 \times 10^{-28} \text{ Kg}$ 。

我们从前面原子核内各粒子螺线环中的过剩高、低能 π^{\pm} 介子, 沿自旋运动方向的总电磁场能量的累计计算中已经知道, 这些总电磁场能量都是正值。约占原子核总能量的 0.003~0.004, 见表 12.25。

${}_{26}^{56}\text{Fe}$ 、 ${}_{20}^{40}\text{Ca}$ 、 ${}_{8}^{16}\text{O}$ 三种原子核原来能量模拟计算结果比值表表 12.25

原子核素	${}_{26}^{56}\text{Fe}$	${}_{20}^{40}\text{Ca}$	${}_{8}^{16}\text{O}$
项目			
实验值 ($\times 10^{-26} \text{ Kg}$)	9.285881808	6.634140339	2.655291933
B 型原子核的模拟计算值	9.28418297	6.631448286	2.654050246
实验值与模拟计算值的比值	1.000182982	1.000405952	1.000467846
电磁场总能量与核总能量的比值	0.0034135	0.0033968	0.0039491

当我们取 $N_{ag1} = 5$, $N_{ad1} = 34/13$, 与图 7.1、图 7.2 所示第 2~5 层的粒子螺线环相同的套环结构

时，模拟计算结果 $\bar{M}_{\pi d1}$ 值竟超出 8%！远大于总电磁场能量，显然明显偏大。所以，进一步模拟计算比较，见表 12.26，合适的取值是： $N_{adi} = N_{agi} = 17/6$ 。它即可以适当增大轻原子核的质量，又可能适当降低核电场力，使内部核力趋于平衡。

第一层粒子螺线环不同的波动量子数

导致基准常数 $\bar{M}_{\pi d1}$ 变化模拟计算结果表表 12.26

N_{adi}	34/13	21/8	17/6	34/13	34/13
N_{agi}	34/13	21/8	17/6	17/6	5
$\bar{M}_{\pi d1} \times 10^{-28} \text{Kg}$	3.304461327	3.304486416	3.304966183	3.351764984	3.572742815
与原基准常数的比值	1	1.000007592	1.00015278	1.014315089	1.081187662

同理，参照第 9 章表 9.1 原子核内部相关参数的计算方法，经补充计算，求得轻原子核内 N_{adi} 、 N_{agi} 、 \bar{M}_{di} 、 \bar{M}_{gi} 参数结果见表 12.27。

轻原子核内 N_{adi} 、 N_{agi} 、 \bar{M}_{di} 、 \bar{M}_{gi} 参数补充计算结果表表 12.27

粒子螺线环层号		1	2	3
波动量子数	N_{adi}	17/6	16	34
	N_{agi}	17/6	50	114
$R_{adi(0)} / R_{agi(0)}$		2	0.9882663482	0.9984184964
$\bar{M}_{di} \times 10^{-28} \text{Kg}$		3.304966183	3.349020548	3.325851224
$\bar{M}_{gi} \times 10^{-28} \text{Kg}$		6.609932366	6.551193213	6.582085645
K_{mii}		2	1.956151991	1.979067974
$U_{\pi di}^- \times 10^{-26} \text{J/T}$		3.177738798	2.605275456	2.578319713
$U_{\pi gi}^+ \times 10^{-26} \text{J/T}$		1.588869399	1.302637728	1.289159857
中子对过剩能量 $\times 10^{-30} \text{Kg}$		0.0	14.6847884	6.9616804
π^\pm 介子对跃迁能量差				
$\Delta \bar{M}_{di}^\pm \times 10^{-30} \text{Kg}$		8.810873	4.6338648	
$\Delta \bar{M}_{gi}^\pm \times 10^{-30} \text{Kg}$		11.7478306	6.1784864	

同理：由 (9.12) 式，求得轻原子核各层粒子螺线环的核子数密度分别为：6、12、18、24。

12.4.2. 轻原子核内部核电场能量参数补充计算

同理，参照 9.2 节和第 10 章原子核内电场能量参数和电磁场力的分析计算方法，补充计算求得轻原子核内电场能量、电磁场力的参数结果见表 12.28~表 12.31。

A 型轻原子核内各高、低能粒子螺线环

中净剩 π^\pm 介子电势能参数补充计算表（单位：伏特 V）表 12.28

$\bar{M}_{di} \times 10^{-28} \text{Kg}$					
	N_{adi}	N_{agi}			
	0	1	2	3	4

34	3.325851224	m. 234974.3191	n. 222418.0372	
114	6.582085645	k. 252585.8481	l. 236896.8441	
16	3.349020548		h. 338009.4186	j. 279845.3358
50	6.551193213		g. 367054.7807	i. 293535.6784
17/6	3.304966183	b. 923649.0682	d. 604437.8209	f. 375758.6618
17/6	6.609932366	a. 1847298.136	c. 751517.3235	e. 406970.8136

B 型轻原子核内各高、低能粒子螺线环

中净剩 π^{\pm} 介子电势能参数补充计算结果表 (单位: 伏特 V) 表.12.29

$\overline{M}_{dji} \times 10^{-28} \text{ Kg}$						
		0	1	2	3	4
34	3.325851224		j. 231636.5691			
114	6.582085645		i. 248373.0973			
16	3.349020548	f. 348163.0047		h. 312191.3818		
50	6.551193213	e. 380714.9489		g. 333494.552		
17/6	3.304966183		b. 793951.3881		c. 467932.561	
17/6	6.609932366		a. 1208875.642		d. 530611.8724	

A 型轻原子核内各高、低能粒子螺线环

中净剩 π^{\pm} 介子电场力参数补充计算表 (单位: 牛顿 N) 表 12.30

$\overline{M}_{dji} \times 10^{-28} \text{ Kg}$						
		0	1	2	3	4
34	3.325851224	m		n. 1.749847022		
114	6.582085645	k		l. 2.156969519		
16	3.349020548		h. 2.958737819		j. 5.022909216	
50	6.551193213		g. 3.940643992		i. 6.044190487	
17/6	3.304966183	b		d. 24.75830452		f. 11.41675181
17/6	6.609932366	a		c. 45.66700726		e. 14.39055243

B 型轻原子核内各高、低能粒子螺线环

中净剩 π^{\pm} 介子电场力参数补充计算结果表 (单位: 牛顿 N) 表.12.31

$\overline{M}_{dji} \times 10^{-28} \text{ Kg}$						
		0	1	2	3	4
34	3.325851224		j. 0.988472504			
114	6.582085645		i. 1.242963523			
16	3.349020548	f		h. 4.655661251		
50	6.551193213	e		g. 5.910106907		
17/6	3.304966183		b. 30.20475342		c. 16.72091553	
17/6	6.609932366		a. 45.66700726		d. 23.95612641	

12.4.3. 轻原子核内部粒子螺线环磁场力参数补充计算

同理, 参照 9.2 节和第 10 章 10.2 节原子核内粒子螺线环磁场力的分析计算方法, 补充计算求得轻原子核内磁场力的参数结果见表 12.30。

轻原子核内低能粒子螺线环

电流磁场力参数补充计算结果表表 12.32

N_{adi} 参数 (公式)	17/6	16	34
$M_{di} \times 10^{-28} Kg$	3.304966183	3.349020548	3.325851224
β_i (4.9)	0.9989628612	0.998751741	0.9987299178
α_1° (10.5-5)	126.4476824	104.4775122	99.8749614
$K_{ri} \times 10^{-5}$ (2.10)	13.7902	6.36539	4.40105
$F_{kbi}(N)$ (10.11)	17.51945005	26.22296182	19.10963214
$K_{\beta i}(N)$ (10.17)	6.796082125	0.5200280083	0.1655611159

12.5 $^{56}_{26}Fe$ 、 $^{40}_{20}Ca$ 、 $^{16}_8O$ 原子核及稳定同位素

内部结构和参数补充计算

12.5.1 $^{56}_{26}Fe$ 原子核及稳定同位素内部结构和参数补充计算

由前面表 12.15 的结果，我们首先以 A 型原子核模型来补充“组装” $^{56}_{26}Fe$ 原子核，见图 12.21， $^{56}_{26}Fe$ 核力平衡验证计算见表 12.33。

$^{56}_{26}Fe$ 原子核内核力平衡验证补充计算结果表 (图 12.21，单位：牛顿) 表 12.33

N_a \ j	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计 (原核力参数)
16 F_{e0}	h. 484.1914583					
F_{b0}	-944.0266255					
F_{e0}		d. 1237.991278				↑ 657.148829 (635.7299415)
17/6 F_{b0}		-105.1167003				
ΔF_{0b}		-475.7257488				

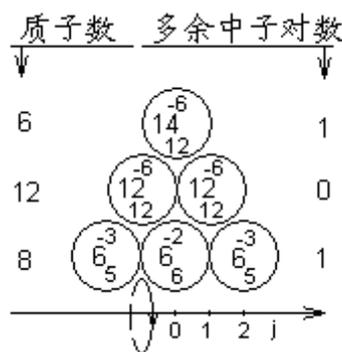


图 12.21 $^{56}_{24}Fe$ 原子核内核子、净剩 π^+

介子分配补充示意图

$$\begin{array}{cccccc}
 Va & Vb & Vc & Vd & Ve & Vf \\
 \frac{6}{6} & \frac{6}{-2} & \frac{4}{10} & \frac{14}{-6} & & \\
 \\
 Vg & Vh & Vi & Vj & Vk & Vl \\
 \frac{8}{24} & \frac{32}{-12} & & & \frac{20}{12} & \\
 \\
 Vm & Vn & & & & \\
 \frac{32}{-6} & & & & &
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 W_e &= 2.859518388 \times 10^{-28} \text{ Kg} \\
 W_b &= 1.560541023 \times 10^{-29} \text{ Kg} \\
 \sum_{26}^{56} Fe W_1 &= 9.284757205 \times 10^{-26} \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

令 $\bar{m}_{g2}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{g1}^{\pm}$ ，则 $\Sigma \Delta m = 11.7478306 \times 10^{-30} \text{ Kg}$ 。调整后 ${}_{26}^{56} \text{Fe}$ 原子核总能量为 $\Sigma_{26}^{56} \text{Fe} W_2 = 9.285931988 \times 10^{-26} \text{ Kg}$ ，同实验值的比值为 1.0000054，也很吻合。但是，由表 12.33 所示，核电磁场力累计值比原来的还略大。

当我们用 B 型原子核模型来补充“组装” ${}_{26}^{56} \text{Fe}$ 原子核时，见图 12.22、表 12.34。

令 $\bar{m}_{d1}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{d2}^{\pm}$ ，则 π^{\pm} 介子能量增量 $\Delta m = 8.810873 \times 10^{-30} \text{ Kg}$ ，求得 B 型原子核 ${}_{26}^{56} \text{Fe}$ 调整后的总能量 $\Sigma_{26}^{56} \text{Fe} W_4 = 9.2861754 \times 10^{-26} \text{ Kg}$ 。

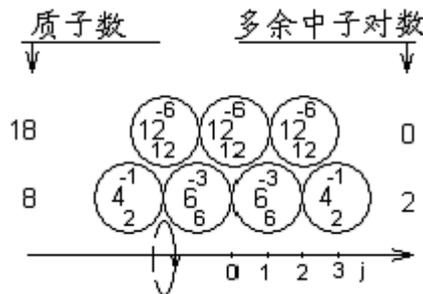


图 12.22 ${}_{26}^{56} \text{Fe}$ 原子核内核子、净剩

π^{\pm} 介子补充分配示意图

$$\begin{array}{cccccc}
 Va & Vb & Vc & Vd & Ve & Vf \\
 \frac{12}{12} & \frac{6}{-6} & \frac{10}{4} & \frac{8}{-2} & \frac{20}{12} & \frac{20}{-6} \\
 \\
 Vg & Vh & & & & \\
 \frac{14}{24} & \frac{38}{-12} & & & &
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 W_e &= 3.019635581 \times 10^{-28} \text{ Kg} \\
 W_b &= 1.192644484 \times 10^{-29} \text{ Kg} \\
 \sum_{26}^{56} Fe W_3 &= 9.285294313 \times 10^{-26} \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

${}_{26}^{56} \text{Fe}$ 原子核内核力平衡验证补充计算结果表（图 12.22，单位：牛顿）表 12.34

Na \ j		1	2	3	4	5	核电、磁场力累计 (原核力参数)	
16	F _{eθ}		h. 950.0663948					↑
	F _{bθ}		-944.0266255			306.6174184 (244.0687062)		
	F _{eθ}	b. 828.483919		d. 232.8097828				300.5776491 (238.0307813)
17/6	F _{bθ}	-157.6750505		-52.55835015				
	ΔF _{eb}	-366.9884348		-183.4942174				

