

06 原子中电子的壳层排布

1 四个量子数 —— 原子中电子的状态由4个量子数确定

1) 主量子数 $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ —— 决定原子中电子的能量

2) 角量子数 $l = 0, 1, 2, 3, 4, \dots (n-1)$

—— n 个取值

—— 决定电子的轨道角动量

—— 对能量略有影响

3) 轨道磁量子数 $m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4, \dots \pm l$

—— $2l+1$ 个取值

—— 决定角动量在外磁场方向上的分量大小

4) 自旋磁量子数 $m_s = \pm \frac{1}{2}$

—— 只有2个取值

—— 决定自旋角动量在外磁场方向上分量

* 空间量子化的实验验证

—— 角动量在外场方向投影

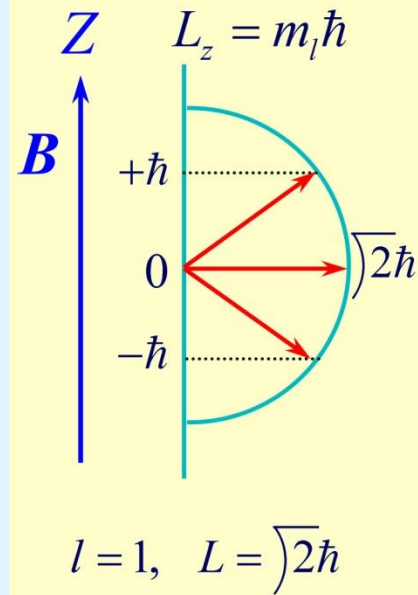
$$L_z = m_l \hbar$$

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

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

$$L = \sqrt{l(l+1)} = \sqrt{2}\hbar \quad L_z = 0, \begin{cases} L_z = +\hbar \\ L_z = -\hbar \end{cases}$$

XCH005_036



—— 角动量在外场方向投影

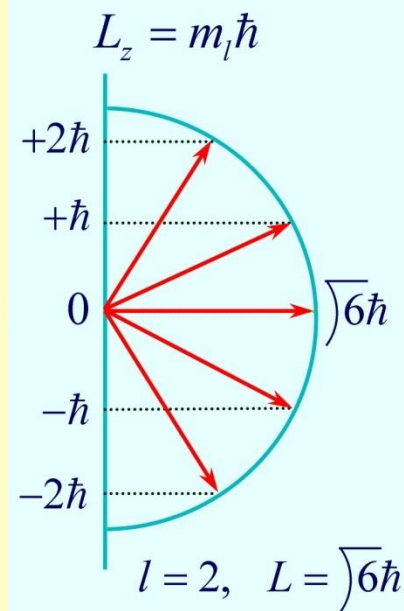
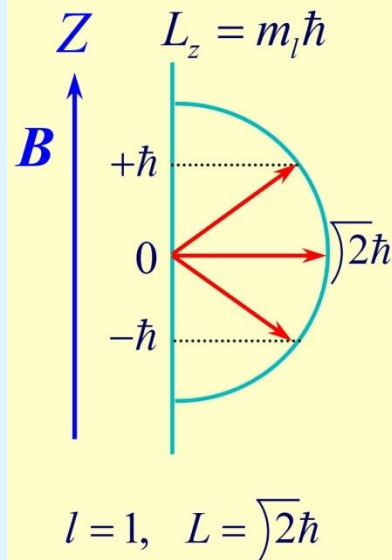
$$L_z = m_l \hbar$$

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

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

$$L = \sqrt{l(l+1)} = \sqrt{6}\hbar \quad L_z = \begin{cases} 0 \\ +\hbar \\ -\hbar \\ +2\hbar \\ -2\hbar \end{cases}$$

