

FZM 306: Kuantum Mekanikii II

12. HAFTA

Deniz Yılmaz

KAYNAKLAR

Bu ders sunumu hazırlanırken aşağıdaki kaynak kullanılmıştır:

Kuantum Mekaniiđi ve Atom Fiziđi Ders Notları

Z. Zekeriya AYDIN

Ankara Üniversitesi

Normal Zeeman Olayı

1896' da P. Zeeman atomik spektrum çizgilerinin bir dış manyetik alan içinde yarıldıklarını gözledi. Bu olayı açıklamak için hidrojen atomunun sabit bir manyetik alan ile etkileşmesini inceleyeceğiz.

$$\mu = -\frac{e\hbar}{2mc} \frac{L}{\hbar} = \mu_B \frac{L}{\hbar}$$

$\mu_B = 9.27 \times 10^{-24}$ m²A olup Bohr magnetonudur. B manyetik alanını, **L.S** çiftlenimini ihmal edecek kadar büyük alır ve z-ekseni yönünde seçersek, manyetik terim $E_{n\ell}$ enerjisine

$$\langle U_{nlm_l} | -\mu \cdot L | U_{nlm_l} \rangle = \mu_B B m_l$$

katkısını getirir ve böylece ℓ açısal momentumlu durum, eşit aralıklı $2\ell + 1$ tane enerji düzeyine yarılmış olur:

$$E_{nlm_l} = E_{nl} + \mu_B B m_l$$

Elektronun spinini de işin içine katarsak, manyetik etkileşme enerjisi

$$V_{mag} = \mu \cdot B - \mu_S \cdot B = -\frac{e}{2mc} (L + 2S) \cdot B$$

haline gelir. Yine B manyetik alanını, L.S çiftlenimini ihmal edecek kadar büyük alır ve z-ekseni yönünde seçersek enerji yarılması ifadesi

$$E_{nlm_l} = E_{nl} + \mu_B B (m_l + 2m_s)$$

olur.