当然，我们也可以考虑增加第 3 层粒子螺旋环，并将第 1 层粒子螺旋环的质子数增至 10。有兴趣的读者可以自己动手“组装”，进行模拟计算练习。

若维持图 12.22、⁵⁶Fe 原子核内的净剩 π[±] 介子分配状态不变，则核内净剩 π[±] 介子电、磁场总能量和表 12.34 所示的核力平衡状态不变。对 ⁵⁸Fe 原子核，先令一对中子进入第一层粒子螺旋环，接着令：

$$\bar{m}_{g2}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{g1}^{\pm}, \text{ 则 } \sum_{26}^{58} \text{Fe} W_1 = 9.617846802 \times 10^{-26} \text{Kg}.$$

同理，对 ⁵⁴Fe 原子核，只要将图 12.22 中的第 1 层粒子螺旋环中边缘两个中子去掉，则 $\sum_{26}^{54} \text{Fe} W_1 = 8.954797695 \times 10^{-26} \text{Kg}$ 。上述这些参数与实验结果都很接近。

12.5.2 ⁴⁰Ca 原子核内部结构和参数补充计算

我们先用 A 型原子核模型来补充“组装”⁴⁰Ca 原子核。因为质子、中子数相等，我们别无选择，只能以图 12.23 所示“组装”⁴⁰Ca 原子核，并令： $\bar{m}_{d1}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{d2}^{\pm}$ ，则： $\sum_{20}^{40} \text{Ca} W_2 = 6.63420698 \times 10^{-26} \text{Kg}$ 。

虽然与实验值吻合，但与图 12.21、表 12.33 的 A 型 ⁵⁶Fe 原子核比较，第 1、2 层粒子螺旋环中核力参数完全相同，所以，该原子核仍是不稳定或是不存在的。

当我们用 B 型原子核模型补充“组装”⁴⁰Ca 原子核时，见图 12.24、表 12.35。

令 $\bar{m}_{d1}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{d2}^{\pm}$ $\bar{m}_{g2}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{g1}^{\pm}$ ，则： $\sum_{20}^{40} \text{Ca} W_3 = 6.63421 \times 10^{-26} \text{Kg}$ 。

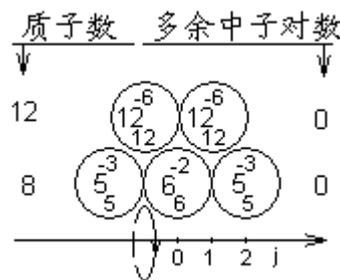


图 12.23 ⁴⁰Ca 原子核内核子、净剩 π[±] 介子分配补充示意图

Va	$\begin{matrix} 6 \\ 6 \end{matrix}$	Vb	$\begin{matrix} 4 \\ -2 \end{matrix}$	Vc	$\begin{matrix} 14 \\ 10 \end{matrix}$	Vd	$\begin{matrix} 14 \\ -6 \end{matrix}$	Ve	Vf
	$\begin{matrix} 8 \\ 24 \end{matrix}$		$\begin{matrix} 32 \\ -12 \end{matrix}$						

$$W_e = 2.183510355 \times 10^{-28} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.5584234 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum_{20}^{40} Ca W_1 = 6.633325893 \times 10^{-26} \text{ Kg}$$

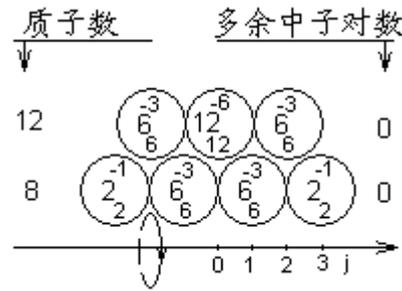


图 12.24 $^{40}_{20}\text{Ca}$ 原子核内核子、净剩

π^+ 介子分配补充示意图

Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf
12	6	10	8	20	
12	-6	4	-2	12	-6
Vg	Vh	Vi	Vj		
14	26				
12	-6				

$$W_e = 2.105792269 \times 10^{-28} \text{ Kg}$$

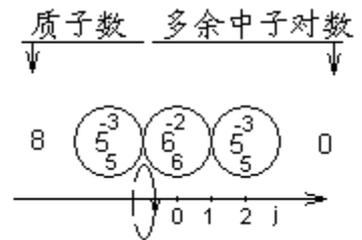
$$W_b = 1.163840951 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum_{20}^{40} Ca W_2 = 6.63215413 \times 10^{-26} \text{ Kg}$$

$^{40}_{20}\text{Ca}$ 原子核内核力平衡验证补充计算结果表 (图 12.24, 单位: 牛顿) 表 12.35

N_a	j	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计 (原核力参数)	
16	$F_{e\theta}$	j. 387.9722025					↑	216.5365388
	$F_{b\theta}$	-472.0133128						(154.0153451)
	$F_{e\theta}$	b. 828.483919	d. 232.8097828					300.5776491
17/6	$F_{b\theta}$	-157.6750505	-52.55835015					(238.0307813)
	$\Delta F_{\theta b}$	-366.9884348	-183.4942174					

12.5.3 $^{16}_8\text{O}$ 原子核内部结构和参数补充计算



我们先以 A 型原子核模型“组装” $^{16}_8\text{O}$ 原子核, 见图 12.25、表 12.36。

图 12.25 $^{16}_8\text{O}$ 原子核内核子、净剩

π^+ 介子分配补充示意图

Va	Vb	Vc	Vd
6	4	14	
6	-2	10	-6

$$W_e = 9.226801614 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.532931683 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum {}_8^{16}OW_1 = 2.65473268 \times 10^{-26} \text{ Kg}$$

由上述计算结果比较可以看出： ${}^{16}_8\text{O}$ 原子核内净剩 π^\pm 介子只能如此分配，而且核电、磁场总能量、核总能量均是最大值，却仍小于实验值，核力也同样无法平衡。所以，A 型 ${}^{16}_8\text{O}$ 核模型同样不能存在。

${}^{16}_8\text{O}$ 原子核内核力平衡验证补充计算结果表（图 12.25，单位：牛顿）表 12.36

$N_a \backslash j$	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计 (原核力参数)
$F_{e\theta}$		d. 1237.991278				↑ 657.1488285
$17/6 F_{b\theta}$		-105.1167003				 (635.7299417)
$\Delta F_{\theta b}$		-475.7257488				

同理，“组装的”B 型 ${}^{16}_8\text{O}$ 原子核见图 12.26，核力平衡验证计算见表 12.37。

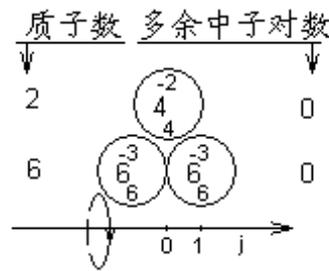


图 12.26 ${}^{16}_8\text{O}$ 原子核内核子、净剩

π^\pm 介子分配补充示意图

$$V_a \quad V_b \quad V_c \quad V_d \quad V_e \quad V_f$$

$$\begin{matrix} 12 & 6 & 10 \\ 12 & -6 & 4 & -2 \end{matrix}$$

$$W_e = 8.927862779 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.250605562 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$\sum {}_8^{16}OW_1 = 2.654151415 \times 10^{-26} \text{ Kg}$$

令 $\bar{m}_{g2}^\pm \rightarrow \bar{m}_{g1}^\pm$ ，则： $\sum {}_8^{16}OW_2 = 2.655326198 \times 10^{-26} \text{ Kg}$

${}^{16}_8\text{O}$ 原子核内核力平衡验证补充计算结果表（图 12.26，单位：牛顿）表 12.37

$N_a \backslash j$	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计 (原核力参数)
--------------------	---	---	---	---	---	---------------------

$F_{e\theta}$		b. 828.483919		↑	120.3262164
$17/6 F_{b\theta}$		-157.6750505			(43.62250648)
$\Delta F_{\theta b}$		-550.4826521			

前面已经强调，原子核内的参数模拟计算，能量守恒和核力平衡是两条重要的原则。从本章的 12.4、12.5 两节的原子核内相关参数的补充模拟计算结果比较可以看出：由能量守恒定律只允许第一层粒子螺旋环的波动量子数 $N_{\alpha g1} = N_{\alpha d1} = 17/6$ ，但是核力平衡模拟计算结果却系统的增大，所以，原来确定的原子核内的各参数是最佳的选择。

第 13 章原子核内 γ 射线形成原理及参数计算

13.1 原子核内 γ 射线形成原理

13.1.1 β^\pm 电子射线与光子、中微子伴生原理

原子核内只有高、低能 π^\pm 介子组成的粒子螺线环。当一个 π^\pm 介子分裂衰变时，内部 2 对荷电粒子和一个荷电粒子集合体分裂，才能生成由一对荷电粒子和一个荷电粒子组成的电子，剩下一对荷电粒子形成中微子或光子。具有核电荷数相同的同位素，当中子数较少时，主要表现为 β^+ 正电子发射。随着中子数增多，过渡到稳定的同位素。若中子数继续增多，则表现为 β^- 电子发射。

无论是 β^+ 或 β^- 电子发射，母核的总核子数均保持不变。当发射一个 β^+ 电子时，核电荷数减小 1，核内一个质子将转变成中子。由图 7.4，质子、中子“拆解”的 π^\pm 介子分配图得：粒子螺线环内某个高能 π_g^+ 介子必须连续吸收中微子场中 4 对中微子，再分裂衰变成一对低能 π_d^+ 介子、一个电子 β^+ ；一对低能 π_d^+ 介子进入低能粒子螺线环轨道， β^+ 正电子发射形成 β^+ 射线，完成质子 \rightarrow 中子转变过程。同理，若是负电子 β^- 发射，则母核中将有一个中子转变成质子。这时，只要一个低能 π_d^- 介子将自身大部分原始波动运动方向电磁场能量转移给另一个低能 π_d^+ 介子后，自身直接分裂成一个 β^- 电子和一个光子或中微子发射；另一个低能 π_d^+ 介子吸收能量后被激发进入高能 π_g^+ 介子轨道，完成中子 \rightarrow 质子转变。

13.1.2 γ 射线形成原理

原子核内根本不存在光子、电子和中微子，但是原子核是处在无处不在的中微子场中，随时都有中微子穿过。当原子核内由净剩 π^\pm 介子形成的电、磁场，核力和能量分布都较均匀，不需要再自我调整，处于稳定状态时，即使有较多的中微子穿过原子核，也不会产生作用。

当原子核内核力未能完全平衡，核电场、核电荷分布不均匀，需要通过自我调整以达到核电场、核力分布均匀，使整个原子核趋于稳定时，各粒子螺线环中净剩 π^\pm 介子分配状态的调整就成为必然。净剩 π^\pm 介子在各个粒子螺线环中调整、重新分配必将导致母核内电、磁场能量的变化。当它是降低时，多余的电、磁场能量通过激发穿过原子核的中微子形成光子。这样既可以传递多余能量，又能产生 γ 射线。当然，中子或成对 π^\pm 介子在各粒子螺线环层之间调整、重新分配，剩余能量也能产生 γ 射线。

13.1.3 γ 射线谱能级形成模型

从第 11、12 章原子核内部结构计算分析中知道：自然界中能稳定存在的原子核素，其核电荷数 $Z_1 \leq 83$ 。对 $Z \geq 6$ 的所有原子核，核电荷能较均匀分布、核力平衡不会导致瞬间分裂的原子核都是 B 型原子核。当第 1 层为 6 对粒子螺线环并排时，4 层粒子螺线环层组成的近球形原子核，饱和时总核子数为 234 个，与放射系的起始核相当；当第一层为 4 对时，3 层粒子螺线环层组成的近球形原子核饱和时总核子数为 96 个。所以，对核子数 $234 \geq A \geq 96$ 的所有原子核，可以认为它们都有图 13.1 所示的粒子螺线环组合结构。其差别是随核子数、核电荷数增大，原子核外层和外侧粒子螺线环内充填核子数增多，逐渐趋于饱和，核电荷分布的边缘弥散层逐渐变薄。

若一对粒子螺线环内高、低能 π^\pm 介子的波动运动方向相同，见图 7.2；高、低能 π^\pm 介子只能在波动运动方向相同的相邻粒子螺线环中跃迁；由空间的相互关系，同一层高、低能粒子螺线环内 π_g^+ 、 π_d^-

