***2.7 KUANTUM İSTATİSTİĞİ***

Eğer sistemi meydana getiren parçacıklar birbirlerinden ayırt edilemeyen özdeş parçacıklar ise, bu tür parçacıkların bir araya gelmesiyle oluşan kuantum sistemlerinde yeni kuantum etkileri oluşur. (Örn: birkaç nükleondan oluşan çekirdek, atomdaki elektronlar, moleküldeki atomlar gibi)

İki parçacık durumunu inceleyelim.

He, atomundaki 2 elektron:

 ve elektronlardan birinin koordinatını ve dalga fonksiyonunu göstersin.

 ve de diğer elektronun koordinatı ve dalga fonksiyonu olsun.

Birleşik dalga fonksiyonu , bileşen dalga fonksiyonlarının çarpımıdır.

Elektronların dalga fonksiyonlarını değiştirmeden karşılıklı olarak konumlarının değiştirildiğini farz edersek yani birleşik dalga fonksiyonu olur. Bu değiş tokuş olayının vuku bulduğunu tespit eden bir ölçüm yapılabilir mi? Bu soruya cevap, eğer elektronlar tamamen birbirinden ayırt edilemeyen özdeş parçacıklarsa, hayır’dır. 1-no.lu elektronu, 2-no.lu elektrondan ayırt edebilecek gözlenebilir bir düzenek söz konusu değildir. Dolayısıyla parite operasyonuna benzer bir sonuç elde ederiz. Özdeş parçacıkların değişimi altında olasılık yoğunluğu değişmemelidir. Diğer bir ifadeyle değişime uğramış dalga fonksiyonu , orijinal dalga fonksiyonundan en fazla işaretinde farklı olmalıdır.

 simetrik dalga fonksiyonu

 anti-simetrik dalga fonksiyonu

Özdeş parçacıkları temsil eden bütün birleşik dalga fonksiyonları ya tamamen simetrik ya da tamamen anti simetrik olmalıdır.

Dalga fonksiyonu karışık simetriye sahip olamazlar veya karışık simetriye sahip dalga fonksiyonunun temsil ettiği fiziksel büyüklük yoktur. Laboratuvar deneylerinde gözlemlenmiştir ki; tam spin (0,1,2,3,...) değerine sahip parçacıkların oluşturduğu birleşik dalga fonksiyonu simetrik, yarım-tam spin değerlerine sahip parçacıkların oluşturduğu birleşik dalga fonksiyonu anti-simetriktir.

Yukarıda yazılan ve dalga fonksiyonları ne simetrik ne de anti simetriktir, dolayısıyla fiziksel bir sistemi tanımlayamazlar. Aşağıdaki şekilde yazılan birleşik dalga fonksiyonu,

parçacık değiş tokuşu altında, aradaki işaretine bağlı olarak simetrik veya anti-simetriktir.

 normalizasyon faktörüdür.

 ve kuantum durumları benzer olduğu zaman özel bir haldir. ( ve durumunu tanımlayan kuantum sayılarına göstermektedir) ve aynı ise anti-simetrik birleşik dalga fonksiyonu yok olur (Her yerde sıfır). Dolayısıyla karşılık gelen olasılık yoğunluğu da sıfırdır.

Sonuç: aynı kuantum durumundaki yarım-tam spin değerine sahip iki özdeş parçacığı bulma olasılığı daima sıfırdır. Buna “Pauli dışlama prensibi” adı verilir. Yani yarım-tam spin değerlerine sahip iki parçacık aynı kuantum durumunda bulunamaz. Bu prensip atomun dış kabuklarının elektronlar tarafından belli bir şekilde doldurulmasını sağlar. Simetrik birleşik dalga fonksiyonu için böyle bir durum oluşmaz. Diğer bir ifadeyle tam-spin değerlerine sahip özdeş parçacıklar aynı kuantum durumunda bulunabilirler. (Süper iletkenlik olayı)

Nükleer kabuk modelinin açıklanmasında Pauli dışlama prensibi önemlidir. Nötron yıldızlarının oluşumunda ve belli bir büyüklükte bulunabilmesinde Pauli dışlama prensibi sonucu oluşan iç basınç önemlidir.

***2.8 KUANTUM DURUMLARI ARASINDA GEÇİŞLER:***

Tam kararlı bir kuantum durumu, konfigürasyonunu sonsuza kadar muhafaza eder. Kararlı bir kuantum durumu dalga fonksiyonu ile hesaplanan gözlenebilir fiziksel büyüklüklerin beklenen değerleri zamanla değişmez. Örneğin, enerjinin beklenen değeri zamandan bağımsızdır. Kuantum durumunun enerjisi tamamen belirlendiği için enerjideki belirsizlik ’dır. Çünkü

Böylece tam bir enerji , değerine sahip taban kuantum durumu sonsuza kadar konfigürasyonunu (olasılık dağılımını) muhafaza eder. Ömrü, daha düşük enerjili kuantum durumlarına bozulmaya karşı sonsuzdur. ise ’dur.

Şimdi, orijinal potansiyeli olan sistemin gibi zayıf perturbasyon potansiyeline tabi olduğunu düşünelim. (Elektrik alan içine yerleştirilmiş bir atom) -nün yokluğunda S.D.’ni potansiyeli için çözüp kuantum öz-durumlarını ve özdeğerlerini bulduğumuzu varsayalım. potansiyeli varlığında ise bulacağımız kuantum durumları, tam aynısı olmamakla birlikte yaklaşık olarak daha önceki kuantum öz durumlarıdır. Bu zayıf ek potansiyel sistemin yaklaşık kuantum öz-durumları arasında geçiş yapmasını sağlar. Böylece zayıf bir EM etkileşim altındaki atom , gibi geçişler yapabilir.

Eğer bir sistem ilk öz-enerji durumundan son öz-enerji durumuna geçiş yapsa bile, enerji muhakkak korunmalıdır. Toplam bozunum enerjisi bir sabit olmalıdır.

Eğer son öz-durum enerjisi , ilk öz-durum enerjisinden küçükse, enerji farkı bozunumdaki radyasyon ışıması olarak görülmelidir.

Atomik ve nükleer uyarılmış kuantum öz-durumları arasındaki geçişlerde enerjisini taşıyan bir foton yayımlanır.

Kararsız bir kuantum durumunun enerjisinde belirsizliği vardır. , genellikle kuantum durumunun “genişliği” adını alır ve ile gösterilir.

, bu kuantum durumunun ortalama ömür süresi belirsizlik prensibindeki süresiyle belirlenir.

, zaman aralığı kuantum durumunun enerjisini ölçmek için izin verilen süredir. Geçiş olasılığı veya bozunum olasılığı (birim zamandaki bozunum sayısı) ortalama ömür ile ters orantılıdır.

İlk ve son kuantum durumlarını tasvir eden dalga fonksiyonları biliniyorsa (potansiyelinin kararlı öz-durum fonksiyonları) veya ’yı hesaplamak mümkündür.

 etkileşimi öz-durumlar arasında geçişlere neden olur.

Fermi’nin Altın Kuralı:

(geçiş operatörü nün matriks elemanları) Geçiş olasılığı, geçiş matris elemanının karesi ile orantılıdır.

: son öz durumlarını yoğunluğu

(, değerinde birim enerji aralığındaki öz-durumların sayısı)

 enerjisine yakın enerjilere sahip çok miktarda kuantum öz-durumları söz konusu ise, kuantum geçişi sonucunda son kuantum öz-durumu bunlardan herhangi biri olabilir. Dolayısıyla geçiş olasılığı, tek son kuantum durumuna nazaran daha büyüktür.