XCH005_036

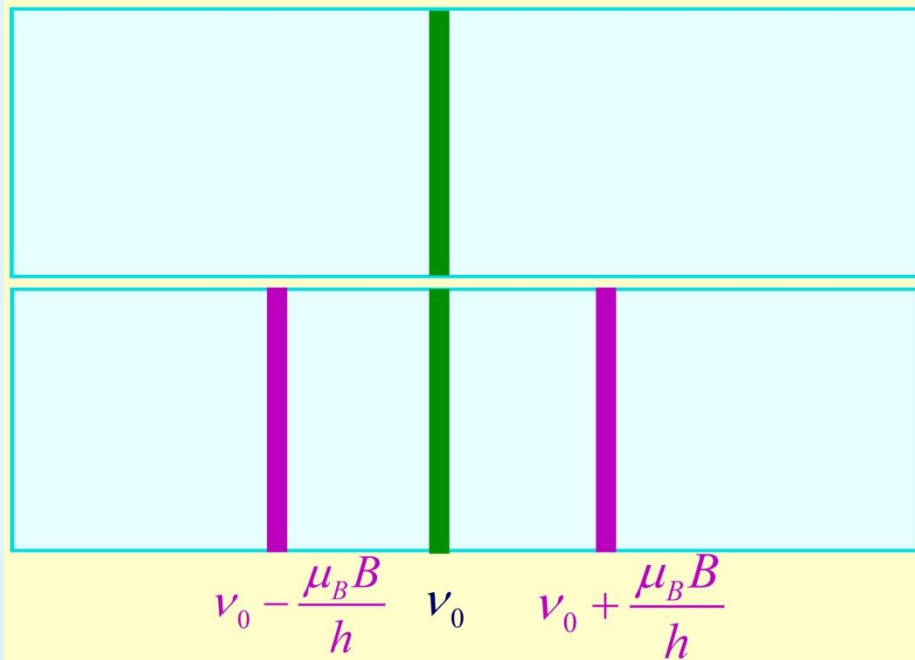


—— 塞曼效应

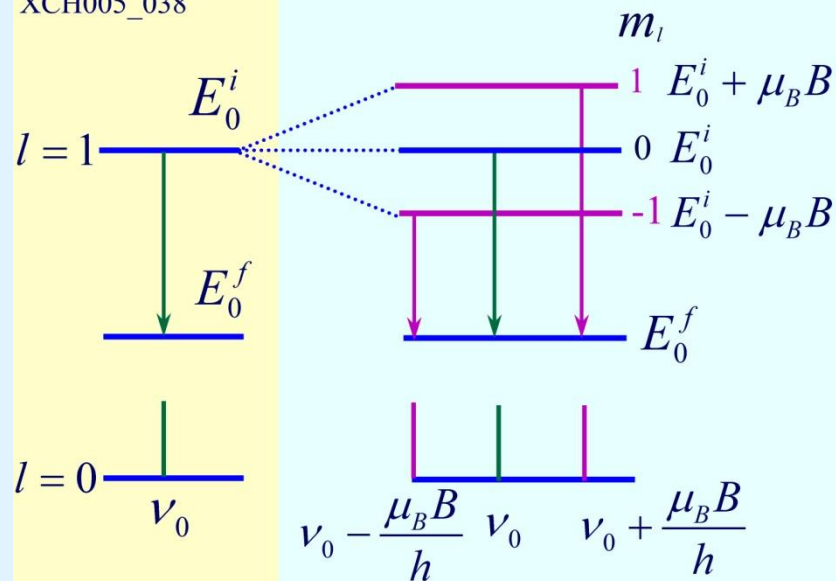
1896年塞曼发现 光源（钠火焰）置于外磁场中，
所发出的一条光谱线

分裂为若干条相互靠近的谱线

XCH005_037



XCH005_038



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

$$\Delta E = \pm \mu_B B$$

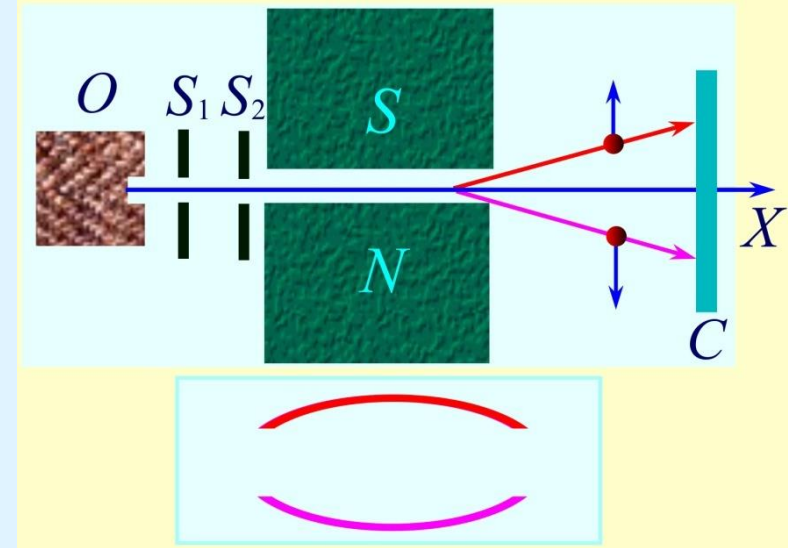
—— 谱线的分裂为3条

* 斯特恩—盖拉赫实验

—— 1921年__斯特恩和盖拉赫

使银原子束通过非均匀磁场

在底版上形成两条沉积线



—— 表明原子具有磁矩__外场中有两种可能取向

—— 磁矩在空间是量子化的

—— 电子的轨道磁矩

在外场方向投影

$$\mu_z = -\frac{e}{2m} m_l \hbar \quad m_l = 0, \pm 1, \dots, \pm l$$

取值 —— 是奇数

