

Başlıktaki atom kelimesindeki A harfini matbaa bu sayfaya yazabilmek için yaklaşık milyar çarpı milyar tane karbon atomu kullandı! Bugün bu kadar küçük nesnelerin, hatta atomdan yarıçap olarak 100 bin kat daha küçük atom çekirdeğinin nelerden oluştuğunu ve nasıl çalıştığını, yani fiziğini biliyoruz. Artık elektron mikroskobu ile tek bir atomu 10 milyon defa büyütüp görebiliyoruz. Ancak bundan bir asır önce, 1913 yılında, Niels Bohr henüz 28 yaşındayken “Atom ve Moleküllerin Yapıları” başlıklı meşhur çalışmasını üç makale halinde yayımladığında insanların bir kısmı hâlâ atomların varlığından şüphe ediyordu. Bohr hidrojen atomu için ve bir elektronu eksik helyum atomu için doğru çalışan bir model ortaya atmıştı. Her ne kadar bu model 1926 yılında “kuantum mekaniği” veya “dalga mekaniği” ortaya çıkınca değerini kaybetmiş olsa da, Bohr 1900 yılında ortaya çıkan kuantum fiziğini atomu anlamak için kullanan ilk fizikçidir. Kuantum fiziğini belki de ilk anlayanlardan birisi olan Bohr’un 20. yüzyıl fiziğine katkısı büyüktür.

## Bohr'un Ailesi ve Eğitimi

Niels Bohr'un babası 20. yüzyılın başında Danimarka'nın tek üniversitesi olan Kopenhag Üniversitesi'nin rektörlüğünü yapan, Fizyoloji ve Tıp Nobel Ödülü'ne iki defa aday gösterilen Christian Bohr'dur. Niels Bohr 1922 yılında Nobel Fizik Ödülü'nü, atomların yapıları ve yaydıkları radyasyon konusunda yaptığı çalışmalarından dolayı aldı. Aynı yıl doğan oğlu Aage Bohr da 1975 yılında babası gibi Nobel Fizik Ödülü'nü kazandı. Niels Bohr'dan iki yaş küçük olan kardeşi Harald Bohr hem meşhur bir matematikçi hem de Danimarka milli futbol takımının golcüsü idi. 1908 olimpiyatlarında gümüş madalya kazandı. (Niels Bohr da kaleci olarak futbol oynuyordu, ama bir maç esnasında topa ilgilenmek yerine kale direğine denklem yazmaya kalkınca futbol kariyeri erken bitti.)



Niels Bohr 1885'te doğdu, 1903'te matematik, astronomi ve kimya okumak için Kopenhag Üniversitesi'ne kaydoldu. Henüz üniversite öğrencisi iken sıvıların yüzey gerilimleri ile ilgili deneysel ve kuramsal çalışmalarıyla Danimarka Bilimler Akademisi'nin açtığı bir yarışmada altın madalya kazandı ve bu çalışmaları İngiliz Bilimler Akademisi'nin 1665'ten beri yayımlanmakta olan dergisinde yayımlandı. Bohr lisans çalışmalarını bitirdikten sonra yine aynı üniversitede yüksek lisans yapmaya başladı ve metallerin fiziksel özellikleri (örneğin ısı ve elektrik iletkenlikleri) ile ilgili klasik elektron kuramını kullanarak bir tez yazdı. (Aslında Bohr'un el yazısı çok kötü olduğu için, tezini annesine dikte ettirdi) Bohr ardından doktora çalışmalarına başladı ve 1911'de yüksek lisans tezini hayli (dört kat kadar) genişletip doktora tezini yazdı. (Bu sefer tezini nişanlısı el yazısı ile kaleme aldı). Bohr tezini yazarken klasik elektron kuramının eksiklerini görmüştü. Tezini Danimarkada anlayıp değerlendirecek pek kimse yoktu, ancak tez Danca yazıldığı için, tezini gönderdiği ülke dışındaki fizikçilerden de pek bir tepki gelmedi.