或 π_g^- 、 π_d^+ 组合的侧向迁移；由于对称性，第一层存在 12 个位次，第 2、3、4 层分别存在 12、6、6 位次，共计 36 位次。由图 13.1 所示，上、下层之间的迁移，1~2 层粒子螺线环中存在 5 个跃迁通道；2~3、3~4 层之间分别也有 4 个、3 个通道，总计 12 个通道；若每个通道分别也有 π_g^+ 、 π_d^- 或 π_g^- 、 π_d^+ 组合的跃迁时，则同样也有 36 个位次。

其中原子核内部过剩 π^+ 介子为饱和层时，无法再增加；部分位次调整将使母核总能量升高，这只能在外来能量参与下才能实现；多数位次调整都在原子核的边缘，将使母核总能量降低，以激发穿过的中微子形成 γ 射线。由于原子核内不同位置的过剩 π^+ 介子分配、侧向迁移、上下层迁移、跃迁至另一个位置时，其电、磁场能量改变值都不相同。由表 9.1 可知，相邻层之间跃迁还会导致高、低能 π^+ 介子原始波动能量的微小变化。所以，不同原子核形成的各 γ 射线能量谱大小、组合特征也完全不同，这些只能通过具体实例计算来说明。

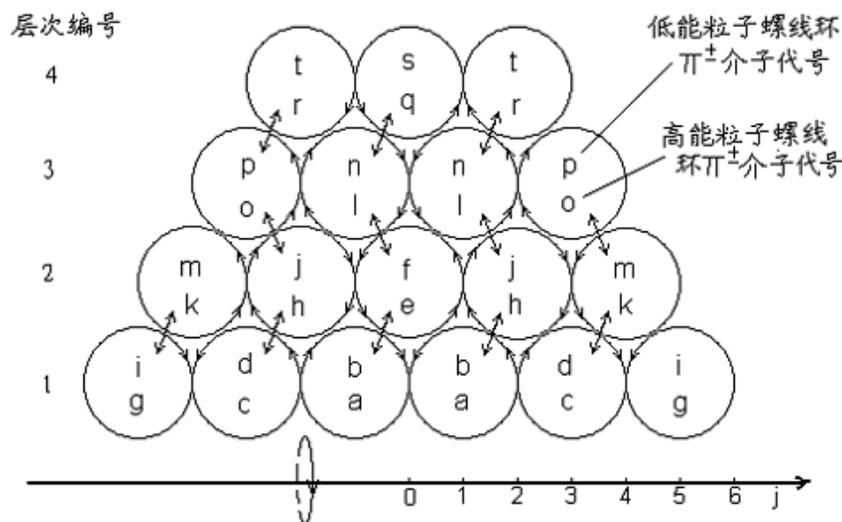


图13.1 原子核内过剩 π^+ 介子跃迁通道示意图

13.2 γ 射线能量参数计算模型

13.2.1 $^{194}_{79}\text{Au}$ 、 $^{194}_{78}\text{Pt}$ 原子核内部结构和参数计算

$^{194}_{79}\text{Au}$ 核素原子能量 193.965406u，半衰期 39.5 小时，磁矩 $\pm 0.074U_p$ 。发射 β^+ 射线时，电子动能有 1.487、1.230、0.950Mev 三组。衰变成 $^{194}_{78}\text{Pt}$ 原子核的过程中共发射 49 个能级的 γ 射线，能量分布范围 0.20291~2.1142Mev④，最后成为稳定的 $^{194}_{78}\text{Pt}$ 原子核。所以，我们可以先从衰变前后两种原子核的内部结构模型，来计算分析 γ 射线形成原理和能量变化特征。

对 $^{194}_{79}\text{Au}$ 原子核，参照 12.1 节对原子核的磁矩模拟算法。令质子、中子按图 7.4 的 a、c 或 b、d 方案“拆解”，由表 9.1、(7.4-1) 式， $^{194}_{79}\text{Au}$ 原子核合磁矩可表示为：

$$\sum U = U_{g1}^+ + U_{g1}^- + U_{g4}^+ + 2U_{d1}^- + U_{d2}^+ + U_{d3}^+ = -0.07325U_p \quad (13.1)$$

取 a、d 状态组合，则由 (7.4-2) 式：

$$\sum U = 2U_{g1}^+ + U_{g4}^+ + U_{d1}^+ + U_{d2}^- + U_{d3}^- + U_{d4}^- = 0.07325U_p \quad (13.2)$$

如果按 (13.2) 式的磁矩组合计算模型, 得 π^\pm 介子的原始能量增量:

$$\Delta \bar{m} = 6.081173925 \times 10^{-30} \text{Kg}$$

参照 11.2 节的原子核内部结构模型、设计、能量计算程序、核力平衡验证计算比较结果。设计的 $^{194}_{79}\text{Au}$ 、 $^{194}_{78}\text{Pt}$ 原子核内部结构见图 13.2、图 13.3, 核力平衡验证计算结果见表 13.1 和表 13.2。 $^{194}_{79}\text{Au}$ 、 $^{194}_{78}\text{Pt}$ 原子核的实验值能量分别为:

$$\sum ^{194}_{79}\text{Au}W_0 = 3.220244434 \times 10^{-25} \text{Kg}, \quad \sum ^{194}_{78}\text{Pt}W_0 = 3.220208825 \times 10^{-25} \text{Kg}$$

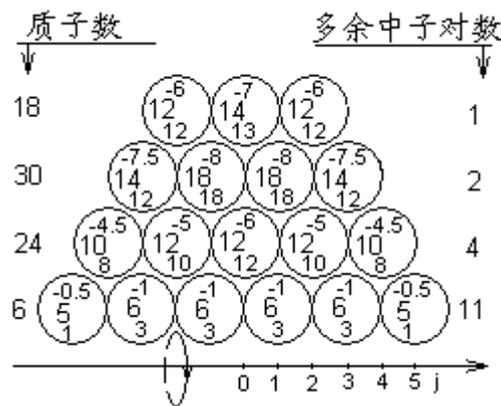


图 13.2 $^{194}_{79}\text{Au}$ 原子核内核子、净剩 π^\pm 介子分配示意图

	6	4	10	8	20
Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf
6	-2	6	-2	12	-6
14	16	36	35	25	41
Vg	Vh	Vi	Vj	Vk	Vl
2	20	-1	-10	16	36
77	68	52	76	61	74
Vm	Vn	Vo	Vp	Vq	Vr
-9	-16	24	-15	13	24
98	91				
Vs	Vt				
-7	-12				

$$W_e = 1.401321064 \times 10^{-27} \text{Kg}$$

$$W_b = 7.827518402 \times 10^{-30} \text{Kg}$$

$$\sum ^{194}_{79}\text{Au}W_1 = 3.220247476 \times 10^{-25} \text{Kg}$$

$^{194}_{79}\text{Au}$ 原子核核力平衡验证计算结果表 (图 13.2, 单位: 牛顿) 表 13.1

j	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计
58 Fe θ		t. 597.2865265				↑ -538.2026478
F $\theta\theta$		-623.6670342				
34 Fe θ	n. 845.3021482		p. 891.0114236			 -511.8221401
F $\theta\theta$	-1222.642839		-1146.227662			

	8	4	8	6	18
Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf
8	-4	4	-2	12	-6
	12	16	40	38	26
Vg	Vh	Vi	Vj	Vk	Vl
4	24	-2	-12	16	36
	78	70	52	76	64
Vm	Vn	Vo	Vp	Vq	Vr
-8	-18	24	-12	10	18
	92	88			
Vs	Vt				
-4	-10				

$$W_e = 1.392890861 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$W_b = 9.474618808 \times 10^{-30} \text{ Kg}$$

$$\sum_{79}^{194} PtW_1 = 3.220213937 \times 10^{-25} \text{ Kg}$$

13.2.2 γ 射线能谱模拟计算原理

由表 9.1 数据可知，净剩高、低能 π^+ 介子在不同粒子螺线环层之间跃迁时，由于各层高、低能 π^+ 介子原始波动运动方向原始能量 \bar{m}_{gi} 、 \bar{m}_{di} 略有差异，所以对总能量略有影响。为了后面分析计算方便，我们先将能量差异值 $\Delta\bar{m}_{gi}$ 、 $\Delta\bar{m}_{di}$ 直接换算成 Mev，见表 13.3。

各层粒子螺线环内都由原始波动能量相同的 π^+ 介子组成，除了净剩 π^+ 介子的迁移外，反粒子 π^+ 介子的迁移也是存在的。如图 13.1 中，p 位置一个低能 π_d^- 介子迁移到 m 位置，可表示为 $p\pi_d^- \rightarrow m\pi_d^-$ 。若是反粒子迁移，则 m 位置一个低能 π_d^+ 介子迁移到 p 位置对核电荷分布状态调整效果是一样的，仅差别在表 13.3 中计算原子核总能量时， $\Delta\bar{m}_{di}$ 校正值是取正值还是负值。它是在总能量守恒定律的前提下，判断净剩高、低能 π^+ 介子调整迁移通道能否成立的重要依据。

由第 11、12 章中知道，能自然分裂衰变的母核与最后稳定的子核，都存在多种同核异能素。实验室探测到的原子核分裂衰变过程中发射出来 49 个能级的 γ 射线，是以阿福加德罗克原子数 N_A 为系数的大量 $^{194}_{79}\text{Au}$ 原子核的同核异能素，在衰变过程中释放出来所有 γ 射线谱的综合结果。其中大部分能级的 γ 射线出现的几率少得可怜，而且还不排除各能级数据后面误差范围是由数个能级接近的 γ 射线综合反映的结果。以现有实验探测技术水平，我们根本无法单独探测到衰变整个过程中，具有某一特定内部结构、能量的 $^{194}_{79}\text{Au}$ 原子核同核异能素，完全衰变成稳定的另一个具有特定的内部结构、能级的 $^{194}_{78}\text{Pt}$ 原子核同核异能素，在整个过程发射的全部 γ 射线能谱和时间顺序。实际上也根本不存在这种外界环境的物理条件。因为与热力学中气体分子热运动的统计规律完全一样，整个中微子场中，某一个中微子在某一时刻穿过某一个原子核某一特定位置的事件，完全是随机的，不可预见的。

因此，可以认为：实验室探测到的某一 γ 射线能级和出现的几率，是代表大量的原子核同核异能素 $^{194}_{79}\text{Au} \rightarrow ^{194}_{78}\text{Pt}$ 在分裂衰变整个过程中，某一特定内部结构调整、特定能级的 $^{194}_{79}\text{Au}$ 原子核素，某一特征位置的高、低能 π^+ 介子迁移、调整到另一个能级的 $^{194}_{79}\text{Au}$ 原子核素，或转变成另一个 $^{194}_{78}\text{Pt}$ 原子核素的某一特征位置时，多余能量以 γ 射线形式释放出来的几率。在以克原子系数为单位的大量原子核素中，

这种特征过程只能是这两种 $^{194}_{79}\text{Au}$ 、 $^{194}_{78}\text{Pt}$ 原子核素的某两个特定的同核异能素转化过程存在的几率，只有统计意义。我们根本无法判断出，母核是转化前还是转化后才发射 γ 射线。

不同粒子螺线环层之间 π^\pm 介子原始能量差异 $\Delta\bar{m}_{gi}$ 、 $\Delta\bar{m}_{di}$ 表 13.3

$N_{ad,g}$	$\frac{34}{13}$ 、 $\frac{34}{13}$	16	50	34	114	58	203	88	316
$\bar{m}_{di,gi}$									
$\left. \begin{matrix} \bar{m}_{di} \\ \bar{m}_{gi} \end{matrix} \right\}$	3.304461327	3.348508963	3.325343178	3.316814573	3.312652281				
$\times 10^{-28} \text{Kg}$	6.608922653	6.550192473	6.581080185	6.592451659	6.598001381				
$\Delta\bar{m}_{d(i\sim i+1)}$		4.4047636	2.3165785	0.8528605	0.4162292				
$\times 10^{-30} \text{Kg}$									
MeV		2.470890	1.299505	0.478419	0.233487				
$\Delta\bar{m}_{g(i\sim i+1)}$		5.873018	3.0887712	1.1371474	0.5549722				
$\times 10^{-30} \text{Kg}$									
Mev		3.294520	1.732673	0.637893	0.311316				

