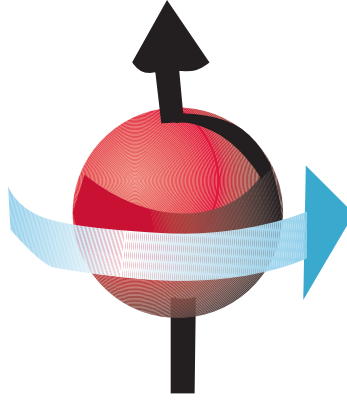




Elektronların spinlerinin nasıl yöneldiğini merak etmekteyim. yani “spin up” ve “spin down” olarak tanımlanan ifadeler nelere karşılık gelmektedir?
Murat Güneş

Spin, İngilizce’de kendi etrafında dönme anlamına gelen bir kelime. Örneğin, Dünya’nın, 24 saatte bir turunu tamamladığı kendi etrafında dönmesi de böyle bir hareket. 1920’li yıllarda, elektronların da bu türden bir hareket yaptığı düşünüldüğü için bu terim kullanılmaya başlanmış. Fakat, elektronların gerçekte bu tip bir dönme yapmadığını biliyoruz. Spin kavramı ortaya atıldığında da bilinen bir neden şu: Elektronların, minik bir küre şeklinde olduğunu düşünelim; tıpkı Dünya gibi, ama çapı çok küçük bir küre. Bu aslında yanlış bir varsayım. Bugün bile, elektronların gerçek anlamda noktasal bir parçacık mı (yani sıfır çaplı), yoksa sicim, küre gibi bazı doğrultularda bir genişliği olan bir cisim mi olduğunu bilmiyoruz. Fakat, küre şeklinde olduğu varsayımını kullanırsak, sonra da bu kürenin çapı için tahmini değerler (deneysel verilerden elde edilen olası en büyük çap) kullanırsak, kürenin yüzeyindeki hızın, ışık hızını kat kat aştığını buluyoruz. Bu da olanaksız bir şey. Bunun dışında, dönen cisimlerin kuantumlaşmış hareketleri hakkında bilgilerimiz de, elektronun bu özelliğinin bildiğimiz anlamda bir dönmeden kaynaklanmadığını söylüyor.

Spin, bilimsel bir terim olarak “açısal momentum” olarak adlandırılan bir nicelik için kullanılıyor. Bu, hem bir büyüklüğü, hem de bir yönü olan bir vektör nicelik. Dünya’nın dönmesini örnek alırsak, açısal momentumun yönü, sağ-el-kuralı dediğimiz basit bir yöntemle şöyle bulunuyor: Başparmağınızı uzatarak, sağ elinizin diğer dört parmağını yumruk yapın. Eğer dört parmak Dünya’nın dönüş yönünü gösteriyorsa, o zaman başparmak açısal momentumun

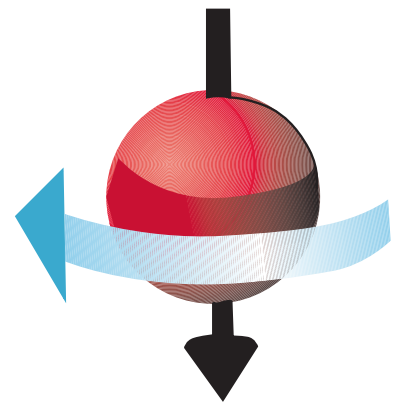


yönünü gösterir. Dolayısıyla, Dünya için açısal momentumun doğrultusu, Güney kutbunu Kuzey kutbuna birleştiren eksen boyuncadır. Dünya, bu eksen/doğrultu etrafında döner. Kesin yönü de Güneyden Kuzeye doğrudur (çünkü Dünya, batıdan doğuya doğru döner). Yani, açısal momentumu, kutup yıldızını gösteren bir ok gibi hayal edebilirsiniz. Açısal momentumun büyüklüğü de, dönüş hızına bağlı. Dünya hızlanırsa, açısal momentum da büyüyor (uzayan bir ok gibi).

