BÖLÜM 23

ELEKTRONUN DÖNME HAREKETİ (SPİN)

Elektron spini için deneysel ispat

Kompton Saçılması (1921): A.H. Compton "Elektron, muhtemelen nihaî manyetik parçacıktır" önermesini yapmıştır.

Stern-Gerlach Deneyi (1922): Gümüş atomlarından ($4d^{10}5s^1$) yayılan bir ışın demeti, homojen olmayan bir manyetik alandan geçirilmiş ve üç boyutlu kuantlaşmış iki ışın demetine yarıldığı gözlenmiştir.

Uhlenbeck ve Goudsmit (1925): Yarılma sonucu oluşan bu iki ışın demetinin iki açısal momentuma karşılık geldiğini göstermiş – elektron, kendi öz açısal momentumuna sahiptir: "SPİN" açısal momentum.

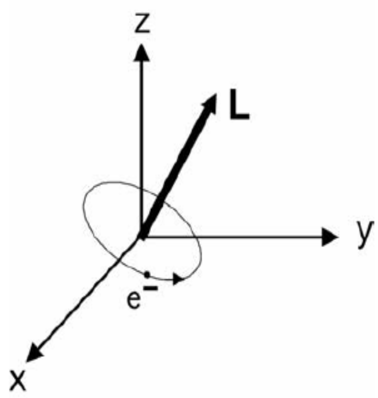
Pauli Dışlama İlkesi (1925): Bir orbitalde ikiden fazla elektron bulunamaz veya aynı kuantum sayılarına sahip ikinci bir elektron yoktur. Şimdi ilave bir kuantum sayısı daha, m_s ortaya konmuştur.

6.Postülat: Bütün elektronik dalga fonksiyonları, herhangi iki elektronun alışverişi esnasında antisimetrik olmalıdır.

Teorik Gerekçe

Dirac (1928), rölativistik kuantum teorisini geliştirdi ve elektron spin açısal momentumu türetti.

Orbital Açısal Momentum



L = orbital açısal momentum

$|L| = \hbar\sqrt{l(l+1)}$

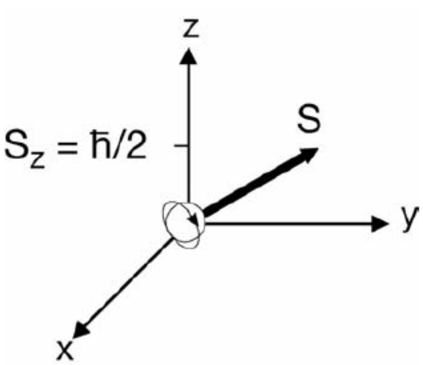
l = orbital açısal momentum kuantum sayısı

$l \leq n - 1$

$L_z = m\hbar$

$M = 0, \pm1, \pm2, ..., \pm l$

Spin Açısal Momentum



S = spin açısal momentum

$|S| = \hbar\sqrt{s(s+1)} = \hbar\sqrt{3}/2$

s = spin açısal momentum kuantum sayısı

$s = 1/2$

$S_z = m_s\hbar$

$m_s = \pm1/2$

Spin açısal momentum operatörleri, orbital açısal momentum operatörlerine benzer şekilde tanımlanır.

$$L^2 Y_l^m(\theta,\phi) = l(l+1)\hbar^2 Y_l^m(\theta,\phi) \qquad l = 0,1,2,...n \quad \text{H atomu için}$$
$$L_z Y_l^m(\theta,\phi) = m\hbar Y_l^m(\theta,\phi) \qquad \mathrm{m} = 0,\pm1,\pm2,...\pm n \quad \text{H atomu için}$$

$$\hat{S}^2\alpha = s(s+1)\hbar^2\alpha \qquad \hat{S}^2\beta = s(s+1)\hbar^2\beta \qquad \text{daima} \quad s = \frac{1}{2}$$
$$\hat{S}_z\alpha = m_s\hbar\alpha \quad m_s^\alpha = \frac{1}{2} \qquad \hat{S}_z\beta = m_s\hbar\beta \qquad m_s^\beta = -\frac{1}{2}$$

Spin özfonksiyonları (α ve β), uzay koordinatlarının fonksiyonu olmadığından denklemler daha basit hale gelir!

$\alpha \equiv$ “spin yukarı” $\qquad$ $\beta \equiv$ “spin aşağı”

Spin özfonksiyonları, ortonormaldir:

$$\int \alpha^* \alpha d\sigma = \int \beta^* \beta d\sigma = 1$$
$$\int \alpha^* \beta d\sigma = \int \beta^* \alpha d\sigma = 0$$

$\sigma \equiv$ spin değişkeni

Spin değişkeninin hiçbir benzeri yoktur. Ancak, elektron spin açısal momentum, orbital açısal momentuma benzer şekilde bir manyetik moment oluşturur.

Elektron orbital manyetik momenti

$$\boldsymbol{\mu}_L = -\frac{e}{2m_e}\mathbf{L}$$
$$|\boldsymbol{\mu}_L| = -\frac{e\hbar}{2m_e}\sqrt{l(l+1)} \equiv -\beta_0\sqrt{l(l+1)}$$
$$\mu_{L_z} = -\frac{e}{2m_e}L_z = -\frac{e\hbar}{2m_e}m = -\beta_0 m$$

Elektron spin manyetik momenti

$$\boldsymbol{\mu}_s = -\frac{e}{2m_e}g\mathbf{S}$$
$$|\boldsymbol{\mu}_s| = -\frac{e\hbar}{2m_e}g\sqrt{s(s+1)} = -\beta_0 g\sqrt{s(s+1)}$$
$$\mu_{S_z} = -\frac{e}{2m_e}gS_z = -\frac{e\hbar}{2m_e}gm_s = -\beta_0 gm_s \approx \pm\beta_0$$

$g \equiv$ "elektronik faktör" = 2.002322

Toplam elektronik dalga fonksiyonunun, UZAYSAL ve SPİN kısımları bulunmaktadır. Her kısım, normalize edilir dolayısıyla toplam dalga fonksiyonu normalize edilir.

$$\Psi(r,\theta,\phi,\sigma) = \psi(r,\theta,\phi)\alpha(\sigma) \text{ veya } \psi(r,\theta,\phi)\beta(\sigma)$$

Örneğin; H atomu için temel düzeydeki toplam dalga fonksiyonları (atomik birimde)

$$\Psi_{100\frac{1}{2}} = \left(\frac{Z^3}{\pi}\right)^{1/2} e^{-Zr}\alpha \qquad \Psi_{100-\frac{1}{2}} = \left(\frac{Z^3}{\pi}\right)^{1/2} e^{-Zr}\beta$$

ortogonal ve normalize haldedir. Kuantum sayıları nihayet dört tanedir:

$$n\,l\,m\,m_s$$