Dipol geçişleri için seçim kuralları

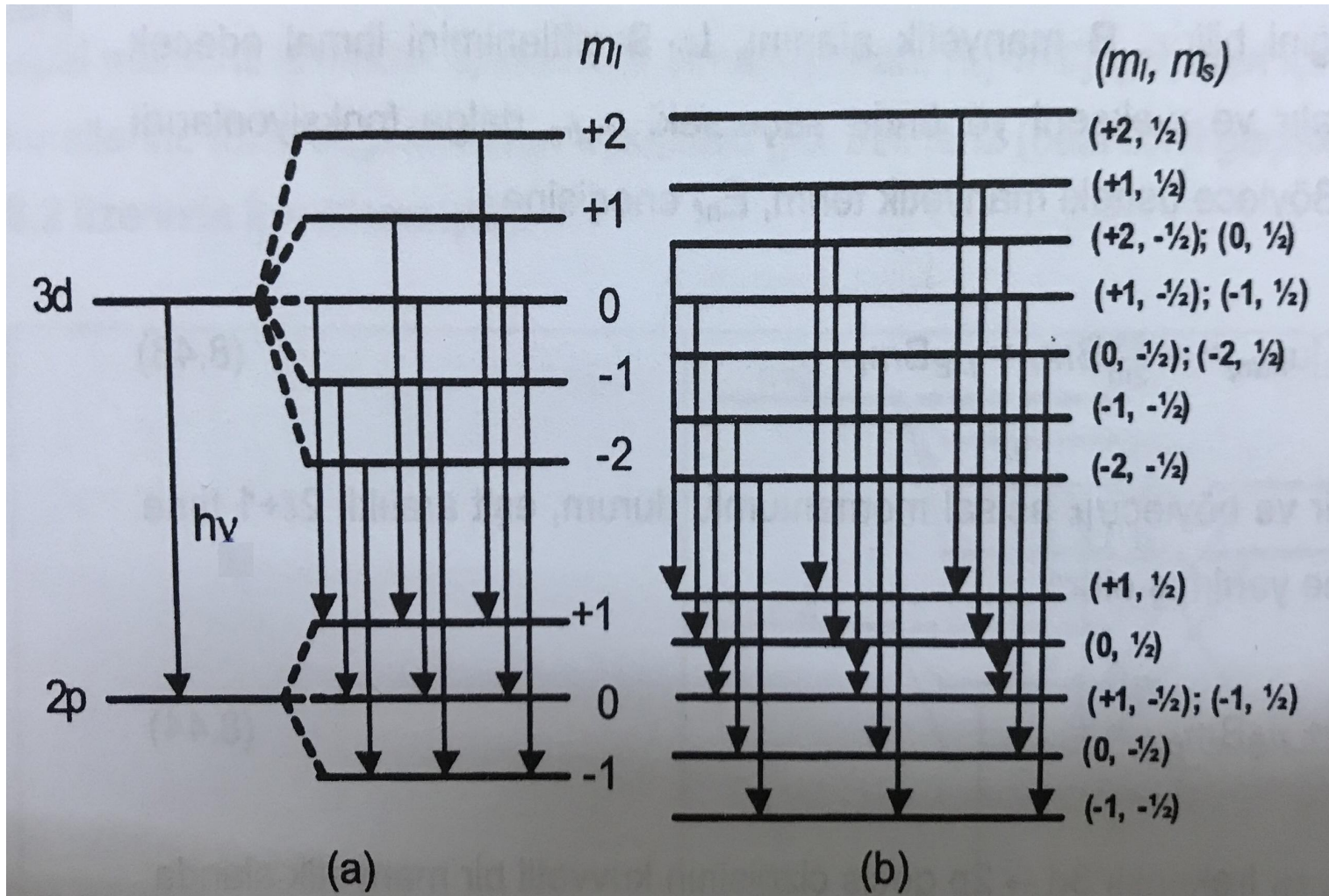
$$\Delta \ell = \pm 1$$

$$\Delta m_\ell = 0, \pm 1$$

$$\Delta m_s = 0$$

şeklindedir.

Kuvvetli manyetik alanda $3d \rightarrow 2p$ geçişleri.



Anormal Zeeman Olayı

Şimdi de zayıf bir dış B manyetik alanının varlığında ortaya çıkan yarılmaları inceleyeceğiz.

Hidrojen için çeşitli etkileşim terimleri ekleyerek elde ettiğimiz Hamiltoniyen

$$H = H_0 - \frac{p^4}{8m_0^3c^2} + \xi(r) L \cdot S - (\mu_L + \mu_S) \cdot B$$

şeklindedir. Bu ifadedeki ilk üç terimden gelen katkıyı

$$E_{nj} = E_n^{(0)} \left[1 + \frac{(Z\alpha)^2}{n^2} \left(\frac{n}{j + \frac{1}{2}} - \frac{3}{4} \right) \right]$$

olarak bulmuştuk. Bunlara eklenecek olan 1. basamaktan katkı

$$\langle \Psi_{nljm_j} | -(\mu_L + \mu_S) \cdot B | \Psi_{nljm_j} \rangle$$

matris elemanıdır.

$\mathbf{L} + \mathbf{S} = \mathbf{J}$ dediğimize göre $\boldsymbol{\mu}_L + \boldsymbol{\mu}_S = \boldsymbol{\mu}_J$ şeklinde tanımladığımız $\boldsymbol{\mu}_J$ manyetik momenti

