

Atomaltı Dünyanın Doğuşu



Her şey 1827'de İskoç bir botanikçinin su üzerine polen taneleri serpip bunları mikroskop altında incelemesiyle başladı. Robert Brown isimli bu meraklı adamın bulduğu şey çok garipti. Su yüzeyinde usulca etrafa yayılmaları gereken polenler tıpkı mikroskobik canlılar gibi her yönde titriyordu. Yıllarca hiç ilgi çekmeyen bu ufak detay, 20. yüzyılın başında genç bir fizikçi tarafından ele alındı.

78 yıl hiç ilgi çekmeyen bu ufak detay, genç bir fizikçi tarafından yeniden ele alındı. Albert Einstein adlı bu genç adam, polenlerin ancak başka bir şey tarafından itilmeleri halinde bu şekilde davranacağını iddia etti. Ona göre su, atom benzeri küçük parçacıklardan oluşuyordu. Bu parçacıklar kendi aralarında sürekli çarpışırken polenleri de sarsıyorlardı. Eğer su parçacıklarından oluşmasaydı polenler de kımıldamadan duracaktı. Einstein bu iddiasını mükemmel bir matematik diliyle de anlattı. Atomların büyüklüklerini dahi öngörebilmişti: Milimetrenin milyonda biri kadar olmalıydılar. Atomlar o güne kadar hep felsefi bir fikir olarak anılmıştı. Antik Yunan'da düşünürlerin zihin jimnastiği idi. Madde sonsuza kadar küçük parçalara bölünebilir miydi? Yoksa bölünemez, parçalanamaz temel bir yapı taşı var mıydı? Ezelden beri madde, ne kadar yakından bakılırsa bakılsın hep aynı yapıya sahip ve sonsuza kadar bölünebilir "sürekli bir ortam" olarak hayal ediliyordu. 1900'lerde matematik ve deneyler ilk defa atomu öngörmeye başlamıştı.

Oysa yaşını başını almış bilim insanları evrenin tüm sırlarını çözdüklerini düşünüyordu. Hatta zamanının en önemli bilim insanlarından olan Lord Kelvin 1900'de 76 yaşındayken yaptığı bir konuşmada aynen şunu demişti: "Artık fizikte keşfedecek yeni bir şey kalmadı. Geriye kalan sadece daha kesin yapılacak ölçümlerdir." Ancak çok yanılıyordu. Aynı yıl Max Planck'ın Alman Fizik Enstitüsü'nde yaptığı konuşmada elektromanyetik enerjinin kesikli olarak yayımlandığını açıklamasıyla kuantum devrimi başlayacaktı. Einstein yine sahneye çıkıp Planck'ın kesikli ışık fikrini kullanarak fotoelektrik olayı açıklamakta gecikmeyecekti. Kesikli sözcüğü ile ışığın sürekli ve tekdüze bir yapısı olmadığı, kesikli ve tanecikli bir yapısı olduğu anlatılmak istenir. Tıpkı düzlemsel bir rampa ile basamaklardan oluşan merdiven arasındaki fark gibi.

İnsanlar henüz atom fikrine yeni yeni alışırken, İngiltere'de sıradışı bir adam Ernest Rutherford, sıradışı bir deney tasarladı. İnceltilmiş bir altın levhaya alfa parçacıkları gönderip sonucun ne olduğunu incelemeye başladı. İki öğrencisini karanlık bir odaya sokuyor ve onlardan altın levhayı delip geçen alfa parçacıklarının fosforlu ekran üzerinde bıraktığı minik parıltıları gözlemelerini istiyordu. Haftalarca süren bu sıkıcı süreç sonunda öğrencileri, altın levha sanki hiç yokmuş gibi geçip giden alfa parçacıklarını rapor etmekten başka hiçbir şey yapmadı. Ancak 1911'de bir gün, çok nadiren de olsa bazı alfa parçacıklarının altın levhaya çarpıp geri döndüğünü gözlemlediler. Bu sekiz bin parçacıkta bir görülen son derece nadir bir durumdu. Bu ufak ayrıntıyı Rutherford ile paylaştıklarında o bunun üzerinde durulmaya değer bir bulgu olduğunu fark etti.