## İngiltere’de Geçirilen Bir Yıl

Bohr doktorasını bitirdikten sonra, bir yıllığına doktora sonrası araştırmacı olarak İngiltere’deki Cambridge Üniversitesi’nin Cavendish Laboratuvarı’na çalışmaya gitti. Günümüze kadar toplam 29 Nobel Ödülü çıkaran bu laboratuvar, o zamanlar da dünyanın en önde gelen araştırma merkezlerinden biri idi. Merkezin başında, 1897 yılında elektronu bulan, 1904 yılında atomun “üzümlü kek” modelini oluşturan, 1906 yılında Nobel Fizik Ödülü’nü kazanan J. J. Thomson vardı. Thomson, meşhur Maxwell’in koltuğunu dolduruyordu; kuvvetli matematik alt-yapısı ve deney aletlerini kırarak kadar sakar olması ile ünlü idi. Bohr doktora tezinde Thomson’un elektron kuramını kullanmış ve deneylerle uyumsuz bazı sonuçlar bulmuştu. Thomson ile bu konuyu konuşmak istiyordu ancak İngilizcesinin yetersizliği yüzünden ona bir türlü derdini anlatamadı. Thomson, Bohr’a katot ışınları (elektronlar) ile ilgili deneysel bir problem verdi. Ama Bohr problemden hoşlanmayınca laboratuvara gitmemeye başladı, vaktini okuyarak ve bazı fizikçilerin derslerini dinleyerek geçirmeye başladı. Tabii bir de yerel bir futbol takımına kaydoldu. Cambridge günleri araştırma açısından verimli geçmiyordu. Derken Bohr, Thomson’un ilk öğrencisi olan, radyoaktivite üzerine yaptığı çalışmalarla henüz 37 yaşında iken 1908’de Nobel Kimya Ödülü’nü alan Rutherford ile tanıştı. Rutherford Manchester’da dünyanın en iyi radyoaktivite araştırmaları yapan merkezlerinden birini kurmuştu. Daha da önemlisi Bohr ve Rutherford tanışmadan birkaç ay önce Rutherford, hocası Thomson’un atom modelinin bir kısım deneylerle çeliştiğini görmüş ve atomun bir “çekirdeği” olması gerektiğini söylemişti. Rutherford Bohr’u Manchester’da çalışmaya davet etti. Böylece Bohr 1912 yılının Mart ayında elektronun “babası” Thomson’un yanından çekirdeğin “babası” Rutherford’un yanına gitti. Sonunda her ikisini doğru bir şekilde birleştirip atomun “babası” oldu. Aslında Bohr Manchester’a radyoaktivite üzerine deneyler yapmaya gitmişti, ama kısa bir süre içinde orada da laboratuvar çalışmalarından sıkılmış ve Rutherford’dan izin isteyip kuramsal çalışmalara başlamıştı. Bohr’un 1913’te ortaya attığı ve kuantum fiziğini kullandığı atom modelini daha iyi anlayabilmek için Thomson ve Rutherford’un modellerini hatırlamamız gerekiyor.

## Atomun Üzümlü Kek Modeli

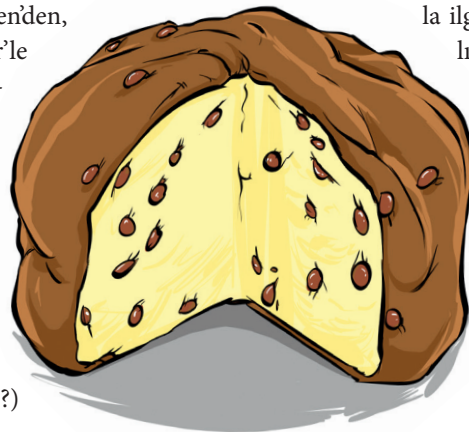
Thomson ve Rutherford’un atom modellerini kısaca şöyle özetleyebiliriz. Atomun elektriksel olarak nötr olduğu, bir ağırlığı olduğu ve belli frekanslarda (renklerde de diyebiliriz) radyasyon (yani ışık) yaydığı biliniyordu. Elektronun atomun bir parçası olduğu da biliniyordu, ancak henüz proton bulunmamıştı. (Proton daha sonra Rutherford tarafından 1919 yılında bulunacaktı, böylece Rutherford en önemli buluşunu Nobel Ödülü aldıktan sonra yapacaktı!) Thomson üzümlü kek olarak adlandırılan şu modeli önerdi: Atom kütlesi olmayan, artı elekt-



