



## § 3 原子中电子的排布

确定原子中每个电子的状态

由四个量子数  $n, l, m_l, m_s$  决定

主量子数  $n$  与电子的概率密度分布的径向部分有关,

$n$  越大, 电子离核越远。

电子的能量主要由  $n$  决定, 较小程度上由  $l$  决定。

一般地,  $n$  越大,  $l$  越大, 则电子能量越大。

轨道磁量子数  $m_l$  决定电子的轨道角动量

在  $z$  方向的分量。

自旋磁量子数  $m_s$  决定自旋方向,

它对电子的能量也稍有影响。



原子中，电子的可能状态数

(1)  $n, l, m_l$  相同,  $m_s$  不同的可能状态有**2**个。

(2)  $n, l$  相同, 但  $m_l$  、  $m_s$  不同的可能状态  
有  $2(2l+1)$  个,

这些状态组成一个支壳层。

(3)  $n$  相同, 但  $l$  、  $m_l$  、  $m_s$  不同的

可能状态有 
$$Z = \sum_{l=0}^{n-1} 2(2l+1) = 2n^2$$

这些状态组成一个壳层。

$$n \text{ 取定} \quad l = 0, 1, 2, 3, 4, 5, \cdots, n-1$$

阅读

$$m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$$

$$m_s = \pm \frac{1}{2}$$

$$Z = \sum_{l=0}^{n-1} 2(2l+1)$$

$$= 2[1 + 3 + 5 + \cdots + (2n-1)]$$

$$= 2 \times \frac{[1 + (2n-1)] \times n}{2} = 2n^2$$



原子处于基态时，各电子处于一定的状态。  
这时各电子实际上处于哪个状态，  
由两条规律决定：

**(1) 能量最低原理：**

电子总处于可能的最低能级；

**(2) 泡利不相容原理：**

同一状态最多只能容纳一个电子存在。

即不可能有完全相同的一组量子数

$$n, l, m_l, m_s$$



$l = 0$  的  $s$  支壳层,  $m_l = 0$ ,  $m_s$  可以有两个值,  
即最多可以容纳**2**个电子;

阅读

$l = 1$  的  $p$  支壳层,  $m_l$  可以有三个值,  
 $m_s$  可以有两个值, 即最多可以容纳**6**个电子;

$l = 2$  的  $d$  支壳层,  $m_l$  可以有五个值,  
 $m_s$  可以有两个值, 即最多可以容纳**10**个电子;

$l = 3$  的  $f$  支壳层,  $m_l$  可以有七个值,  
 $m_s$  可以有两个值, 即最多可以容纳**14**个电子;

$n = 1$  的壳层，只有一个  $l = 0$  的  $s$  支壳层，阅读  
最多可以容纳**2**个电子；

$n = 2$  的壳层，

有一个  $l = 0$  的  $s$  支壳层，可以容纳**2**个电子，  
一个  $l = 1$  的  $p$  支壳层，可以容纳**6**个电子，  
最多可以容纳**8**个电子；

$n = 3$  的壳层，

有一个  $l = 0$  的  $s$  支壳层，可以容纳**2**个电子，  
一个  $l = 1$  的  $p$  支壳层，可以容纳**6**个电子，  
一个  $l = 2$  的  $d$  支壳层，可以容纳**10**个电子，  
最多可以容纳**18**个电子；



一般说来，处于基态的原子中的电子，总是尽可能先填充低  $n$  值（低壳层），在相同值  $n$ （壳层）中，又尽可能先填充低  $l$  值（低支壳层）。尤其是原子中的电子数较少时。

阅读

但当原子中的电子数较多时，  
有可能小  $n$  值（低壳层）  
大  $l$  值（高支壳层）的能量  
比大  $n$  值（高壳层）  
小  $l$  值（低支壳层）的能量还高，  
此时，电子先填充大  $n$  值（高壳层）  
小  $l$  值（低支壳层）。