Atom denilen minik parçacıkların, tıpkı Güneş Sistemi gibi, merkezdeki büyük kütlenin etrafında dönen minik elektronlardan oluşan birer sistem olduğunu anladı. Atomların merkezindeki çekirdeğin çapının atomun on binde biri kadar olduğunu hesapladı. Alfa parçacıkları işte bu çekirdeğe çarparlarsa geri yansıyorlardı.

Rutherford'un atom modeli büyük oranda boşluktan oluşuyordu. Bunun yanı sıra çekirdeğin etrafında dönen elektronlar zamanla enerji kaybetmeli ve sarmal bir şekilde çekirdeğe doğru hareket ederek yok olmalıydılar. Bu da bütün evrenin kısa bir sürede çökmesi demekti. Rutherford'un atom modeli o günün fizikine tamamen zıttı.

Geçmiş asırların bilgi birikimine baş kaldıracak yeni nesil fizikçilere ihtiyaç doğmuştu. Bu yeni neslin en güçlü temsilcisi ve ilk üyelerinden olan Niels Bohr soluğu Rutherford'un yanında aldı. Kendini atomun neden çökmediğini ve neden o kadar büyük boşluk içerdiğini açıklamaya adanmıştı.

Uzun zamandan beri maddeyle ışığın bir şekilde bağlantılı olduğu biliniyordu. Farklı elementler ısıtıldığında farklı renkte ışık yayıyordu. Belirli bir maddenin yaydığı ışığa veya ışıklara tayf deniyordu. Bohr, tayfin atom hakkında vereceği bilgiler olduğunu düşünüyordu.

Her atom, farklı renklerde ve kesikli, tayfta çok belirgin ışıklar yayar. Tayflar atomların parmak izleri gibidir. Bohr, bu belirli ışık tayflarının atomun etrafındaki elektronlarla ilgili olduğunu anladı. Bohr'un atom modeli şöyleydi: Atom çok basamaklı bir merdiven gibidir. En alt basamakta çekirdek vardır, üst katlar elektronlarla doludur. Çalışma mekanizmasını tam anlamasa da, atomların dünyasında geçerli olduğunu düşündüğü bir yasa, elektronların ancak ve ancak bu basamaklarda bulunabileceğini, aralarda bulunamayacağını söylüyordu. Eğer bu elektronlar dışarıdan enerji verme yoluyla uyarılırsa, geçici olarak bulundukları basamaklardan üst basamaklara sıçrayabiliyorlar, tekrar eski basamaklarına dönerken de enerji kaybediyorlardı. Biz de bu enerji kayıplarını ışık olarak algılıyorduk. Işığın rengi, elektronun kaç basamak sıçradığı ile ilgiliydi. Sözelimi 5. kattan 4. kata sıçrarsa kırmızı, 8. kattan 2. kata sıçrarsa mavi ışık yayıyordu. Bohr kuramının temeline Planck'ın kara cisim ışımasını açıklarken kullandığı kuantaları koymuştu.



Bohr bu kuramını sınamak için bilinen en basit element olan hidrojeni ele aldı ve aylar süren uzun hesaplamalar sonucu 1913'te kendi kuramıyla hidrojen tayfını mükemmel bir şekilde açıklayabildiğini gördü. Ancak ortada çok ciddi bir problem vardı: "Kuantum sıçramaları" dediği bu olay sadece bir varsayıma dayanıyordu, bilinen fizikte yeri yoktu, nitekim insanlara da tamamen saçmalık olarak göründü. Hatta atomun varlığını matematiksel olarak ispatlayan ve yeni fikirlere son derece açık olması beklenen Einstein bile Bohr'un yönteminden çok rahatsız olmuştu. Elektronlar niçin bir basamaktan diğerine sıhırlı sıçrayışlar yapıyordu ki?