rik yüküne sahip, yaklaşık  $10^{-10}$  metre yarıçaplı bir ortam (madde, yani kek) içinde, kütleli *binlerce* elektrondan (kuru üzüm) oluşuyor. Örneğin bu modele göre en hafif atom olan hidrojen atomunda yaklaşık 2000 elektron bulunmalıdır. Artı yük, atomun kütleline hiç bir katkıda bulunmamaktadır, esas görevi atomun toplam yükünü sıfır yapmaktır. 1904 yılında ortaya atılan bu model bazı deneylerle uyumlu olsa da, pek çok deneyle uyumsuzdur. Örneğin X-ışınları ile atomun etkileşimi bu modelle açıklanamaz. Thomson X-ışınlarının atomdan saçılması incelediğinde 1906 yılında kendi modelini değiştirmek zorunda kalmış ve atom içindeki elektron sayısının *atom kütlesi* ile değil *atom numarası* ile ilgili olduğunu kaydetmiştir. Tabii bu durumda atomun kütlelerinin kaynağının ne olduğu sorusu ortaya çıkmıştır. Thomson'un atom modelinde en az kütle problemi kadar önemli iki problem daha vardır: Atomun zaman içinde kararlılığı ve sadece belli frekanslarda ışık yayması. İvmelenen yüklü parçacıkların radyasyon yaydığı 19. yüzyılda Maxwell tarafından öngörülmüş ve Hertz tarafından deneysel olarak gösterilmişti. Yani ivmeye maruz kalan bir elektron radyasyon yayarak enerji kaybediyordu. (Bugün cep telefonu ile konuştuğumuzda yaptığımız şey elektronları ivmelendirmek!) Ancak bu radyasyon sadece belli frekanslarda olmuyor, elektronun o anki ivmesine bağlı olarak her frekansta olabiliyordu. Üzümlü kek modelindeki üzümlerin (elektronlar) radyasyon yaymaları için dairesel olarak hareket etmeleri gerekiyordu, ancak bu hareketleri kendilerine enerji kaybettireceğinden atom kısa süre içinde kararlılığını yitirecekti. Oysa gerçek böyle değildi, görünüşte pek çok atomun ömrü süresizdi. Bir de atomun niye sadece belli frekanslarda radyasyon yaydığını, örneğin hidrojenin o zaman bilinen sadece 16 ayrı frekansta yayın yaptığını, yani teknik ifadeyle atomun spektrumunu, bu modelle açıklamak mümkün değildi.

## Üzümlü Kek Yerine Çekirdekli Atom Modeli

Rutherford yüzyılın başında radyoaktivite konusunda Madam Curie ile birlikte dünyadaki en üst düzey iki araştırmacıdan biriydi. Atomu ancak atom kadar küçük veya daha küçük nesnelere yani Rutherford'un bulduğu alfa ışınları ve beta ışınları ile vurmak mümkündü. Rutherford henüz lisans öğrencisi olan Marsden'den, laboratuvarında çalışan Dr. Geiger'le birlikte alfa parçacıklarının (helyum atomunun çekirdeği) altından yapılmış çok ince bir tabakadan geçerken hangi açılarda saçıldığını, özellikle de büyük açılarda saçılıp saçılmadıklarını incelemelerini istedi. (Bir üniversite öğrencisinden, parçacık saymasından başka ne isteyebilirsiniz ki?)



Tabii ki Rutherford'un beklentisine göre bütün saçılmalar çok küçük açılarda olmalı idi. Alfa parçacıkları elektronun yaklaşık 8000 katı ağırlıkta ve hızları da ortalama 16.000 km/sn olduğu için, bu parçacıklar peçeteye sıkılmış kurşun gibi karşı tarafa geçmeliydi. Bu hızda bir parçacık, Thomson atomuna yaklaştığında dağınık artı yük tarafından biraz itilecek, pek çok elektron tarafından da biraz çekilecekti. Ama sonuçta yönünü çok az değiştirip yoluna devam edecekti. Geiger ve Marsden 1909 yılında yazdıkları makalede, bu beklentinin aksine deneysel olarak her 8000 alfa parçacığından 1 tanesinin geldiği yöne göre 90 dereceden biraz fazla bir dereceyle saçıldığını gözlemlediklerini kaydetti. Bu müthiş bir buluştu: Bazı alfa parçacıkları duvara toslamış gibi geri saçılıyordu, adeta kurşun peçeteden geri sekiyordu! Thomson'un atom modeli ile bunu açıklamak imkânsızdı. Rutherford bu gözlemi hayatının en önemli gözlemi olarak niteleyip kuramsal olarak izah etmek üzere kalem ve kâğıdı eline aldı. En akla yatkın olan açıklama Thomson'un bütün atoma dağıttığı artı yükün bir merkezde toplanması idi. Rutherford böylece atomun artı yüklü, atomdan yarıçap olarak binlerce kat daha küçük bir çekirdeği olduğunu öne sürdü ve bu çekirdeğin yarıçapını eldeki veriyi kullanarak hesapladı. Atom çekirdeğinin alfa parçacıklarını nasıl bir saçılmaya maruz bırakacağını veren "saçılma formülü", deneylerde görülen saçılma açılarını açıklıyordu. İşin ilginç olan kısmı, Rutherford'un klasik elektromanyetik kuramını kullanmış olmasına rağmen, yani kuantum fiziği hesabı yapmamasına rağmen -ki o zaman zaten yapamazdı- doğru saçılma sonucunu bulmasıydı.

