

形成原子核群子结构的四项原理及其等腰三角形核素周期律

金日光

(北京化工大学材料科学与工程学院, 北京 100029)

摘要: 根据第四统计力学——JRG 群子统计理论, 首次提出了形成原子核结构的四项原理及相应的原子核周期律。这四项原理为: 一是原子核有群子结构单元; 二是形成原子核时群子通过热核聚合反应过程使核素结构有严格的排列顺序; 三是原子核内群子结构间有动态共振作用; 四是偶数群子稳定, 而非偶数群子是引起总角动量和 $^+$, $^-$ 衰变的根源。基于上述四项原理, 提出了核群子结构基本单元有 (PB), (PB₂), (P₂B₃), 并随着质子数 Z 的增加, 核群子结构由 (PB)_k 过渡到 (PB)_k(P₂B₃)_l; 由 (PB)_n(PB₂)_m 过渡到 (P₂B₃)_s(PB₂)_t。从而导出了 $k(-t) = 2n(s) - Z$, $k(-t) = Z - 2l(m)$ 的关系式。基于此, 可以画出等腰三角形原子核群子周期律。还发现, 不管 A , N , Z 如何变化, 有下列严格关系式:

$$\frac{Z}{N} = \frac{n+m}{n+2m} \text{ 或 } \frac{Z}{N} = \frac{k+l}{k+3l}$$

并且 $Z = n + l$ 。此公式高度地反映了所有原子核内质子和中子分布的整数规律。还可以通过等腰三角形周期律得知: k, l, m, n, s, t 均与核素群子 (PB), (PB₂), (P₂B₃), (P₃B₄) 的 2, 3, 5, 7 整数倍有关。

关键词: 原子核; 群子结构; 原子核形成原理; 核素等腰三角形周期律

中图分类号: O571.2

引言

作者继 Maxwell-Boltzmann 统计力学理论、Bose-Einstein 统计理论和 Fermi-Dirac 统计力学理论之后, 提出了第四统计力学——JRG 群子统计理论^[1,2]。这一理论指明: 任何事物以群对群的形式共存时, 必然会有介于整体和个体之间, 由若干个双方个体组成的群子; 原子核由质子(P)和中子(B)群来组成, 因此也不例外。作者基于这样的观点发现了自然界所有同位素原子核确实存在着群子结构, 决定着原子核的许多性质, 如总角动量、原子核的质子(P)和中子(B)的整数化、 $^+$ 和 $^-$ 衰变、铀 235 的不对称性裂变等。从而, 作者发现了下列形成原子核的四项原理。

1 四项基本原理

第一原理 原子核有基本群子

作者 1985 年提出原子核核子“溶液”中存在核

群子结构的概念^[2], 即所有原子核不管其质量数 (A) 如何, 都以 (PB), (P₂B₃), (PB₂) 等作为其核反应的“种子”核群子结构单元, 形成 (PB)_k, (PB)_{k+l=n}, (P₂B₃)_l, (PB₂)_m 的基本群子。其中对稳定原子核 $k = 0, 1, 2, 3 \dots, 28$; $l = 0, 1, 2, 3 \dots, 44$; $m = 0, 1, 2, 3 \dots, 44$ 。

第二原理 形成原子核时群子有严格的顺序

在原子核中当质子间正电荷排斥力还不大时, 首先形成 (PB)_k ($N/Z = 1$, N 为中子数), 然后进一步变为过渡型群子 (P₂B₃)_l^{*} ($N/Z = 1.5$), 进行热核聚合反应, 形成 (PB)_k(P₂B₃)_l。随着质子数的进一步增加, 最终过渡到 (P₂B₃)_s^{*}(PB₂)_t 的结构; 其不可避免地存在着逆过程, 如 (PB₂)_m 作为起点时, 群子中有过量的中子, 不利于核稳定性, 接下去同 (P₂B₃)_l 发生热核聚合。故一切原子核的群子的通式为:

$$(PB)_k(P_2B_3)_l^*(PB_2)_t$$

第三原理 原子核内群子结构间有动态的共振作用

$$(PB)_k(P_2B_3)_l^* \longleftrightarrow (PB)_n(PB_2)_m$$

其中: $n = k + l$ 。通常最后一个 PB 可以提供的角

收稿日期: 1999-08-30

基金项目: 原国家教委博士点资助项目 (12260530)

