

化學 基礎講義

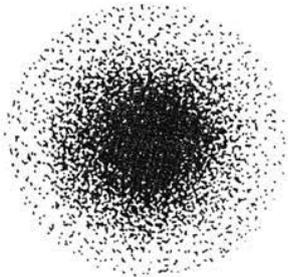
能階的概念 (進階版)

信望愛文教基金會 · 化學種子教師團隊

2-3-2 能階的概念 (進階版)

(一) 電子的運動

- 電子並非繞行原子核行圓周運動，而是隨意的運動。
- 我們無法預測其運動軌跡，但可預測其在空間中出現的機率。
- 軌域：指的是原子核附近電子出現機率較大的地方，通常將含有電子雲 90% 機率的地方代表。



電子雲密度高的地方，電子出現機率越高。

(二) 量子數

- 電子出現飄忽不定，以「量子數」描述其特性。
- 以四種量子數描述電子：主量子數(n)、角量子數(l)、磁量子數(m_l)、自旋量子數(s)

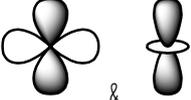
1. 主量子數(n)

- 描述電子所在的殼層(主層)。
- 與電子能量及軌域大小有關。
- $n=1、2、3、4\dots$
($K、L、M、N\dots$)
- n 越大，表示電子在越外層，軌域越大，電子能量越高。

2. 角量子數(l)

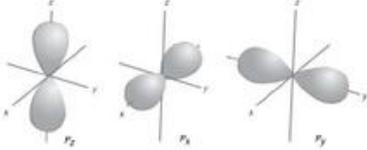
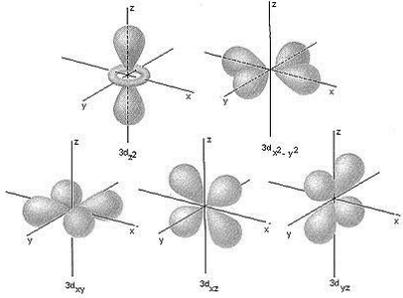
- 描述電子角動量大小。
- 與電子軌域形狀相關。
(角動量不同、電子分布情況不同、軌域形狀不同)
- 每個 n 都可以有 n 個 l 。
 $l=0、1、2、3\dots n-1$
($s、p、d、f\dots$)
- 舉例：主量子數 $n=3$ 時， l 可以是多少？
 $n=3 \rightarrow l=0、1、2$ (可以有 3 個 l 值)，分別為 $s、p、d$ 軌域。
所以， $n=3$ 時電子可以有 3 種電子雲的形狀。

➤ 軌域形狀

角量子數 l ($n-1$)	0	1	2
軌域	s	p	d
形狀			

3. 磁量子數 (m_l)

- 描述電子軌域在空間中分布的方位與數目。
- 每個 l 值可以有 $2l + 1$ 個 m_l 值
 $m_l = -l, \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots, +l$
- 舉例：角量子數 $l = 1$ 時， m_l 可以是多少？
 $l = 1 \rightarrow m_l = -1, 0, +1$ (可以有 3 個 l 值)
 $l = 1$ 表示為 p 軌域，從上式我們可以得知 p 軌域有 3 個不同的方向。
- 軌域數目與方向

角量子數 l	0	1	2
軌域	s	p	d
磁量子數 m_l	0	-1, 0, +1	-2, -1, 0, +1, +2
軌域形狀、方向數目	1	3	5
軌域長相			

4. 自旋量子數 (s)

- 描述電子自轉方向，只有兩個方向 (順時針、逆時針的概念)。
- 每個軌域可以容納兩個自旋方向不同電子。
- $s = +\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$

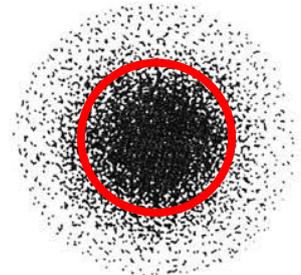
• 總整理

主層 n	1 (K)	2 (L)		3 (M)			4 (N)			
副層 l	0	0	1	0	1	2	0	1	2	3
	s	s	p	s	p	d	s	p	d	f
副層軌域數 m_l	1	1	3	1	3	5	1	3	5	7
主層軌域總數 n^2 (總 m_l 數相加)	1	4		9			16			
可容納電子數 $2n^2$ (總 m_l 數 $\times 2$)	2	8		18			32			

(三) 軌域的類型

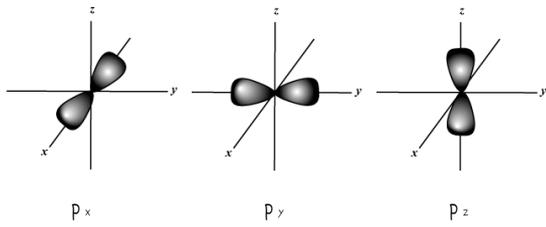
- s 軌域 ($l=0$)

 1. 每個主層皆有 s 軌域。
 2. 形狀為球形。
 3. 只有一個方向。
 4. 在同一球面上電子出現機率相同，且與方向無關。
 如右圖，在紅色球面上電子出現機率皆相同。



- p 軌域 ($l=1$)

1. 主量子數 $n>1$ 的都有 p 軌域。
2. 形狀為啞鈴形。
3. 有 3 個方向，分別躺在 x 、 y 、 z 軸上，稱為 p_x 、 p_y 、 p_z 。
此三軌域雖然方向不同，但具有相同的能量。



- d 軌域 ($l=2$)

1. 主量子數 $n>2$ 的才有 d 軌域。
2. 形狀為花瓣形 (其中 d_{z^2} 長得跟大象不太一樣)。
3. 有 5 個方向。
此五軌域雖然方向不同，但具有相同能量。