所以，我们可以用一种如图 13.2 所示的母核 $^{194}_{79}\text{Au}$ 同核异能素为参照标准。当它的内部结构、核子、净剩 π^\pm 介子在总能量守恒的前提条件下向图 13.3 所示的子核 $^{194}_{78}\text{Pt}$ 同核异能素调整转化时，各个调整过程所释放的 γ 射线能量，作为 γ 射线能谱的参照值。显然，它只能是实际 γ 射线能谱中可能存在的一小部分。

13.2.3 γ 射线能谱的计算程序

根据上述 γ 射线形成原理，设计 γ 射线能谱的计算程序如下：

1. 根据 11.2 节原子核总能量计算程序，我们先重复计算图 13.2 所示的 $^{194}_{79}\text{Au}$ 原子核同核异能素的总能量 $\sum^{194}_{79}\text{Au}W_1=3.220247476\times 10^{-25}\text{Kg}$

2. 根据图 13.1 所示，高、低能 π^\pm 介子可能出现的迁移通道，令 $f\pi^- \rightarrow b\pi^-$ ，转化为另一个同核异能素 2，则异能素 2 核电势能计算参数中 $Vb \sim Vf$ 项的系数变化见表 13.4 第 4 行；其它系数保持不变。同理，原子核总磁场能量也将发生变化。重复 11.2 节 1~12 计算程序得：异能素 2 总能量 $\sum^{194}_{79}\text{Au}W_2=3.220192308\times 10^{-25}\text{Kg}$

3. 令两个状态同核异能素能量差为 ΔW_e ： $\Delta W_e = \sum^{194}_{79}\text{Au}W_1 - \sum^{194}_{79}\text{Au}W_2 = 3.094686\text{Mev}$

因实验室探测到的 γ 射线能谱的变动范围是 $0.20291_6 \sim 2.1142_2\text{Mev}$ ，（下标为尾数误差范围）。由表 13.3 的 $\Delta\bar{m}_{gi}$ 、 $\Delta\bar{m}_{di}$ 数据、总能量守恒定律，设为正粒子跃迁， $f\pi^- \rightarrow b\pi^-$ ，则 γ 射线能量 W_γ 为：

$$W_\gamma = \sum^{194}_{79}\text{Au}W_1 - \sum^{194}_{79}\text{Au}W_2 + \Delta\bar{m}_{d(1\sim 2)} = 5.565576\text{Mev};$$

同理，若为反粒子跃迁， $b\pi^+ \rightarrow f\pi^+$ ，则 W_γ 为： $W_\gamma = \sum^{194}_{79}\text{Au}W_1 - \sum^{194}_{79}\text{Au}W_2 - \Delta\bar{m}_{d(1\sim 2)} = 0.623796\text{Mev}$ ；

前者远大于实验室值 2.1142Mev ，显然不存在，后者正是我们的一个期望值。

13.3 γ 射线能谱计算实例

根据上述计算程序, $^{194}_{79}\text{Au} \rightarrow ^{194}_{78}\text{Pt}$ 原子核部分 γ 射线能谱模拟计算见表 13.4。

$^{194}_{79}\text{Au}$ 原子核内上、下层 π^* 介子跃迁时 γ 射线能谱模拟计算表表 13.4

π^* 介子 跃迁位置	电场能量系数变化	$\sum W_i \times 10^{-25} \text{Kg}$ $\sum W_0 - \sum W_i (\text{Mev})$	π^* 介子跃迁方式 ($W_\gamma = \text{Mev}$)
$e\pi^+ \rightarrow a\pi^+$	$Va \begin{matrix} 7 & 5 & 11 & 9 \\ 7 & -2 & 6 & -2 & 11 \end{matrix}$	3.220355938 -6.084245	
$e\pi^+ \rightarrow a\pi^+$ $f\pi^- \rightarrow b\pi^-$	$Va \begin{matrix} 7 & 4 & 10 & 8 & 19 \\ 7 & -3 & 6 & -2 & 11 & -5 \end{matrix}$	3.220292476 -2.524305	
$f\pi^- \rightarrow b\pi^-$	$Vb \begin{matrix} 6 & 3 & 9 & 7 & 19 \\ -3 & 6 & -2 & 12 & -5 \end{matrix}$	3.220192308 3.094736	$b\pi^+ \rightarrow f\pi^+$ 0.623796
$h\pi^+ \rightarrow a\pi^+$	$Va \begin{matrix} 7 & 5 & 11 & 9 & 21 & 15 & 17 \\ 7 & -2 & 6 & -2 & 12 & -6 & 2 & 19 \end{matrix}$	3.220371749 -6.971214	
$j\pi^- \rightarrow b\pi^-$ $h\pi^+ \rightarrow a\pi^+$	$Va \begin{matrix} 7 & 4 & 10 & 8 & 20 & 14 & 16 & 35 & 34 \\ 7 & -3 & 6 & -2 & 12 & -6 & 2 & 19 & -1 & -9 \end{matrix}$	3.220290444 -2.410299	
$j\pi^- \rightarrow b\pi^-$	$Vb \begin{matrix} 6 & 3 & 9 & 7 & 19 & 13 & 15 & 35 & 34 \\ -3 & 6 & -2 & 12 & -6 & 2 & 20 & -1 & -9 \end{matrix}$	3.220175306 4.048447	$b\pi^+ \rightarrow j\pi^+$ 1.577557
$h\pi^+ \rightarrow c\pi^+$	$Vc \begin{matrix} 4 & 11 & 9 & 21 & 15 & 17 \\ 7 & -2 & 12 & -6 & 2 & 19 \end{matrix}$	3.220300167 -2.955736	$c\pi^- \rightarrow h\pi^-$ 0.338784
$j\pi^- \rightarrow d\pi^-$ $h\pi^+ \rightarrow c\pi^+$	$Vc \begin{matrix} 4 & 11 & 8 & 20 & 14 & 16 & 35 & 34 \\ 7 & -3 & 12 & -6 & 2 & 19 & -1 & -9 \end{matrix}$	3.220253522 -0.339149	$c\pi^- \rightarrow h\pi^-$ $d\pi^+ \rightarrow j\pi^+$ 0.484481
$j\pi^- \rightarrow d\pi^-$	$Vd \begin{matrix} 10 & 7 & 19 & 13 & 15 & 35 & 34 \\ -3 & 12 & -6 & 2 & 20 & -1 & -9 \end{matrix}$	3.220203747 2.453013	
$k\pi^+ \rightarrow c\pi^+$	$Vc \begin{matrix} 4 & 11 & 9 & 21 & 15 & 17 & 37 & 36 & 26 \\ 7 & -2 & 12 & -6 & 2 & 20 & -1 & -10 & 15 \end{matrix}$	3.220339459 -5.159881	
$k\pi^+ \rightarrow c\pi^+ . m\pi^-$ $\rightarrow d\pi^-$	$Vc \begin{matrix} 4 & 11 & 8 & 20 & 14 & 16 & 36 & 35 & 25 \\ 7 & -3 & 12 & -6 & 2 & 20 & -1 & -10 & 15 \end{matrix}$ $Vl \begin{matrix} 40 & 76 \\ 36 & -8 \end{matrix}$	3.220260705 -0.7420794	$d\pi^+ \rightarrow m\pi^+$ $c\pi^- \rightarrow k\pi^-$ 0.081551
$m\pi^- \rightarrow d\pi^-$	$Vd \begin{matrix} 10 & 7 & 19 & 13 & 15 & 35 & 34 & 24 & 40 & 76 \\ -3 & 12 & -6 & 2 & 20 & -1 & -10 & 16 & 36 & -8 \end{matrix}$	3.22017302 4.176686	$d\pi^+ \rightarrow m\pi^+$ 1.705796
$k\pi^+ \rightarrow g\pi^+$	$Vg \begin{matrix} 14 & 17 & 37 & 36 & 26 \\ 3 & 20 & -1 & -10 & 15 \end{matrix}$	3.220297748 -2.820064	$g\pi^- \rightarrow k\pi^-$ 0.474456
$k\pi^+ \rightarrow g\pi^+$ $m\pi^- \rightarrow i\pi^-$	$Vg \begin{matrix} 14 & 17 & 37 & 35 & 25 & 40 & 76 \\ 3 & 20 & -2 & -10 & 15 & 36 & -8 \end{matrix}$	3.220259066 -0.650160	$i\pi^+ \rightarrow m\pi^+$ $g\pi^- \rightarrow k\pi^-$ 0.173470
$m\pi^- \rightarrow i\pi^-$	$Vi \begin{matrix} 36 & 34 & 24 & 40 & 76 \\ -2 & -10 & 16 & 36 & -8 \end{matrix}$	3.22021208 2.090572	
$l\pi^+ \rightarrow e\pi^+$	$Ve \begin{matrix} 8 & 21 & 15 & 17 & 37 & 36 & 26 & 42 \\ 13 & -6 & 2 & 20 & -1 & -10 & 16 & 35 \end{matrix}$	3.220308713 -3.435152	
$l\pi^+ \rightarrow e\pi^+$ $n\pi^- \rightarrow f\pi^-$	$Ve \begin{matrix} 8 & 21 & 14 & 16 & 36 & 35 & 25 & 41 & 76 & 67 \\ 13 & -7 & 2 & 20 & -1 & -10 & 16 & 35 & -9 & -15 \end{matrix}$	3.220239193 0.464617	$f\pi^+ \rightarrow n\pi^+ . e\pi^- \rightarrow l\pi^-$ 0.031449 $l\pi^+ \rightarrow e\pi^+ . n\pi^- \rightarrow f\pi^-$

