

ELEKTRON

(Hem parçacık,
hem dalga)

Ramazan KARAKALE

Elektron, atomun üç temel parçacığından biridir. Yalnız atomun mu, biz insanların da ayrılmaz bir parçasıdır. Öyle ya, görünür her madde gibi insanlar da atomların olağanüstü sistematik dizilişinden oluşmuştur. Her madde, elektron zırhına bürünmüş durumdadır. Ama dahası var: Elektron, yaşamımızın, uygarlaşmamızın da bir parçasıdır. Elektrik ampulünden saçılan ışık, atomundan bir uzaklaşmış bir geri dönen elektronların mesajıdır. Elektrik, yüksek elektron yoğunluğundan daha düşük yoğunluğa doğru akın eden elektronların eyleminden başka nedir ki? İnsanoğlunun bilinçli ellerinde uysallaştırıldığı motor olup, ışık olup, yaşamı güzelleştiren elektron denetlenmediğinde yıldırım olup, ateş olup yaşamı söndüren canavar haline gelir. Çünkü atomların moleküllerin (çevremizdeki her maddenin) giysisi, sözün gerçek anlamında elektron örgüsüdür. Birbirlerine yer verdiklerinde, metallerin tel ve levha haline gelmesini sağlayabilirken, başka hallerde herşeyin hiçbirine içine gömülmesini önlerler.

Elektronlar, atom çekirdeği denen çok yoğun bir odak çevresinin uydularıdır. Çekirdek, proton ve nötronlardan oluşur. Elektrik yükü bakımından protonlar pozitif, nötronlar yüksüz parçacıklardır. Buna göre atom çekirdeği, bir bütün olarak, pozitif elektrikle yüküdür. Kütle bakımından ise bir proton ve bir nötron yaklaşık aynı; bunların her biri de 1840 elektron kütlesi kadardır. Yüksüz bir atomda, daima proton sayısı kadar elektron bulunur. Çekirdekte ise genellikle proton sayısına eşit (bazı hallerde de daha çok) nötron vardır. Bu nedenle atomların hemen tüm kütleleri, sanki çekirdeklerine yığılmış gibidir. Gerçekten atom çekirdekleri, santimde küp başına 10^{14} gram kütle düşen, olağanüstü yoğun odaklardır. Çekirdekler, yaklaşık 10^{-13} cm yarıçapındaki küreler gibidir. Atomların yarıçapları ise 10^{-8} cm dolayındadır. Buna göre çekirdeği, eğer yarıçapı 1 metre olan küre gibi düşünelim elektronların bulunabileceği sınırlı yüzey, bundan 100 km uzağı kapsıyor demektir. Elektron dediğimiz çok küçük kütleli parçacıklar, çekirdek çevresindeki bu büyük uzayın çilgini dansçıları gibi sürekli hareket ederler.

Elektriğin metallerdeki iletimi, elektronların iletimidir.

Bir elektron, ola ki, çekirdeğe dalarsa, o atomun niteliği değişir. Çünkü bu sırada, bir proton bir nötrona dönüşür (atom numarası bir azalır).

Çekirdekten (radyoaktif maddelerde) bir elektron fırlarsa, atomun kimliği yine değişir. Çünkü bu sırada bir nötron, bir protona dönüşmüş olur (atom numarası bir artar).

Kimyasal birleşme ve ayrışmaların biricik sorumlusu da

elektronlardır. Çünkü elementlerin bileşik oluşturması ya da bileşiklerin elementlerine ayrışmasında, atomların çekirdekleri değişmez. Elektron ortaklığı ya da alışverişi olur. Elektronlar, atom çekirdekleri arasındaki uzayda hareket ederek, çekirdekleri bağlayıcı rol oynayabilirler.

Elektronlar, aynı cins yükleri nedeniyle birbirlerini iter; bu nedenle birbirlerinden en uzak kalacak konumları seçerler, ama pozitif yüklü çekirdek çekimi, onları olabildiğince yakın durmaya zorlar. Bu iki zıt eğilimi karşılamak herhalde çok zordur. Ama elektronlar bu zorluğa da çözüm ararcasına kendi eksenleri çevresinde de dönerler.