氯原子，核外有17个电子。

$n = 1$  的壳层，只有一个  $l = 0$  的  $s$  支壳层，

容纳2个电子，记为  $1s^2$

$n = 2$  的壳层，

$l = 0$  的  $s$  支壳层，容纳2个电子，记为  $2s^2$

$l = 1$  的  $p$  支壳层，容纳6个电子，记为  $2p^6$

$n = 3$  的壳层，

$l = 0$  的  $s$  支壳层，容纳2个电子，记为  $3s^2$

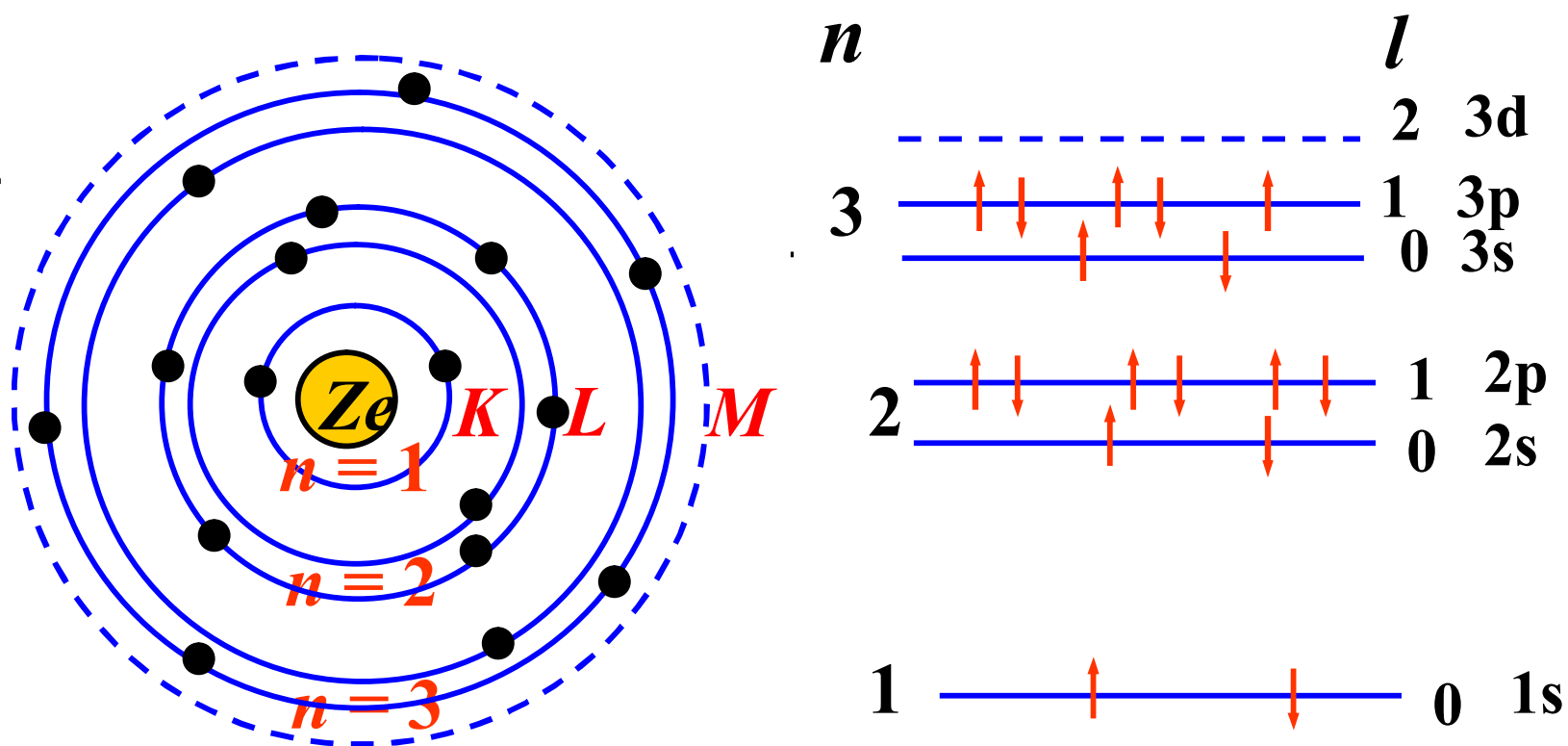
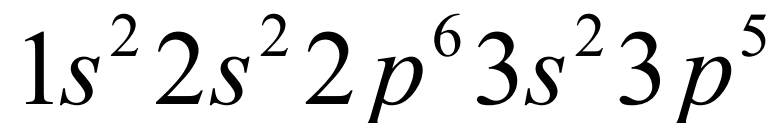
$l = 1$  的  $p$  支壳层，容纳5个电子，记为  $3p^5$

整个电子的排布记为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$





氯原子，核外有17个电子排布示意图：



能量最小原理：电子优先占据最低能态



1945年诺贝尔物理学  
奖获得者

—— 泡利

奥地利人

**Wolfgang Pauli**

1900 — 1958

提出泡利不相容原理



全同粒子按自旋划分，可分为两类。

一类是费米子，自旋量子数  $S$  为半整数的粒子，  
例如：电子、质子、中子等，自旋量子数为  $\frac{1}{2}$

遵守泡利不相容原理，即

“不能有两个全同费米子处于同一单粒子态”；

一类是玻色子，自旋量子数  $S$  为 **0** 或整数的粒子，  
如： $\pi$  介子的自旋量子数为**0**，光子的自旋量子数为**1**，

不受泡利不相容原理的制约，即一个单粒子态可  
容纳多个玻色子。