			0.897785
$n\pi^- \rightarrow f\pi^-$	$\begin{matrix} 20 & 13 & 15 & 35 & 34 & 24 & 40 & 76 & 67 \\ V_f & V_g & V_h & V_i & V_j & V_k & V_l & V_m & V_n \\ -7 & 2 & 20 & -1 & -10 & 16 & 36 & -9 & -15 \end{matrix}$	3.220179757 3.798768	$n\pi^- \rightarrow f\pi^-$ 2.499263
$l\pi^+ \rightarrow h\pi^+$	$\begin{matrix} 16 & 37 & 36 & 26 & 42 \\ V_h & V_i & V_j & V_k & V_l \\ 21 & -1 & -10 & 16 & 35 \end{matrix}$	3.220292902 -2.548183	
$l\pi^+ \rightarrow h\pi^+$ $n\pi^- \rightarrow j\pi^-$	$\begin{matrix} 16 & 37 & 36 & 25 & 41 & 76 & 67 \\ V_h & V_i & V_j & V_k & V_l & V_m & V_n \\ 21 & -1 & -11 & 16 & 35 & -9 & -15 \end{matrix}$	3.220241025 0.361859	$l\pi^+ \rightarrow h\pi^+ \quad n\pi^- \rightarrow j\pi^-$ 0.795027
$n\pi^- \rightarrow j\pi^-$	$\begin{matrix} 35 & 24 & 40 & 76 & 67 \\ V_j & V_k & V_l & V_m & V_n \\ -11 & 16 & 36 & -9 & -15 \end{matrix}$	3.220196759 2.845007	$n\pi^- \rightarrow j\pi^-$ 1.545502
$o\pi^+ \rightarrow h\pi^+$	$\begin{matrix} 16 & 37 & 36 & 26 & 42 & 78 & 69 & 53 \\ V_h & V_i & V_j & V_k & V_l & V_m & V_n & V_o \\ 21 & -1 & -10 & 16 & 36 & -9 & -16 & 23 \end{matrix}$	3.220323499 -4.264582	
$o\pi^+ \rightarrow h\pi^+$ $p\pi^- \rightarrow j\pi^-$	$\begin{matrix} 16 & 37 & 36 & 25 & 41 & 77 & 68 & 52 & 75 \\ V_h & V_i & V_j & V_k & V_l & V_m & V_n & V_o & V_p \\ 21 & -1 & -11 & 16 & 36 & -9 & -16 & 23 & -14 \end{matrix}$	3.220245594 0.105570	$o\pi^+ \rightarrow h\pi^+ \quad p\pi^- \rightarrow j\pi^-$ 0.538738
$p\pi^- \rightarrow j\pi^-$	$\begin{matrix} 35 & 24 & 40 & 76 & 67 & 51 & 75 \\ V_j & V_k & V_l & V_m & V_n & V_o & V_p \\ -11 & 16 & 36 & -9 & -16 & 24 & -14 \end{matrix}$	3.220171221 4.277613	
$o\pi^+ \rightarrow k\pi^+$	$\begin{matrix} 25 & 42 & 78 & 69 & 53 \\ V_k & V_l & V_m & V_n & V_o \\ 17 & 36 & -9 & -16 & 23 \end{matrix}$	3.220284207 -2.060437	
$o\pi^+ \rightarrow k\pi^+$ $p\pi^- \rightarrow m\pi^-$	$\begin{matrix} 25 & 42 & 78 & 68 & 52 & 75 \\ V_k & V_l & V_m & V_n & V_o & V_p \\ 17 & 36 & -10 & -16 & 23 & -14 \end{matrix}$	3.220238175 0.521720	$m\pi^+ \rightarrow p\pi^+ \quad k\pi^- \rightarrow o\pi^-$ - 0.088522 $o\pi^+ \rightarrow k\pi^+ \quad p\pi^- \rightarrow m\pi^-$ - 0.954888
$p\pi^- \rightarrow m\pi^-$	$\begin{matrix} 77 & 67 & 51 & 75 \\ V_m & V_n & V_o & V_p \\ -10 & -16 & 24 & -14 \end{matrix}$	3.220201948 2.553941	$p\pi^- \rightarrow m\pi^-$ 1.254436
$q\pi^+ \rightarrow l\pi^+$	$\begin{matrix} 41 & 78 & 69 & 53 & 77 & 62 \\ V_l & V_m & V_n & V_o & V_p & V_q \\ 37 & -9 & -16 & 24 & -15 & 12 \end{matrix}$	3.220315827 -3.834195	
$q\pi^+ \rightarrow l\pi^+$ $s\pi^- \rightarrow n\pi^-$	$\begin{matrix} 41 & 78 & 69 & 52 & 76 & 61 & 73 & 97 \\ V_l & V_m & V_n & V_o & V_p & V_q & V_r & V_s \\ 37 & -9 & -17 & 24 & -15 & 12 & 24 & -6 \end{matrix}$	3.220252627 -0.288933	$q\pi^+ \rightarrow l\pi^+$ $n\pi^+ \rightarrow s\pi^+$ 0.827379
$s\pi^- \rightarrow n\pi^-$	$\begin{matrix} 68 & 51 & 75 & 60 & 73 & 97 \\ V_n & V_o & V_p & V_q & V_r & V_s \\ -17 & 24 & -15 & 13 & 24 & -6 \end{matrix}$	3.220185034 3.502738	
$l\pi^+ \rightarrow l\pi^+$ $t\pi^- \rightarrow n\pi^-$	$\begin{matrix} 41 & 78 & 69 & 52 & 76 & 61 & 74 & 97 & 90 \\ V_l & V_m & V_n & V_o & V_p & V_q & V_r & V_s & V_t \\ 37 & -9 & -17 & 24 & -15 & 13 & 23 & -7 & -11 \end{matrix}$	3.220252345 -0.273141	$l\pi^+ \rightarrow l\pi^+$ $n\pi^+ \rightarrow t\pi^+$ 0.843171
$t\pi^- \rightarrow n\pi^-$	$\begin{matrix} 68 & 51 & 75 & 60 & 73 & 97 & 90 \\ V_n & V_o & V_p & V_q & V_r & V_s & V_t \\ -17 & 24 & -15 & 13 & 24 & -7 & -11 \end{matrix}$	3.220175644 4.029504	
$l\pi^+ \rightarrow o\pi^+$	$\begin{matrix} 52 & 77 & 62 & 75 \\ V_o & V_p & V_q & V_r \\ 25 & -15 & 13 & 23 \end{matrix}$	3.220294461 -2.635665	
$l\pi^+ \rightarrow o\pi^+$ $t\pi^- \rightarrow p\pi^-$	$\begin{matrix} 52 & 77 & 61 & 74 & 97 & 90 \\ V_o & V_p & V_q & V_r & V_s & V_t \\ 25 & -16 & 13 & 23 & -7 & -11 \end{matrix}$	3.220247685 -0.011747	$l\pi^+ \rightarrow o\pi^+ \quad t\pi^- \rightarrow p\pi^-$ 0.147727 $l\pi^+ \rightarrow o\pi^+$ $p\pi^+ \rightarrow t\pi^+$ 1.104565
$t\pi^- \rightarrow p\pi^-$	$\begin{matrix} 76 & 60 & 73 & 97 & 90 \\ V_p & V_q & V_r & V_s & V_t \\ -16 & 13 & 24 & -7 & -11 \end{matrix}$	3.220201183 2.596849	$t\pi^- \rightarrow p\pi^-$ 2.118430
备注	W_γ 栏内, 部分 γ 射线能谱计算结果为负值, 部分超出实验测定范围, 均不		

	再进行计算。
--	--------

第 14 章原子核稳定性、粒子射线形成原理及参数计算

14.1 原子核稳定性分析

14.1.1 粒子螺线环中 π^{\pm} 介子对稳定性分析

由第 7~13 章原子核内部结构、核力形成原理及各参数模拟计算中已经知道：核电荷数 $Z \geq 6$ 的所有原子核内都由高、低能正、负 π^{\pm} 介子组成。高、低能粒子螺线环中，均含有带异号电荷的 π^{\pm} 介子对。那么，在什么条件下，同一个粒子螺线环，同一条波动、自旋椭圆轨道中运动的正、负 π^{\pm} 介子对能稳定存在，不至于象正、反物质那样合并、湮灭，爆发出巨大的能量？

由第 2、3 章基本粒子能量形成原理及内、外相互作用力分析可知：高、低能正、负 π^{\pm} 介子都由 2 对电偶极子和一个荷电粒子组成。由 (3.5-1)、(3.5-2) 式计算结果比较得：每个荷电粒子绕波动轨道自转速度 $K_r v_a$ 、波动速度 v_a 、自旋速度 v_{θ} 的合速度 v_z 必须 \geq 光速 c ，荷电粒子才能稳定存在。由 (2.1)、(2.2) 式可知，以合速度 $v_z \geq c$ 运动的带电粒子，形成的强电、磁场完全分布在垂直合速度 $v_z = c$ 的运动轨道平面上，沿轨道切线方向的电、磁场强度均趋于 0！在自旋运动方向，同一个粒子螺线环中的 π^{\pm} 介子对自旋速度完全相等，间隔拉开，往往位于不同的波动轨道环中，加上同一个粒子螺线环和其它粒子螺线环中的 π^{\pm} 介子相互间电场力的牵制吸引作用，内部会自动调整到平衡状态。所以，令：

$$v_z = \sqrt{v_a^2 + v_{\theta}^2 + (K_r v_a)^2} \geq c \quad (14.1)$$

由 (1.2) 方程组、(1.5)、(2.1)、(2.12)、(2.13) 式，令波动角速度为 $\dot{\alpha}$ ，得： $v_a = \beta c$ 、 $v_{\theta} = \frac{\beta c}{\sqrt{N_a}}$ 、

$K_r v_a = K_r R_a \dot{\alpha} = \frac{K_r R_a \beta c}{2\pi R_a} = \frac{K_r \beta c}{2\pi}$ ，代入 (14.1) 式，得：

$$v_z = \beta c \sqrt{1 + \frac{1}{N_a} + \left(\frac{K_r}{2\pi}\right)^2} \geq c \quad (14.2)$$

当 $2.5 \leq N_a \leq 500$ 时，由表 2.1，对 π^{\pm} 介子，因 $1.13995 \times 10^{-5} \leq K_r \leq 16.8629 \times 10^{-5}$ ，所以：

$$v_z \approx \beta c \sqrt{1 + \frac{1}{N_a}} \geq c \quad (14.3)$$

由 (4.9)、(14.3) 式，经模拟计算得： $N_a \geq 388$ ， $v_z \leq 0.9999986639c$ ， $N_a \leq 387$ ， $v_z \geq 1.000001989c$ 。

由图 7.1、图 7.2 所示原子核内部结构图，假设第 5 层的高、低能粒子螺线环中的高能正、负 π^{\pm} 介子可以在低能粒子螺线环内继续往外围跃迁，并且在跃迁过程中，若该层粒子螺线环内质子、中子都是偶数个时，合磁矩始终为 0，则令： $N_{ad5} = 88$ ， $N_{ag5} = 388 \sim 391$ 。

参照 9.1 节 2~6 计算程序，由 (8.1) 式，我们计算比较高、低能粒子螺线环中正、负 π^{\pm} 介子对 $R_{\theta g5(\pi)}$ 、 $R_{\theta d5(\pi)}$ 的空间相容关系，计算结果见表 14.1。

原子核内稳定性参数计算结果比较表表 14.1

N_{ad5}	N_{ag5}	$R_{\theta d5(\pi)} \times 10^{-14} \text{m}$	$R_{\theta g5(\pi)} \times 10^{-14} \text{m}$
-----------	-----------	---	---

88	388	1.109875689	1.106463483
	390	1.109871285	1.109169534
	391	1.109869099	1.110519962

由 (14.3) 式、表 14.1 计算结果得： $388 \leq N_{ag5} \leq 390$ ，是原子核内第 5 层粒子螺线环层中高能正、负 π_g^{\pm} 介子对不稳定区间。所以，原子核内粒子螺线环层最多只能由 5 层组成。若底层并排高、低能粒子螺线环对最多为 6 对时，则由 (9.12) 式，原子核饱和时最多只能容纳 290 个核子，且第 6 层是不稳定的；若为 4 层，则饱和时为 234 个核子，与天然放射系起始核 ${}_{90}^{232}\text{Th}$ 、 ${}_{92}^{235}\text{U}$ 、 ${}_{92}^{238}\text{U}$ 相当，（后面将证明，分开的 a^{++} 粒子高、低能粒子螺线环在重原子核外自旋轴线上适当位置可以长期稳定存在）。

科学界曾预言核电荷数为 114 附近有一个稳定岛，它们对应的总核子数也在 290 左右。根据本小节的分析：原子核最多只能由 6 层粒子螺线环组成，饱和时只能容纳 290 个核子；超出必导致高低能正、负 π_g^{\pm} 介子对不稳定；所以，该预言必然失败。

14.1.2 原子核内核力稳定性分析

由 (7.2) 式计算结果和第 11~13 章原子核内部结构、核力平衡验证计算结果的综合比较可以看出：每个单独带电粒子螺线环中，沿自旋椭圆轨道半径方向的综合电、磁场力、离心力的相互作用都不必考虑。位于原子核自旋赤道平面上的各层带电粒子螺线环，只要核电荷分布对赤道平面两边对称，同样也不必考虑核电、磁场力。大多数 B 型结构的原子核，由于相邻的低能粒子螺线环层总体上对内侧低能粒子螺线环，都有镶嵌、克服核电场力的稳定作用。除底层第 1 层外，其它各层内侧的粒子螺线环自旋椭圆轨道切点处的安培力总体均大于核电场力。在底层，尤其是底层内侧的粒子螺线环自旋椭圆轨道切点处的安培力大多数都小于核电场力，靠并排粒子螺线环的整体电流安培力 $\Delta F_{\theta bj}$ 补充来维持核力平衡。由 (10.17) 式及第 11~13 章原子核内部结构、核力平衡验证计算结果比较可知：只要底层并排粒子螺线环中净剩的高、低能 π^{\pm} 介子往外侧迁移，核电场力 $F_{e\theta j}$ 将大幅度地增加，而整体安培力 $\Delta F_{\theta bj}$ 则大幅度减少，甚至为负值，原来为向内挤压的变为向外扩张，原子核底层的粒子螺线环核力就无法平衡。所以，沿自旋椭圆轨道轴向的带正电荷的电子 β^+ 、 a^{++} 粒子、 p^+ 质子的喷射衰变就无法避免了。详见 14.3、14.4 节计算实例。

14.2 原子核内粒子射线形成原理

14.2.1 原子核内粒子射线种类和形成趋势

实验室已探测到的原子核分裂衰变过程中发射的粒子射线有： a^{++} 粒子、 p^+ 质子、 n 中子、正、负电子 β^{\pm} 。另有 ε 轨道电子俘获，相当于反粒子正电子 β^+ 发射，本章归结到一起研究。

这些粒子射线形成的共同规律是：具有相同核电荷数的同位素，中子数最少或较少时，相当于核内净剩高能 π_g^+ 介子相对偏多，主要产生 a^{++} 粒子、 p^+ 质子、 β^+ 正电子射线和 ε 轨道电子俘获。随着中子数增多，主要产生 β^- 负电子和 n 中子射线。在原子核分裂衰变整个过程中，多数伴随着 γ 射线，总能量是守恒的，母核总是朝着能量逐步降低的方向自发进行的。14.1.1 节同一条粒子螺线环内 π^{\pm} 介子稳定性分析中已经提到， π^{\pm} 介子必须维持适当的比例，内部相互间隔、电场吸引力相互牵制才能维持平衡。所以，只有质子、中子维持适当的比例，将相对多余的高、低能 π^{\pm} 介子排斥出去，原子核才能最终维持稳定。