Oysaki bilim doğayı anlamak için vardı, daha anlamsız ve karmaşık hale getirmek için değil. İşte bu noktada atom fiziğı konusunda çalışan bilim insanları arasında yeni bir kutuplaşma doğdu. Gelenekçilerin başını Einstein çekiyordu. Yenilikçilerin önderliğı ise Bohr'a düşmüştü.

Gelenekçiler içinde Planck ve Einstein gibi meşhur ve yön verici isimler olduğu için gençlerin işi hayli zordu. Bir gün Einstein'a Fransa'dan bir mektup geldi. Mektupta atomların dünyasının garip davranışlarını geleneksel fiziğın kavramlarıyla anlatan bir doktora tezi de vardı. Lois de Broglie isimli genç, elektronlara radyo dalgası gibi dalgaların eşlik ettiğini hayal etmiş ve elektronların davranışlarını dalgalarla açıklayabileceğini söylemişti. De Broglie'ye göre pilot bir dalga elektronu sıkıca tutarak yörüngesinde kalmasını sağlıyor ve böylece atomu çökmekten kurtarıyordu. Dalgalar konusu o güne kadar yeterince irdelenmiş, dalga fiziğı tamamen anlaşılmıştı. Bu yüzden de Broglie'un önerisi gelenekçilere rahat bir nefes aldırdı. Atomun yapısı dalgalarla açıklanabilirdi ve onlar dalganın ne olduğunu biliyordu.

Bu arada Bohr Kopenhag'a yerleşmiş ve kendi araştırma enstitüsünü kurmuştu. Burada şekillenen düşünceler ve yapılan çalışmalar ileride kuantum fiziğının Kopenhag okulu olarak anılacaktı. Dünyanın pek çok yerinden parlak gençler Bohr'un okuluna geliyor ve yenilikçi fikirlerini geliştirmeye çalışıyorlardı.



Bunlardan biri olan Pauli o güne kadar duyulmuş en olağanüstü fikri ortaya attı. Pauli, Bohr'un basamaklı atom modelini almış ve bir adım ileri taşımıştı. Pauli'ye göre atom çekirdeğinin üzerindeki her basamak ancak belirli sayıda elektron taşıyabiliyordu. Böylece tek bir elektron, atomun yapısını tamamen değiştirebiliyordu. Pauli'nin dışarlama ilkesi diye adlandırdığı kuram, doğadaki elementlerin neden bir-birlerinden bu kadar farklı olduğunu açıklıyordu.

Gelenekçiler henüz kuantum sıçraması fikriyle baş edememişken, Pauli yeni bir kuantum kuralı ortaya çıkarmıştı. Bir atoma yeni bir elektron eklemek istediğimizi düşünelim. Elektron önce en üst basamaktaki doluluğa "bakar". Eğer burası doluysa yeni elektronu barındırmak için yeni bir basamak veya kabuk oluşur. Bu değişiklik atomun diğer atomlarla etkileşimini ve davranışlarını tamamen değiştirir.

Pauli ve Bohr ilk kez insanlığa Dünya'daki müthiş çeşitliliği anlama fırsatı sundular. Tabii ki Einstein ve takipçileri bundan hoşlanmadı. Çünkü Pauli, önerdiği şeyin nasılını ve nedenini açıklamamıştı, sadece doğanın bu şekilde davrandığını söylemişti.

Bir sonraki adım gelenekçiler safından, Erwin Schrödinger'den geldi. Schrödinger de Broglie'nin pilot dalga fikrini alıp öteye taşıdı. Ona göre elektronlar çekirdeğin etrafında çok hızlı titreşen enerji dalgalarıydı ve atomun etrafında bir bulut gibiydiler. Dahası, yeni bir denklemle bu dalgaları matematiksel dille açıkladı ve fiziğin bilinen terimleriyle bütün atomu tanımladı. Schrödinger'in dalga denklemi, dalga fonksiyonunu tanımlayarak atomu basit terimlerle görselleştirmenin yolunu bulmuştu. Ancak bir problem vardı, Schrödinger kuantum sıçramalarını açıklayan alternatif bir çözüm bulamamıştı.