第一作者: 男, 1933 年生, 教授

动量为 $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$, PB_2 提供的角动量为 $\frac{1}{2}$ 。至于 $(P_2B_3)^*$ 是个不稳定群子, 并不完全与 ${}^5_2\text{He}_3$ 相同, 已知 ${}^5_2\text{He}_3$ 角动量为 $\frac{3}{2}$, 而处于热核聚合状态的过渡态 $(P_2B_3)^* \rightarrow (P_2B_2)^* + B^*$ 的角动量贡献值绝大部分为 $0 + \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$ 。在特殊情形下, 可以表现为类似 ${}^5_2\text{He}_3$, 具有 $\frac{3}{2}$ 的角动量, 对此将在另一文中详细讨论。

第四原理 当 k, l, n, m 为奇数时, 原子核处于不稳定状态, 这样必然产生偶数化倾向

在 $(PB)_k, (PB)_n, (PB_3)_l, (P_2B_2)_m$ 中也会出现 k, l 或 n, m 为奇数的情形。此时奇数离偶数接近的“多余”的若干个群子决定着原子核的总角动量及其原子核的形状。有关这四项原理的具体表现将在本文及后续的论文中作具体的讨论。

2 同位素原子核周期律的特征

在稳定的原子核素^[3~7]中原子质量最大的有 ${}^{208}_{82}\text{Pb}_{126}$, 由于相同原子质量的原子核素有时有两个以上, 所以, 实际存在的稳定原子核有近 300 个。这样多的原子核有没有象门捷列夫元素周期律那样有一个周期律呢? 对此世界各国核研究人员都在研究, 但尚无完整的核素周期律。作者根据第四统计力学——JRG 群子统计理论观点^[1, 2], 提出了原子核内有亚微群子结构的见解, 并发现这些群子的分布有等腰三角形周期律。

2.1 原子核的群子结构参数

2.1.1 核群子结构单元

(1) 当质子不多时, 质子和中子容易形成 $(PB)_k$ 型核群子(维持 $N/Z=1$) $Z=K, N=K$ 。

(2) 当质子数增加时, 由于质子间排斥力的存在, 以 $(PB)_k$ 为中心, 填加 $(P_2B_3)_l$ 型核群子(维持 $N/Z=1$ 至 1.5)。此时如果笼统地看有 $(PB)_n(PB_2)_m$ 形核群子, 可从 $(PB)_k(P_2B_3)_l, (PB)_n(PB_2)_m$ 结构得:

$$\begin{aligned} k &= 3Z - 2N, & l &= N - Z, & Z &= k + 2l, \\ N &= k + 3l \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} n &= 2Z - N, & m &= N - Z, & Z &= n + m, \\ N &= n + 2m \end{aligned} \quad (2)$$

(3) 当质子数更多时, $(PB)_k$ 中 k 值继续下降, l 值增加至 $k=0$ 时最终形成 $(P_2B_3)_l$ 或 $(P_2B_3)_{n=m}$

的核群子, 此时 $N/Z=1.5; Z=2n, N=3n$ 。

(4) 当质子数再增加时, 又有新的核群子 (PB_2) 增加进来, 形成下列结构:

$$(P_2B_3)_s(PB_2)_t \rightarrow (PB)_s(PB_2)_{s+t}。$$

(5) 当 $s=t$ 时, 又可以形成 $(P_2B_5)_s$ 核群子 ($N/Z=1.66$), 但尚无这一类核群子的稳定原子核, 只有超重核素具有这种特性。