Zıt yönde dönen iki elektron, karşıt kutuplu iki mıknatıs gibi birbirini çeker. Böylece çekirdeğe en yakın uzayı, iki elektron çok kolayca paylaşabilir.

IŞIK VE ELEKTRON

Elektronla ışık arasında şaşırtıcı ilişkiler ve benzerlikler görülür. Çünkü maddelerin ya da atomların yuttuğu ışık, doğrudan doğruya elektronların çekirdekten uzaklaşmasına neden olur. Üstelik atomlar ışığı sürekli değil, basamak basamak yutarlar. Atomlardan yayılan ışık, yüksek enerjili konuma tırmanmış elektronların, eski konumlarına inerken yaydıkları ışıktır. Atom tayflarının dili, elektronların, adığı ışık sinyallerini geri yayan küçücük radyo istasyonları olduğunu doğruluyor. Dahası var: Elektron, bizzat "ışık" kimliğine bürünüyor. Elektronun, pozitron denen bir karşıtı vardır. Bu iki karşıt buluşunca ışık (gamma ışını) oluvmektedir. Tersine, yüksek enerjili gamma ışınlarının, çekirdeğe çarpması da elektron ve pozitron çifti doğurmaktadır. Işıkla elektron arasındaki şaşırtıcı ilişkiler, onların doğasındaki benzerliği açığa vuruyor. İnsanoğlu, tam ışığın dalga katarı olduğu düşüncesine kendini kaptırdığı anda, karşılaştığı sorunlar nedeniyle, ışığı aynı zamanda foton denen enerji paketçiklerinin sağanağı olarak benimsemek zorunda kalmıştı. Şimdi de katı boncuklar gibi düşünmeğe alıştığımız elektronların dalga paketleri gibi davrandığını göreceğiz. "Elektronların hareketi bir dalga hareketidir." Öykümüzün ilginç sonucu aslında bu. Ama bu öyküyü daha inandırıcı kılabilmek için tarihin o bereketli kaydından biraz daha yardım alalım.

ÇEKİRDEK VE ELEKTRON

1912'de E. Rutherford, atomun pozitif yüklü, çok yoğun bir çekirdek olduğunu gösteren ayrıntılı deney sonuçlarını açıkladı. Bilim dünyası, bu inandırıcı deney sonuçları karşısında elektronların konumunu tartışmaya başladı. Ana sorun, elektronların nerede olduğu ve neden çekirdek üzerine düşmediği idi. Öyle ya, çekirdek etrafında hareket eden elektronlar, giderek enerjilerini yitirmeli ve çekirdek üzerine düşmeliydi. Oysa çekirdek ve elektronlarıyla kararlı atomların varlığı bir gerçektir. Sorunun yanıtını Rutherford ile çalışmaya gelen Niels Bohr verdi. Bohr, 1900'de Planck'ın ortaya atıp 1905'te Einstein'ın geliştirdiği kuantum kuramını temel aldı. Bu kuram, enerjinin sürekli değil parça parça alınıp verildiğini, ölçülen her toplam enerjinin bir en küçük enerji paketçığının tam katları biçiminde olduğunu, deneylere dayanarak savunuyordu. Enerji paketçiklerine de "kuantum" deniyordu. Bir bileşiğin kuantumu moleküle, bir elementinki atoma, elektrikli elektrona benzetilebilir. Planck, enerji alanına atomizmi

sokup, "onun atomuna" kuantum adını vermişti. Bohr, yeni bir Kepler gibi, elektronların konum ve hareketini de "kuantlaştırdı". Ona göre elektronlar:

- Çekirdek çevresinde, her yerde değil, belli yarı çaplı dairesel yörüngeler üzerinde dolanıyor olmalıdır. Atomların özellikle hidrojen atomunun, soğuduğu ışığın belli enerjilerde olması ve soğurulan ışığın geri yayılışının tayföçlerde kesin çizgiler halinde iz bırakması bu kanıyı doğrular.