Bohr ekolü henüz can alıcı adımı atmamıştı. Sıra Heisenberg'deydi. Werner Heisenberg'e göre, atom bildiğimiz anlamda hiçbir şeyle betimlenmemeliydi. Uzun bir düşünce dönemi sonunda saf matematik kullanarak atomun sırlarına erişebileceğini fark etti. Kullanacağı matematik de sıra dışı olmalıydı.

Bilinen iki sayıyı çarpıldığında bunu hangi sıralamayla yaptığının bir önemi yoktur. Üç kere beş eşittir beş kere üç. Ancak Heisenberg atomun fiziksel değerlerinin sıraları değiştiğinde çarpımlarının aynı sonucu vermediğini gördü. Elektronun hızı, konumu gibi matematiksel olarak ifade edilebilen niteliklerinin sayısal değerlerinin hangi sıralamada çarpıldığı, sonucu değiştiriyordu. Düşüncelerini kuantum fiziğinin gizli kahramanı Max Born ile paylaştı ve beraber yepyeni bir atom modeli oluşturdular.



Bu model sayesinde birtakım sayı matrisleriyle atom davranışlarını net olarak tahmin edebiliyorlardı. Matris mekaniği Pauli'yi ve Bohr'u büyülemişti. Saf matematik ile atom tasviri muhteşem bir fikirdi.

Ancak o günün bütün bilimsel kuruluşları Kopenhag okuluna öfkeliydi. Kesin bir zafer için yenilikçiler 1926 yılında kendilerini dış dünyaya kapadı. Bir süre sonra bu okulun parlak çocuğu Heisenberg yeni bir şey fark etti. Atomu neden sezgilerimizle anlayamayacağımızı, neden betimleyemeyeceğimizi çözmüştü. Doğa bize atom hakkında kısıtlı bilgi veriyordu. Örneğin bir elektronun konumunu biliyorsak hızını bilemeyiz. Hızını bildiğimiz anda, konumu hakkındaki bilgiyi kaybederiz. Bu belirsizlik kuantum kuramındaki bir kusurdan veya ölçümlerdeki bir hatadan değil, atom dünyasının doğasından kaynaklanan bir gerçektir. Heisenberg, matris mekaniği ile tasvir ettiği atomun doğasının belirsizlikler üzerine kurulduğunu keşfetmişti. Nerede olduğuna baktığımızda bir parçacık gibi davranan atom, gözlemlenmediğimiz zamanlarda bir dalga gibi davranır. Doğanın özünde -bizim algı dünyamıza göre- çelişki vardır.

1927'ye gelindiğinde Kopenhag okulu son ve kesin bir zafer için artık savaşa hazır. 20 yıla yakın yorucu bir sürecin sonu nihayet Brüksel'deki Solvay Konferansı'nda netleşecekti.

Çizimler: Ersan Yağız

Kaynaklar

- Niels Bohr, "Discussions with Einstein on Epistemological Problems in Atomic Physics" *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, Cambridge University Press, 1949.
- <http://www.aip.org/history/einstein/quantum1.htm>
- David Vidmar, "The Dirac Equation and the Prediction of Antimatter", www6.ufrgs.br/frontdaciencia/arquivos/dirac%20antimatter%20paper.pdf
- G Farmelo, "The Strangest Man: the Hidden Life of Paul Dirac, Mystic of the Atom", New York, 2009.
- J Al-Khalili, "The Illusion of Reality", <http://www.bbc.co.uk/programmes/b007vz5n>
- http://en.wikiquote.org/wiki/Werner_Heisenberg
- Bayram Tekin, "Niels Bohr ve Atom Modeli", Bilim ve Teknik, Aralık 2013.
- Enis Yazıcı, "Satranç ve Kuantum Fiziği", Bilim ve Teknik, Şubat 2015.