实际存在的稳定的原子核只有 (1) ~ (4) 的情形, 即 $N/Z=1 \sim 1.6$ 。从近 300 个稳定原子核来看绝大部分属于 $(PB)_k(P_2B_3)_l, (PB)_n(P_2B_3)_m$ 及 $(P_2B_3)_s(PB_2)_t$ 结构。由上述的一组方程式出发, 只要给出 Z, N 值, 很容易算出 k, l, n, m 值。例如: ${}^{86}_{38}\text{Sr}_{48}, k=18, l=10, n=28, m=10$, 故原子核群子结构为 $(PB)_{18}(P_2B_3)_{10} = (PB)_{28}(PB_2)_{10}$ 。又如 ${}^{208}_{82}\text{Pb}_{126}$, 但 $t=6, s=38$, 故为 $(PB)_{38}(PB_2)_6$ 。

2.1.2 核素周期方程及周期表 由上述讨论可以发现下列关系式:

$$k(-t) = 2n(s) - Z \quad (3)$$

$$k(-t) = Z - 2m(l) \quad (4)$$

显然, $k(-t)$ 与 $n(s), l(m)$ 之间有简单的线性关系, 且 $n(s), l(m)$ 为直线的截距, 故可以画出下列 $Z-k$ 等腰三角形周期表(图 1)。

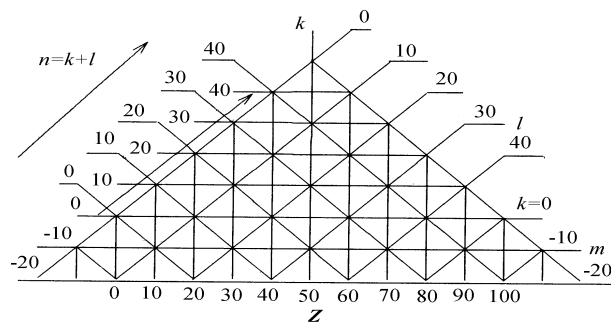


图 1 等腰三角形核周期表的 $Z-k$ 坐标系统

Fig. 1 The $Z-k$ system of isosceles triangle periodic law of nucleon

根据所有稳定原子核的 k, l, n, m, s, t 值, 画入上述等腰三角形中。其中由于存在 $Z=n+l, N=n+2l$ 的关系, 故 Z 趋向 50 时, 在中轴上所能出现的整数 k 值最多, 故 $Z=50$ 时, 同位素最多, 是由原子核周期律所表现的必然结果, 这也正是反映了为什么原子核中 $Z=50, N=50$ 作为重要的原子核幻数的原因; 而 $Z>50$ 时或 $Z<50$ 时, 所

出现的整数 k 值少，故相应的同位素就少。

基于以上原理，可以画出以质子为中心的等腰三角形原子核群子周期律表(图 2)。

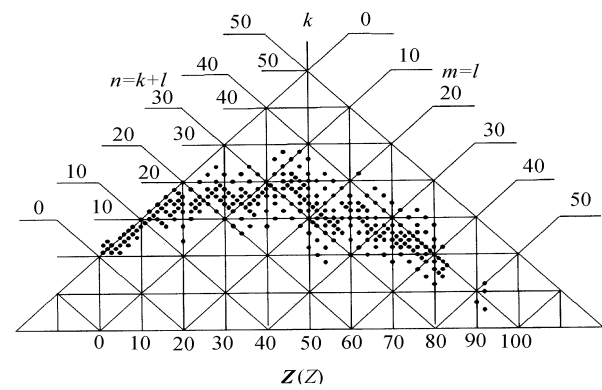


图 2 天然同位素等腰三角形核素周期表的示意图

Fig.2 The nuclear isosceles triangle periodic law of natural isotops

图 2 中每一个 (·) 代表着每一稳定原子核群子结构参数(图 3)。

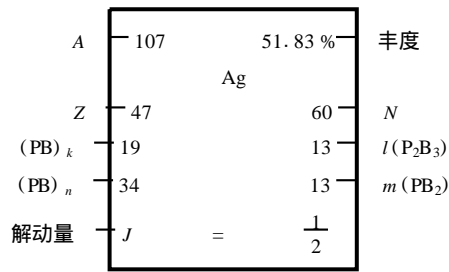


图 3 核素周期表中 (·) 的实际内容

Fig.3 The content of symbol (·) in the isosceles triangle law of nuclein

由图 2 可以看出， Z 为幻数时，每一个幻数所对应的同位素数量相当多。同样方法可以画出同中子素排列方式较为突出，所以等腰三角形核素周期律再次证实了核素是客观存在的。作者用同样的方法画出 $k-N$ 同中子素的等腰三角形核素周期表，因其没有太大的新意在此从略。