—— 应该有3条沉积银原子 ！

—— 原子的磁矩不是电子轨道的磁矩 ！



THE SPIN, A QUANTUM MAGNET

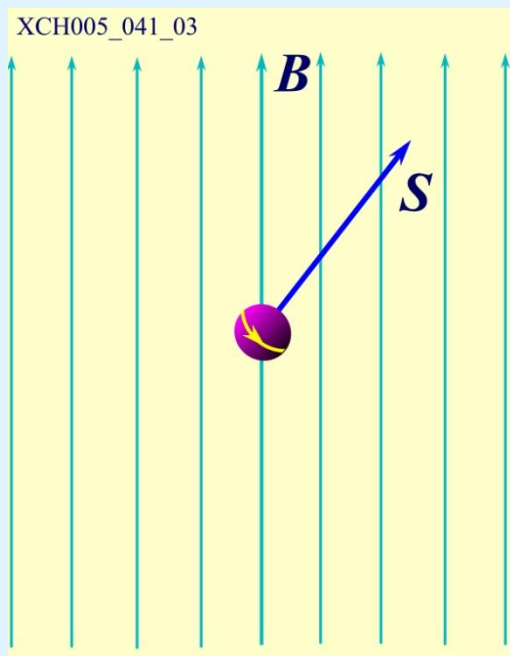
All the animations and explanations on
www.toutestquantique.fr

*电子的自旋

1) 电子的自旋角动量

—— 1925年乌伦贝克和古兹米特提出电子具有自旋

—— 电子自旋角动量和磁矩在外场中只有两种取向



自旋角动量 $S = \sqrt{s(s+1)}\hbar$

在外场方向 $S_z = m_s \hbar$

s —— 自旋量子数

m_s —— 自旋磁量子数

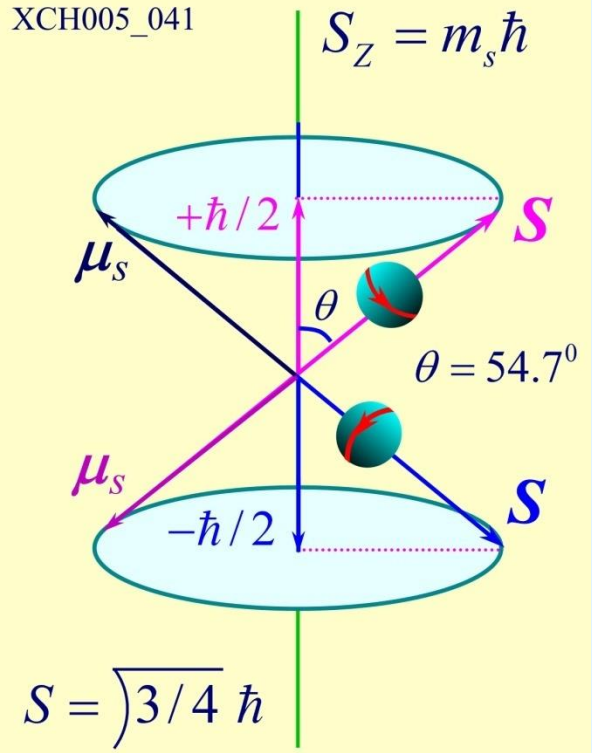
$$\begin{cases} S = \sqrt{s(s+1)}\hbar \\ S_z = m_s \hbar \quad m_s = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \pm s \end{cases}$$