14.2.2 a⁺⁺粒子内部结构和参数计算

a⁺⁺粒子也就是 ${}^4_2\text{He}$ 原子核，实验测得原子能量为 4.00260326u，两个电子总电离能为 79.003ev^③。

由 (11.3) 式，得： $\sum {}^4_2\text{He} W_0 = 6.644661599 \times 10^{-27} \text{Kg}$ 。

由图 7.5 得：a⁺⁺粒子内由 6 个高能 π_g^+ 介子（其中净剩 4 个 π_g^+ 介子），8 个低能 π_d^+ 介子（其中净剩 2 个 π_d^+ 介子）组成。参照 11.2 节计算程序，如果我们将 a⁺⁺粒子设计成 B 型原子核，如图 14.1 所示，则由表 9.1、表 10.2 数据得：

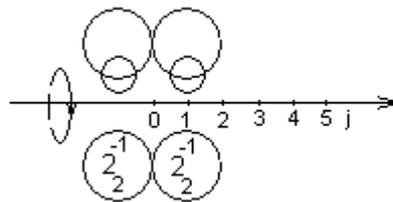


图 14.1 ${}^4_2\text{He}$ 原子核内核子、净剩 π^+ 介子分配示意图

$$V_a \quad V_b \\ 4 \quad -2$$

$$W_e = 8.941660379 \times 10^{-30} \text{Kg}$$

$$W_b = 1.53063327 \times 10^{-30} \text{Kg}$$

$$\sum {}^4_2\text{He} W_b = 6.619394948 \times 10^{-27} \text{Kg}$$

${}^4_2\text{He}$ 原子核内核力平衡验证计算结果表（图 14.1，单位：牛顿）表 14.2

$N \setminus j$ Nai	0	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计
F_{e0}	b	88.05890278					↑ 4.846944828
${}^{34}_{13} F_{b0}$		-14.26555798					
ΔF_{0b}		-68.94639997					

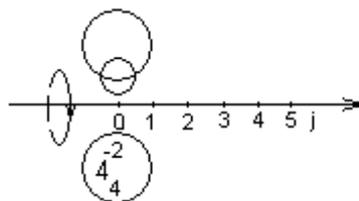


图 14.2 ${}^4_2\text{He}$ 原子核内核子、净剩 π^+ 介子分配示意图

$$V_a \quad V_b \\ 4 \quad -2$$

$$W_e = 1.744014049 \times 10^{-29} \text{ Kg}$$

$$W_b = 1.747945042 \times 10^{-30} \text{ Kg}$$

$$\sum {}^4_2\text{He}W_a = 6.62811074 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

若将 a^{++} 粒子设计成图 7.1 所示的 A 型原子核，只有一对粒子螺线环，见图 14.2。由 (7.2) 式可知，这时原子核不存在自旋轴向电、磁场力。由表 9.1、表 10.1 数据，求得 a^{++} 粒子能量见图 14.2 右侧。

比较上述两种 A、B 型 a^{++} 粒子原子核，显然都是稳定的，但是总能量已达最大值，没有进一步上调的余地。因为核电荷数 $2 \leq Z_i < 6$ 的原子核有可能是由中间一对高、低能粒子螺线环和边部“粘着”未“拆解”的质子、中子组成的，轴向核电场力由整体电流安培力来维持平衡，所以，我们可以令 a^{++} 粒子取 A 型核，

波动量子数 $N_{a1}=34/13$ 不变，并令： $\bar{m}_{d\alpha} = \bar{m}_{d1} \frac{\sum {}^4_2\text{He}W_0}{\sum {}^4_2\text{He}W_\alpha}$ ，在后续的计算分析中， a^{++} 粒子的能量直接取实验值： $\sum {}^4_2\text{He}W_0 = 6.644661599 \times 10^{-27} \text{ Kg}$ 。

14.2.3 原子核内 a^{++} 粒子和质子 P^+ 的发射机制

原子核、 a^{++} 粒子内都由高、低能 π^+ 介子组成。当底层的高、低能正、负 π^+ 介子由原子核自旋轴向喷射出来处于图 14.3 相对位置时，只要我们略去相对小的磁场相互作用力，则电场相互作用力就能使它们处于稳定的平衡状态。设原子核带 N_e 个核电荷，对 a^{++} 粒子，高能粒子螺线环净剩 4 个 π_g^+ 介子，低能净剩 2 个 π_d^+ 介子。由库仑定律得：

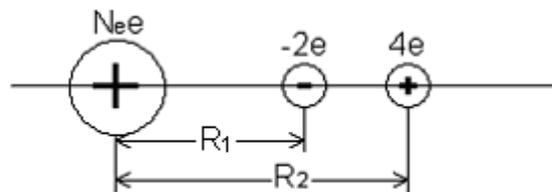


图 14.3 原子核与外边带电粒子电场力平衡示意图

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{2N_e e^2}{4\pi\epsilon_0 R_1^2 \sqrt{1 - \frac{\beta^2}{N_\alpha}}} &= \frac{8e^2}{4\pi\epsilon_0 (R_2 - R_1)^2 \sqrt{1 - \frac{\beta^2}{N_\alpha}}} & (14.4-1) \\ \frac{4N_e e^2}{4\pi\epsilon_0 R_2^2 \sqrt{1 - \frac{\beta^2}{N_\alpha}}} &= \frac{8e^2}{4\pi\epsilon_0 (R_2 - R_1)^2 \sqrt{1 - \frac{\beta^2}{N_\alpha}}} & (14.4-2) \end{aligned} \right.$$

解 (14.4) 方程组得： $\frac{R_2}{R_1} = \sqrt{2}$ 。就是说，只要组成 a^{++} 粒子的一对高、低能粒子螺线环在原子核自旋轴向外边与原子核保持 $\frac{R_2}{R_1} = \sqrt{2}$ 的相对距离，就能平稳地脱离原子核，或与原子核在自旋轴向某一位置长期处于平衡稳定状态。当高、低能粒子螺线环靠近结合成 a^{++} 粒子时，这种平衡被破坏，由于核电场力排斥作用，必将导致 a^{++} 粒子发射。

同理，由图 7.4，我们在设计“组装”原子核时将质子 p^+ 拆成 2 个高能 π_g^+ 介子，一个低能 π_d^+ 介子，

余下一对电偶极子以中微子或光子形式释放。根据 (14.4) 方程组的解, 只要两个高能 π_g^+ 介子、一个低能 π_d^- 介子组成的一对高、低能粒子螺线环, 沿原子核自旋轴向也保持 $R_2/R_1 = \sqrt{2}$ 的相对距离, 就也能与原子核保持平衡状态, 或平稳地脱离原子核。当核外高、低能粒子螺线环靠近时, 只要高能粒子螺线环中 2 个 π_g^+ 介子吸附中微子场中一个中微子, 同时释放一个正电荷粒子, 并与低能粒子螺线环中的 π_d^- 介子交换一个负电荷粒子, 由图 6.3、6.1 节可知: 这时质子 p^+ 就形成了。在核电场力作用下产生质子 p^+ 射线。因为质子发射主要发生在质子数大于中子数的不稳定轻原子核中, 尽管发射原理与上述的 a^{++} 粒子类似, 但发射过程中既要吸收中微子, 又要交换正、负电荷粒子, 转化过程要复杂的多, 以致出现多组质子发射能量, 单靠总能量守恒定律模拟计算无法揭示其详细过程, 后面不再深入研究。

此外, 对总核子数大于 234 的重原子核, 由第 5 层粒子螺线环内高、低能正、负 π_g^+ 介子对不稳定引起波动量子数 N_{ag5} 、 N_{ad5} 变化也可产生 a^{++} 粒子射线, 详见 14.3 节计算实例。

14.2.4 β^\pm 电子射线形成原理

原子核每发射一个负 β^- 电子, 母核总核子数维持不变, 核电荷数将增加 1, 相当于母核内一个中子会转化为质子。由图 7.4 可知, 将有一对低能 π_d^\pm 介子对中的 π_d^- 介子分裂成 β^- 电子和一个中微子或光子, 并将原来的大部分能量转移激发了另一个低能 π_d^+ 介子, 使其变成高能 π_g^+ 介子, 进入高能 π_g^+ 介子轨道, β^- 电子是依靠自身残余能量克服核电场力约束发射的。

同理, 原子核每发射一个 β^+ 正电子, 母核总核子数也维持不变, 核电荷数减少 1, 相当于母核内一个质子转化为中子。由图 7.4、 π^\pm 介子组成原理可知, 电偶极子数 n 由 2.5 个增至 6.5 个, 这时, 其中一个高能 π_g^+ 介子必须连续吸附 4 个中微子, 最终分裂、转化成一低能 π_d^\pm 介子和一个 β^+ 正电子发射。

ε 轨道电子俘获与发射 1 个正电子效果一样, 差别仅在于 1 个高能 π_g^+ 介子只要吸附中微子场中的一个中微子, 与被吸附的电子 β^- 一起转化为一对低能 π_d^\pm 介子对进入低能粒子螺线环轨道就可以了。

14.3 原子核内 a^{++} 粒子射线能量计算实例

14.3.1 核子数 $A_i \geq 234$ 的重原子核 a^{++} 粒子射线能量计算实例

核子总数 $A_i \geq 234$ 与 $A_i < 234$ 的原子核内 a^{++} 粒子射线形成原理不同。下面分别举例计算, 以 ${}_{92}^{236}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{232}\text{Th} + \alpha^{++}$ 为例:

${}_{92}^{236}\text{U}$ 原子总能量实验值为 236.045582u, K_{a2} 层电子电离能为 94648ev, 代入 (11.3) 式, 得:

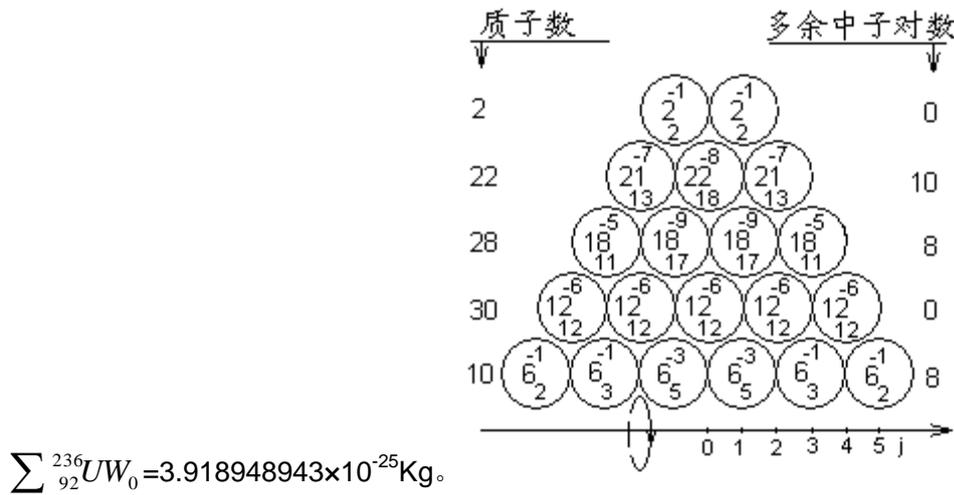


图 14.4 $^{236}_{92}U$ 原子核内核子、净剩 π^{\pm}

介子分配示意图

Va	10	4	10	8	20
	10	-6	6	-2	12
Vg	14	18	42	40	28
	4	24	-2	-12	24
Vm	86	74	56	78	68
	-12	-18	22	-10	18
Vs	112	104	90	94	
	-8	-14	4	2	

$$W_e = 1.857324426 \times 10^{-27} Kg$$

$$W_b = 1.43454811 \times 10^{-29} Kg$$

$$\sum_{92}^{236} U W_1 = 3.918949689 \times 10^{-25} Kg$$

以图 11.5 的 $^{232}_{90}Th$ 原子核内部结构、计算结果为参照标准。令多余的 4 个核子“拆解”的高、低能 π^{\pm} 介子全部进入第 5 层高、低能粒子螺旋环，见图 14.4，其总能量值见图左侧，核力平衡验证计算结果见表 14.3。

令 a^{++} 粒子的动能和 γ 射线总能量为 W_{ya} ，由总能量守恒定律得：

$$W_{r\alpha} = \sum_{92}^{236} U W_1 - \sum_{90}^{232} Th W_2 - \sum_2^4 He W_0 \quad (14.5)$$