- Elektronun bu dairesel yörüngelerdeki hızı öylesine yüksektir ki, bu hareketten doğan merkezkaç kuvvet ile çekirdeğin elektronu çekmesi dengelenir. Böylece belirli enerji düzeylerindeki elektron, çekirdek üzerine düşmeden hareketini kararlı bir şekilde sürdürüp gider.

- Atom, temel durumda kararlıdır ve ışık yaymaz. Ama atoma enerji verilirse elektronlar üst enerji düzeylerine "uyarılır". Kendi haline bırakılan bu uyarılmış atom, düşük enerjili konumu yeğler ve bu sırada aldığı enerjiyi ışık biçiminde geri verir.

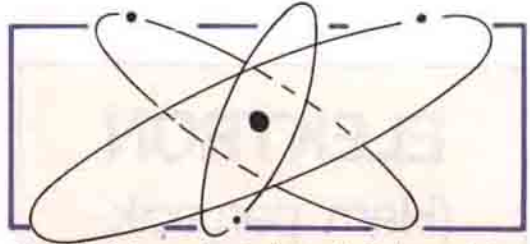
ELEKTRONUN DALGA ÖZELLİĞİ

Rohr, Rutherford modelini geliştirmiş, sanki onu ete kemiğe büründürmüştü. Düşünceleri, hidrojen atomundaki elektronların davranışlarını, başlarıyla açıkladı. Ama Bohr, çok elektronlu atomların daha karmaşık olan tayf çizgilerini ve bu çizgilerin manyetik alanındaki yarılmasını çözümüylemedi. Bunun açıklanması 1924-30 yılları arasında geliştirilen Yeni Kuantum Kuramı ile yapıldı. Hemen hemen aynı anda, dört bilim adamı, biçimce farklı olsa da özce birbirini tamamlayan çözümlere ulaştılar.

Bunlar Fransa'da Broglie, Almanya'da Schrodinger ve Heisenberg, İngiltere'de Dirac'tır. Yeni Kuantum Kuramı, proton, elektron gibi temel parçacıkların tekil yasalarını bir yana bırakır: doğrudan doğruya kümelenmeler için geçerli yasaları ortaya koyar. Radyoaktif parçalanma, tayf çizgilerinin özgülüğü ve keskinliği, fotoelektrik olay, elektronların kırınım göstermesi gibi olaylar, madde ve enerjinin "kuantlı" niteliğini açığa vuran görüngülerdir. Bütün bu görüngüler, istatistiksel yargıyı gerektirir. Çünkü bu olayların yasaları tek bir ölçümle değil, yinelenen çok sayıda ölçümle doğrulanabilir. Örneğin radyoaktiflikte niçin şu ya da bu atomun dönüşüme uğrayıp ötekini uğramadığını, tek tek atomlar için kuramsal olarak bile açıklayamıyoruz. Bunun gibi, elektronların tek tek davranışlarını tanımlamamız, hem olanaklarımız hem zaman yönünden çok zordur. Ancak genel davranışlardan, ortalama ve olası tekil sonuçlar türetebiliriz.

Broglie, ışığın ikili (dalga, parçacık) yapısının söz konusu olup olmadığını düşündü. Işık, hem bir dalga akımı, hem de enerji paketçikleri (foton) olarak yayılıyordu. Peki, yüksek hızda hareket eden bir parçacık da bir dalga akımı gibi davranamaz mıydı? Planck'ın ve Einstein'ın düşüncelerini kaynaştırarak Broglie, bunun olabirliğini matematiksel olarak gösterdi. Buna göre hareket eden her parçacık, aynı zamanda dalga hareketi izler. Yani bu parçacıklar, dalga paketleri gibi davranır.