Bizim açısal momentum gibi bir niceliği kullanmamızın temel nedeni, bu niceliğin korunuyor olması; tıpkı enerjinin korunumu gibi. Nasıl, kapalı bir sistemdeki toplam enerji zamanla değişmiyorsa, böyle bir sistemin toplam açısal momentumu da zamanla değişmez (ancak vektörel bir büyüklük olduğu için, vektör toplamı hesaplanmalı). Böyle korunum yasaları, Dünya-astroid çarpışması, buz patencilerin dönmesi gibi bir çok karmaşık olayın bazı yönlerinin analizini kolaylaştırıyor. Elektronların da böyle bir “içsel” açısal momentuma sahip olduğunu bu korunum yasasını kullanarak anlıyoruz. Spin diye adlandırdığımız bu nicelik. Dolayısıyla, elektronların toplam açısal momentumunun iki bileşeni var: (1) Atom çevresinde dönme gibi bilindik hareketler sonucu sahip olduğu, bildiğimiz anlamda açısal momentum ve

(2) elektronun her hareketinden bağımsız, spin dediğimiz açısal momentum. Yukarıda da açıkladığımız gibi, spin herhangi bir dönme hareketinden kaynaklanmıyor. Ama, bir şekilde böyle bir özelliğe sahip. Bir çok temel parçacığın (proton, nötron, foton, vb.) bu anlamda spini var.

Elektron spinini hayalimizde canlandırmanın en iyi yolu, her bir elektronu birer minik mıknatıs gibi düşünmek. Bu mıknatısın “magnetik güney kutbu” da spinin yönü. Dolayısıyla, yukarıdaki listeyi tekrarlırsak, elektronlar iki değişik şekilde manyetik alan yaratabilirler: (1) Atom çevresinde dönerek, tıpkı elektromıknatıslardaki



gibi dönen bir akım oluşturarak (2) ya da zaten sahip oldukları (herhangi bir akımdan kaynaklanmayan) “içsel” mıknatıslıkları ile.

Kuantum fizikine göre, spinin yönünde çok ciddi oranda bir belirsizlik olması gerekiyor. Buna karşın bir ortalama yönden bahsedebiliyoruz ve çoğunlukla spin yönü derken kastedilen bu ortalama yön. Uzayda herhangi bir doğrultu belirleyin, örneğin kuzey-güney doğrultusu (bunu istediğiniz gibi seçebilirsiniz). Tam kuzey kutup noktasında durduğunuz varsayalım, dolayısıyla kuzeye “yukarı”, güneye de “aşağı” diyelim. Kuantum kuramında, bu seçilen doğrultuya göre tanımlanmış iki temel durum öne çıkıyor. Bunlardan birincisi spin vektörünün ortalama kuzeyi gösterdiği “spin-yukarı” durumu (yani, yanlış olan kürecik modeline göre, elektronun Dünya’yla aynı yönde döndüğü durum), diğeri de aynı şekilde “spin-aşağı” durumu.

Şüphesiz spin, bu ikisi dışında sonsuz sayıda farklı yön arasından birisi boyunca yönelmiş olabilir. Örneğin, spinin sağı gösterdiği yön. Fakat, burada kuantum kuramının garipliklerinden biri öne çıkıyor. Herhangi bir sistem, birbirinden farklı bir çok temel durumun hepsinden birden aynı anda bulunabilir. Örneğin bir parçacık, aynı anda iki üç farklı yerde birden bulunabilir veya beş farklı hıza birden sahip olabilir. Bu, bizim etrafımızda gördüğümüz şeylerde tanık olmadığımız, bize çok garip gelen, ama parçacıklar için olağan bir olgu. Aynı şey spin için de geçerli. “Spin-sağa” durumu, bir şekilde, elektronun aynı anda hem “spin-yukarı”, hem de “spin-aşağı” durumlarında olması şeklinde düşünülebilir. İki temel durum tamamen seçilen doğrultuya göre tanımlanıyor. Örneğin, “spin-sağa” ve “spin-sola”nın temel durumları olduğunu düşünüp, spin-yukarı durumunu bunlar cinsinden de ifade edebilirsiniz.

Sonuç olarak, elektronun spin durumları söz konusu olduğunda, iki temel durum önem kazanıyor. Çoğu kez, elektron spininin sadece iki durumdan birisinde olabileceğini, bunlar dışında başka olasılık olmadığını düşünmek doğru analizi yapmak için yeterli. Örneğin, atomlarda elektronların orbitallere dağılımı için bu varsayım doğru sonuca ulaşmamıza yetiyor. Ama, gerçek bundan çok daha karmaşık.