$^{236}_{92}U$ 原子核内核力平衡验证计算结果表（图 14.4，单位：牛顿）表 14.3

j	1	2	3	4	5	核电、磁场力累计	
N_a							
88 $F_{e\theta}$	v. 29.25187949					↑ 	35.83711032
$F_{b\theta}$	-12.0969558						18.68218664
58 $F_{e\theta}$			t. 708.9523968				
$F_{b\theta}$			-831.5560456				

34 F _{eθ} F _{bθ}	n. 879.4710447 -1547.407343	p. 1134.620304 -859.6707462			141.2858354
16 F _{eθ} F _{bθ}		j. 1177.523760 -943.7382342	m. 332.5403448 -943.7382342		-133.6637224
F _{eθ} 34/13F _{bθ} ΔF _{θb}	b. 474.7645661 -128.3900195 -107.2499554	d. 360.3313781 -42.79667316 -153.2142221	i. -30.52020855 -14.26555772 -114.9106665		243.7486412

将上述相关值代入 (14.5) 式, 得: $W_{\gamma a1}=8.847259384 \times 10^{-30} \text{Kg}=4.962946 \text{Mev}$ 。实验室测定 α^{++} 粒子动能有 3 组, 分别为: 4.494(73.7%)、4.445(26%)、4.331(0.26%)Mev (强度)。另有 2 组 γ 射线, 能量为: 0.1716、0.2232Mev。

显然, α^{++} 粒子动能加权平均值为 4.4790386 Mev, 加上 γ 射线总能量 $W_{\gamma a0}=4.8738386 \text{Mev}$ 。与本模型计算值 $W_{\gamma a1}=4.962946 \text{Mev}$ 仅误差 0.08911Mev。我们还有理由推测这是原子核中磁场能量简化模拟计算的微小误差、实验误差或由同核异能素所致。

14.3.2 核子数 $A_i < 234$ 的原子核 α^{++} 粒子射线能量计算实例

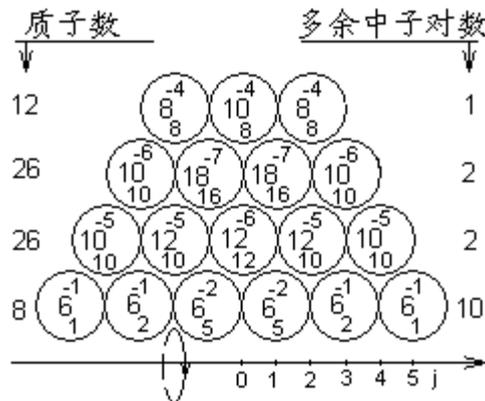


图 14.5 $^{174}_{72}\text{Hf}$ 原子核内核子、净剩 π^\pm

介子分配示意图

Va	Vb	Vc	Vd	Ve	Vf
10	-4	4	-2	12	-6
Vg	Vh	Vi	Vj	Vk	Vl
14	16	36	34	24	44
2	20	-2	-10	20	32
Vm	Vn	Vo	Vp	Vq	Vr
76	66	52	72	60	68
-10	-14	20	-12	8	16
Vs	Vt				
84	80				
-4	-8				

$$W_e = 1.230703829 \times 10^{-27} \text{Kg}$$

$$W_b = 9.375240045 \times 10^{-30} \text{Kg}$$

$$\sum_{72}^{174} \text{Hf} W_1 = 2.887756186 \times 10^{-25} \text{Kg}$$

以 $^{174}_{72}\text{Hf} \rightarrow ^{170}_{70}\text{Yb} + \alpha^{++}$ 为例:

$^{174}_{72}\text{Hf}$ 原子实验测定总能量值为 173.940140u, K_{a2} 层电子电离能为 54579ev, 代入 (11.3) 式, 得:

$$\sum_{72}^{174}\text{Hf}W_0 = 2.887760126 \times 10^{-25} \text{Kg}.$$

以图 12.3 的 $^{170}_{70}\text{Yb}$ 原子核内部结构、计算能量参数值为参照标准。令 4 个核子“拆解”的全部高、低能 π^{\pm} 介子都进入第 4 层高、低能粒子螺线环轨道, 见图 14.5, 原子核内核力平衡验证计算见表 14.4。

$^{174}_{74}\text{Hf}$ 原子核内核力平衡验证计算结果表 (图 14.5) 表 14.4

j Na	1 2 3 4 5				核电、磁场力累计	
58 F_{e0} F_{b0}	t. 348.9357215				↑ -201.7282867 -313.0765666 -270.9639579 143.7227494	
34 F_{e0} F_{b0}	n. 784.7660255 -936.0859236	p. 760.2467544 -802.3593631				
16 F_{e0} F_{b0}	j. 861.2937174 -786.4485285		m. 165.8418776 -655.3737738			
F_{e0} 34/13 F_{b0} ΔF_{0b}	b. 642.7725138 -57.06223088 -306.4284441	d. 237.204948 -28.53111544 -160.8749332	i. -146.1102978 -14.26555772 -22.98213331			

由 (14.4) 方程组的解, 可以看出: 只要第 4 层中高、低能 π^{\pm} 介子粒子螺线环局部集中, 就呈不稳定状态; 就能以 $R_2/R_1 = \sqrt{2}$ 的相对距离平稳地沿自旋轴向脱离原子核。由 (7.2) 式可知, 粒子螺线环自身具有收缩特性。当高、低能粒子螺线环一旦沿自旋轴向滑出原子核边沿, 内部失去支撑, 就必将迅速收缩至 $N_{a1}=34/13$ 的极限状态, 转化成 a^{++} 粒子型螺线环, 迁移到一定位置后组成 a^{++} 粒子。在整个衰变转化过程中, 由 (14.5) 式, a^{++} 粒子的动能 W_{a1} 为: $W_{a1} = 4.571712894 \times 10^{-30} \text{Kg} = 2.564542 \text{MeV}$ 。

实验测得 a^{++} 粒子的动能为 2.50MeV, 结果仍很吻合。

若我们微调图 14.5 所示 $^{174}_{74}\text{Hf}$ 原子核第 4 层粒子螺线环中的 π^{\pm} 介子分配状态, 从表 14.4 中可以看出, $^{174}_{74}\text{Hf}$ 原子核仍是稳定的, 设原子核电场能量系数变为:

$$\begin{matrix} 60 & 70 & 84 & 78 \\ Vq & Vr & Vs & Vt \\ 10 & 14 & -6 & -6 \end{matrix} \quad \sum_{72}^{174}\text{Hf}W_2 = 2.887756894 \times 10^{-25} \text{Kg}$$

显然, 这又是一个同核异能核素。读者可能会问: 表 14.4 显示, $^{174}_{74}\text{Hf}$ 原子核内核力是平衡稳定的, 为什么会衰变? 本章 14.1.1 节已经说明: 只有质子、中子维持适当的比例, 将多余的高、低能 π^{\pm} 介子排斥出去, 原子核才能最终稳定。

14.4 原子核内 β^{\pm} 电子射线能量计算实例

14.4.1 β^- 电子射线

β^- 电子射线出现在中子数较多的同位素中。原子核每发射一个 β^- 电子, 核电荷数就增大 1。我们以 $^{208}_{81}\text{Tl} \rightarrow ^{208}_{82}\text{Pb} + \beta^- + \gamma$ 为例, 因笔者未查阅到相关 $^{208}_{81}\text{Tl}$ 原子核的磁矩值, 且质子数与 $^{194}_{79}\text{Au}$ 原子核接近, 中子也都是奇数, 所以, 参照图 13.2, $^{208}_{81}\text{Tl}$ 原子核的磁矩, 也取 $0.07325U_p$ 。

$^{208}_{81}Tl$ 原子实验测定总能量为 207.982019u, K_{a2} 层电子电离能 70820ev。由 (11.3) 式, 得:

$$\sum_{81}^{208} TIW_0 = 3.452989435 \times 10^{-25} Kg. \text{ 磁矩合成方案见 (13.2) 式, 能量增量为 } \Delta \bar{m} = 6.0811736 \times 10^{-30} Kg.$$

设计 $^{208}_{81}Tl$ 原子核内部结构见图 14.6, 核力平衡验证计算结果见表 14.5。

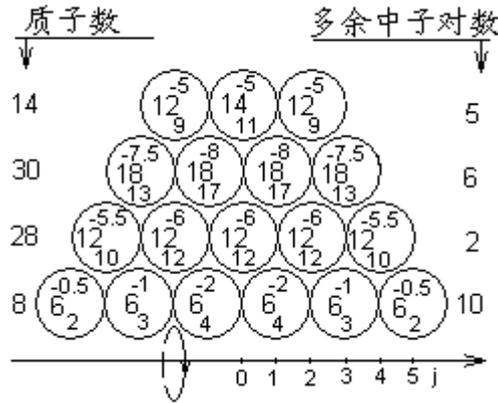


图 14.6 $^{208}_{81}Tl$ 原子核内核子、净剩 π^\pm 介子分配示意图

Va	8	4	10	8	20
	8	-4	6	-2	12
Vg	14	18	42	41	29
	4	24	-1	-12	20
Vm	83	72	56	82	67
	-11	-16	26	-15	11
Vs	96	91			
	-5	-10			

$$W_e = 1.524426978 \times 10^{-27} Kg$$

$$W_b = 1.218929001 \times 10^{-29} Kg$$

$$\sum_{81}^{208} TIW_1 = 3.45298393 \times 10^{-25} Kg$$

$^{208}_{81}Tl$ 原子核内核力平衡验证计算结果表 (14.6) 表 14.5

j Na	1 2 3 4 5					核电、磁场力 累计	
	58 F_{e0} F_{b0}	t. 417.1960228					↑
34 F_{e0} F_{b0}	n. 888.2357196	p. 1130.857688				-90.21239694	
16 F_{e0} F_{b0}	j. 1149.598326		m. 101.7291581			-74.84242294	
F_{e0} 34/13 F_{b0}	b. 352.2356112	d. 360.3313781		i. 138.6064441		482.6617085	
ΔF_{e0}	-57.06223088	-28.53111544		-7.13277886			
	-45.96426662	-95.75888879		-134.0624443			

据 14.2

节论述 β^- 电子射线发射机制，设母核为图 14.6 所示，由 ${}^{208}_{81}\text{Tl}$ 状态就开始 β^- 衰变，并且由能量最低的 $\pi\pi^+$ 处发射，一对低能 $\pi\pi_{d4}^{\pm} \rightarrow \pi\pi_{g4}^{\pm} + \beta^- + \gamma(\nu)$ ，我们暂不考虑电子动能、中微子(ν)或光子 γ 能量，则由表 13.3 得：

$\Delta\bar{M} = -3.20680973 \times 10^{-30} \text{Kg}$ 。电、磁场能量参数变化如下：

$$\dots\dots \begin{matrix} 78 & 97 & 92 \\ V_r & V_s & V_t \\ 19 & -5 & -10 \end{matrix} \quad W_e = 1.551134156 \times 10^{-27} \text{Kg}$$

$$W_b = 1.219994669 \times 10^{-29} \text{Kg}, \quad \sum {}^{208}_{82}\text{Pb}W_3 = 3.45321904 \times 10^{-25} \text{Kg}。$$

比较得：子核和衰变产物总能量大于母核 $3.246461415 \times 10^{-29} \text{Kg}$ ，违反总能量守恒定律，所以不会发生。

若由图 14.6 所示的 ${}^{208}_{81}\text{Tl}$ 母核，通过内部 π^{\pm} 介子、中子的全面调整至 ${}^{208}_{(82)}\text{Pb}$ 核激发态，再发射一个 β^- 电子后完全转化为图 11.3 所示的 ${}^{208}_{82}\text{Pb}$ 原子核，既第 4 层粒子螺线环中： $t \pi^{\pm} \rightarrow r \pi^{\pm} + \beta^- + \gamma(\nu)$ 。

由图 11.3 所示，激发态的电、磁场能量参数变化如下：

$$\dots\dots \begin{matrix} 80 & 95 & 89 \\ V_r & V_s & V_t \\ 15 & -6 & -8 \end{matrix} \quad W_e = 1.522497937 \times 10^{-27} \text{Kg}$$

$$W_b = 9.803396807 \times 10^{-30} \text{Kg}$$

$$\sum {}^{208}_{(82)}\text{Pb}W = 3.452627495 \times 10^{-25} \text{Kg}$$

比较得： $\sum {}^{208}_{(82)}\text{Pb}W$ 的激发态总能量小于最终稳定的子核 $\sum {}^{208}_{82}\text{Pb}W_3$ 的总能量 $\Delta W = 2.66898609 \times 10^{-29} \text{Kg}$ ，所以，这种分裂衰变也不会发生。