实验表明 —— m_s 只有两个值

$$2s + 1 = 2 \longrightarrow s = \frac{1}{2} \quad m_s = \pm \frac{1}{2}$$

$$S = \sqrt{\frac{3}{4}} \hbar \longrightarrow \begin{cases} S_z = +\frac{1}{2} \hbar \\ S_z = -\frac{1}{2} \hbar \end{cases}$$

XCH005_041



2、 泡利不相容原理

—— 一个原子中不能有两个或两个以上的电子处于完全相同的量子态

3、 能量最小原理

—— 原子处于正常状态时__ 优先占据能量最低的状态

主量子数越大__ 能量越高__ 反之依然

—— 相同主量子数状态

轨道量子数越大__ 能量越高__ 反之亦然

—— 轨道量子数还会产生不同壳层能级的交叠

—— 确定原子壳层能级高低的经验公式 ($n + 0.7l$)

—— 如果 $n + 0.7l < n + 1$

电子先填满 $E_{n,l}$ 的壳层__再开始填充 $E_{n+1,s}$ 的壳层

—— 如果 $n + 0.7l > n + 1$

电子未填满 $E_{n,l}$ 的壳层__就开始填充 $E_{n+1,s}$ 的壳层

原子壳层能级顺序 $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d$
 $< 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f$

—— 量子理论阐明了元素周期表的本质

n									
7	7s ²	7p ⁶	7d ¹⁰	7f ¹⁴	7g ¹⁸	7h ²²	7i ²⁶		
6	6s ²	6p ⁶	6d ¹⁰	6f ¹⁴	6g ¹⁸	6h ²²			
5	5s ²	5p ⁶	5d ¹⁰	5f ¹⁴	5g ¹⁸				
4	4s ²	4p ⁶	4d ¹⁰	4f ¹⁴					
3	3s ²	3p ⁶	3d ¹⁰			$E(4s) < E(3d)$			
2	2s ²	2p ⁶							
1	1s ²								
	<i>l</i> 0	1	2	3	4	5	6	7	

—— 给定主量子数 n 各壳层上最多容纳的电子数目

$$\left\{ \begin{array}{l} l \xrightarrow{0, 1, \dots, n-1} n \\ m_l \xrightarrow{0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l} 2l + 1 \\ m_s \xrightarrow{\pm s} 2 \end{array} \right. \longrightarrow Z_n = \sum_{l=0}^{n-1} 2(2l + 1) = 2n^2$$

原子的壳层结构模型

—— 1916年柯塞尔提出原子核外电子按壳层分布模型

主量子数相同的电子 —— 组成一个壳层

$$n = 1, 2, 3, 4, \dots \longrightarrow K, L, M, N, O, P \dots$$

主量子数为 n 壳层 —— 按轨道量子数分为 n 个支壳层

$$l = 0, 1, 2, 3, \dots (n-1) \longrightarrow s, p, d, f, g, h \dots$$

壳层内电子量子态的表示

主量子数 n $Z_n=2n^2$	轨道 量子数 l	轨道磁量 子数 m_l	自旋 磁量子数 m_s	量子态
$n=1$ 2个电子	0	0	$\pm 1/2$	1s
$n=2$ 8个电子	0, 1	0, ± 1	$\pm 1/2$	2s, 2p
$n=3$ 18个电子	0, 1, 2	0, ± 1 , ± 2	$\pm 1/2$	3s, 3p, 3d
$n=4$ 32个电子	0, 1, 2, 3	0, ± 1 ± 2 , ± 3	$\pm 1/2$	4s, 4p 4d, 4f

作业：W14 氢原子 四个量子数

任意形状的载流平面回路 —— 看作是由许多非常小 矩形平面回路构成

磁力矩 $\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B}$

$$\vec{p}_m = IS\vec{n}$$

任何带电粒子

—— 绕某个点或轴的运动形成一个电流环

—— 具有磁矩