$$\boldsymbol{\mu}_J = -g_J \frac{e}{2mc} \mathbf{J}$$

şeklinde yazılabilir. Burada g_J Lande çarpanı olarak adlandırılır ve

$$g_j = 1 + \frac{j(j+1) + s(s+1) - l(l+1)}{2j(j+1)}$$

olarak bulunur. Böylece manyetik katkı

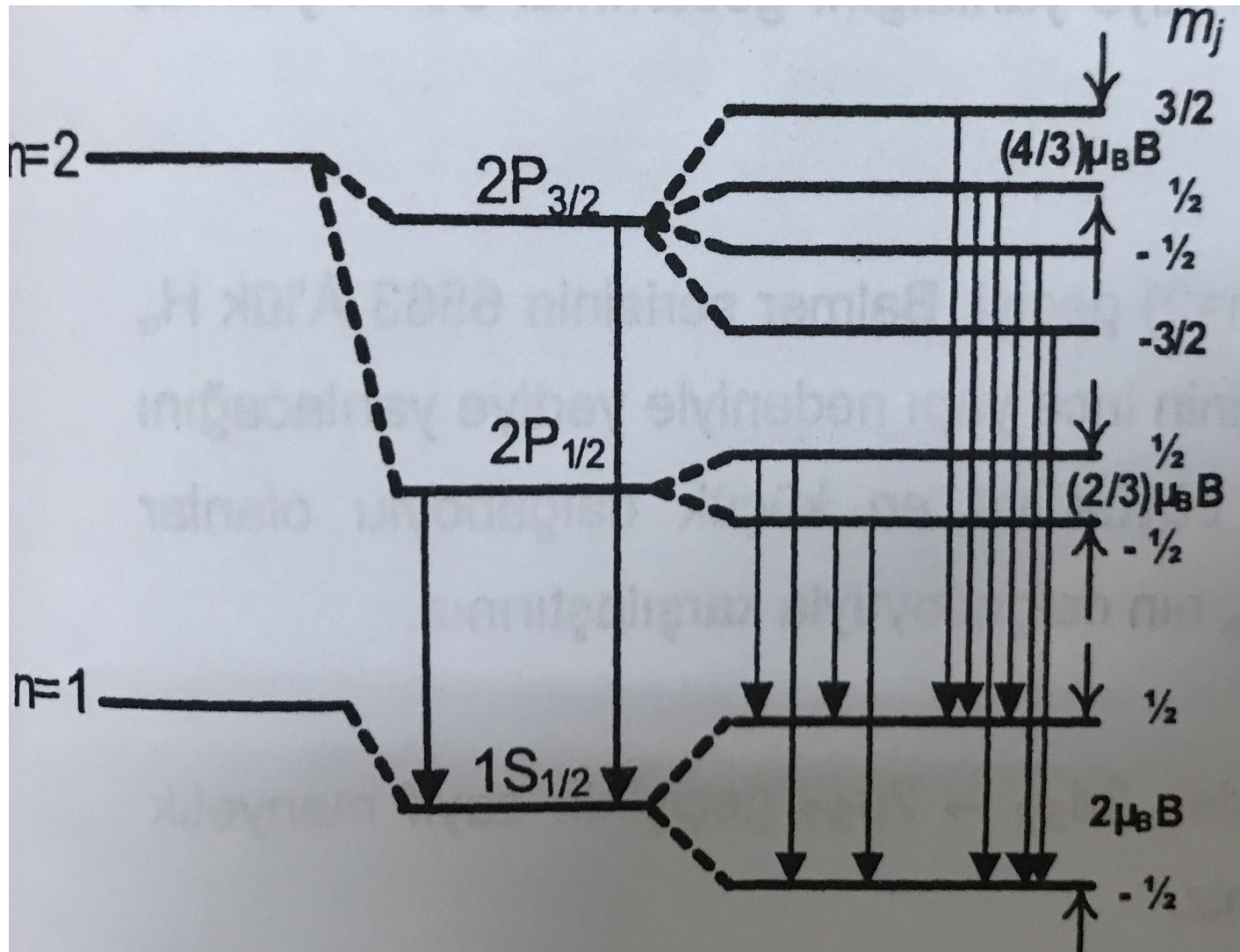
$$\langle \Psi_{nljm_j} | g_j \frac{e}{2mc} \mathbf{J} \cdot \mathbf{B} | \Psi_{nljm_j} \rangle$$

şekline gelir. B alanı z yönünde seçilirse zayıf manyetik alandaki toplam enerji spektrumu

$$E_{njm_j} = E_{nj} + g_j \mu_B B m_j$$

olur.

Zayıf manyetik alanda geçişler



PROBLEMLER

1) **a)** Hidrojenin Lyman serisindeki ilk çizgisi L_α' 'nın dalga boyunu hesaplayınız. **b)** İnce yapı nedeniyle L_α çizgisinin ikiye yarıldığını gösteriniz. Bu iki çizimde dalga boylarını bulunuz.

2) Hidrojen atomunda $(n=3) \leftrightarrow (n=2)$ geçişi, Balmer serisinin 6563 \AA 'lık H_α kırmızı çizgisine karşı gelir. Bu çizginin ince yapı nedeniyle yediye yarılabileceğini gösteriniz. Bu yedi çizgiden en büyük ve en küçük dalga boylu olanlar arasındaki $\Delta\lambda$ farkını bulunuz.

3) H_α 'nın ince yapı bileşenlerinden $3d_{3/2} \rightarrow 2p_{3/2}$ geçişinin zayıf manyetik alandaki yarıma şemasını inceleyiniz.