综上所述，原子核的粒子射线并不局限于母核的初始状态或子核的激发态才发射。它应在母核向子核转化衰变，内部 π^{\pm} 介子、中子分布状态充分调整过程中某些同核异能素区间才发射。粒子发射前后总能量 $\sum W_i$ 应相等，并处于母核与子核总能量值之间，这就是本书第 13 章 γ 射线能谱计算中采用母核为能量参照标准的原因。

根据实验测定的 β^- 射线能量和稳定的子核 ${}^{208}_{82}\text{Pb}W$ 图 11.3 所示的能量状态，经模拟计算得：图 14.7 所示的 ${}^{208}_{81}\text{Tl}$ 原子核衰变过程中的同核异能素，是理想发射区间。

令： $\bar{m}_{g2}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{g1}^{\pm}$ ，则： $\sum {}^{208}_{81}\text{Tl}W_3 = 3.45294119 \times 10^{-25} \text{Kg}$ 。

当它在 s 位置发射一个 β^- 电子时，通过： $s\pi^{\pm} \rightarrow q\pi^{\pm} + \beta^- + \gamma(\nu)$ ； $\bar{m}_{g1}^{\pm} \rightarrow \bar{m}_{g2}^{\pm}$ ；

a 向 c 位置高能 π_{g1}^{\pm} 介子扩散调整： $2a\pi^{\pm} \rightarrow 2c\pi^{\pm}$ ；

3 个过程协调同时进行，就可完成 β^- 电子发射， ${}^{208}_{81}\text{Tl}$ 同核异能素就转化为稳定的子核 ${}^{208}_{82}\text{Pb}$ ，如图 11.3 所示。请注意：如果我们将 $s\pi^{\pm} \rightarrow q\pi^{\pm} + \beta^- + \gamma(\nu)$ 封闭起来单独考虑，则由此产生的电子动能：

$$\Delta\bar{m} = 3.20680973 \times 10^{-30} \text{Kg} = 1.798888 \text{MeV}。$$

若不计中微子或光子能量，与实验值 1.7950 Mev(50%)的那个能级相当吻合。

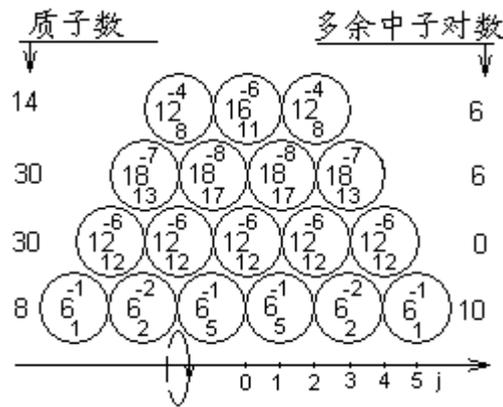


图 14.7 $^{208}_{81}\text{Tl}$ 原子核内核子、净剩 π^+

介子分配示意图

Va	10	Vb	8	Vc	12	Vd	8	Ve	20
10	-2	4	-4	12	-6				
Vg	14	Vh	16	Vi	40	Vj	38	Vk	26
2	24	-2	-12	24	34				
Vm	84	Vn	72	Vo	56	Vp	82	Vq	68
-12	-16	26	-14	11	16				
Vs	95	Vt	89						
-6	-8								

$$W_e = 1.542121382 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$W_b = 9.803396811 \times 10^{-30} \text{ Kg}$$

$$\sum_{81}^{208}\text{Tl}W_2 = 3.45282373 \times 10^{-25} \text{ Kg}$$

因为整个原子核是一个全由电、磁场构成的总能量系统。内部某一位置的 π^+ 介子、中子分布状态的调整都将导致能量改变。这种调整不局限于某一位置、某一步骤，可以多个位置、多个步骤同时进行。这就导致粒子射线、 γ 射线的多样化和复杂化。

本书对原子核自旋运动方向的总磁场能量采用螺线管磁场简化方式计算，不考虑沿自旋轴向电荷密度变化导致的电流强度、磁场强度变化。虽然磁场总能量一般只占原子核总能量千万分之几，不影响原子核总能量的计算精度，但却能影响粒子射线、 γ 射线能量模拟计算的精度，请读者见谅。

14.4.2 β^+ 电子射线和 ϵ 轨道电子俘获

β^+ 电子射线和 ϵ 轨道电子俘获对原子核所起的作用一样，这就是相当一部分的原子核同时具有这两种衰变现象原因。母核的总核子数都维持不变，核电荷数减 1。相当于核内一个质子转变为中子，衰变反应的粒子方程可表示为：

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta^+ : \pi_g^+ + 4\nu \rightarrow \pi_d^+ + \beta^+ \end{array} \right. \quad (14.6-1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \epsilon : \pi_g^+ + \nu + \beta^- \rightarrow \pi_d^+ \end{array} \right. \quad (14.6-2)$$

以 ${}^{194}_{79}\text{Au} \rightarrow {}^{194}_{78}\text{Pt} + \beta^+$ 衰变过程为例，母核、子核内部结构、能量、参数计算值见图 13.2、表 13.1 和图 13.3、表 13.2。假如衰变也是在能量变化最小处第 4 层粒子螺线管外侧 r、t 处发生的，则由表 13.3 的各层高、低能 π^+ 介子原始波动能值，代入 (14.6) 方程组，算得粒子衰变转化过程中能量增量分别为： $\Delta\bar{m}_{\beta^+} = 5.02868767 \times 10^{-30} \text{Kg}$ ， $\Delta\bar{m}_{\varepsilon_4} = 3.20680973 \times 10^{-30} \text{Kg}$ 。

(暂不考虑电子动能、光子或中微子能量)

假如直接由图 13.2 所示的 ${}^{194}_{79}\text{Au}$ 原子核 r、t 位置发生 β^+ 电子衰变，则电、磁场能量参数变化为：

$$\begin{array}{ccc} \dots\dots\dots & \begin{matrix} 74 & 97 & 90 \\ V_r & V_S & V_t \\ 23 & -7 & -12 \end{matrix} & \begin{aligned} W_e &= 1.375543122 \times 10^{-27} \text{Kg} \\ W_b &= 7.817404549 \times 10^{-30} \text{Kg} \\ \sum {}^{194}_{78}\text{Pt}W_2 &= 3.220039883 \times 10^{-25} \text{Kg} \end{aligned} \end{array}$$

小于图 13.3 所示的子核 $\sum {}^{194}_{78}\text{Pt}W_1$ 能值 $1.7405427 \times 10^{-29} \text{Kg}$ ，所以，这种衰变现象不会发生。

同理，若由图 13.3 所示的 ${}^{194}_{(78)}\text{Pt}$ 激发态发生辐射，电、磁场能量参数变为：

$$\begin{array}{ccc} \dots\dots\dots & \begin{matrix} 74 & 93 & 89 \\ V_r & V_S & V_t \\ 19 & -4 & -10 \end{matrix} & \begin{aligned} W_e &= 1.418615891 \times 10^{-27} \text{Kg} \\ W_b &= 9.484283676 \times 10^{-30} \text{Kg} \\ \sum {}^{194}_{(78)}\text{Pt}W_3 &= 3.220521571 \times 10^{-25} \text{Kg} \end{aligned} \end{array}$$

大于母核能量 $\sum {}^{194}_{79}\text{Au}W_1$ 值 $2.74095268 \times 10^{-29} \text{Kg}$ ，显然，这种到最后激发态才辐射 β^+ 电子现象也不会发生。

所以，我们仍应在 ${}^{194}_{79}\text{Au} \rightarrow {}^{194}_{78}\text{Pt} + \beta^+$ 的原子核衰变过程同核异能素中寻找过渡的 β^+ 电子发射区的母核。以实验测定 β^+ 电子动能和稳定的子核如图 13.3 所示的内部结构、能量为参照标准，模拟计算的 ${}^{194}_{79}\text{Au}$ 母核、发射 β^+ 电子前后同核异能素的结构见图 14.8、图 14.9。

β^+ 电子发射过程和相关的 π_g^+ 介子变化调整过程如下：

$$q\pi^+ + 4\nu \rightarrow s\pi^+ + \beta^+、4k\pi^+ \rightarrow 4h\pi^+、2o\pi^+ \rightarrow 2l\pi^+、2q\pi^+ \rightarrow 2r\pi^+$$

因为 β^+ 正电子发射过程要连续吸收 4 个中微子，自然必需有个过程，所以后面 3 个高能 π_g^+ 介子的调整步骤可以一起进行。由总能量守恒定律，电子动能为 W_{ev} ，则：

$$W_{ev} = \sum {}^{194}_{79}\text{Au}W_3 - \sum {}^{194}_{78}\text{Pt}W_3 - m_{e0} = 1.226553 \text{Mev}$$

实验值为 1.230MeV，吻合得很好。

从上面分析计算中可以看出：我们通过模拟计算虽然只找到一组电子动能参数，并且还存在着微小的误差，但在现有的认识水平上，已经足以说明问题。若以 13.2 节中 $\sum {}^{194}_{79}\text{Au}W_0$ 、 $\sum {}^{194}_{78}\text{Pt}W_0$ 实验室计算的能量，以二者之差，再减去电子静止能量 m_{e0} ，最大电子动能为 1.3336MeV，仍小于最大电子动能实验值 1.487MeV，尚不计 γ 射线能量。显然，这主要由同核异能素、螺线管磁场能量简化计算等引起的误差。

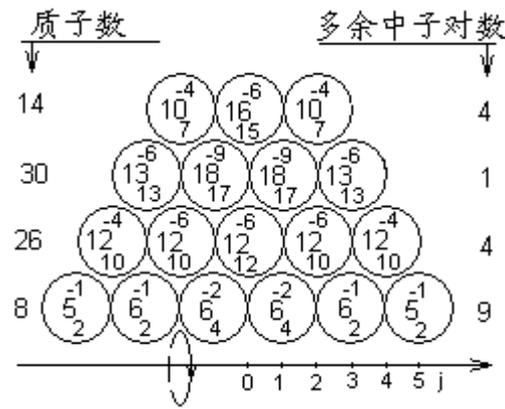
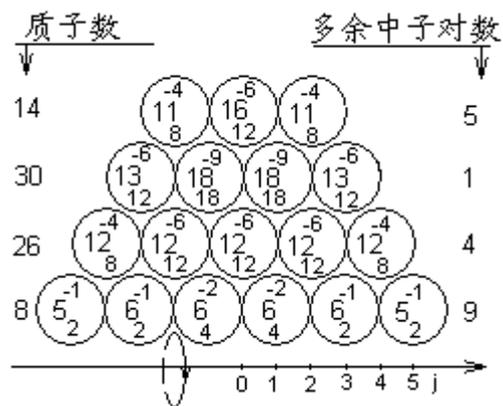


图 14.8 $^{194}_{79}\text{Au}$ 原子核内核子、净剩 π^{\pm}

介子分配示意图

V_a	V_b	V_c	V_d	V_e	V_f
8	-4	4	-2	12	-6
V_g	V_h	V_i	V_j	V_k	V_l
12	16	36	34	22	42
4	20	-2	-12	20	34
V_m	V_n	V_o	V_p	V_q	V_r
76	68	50	76	64	79
-8	-18	26	-12	15	14
V_s	V_t				
93	87				
-6	-8				



$$W_e = 1.400149869 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$W_b = 9.484283679 \times 10^{-30} \text{ Kg}$$

$$\sum_{79}^{194}\text{Au}W_3 = 3.220245447 \times 10^{-25} \text{ Kg}$$

图 14.9 $^{194}_{78}\text{Pt}$ 原子核内核子、净剩 π^{\pm}

介子分配示意图

V_a	V_b	V_c	V_d	V_e	V_f
8	-4	4	-2	12	-6
V_g	V_h	V_i	V_j	V_k	V_l
12	16	40	38	26	42
4	24	-2	-12	16	36
V_m	V_n	V_o	V_p	V_q	V_r
78	70	52	76	64	76
-8	-18	24	-12	12	16
V_s	V_t				
92	86				
-6	-8				

$$W_e = 1.392944360 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$W_b = 9.474618808 \times 10^{-30} \text{ Kg}$$

$$\sum_{78}^{194} PtW_3 = 3.220214472 \times 10^{-25} \text{ Kg}$$