

## 9-4 Zeeman 効果

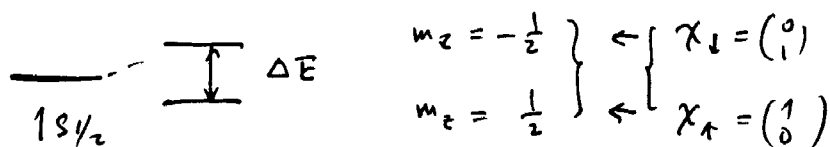
80

水素原子の基底状態 : 電子 (2 1s-状態)  
( $n=1, l=0$ ) 2つ

↓

磁場  $H$  を加えると

2つの状態に分かれる



【縮退】 電子が同じ  $l=0$  状態にいても  
状態は 縮退 2つ

$1s_{1/2}$  :  $m_l = \pm \frac{1}{2}$  (2 状態)  
(2重縮退)

2重縮退は Zeeman 効果により解かれる

↓

縮退がなくなり分裂する



• Zeeman 効果 :

一様磁場  $H$  があるとき

電子との相互作用が生じる

$$H' = -\mu \cdot H$$

ここで

$$\mu = \frac{e\hbar}{2mc} \sigma \quad (\sigma)$$

ここで  $\sigma = \frac{1}{2} \sigma$

(電子の磁気モーメント)

( $\sigma$  は Pauli 行列)

• 2 成分 - 1 成分 (摂動論)

$$\Delta E^{(1)} = \langle \chi_{m_z} | H' | \chi_{m_z} \rangle$$

$$= -\frac{e\hbar H}{mc} m_z \quad (m_z = \pm \frac{1}{2})$$

$$H = (0, 0, H)$$



Zeeman 効果

- Zeeman 効果の式: 1目: 軌道角運動量の場合

電子と電磁場  $\alpha$  相互作用 (非相対論)  $\hat{H} = \hat{H}_0 + \hat{H}'$

$$\hat{H} = \frac{1}{2m} (\hat{p} - \frac{e}{c} \mathbf{A})^2 + e\phi, \quad \phi = -\frac{Ze}{r}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{一対磁場} \quad \mathbf{H}_0 = (0, 0, H_0) \\ \text{2の目} \quad \mathbf{A} = \frac{1}{2} \mathbf{H}_0 \times \mathbf{r} \quad (\text{矢ポテンシャル}) \end{array} \right.$$

$$\therefore \hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} - \frac{e}{2mc} (\hat{p} \cdot \mathbf{A} + \mathbf{A} \cdot \hat{p}) + \frac{e^2}{2mc^2} \mathbf{A}^2 - \frac{Ze^2}{r}$$

$$\hat{H}_0 = \frac{\hat{p}^2}{2m} - \frac{Ze^2}{r} \quad \hat{p} = -i\hbar \nabla \quad \epsilon \lambda \text{ あり}$$

$$\hat{H}' = -\frac{e}{2mc} (\hat{p} \cdot \mathbf{A} + \mathbf{A} \cdot \hat{p})$$

$$\therefore \boxed{\hat{H}' = -\frac{e}{2mc} \hat{L} \cdot \mathbf{H}_0}$$

$$(\hat{L} = \mathbf{r} \times \hat{p})$$