3 核群子结构的特征

3.1 群子结构的周期性

由图 2 可见 $k=0, 1, 2, \dots, 28$ ，具有周期性质，即每过一个周期又回到原来同位素的另一个原子核，是平行于 $Z(Z)$ ，构成严格的周期关系。下

面按每一个周期填入不同 (P_2B_3) 的各种原子核的分布见表 1。

表 1 k 周期与原子核分布

Table 1 The nuclein distribution of periodic (k)

k	A	k	A	k	A
0	8	9	5	18	16
1	4	10	21	19	4
2	14	11	4	20	13
3	5	12	22	21	1
4	14	13	8	22	10
5	6	14	23	23	无
6	17	15	9	24	4
7	5	16	22	25	无
8	20	17	6	26	3
9	5	18	16	27	无
				28	2

由表 1 可见 k 为偶数时 $(P_2B_3)^*$ 填入进去的原子核素突增，形象地看有下列图形(图 4)。

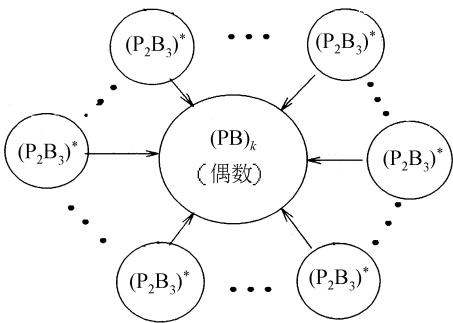


图 4 以 $(PB)_k$ 为中心的原子核群子结构

Fig.4 Nuclear sub-cluster structure of $(PB)_k$ center

由此，可以看出在 k 系列周期中， $k=0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22$ ，具有特殊意义，尤其 $k=10, 12, 14, 16$ 时尤为突出。这种数与原子核幻数 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126 有密切关系，对此在另一文中详细讨论。同样道理，当 $(PB)_n$ 作为中心填入 (PB_2) 时，也可以得到表 2 结果。

由表 2 可见： $n=20, 22, 24, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42$ 周期中原子核分布多， $n=36, 38$ 时尤其多，这些数均与 $(2 \times l), 5 \times 4, 6 \times 4, 4 \times 7, 5 \times 6, 4 \times 8, 6 \times 6, 5 \times 8, 6 \times 7$ 等数有关。同样也可以观察一下相同的 $(P_2B_3)_l$ 或 $(PB_2)_m$ 的条件下，所填入的 (PB) 情况(表 3)。

表 2 n 周期与原子核分布Table 2 The nuclein distribution of periodic(n)

N	A	N	不同 A	n	不同 A	N	不同 A
1	1	12	5	23	3	34	12
2	2	13	1	24	5	35	4
3	2	14	6	25	2	36	23
4	2	15	1	26	10	37	8
5	2	16	6	27	1	38	24
6	3	17	3	28	12	39	9
7	2	18	7	29	2	40	15
8	3	19	3	30	14	41	2
9	1	20	9	31	7	42	10
10	3	21	1	32	19	43	0
11	4	22	10	33	8	44	3

表 3 l, m 周期与原子核分布Table 3 The nuclein distribution of periodic(l, m)

l, m	A	l, m	A	l, m	不同 A	l, m	A
0	13						
1	16	12	10	23	6	34	8
2	13	13	6	24	10	35	5
3	5	14	8	25	5	36	6
4	9	15	4	26	9	37	3
5	8	16	8	27	2	38	4
6	9	17	3	28	6	39	4
7	3	18	6	29	3	40	4
8	6	19	3	30	7	41	2
9	5	20	7	31	5	42	3
10	10	21	4	32	7	43	3
11	9	22	6	33	3	44	2