Broglie'nin düşüncesi doğruysa, bir kristalden geçen elektron demeti (örneğin katot ışınları), tıpkı bir x-ışınları demeti gibi kırınım göstermeliydi. Kırınım, dalga hareketine özgü bir



davranıştır. Çok geçmeden, 3 yıl sonra, C. Davisson ve L. Germer, "elektron kırınımını" denel olarak gösterdiler. Bir nikel parçası üzerine yollanan elektron demeti, x-ışınlarıinkine benzer bir kırınım resmi verdi. İkinci parlak deneme, aynı yıl, Sovyet Fizikçi P. Tartakovski tarafından gerçekleştirildi. Daha sonra G.P. Thomson, toz kristal spektrometresi ile benzer sonuçları elde etti. Deneyler, Broglie'nin düşüncesini doğruladı. Elektron kırınımı, o zamandan beri, kristallerin ve gaz moleküllerinin yapısını aydınlatmada başan ile kullanılıyor. Elektron mikroskobu da Broglie'nin kuramı için inandırıcı bir kanıttır.

Broglie'ye göre atom çekirdeği çevresindeki elektronlar, dalga boylanı tam birbiri üzerine çıkışacak şekilde hareketlerini sürdürmelidir. Bohr'un elektron yörüngeleri kesin yarıçaplı, dairesel yörüngelerdi. Broglie kuramına göre, olsa olsa, ortama bir yarıçaptan söz edilebilir, kesin dairesel yörüngelerden değil.

Elektronların çekirdek çevresindeki konumunu tanımlamada bir de belirsizlik ilkesi kullanılır. 1925'te Heisenberg'in ortaya koyduğu bu düşünceye göre, kütlesi çok küçük, hızı çok yüksek olan elektronların "yerini" ve "hızını", aynı anda, tam bir kesinlikle saptayamayız. Bunu anlamak için elektronun yer, hız, momentum gibi niceliklerini ancak bir ışıkla bulabileceğimiz düşünülmelidir. Işık (foton sağanağı) elektrona çarpınca onun yer, hızı ve momentumu değişecektir. Yani biz elektronu gerçek yer ve konumuyla değil, ışık çarpmasıyla değişen konumunda saptayabileceğiz. Bu değişime, kullanılan ışığın dalga boyunu küçültmekle azaltılabilir; ama, ortadan kaldırılamaz. Bu varsayımdan şu sonuç çıkar: Yerini ve hızını tam olarak belirleyemediğimiz elektronların, kesin yarıçaplı dairesel yörüngeler çizdiğini söyleyemeyiz.

Görüldüğü gibi Broglie ve Heisenberg'in düşünceleri, elektronların nerede olduğunu değil, nerede olmadığını ortaya koydu. Peki ama elektronlar, gerçekten nerede ve nasıl hareket ederler? Bu sorunun yanıtı atom tayflarından, tayf çizgilerinin manyetik alanda yarılmasından, atomların manyetik ve periyodik özelliklerden çıkan toplu sonuçları, yüksek matematik birleştirilerek verildi. 1926'da E. Schrodinger bu sorunun yanıtını veren bir matematiksel denklem türetti; dalga bağıntısını ve belirsizlik ilkesini birleştirdi; elektronların, çekirdek çevresinde bulunabilecekleri uzay parçalarını tanımladı. Bu uzay parçalarına orbital adı verilir. Orbital, elektron dalgalarının yoğunluğunu ya da elektronların bulunma olasılığının en yüksek olduğu bölgeleri anlatan bir kavramdır. Evet, bir atomdaki her bir elektronun hızını ve yerini tam bir kesinlikle söyleyemiyoruz; ama, bu müthiş hızdaki parçacıkların bir ipekböceği gibi hareketleriyle taradıkları kozaları tasarlayabiliyoruz. Bu kozalar, çekirdeği saran küreler biçiminde, uzaydaki üç eksen boyunca uzanan yuvarlak baloncuklar biçiminde ve daha karmaşık şekillerde olabilmektedir. ■

Bu yazı, yazarın "MODERN KİMYA" adlı kitabından özellenmiştir.