由表 3 可见： l, m 为 0, 2, 4, 6, 8, 10, ..., 44 等偶数值时，含有(PB)的原子核很多； k, l, m, n 与 2, 3, 5, 7 的偶数倍数有密切的关系。总之与(P₂B), (PB₂), (P₂B₃), (P₃B₄)核群子结构及原子核幻数的存在有密切的关系。

3.2 核群子与原子核组成关系

最有意义的是，不管 A, Z, N 多大，这些群子数之比(n/m)或 k/l 与 Z/N 有严格的数学关系：

$$\frac{n}{m} = \frac{2Z - N}{N - Z} \text{ 或 } \frac{Z}{N} = \frac{n + m}{n - 2m} \quad (5)$$

$$\frac{k}{l} = \frac{3Z - 2N}{N - Z} \text{ 或 } \frac{Z}{N} = \frac{k + l}{k + 2l} \quad (6)$$

这种简单的关系式在原子核物理学中，是从没有的。从方程可见： $A = Z + N = (Z - 2) + (N + 2)$ 时，对 k, l, m, n 有很大的影响，例如 $^{48}_{20}\text{Ca}_{28}$ 的核群子结构为(PB)₄(P₂B₃)₈，而 $^{48}_{22}\text{Ti}_{26}$ 群子结构为(PB)₁₄(P₂B₃)₄等等。

至于原子核幻数 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126 的出现本质上看也是由于原子核内存在着(PB)、(PB₂)、(P₂B₃)、(P₃B₄)等核群子单元的存在有密切关系。对此将另文详细探讨，这里仅举同位素最多的 Sn 为例。

表 4 质子数为 50 的 Sn 同位素的群子数

Table 4 The subcluster number including 50 protons in Sn nuclein

	$^{112}_{50}\text{Sn}_{62}$	$^{114}_{50}\text{Sn}_{64}$	$^{115}_{50}\text{Sn}_{65}$	$^{116}_{50}\text{Sn}_{66}$	$^{117}_{50}\text{Sn}_{67}$	$^{118}_{50}\text{Sn}_{68}$	$^{119}_{50}\text{Sn}_{69}$	$^{120}_{50}\text{Sn}_{70}$	$^{122}_{50}\text{Sn}_{72}$	$^{124}_{50}\text{Sn}_{74}$
n	38	36	35	34	33	32	31	30	28	26
m	12	14	15	16	17	18	19	20	22	24
k	26	22	20	18	16	14	12	10	6	2
l	12	14	15	16	17	18	19	20	22	24

从表 4 可见：群子数都与(PB), (PB₂)(P₂B₃), (P₃B₄)的 2, 3, 5, 7 的倍数有关。具有 15, 17, 19 的奇数群子数的核分别是 14 + 1, 16 + 1, 18 + 1, 即与稳定的偶数群子数相关，多出的 1 个(P₂B₃)^{*}，提供角动量 1/2。这正是指出了 $Z = 50$ 的所有偶-奇同位素的角动量为什么只有 1/2 的根本原因。

由以上的讨论中也可看出， k, l, m, n, s, t 尽可能满足核群子结构的对称性，例如 $^{42}_{20}\text{Ca}_{22}$, $n = 18, m = 2, k = 16, l = 2$ 的情况下，尽管(PB)和(PB₂)或(PB)和(P₂B₃)群子自身内部结构是不对称的，但是空间排布上造成原子核整体的对称性：

$$(\text{P}_2\text{B}_3) \quad (\text{PB})_{16} \quad (\text{P}_2\text{B}_3) \text{ 或 } (\text{PB}_2) \quad (\text{PB})_{18} \quad (\text{PB})_2$$

而奇数质量的原子核的群子结构是不对称的：

$$\begin{aligned} &^{51}_{23}\text{V}_{28} \quad k = 13, l = 5, n = 18, m = 5; \quad ^{103}_{45}\text{In}_{58} \\ &n = 32, m = 13, k = 19, m = 13; \quad ^{113}_{49}\text{In}_{64} \quad k = 19, \\ &l = 15, n = 34, m = 15; \quad ^{159}_{65}\text{Tb}_{94} \quad k = 7, l = 29, \\ &n = 36, m = 29. \end{aligned}$$

由于原子核群子结构都不具有对称性，角动量 0 是必然的。

4 结 论

(1)原子核中质子间存在着电性排除力，故随质子数量的增加，必然存在核群子结构的过渡，由(PB)_k过渡到(PB)_k(P₂B₃)_l或(PB)_n(PB₂)_m，进而

变为 $(P_2B_3)_s(PB_2)_t$ 核群子。

(2) 基于上述观点, 推导了 k, l, n, m, s, t 与 Z, N 之间的定量关系, 根据 $k(-t) = 2n(s) - Z$, $k(-t) = Z - 2l(m)$ 以及 $k = N - 3l(m)$, $2k = 3n - N$, 可画出 Z 或 N 对 k, l, n, m 的等腰三角形核群子周期表。

(3) 通过周期表中的 k, l, n, m 值得知, 均与 2, 3, 5, 7 的倍数有关系, 说明与 (PB) , (P_2B_3) , (PB_2) , (P_3B_4) 基本结构有关系。从中还可预测每一个原子核的群子结构和角动量。

(4) 由于存在 $Z = n + l$ 及 $N = n + 2l$ 的关系, 故在 $Z = 50$ 及 $N = 50$ 时, 整数 k 值最多, 同位素也最多; 这一现象与 $Z = 50$, $N = 50$ 时出现最多的同位素的情形极为一致。

参 考 文 献

- [1] 金日光. 模糊群子论. 哈尔滨: 黑龙江省科技出版社, 1985
- [2] 金日光. 第四统计力学—JRG 群子统计理论. 汉城: 汉城梅地亚出版社, 1998
- [3] 王昱应, 仕永亨. 稳定原子核图. 合肥: 中国科技大学出版社, 1989
- [4] 卢希庭. 核素数据手册. 北京: 原子能出版社, 1981
- [5] 李振襄. 元素性质数据手册. 石家庄: 河北人民出版社, 1985
- [6] 北京大学化学系. 元素周期表. 北京: 科学出版社, 1988
- [7] 中国原子能院核参数中心. 同位素丰度数据. 北京: 原子能出版社, 1989

The four principles of forming atomic nucleus sub-cluster structure and isosceles triangle periodic law of nuclein

J IN Ri-guang

(College of Materials Science and Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract : According to JRG Fourth statistics theory, the four principles of forming atomic nucleus structure and periodic law of nuclein were first proposed. The four principles were concluded as follow: (1) Atomic nucleus has its sub-cluster structure unit; (2) The sub-clusters make nuclein structure have strict arrange sequence through thermonuclear reaction in the course of forming atomic nuclei; (3) There is a dynamic resonance existing among sub-clusters structure in atomic nucleus; (4) The symmetric sub-clusters are stable, and the asymmetric sub-clusters may cause the change of total momentum and decay of $^{+}$ and $^{-}$. In view of above principles, it is proposed that atomic nucleus structure unit is composed of (PB) , (PB_2) and (P_2B_3) , and it is found that along with increasing the proton numbers, nuclear structure can be transited form $(PB)_k$ to $(PB)_k(P_2B_3)_l$, and from $(PB)_n(PB_2)_m$ to $(P_2B_3)_s(PB_2)_t$.

Therefore, the relationship between $k(-t) = 2n(s) - Z$ and $k(-t) = Z - 2l$ can be conducted. At same time, the isosceles triangle periodic law of nuclein was drawn. It is also found that no matter how A , N , and P change, the follow strict correlation is tenable:

$$\frac{Z}{N} = \frac{n+m}{n+2m} \text{ or } \frac{Z}{N} = \frac{k+l}{k+3l}$$

and $Z = n + l$.

Above formula highly reflect the integer law of protons and neutrons distributing in all kinds of atomic nuclei. From the isosceles triangle periodic law, it is discovered that factor k, l, m, n, s and t relate to 2, 3, 5 or 7 times of (PB) , (PB_2) , (P_2B_3) and (P_3B_4) et al.

Key words : atomic nucleus; sub-cluster structure; principle of forming atomic nucleus; isosceles triangle periodic law of nuclein