## Bohr Atomla İlgilenmeye Başlıyor

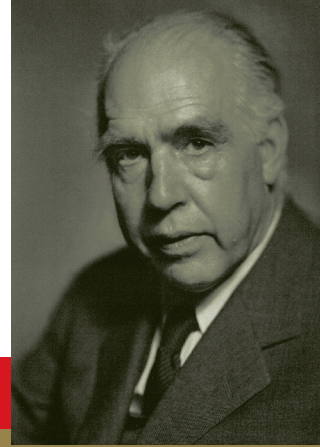
Rutherford'a göre atomun bir çekirdeği olmalıydı, ancak Rutherford elektronların hareketleri veya atomdaki yerleri üzerine çok fazla düşünmedi. Bunun iki sebebi vardı: Birinci sebep alfa parçacığının *büyük açılarda* saçılmasında elektronların bir rolünün olmamasıydı, ikincisi de henüz proton ve nötron bulunmadığı için atomun kütlelerini açıklayabilmek için çekirdeğin *içinde* ve etrafında her hâlükârda pek çok elektron olması gerekmesiydi. (Nitekim 1931 yılında nötron bulunana kadar atom çekirdeğinde elektronların daimi olarak var olduğu düşünülüyordu.) Rutherford'un çekirdekli atom modeli çok fazla ilgi çekmedi. Zaten üzümlü kek modelindeki kararlılık ve kesikli spektrum problemi Rutherford'un modeli ile çözüme kavuşmuyordu. Hocası Thomson da modele pek itibar etmemişti. Ancak Rutherford deneysel olarak araştırmalarına devam etti. Kendisiyle aynı yerde çalışmakta olan Charles Robert Darwin'in torunu fizikçi Charles Galton Darwin'den alfa parçacıklarının bir malzeme ile ilerlerken nasıl enerji kaybettiklerini incelemesini istedi. Darwin alfa parçacıklarının ilerlerken elektronlarla etkileştiğini ve enerjilerini onlara aktardığını düşünüyordu. Yaptığı hesapta elekt-

ronlar atomlara bağlı nesnelere değil de serbest olarak yer alıyordu. Bohr, Darwin ile konuşuyor ve çalışmalarını takip ediyordu. Darwin'in elektronları serbest kabul etmesi Bohr'a göre önemli bir eksiklikti, dolayısıyla daha gerçekçi bir model oluşturmaya karar verdi ve bir atom modeli üzerine düşünmeye başladı. Elektronları atomun içinde, yaylara bağlı kütleler gibi, periyodik gelgit hareketi yapan nesnelere olarak düşündü ve burada çok önemli bir kabulde bulundu: Elektronların enerjileri sadece kesikli değerler alabiliyordu. 1900 yılında Max Planck bir cismin, örneğin ısıtılan bir demirin nasıl ışık yaydığını anlamak için benzeri bir model kurmuş ve deneyleri açıklayabilmek için ışık yayan mikroskobik nesnelere kesikli enerjilere sahip olması gerektiğini söylemişti. Böylece kuantum fiziği 1900 yılının son aylarında doğmuş ancak pek uygulama alanı bulamamıştı. Bohr kuantum fiziğini atomun içine sokana kadar, Planck'ın bu fikri sadece 1905 yılında Einstein tarafından fotoelektrik olayını anlamada ve 1907 yılında yine Einstein ve sonra Debye tarafından katı cisimlerin ısı kapasitelerini anlamada kullanılmıştı.

Bohr atom üstüne yoğun olarak düşünmeye başlamıştı ancak bu arada 1 yıllık bursu bitmiş ve ülkesine dönmüştü. Kopenhag Üniversitesi'nde fizik doçenti olabilmek için başvurdu, fakat başvurusu reddedildi. 31 Temmuz 1912'de asistan olarak işe başladı ve evlendi. Çift balayı için İngiltere'ye yola çıktı; her normal fizikçi gibi Bohr da balayında, alfa parçacıklarının bir ortamda nasıl enerji kaybettiği ile ilgili, yarım kalan makalesini tamamladı. Bu Bohr'un o güne kadar yazdığı üçüncü makaledi. Bohr'un atomların ve moleküllerin yapıları ile ilgili esas makaleleri üç parça halinde 1913 yılında geldi. Bohr, atomu ortadaki bir çekirdeğin etrafında dönen elektronlar şeklinde hayal

ederek, küçük bir Güneş Sistemi modeli oluşturdu. Aslında daha önce, 1904 yılında, Japon fizikçi Hantora Nagaoka atomun Satürn modelini oluşturmuştu. Yani elektronlar ortadaki pozitif yüklü bir çekirdeğin etrafında Satürn'ün halkaları gibi dönüyordu. Satürn'ün halkalarının kararlılığı 1859 yılında Maxwell tarafından incelenmişti. Ancak atom için bu model uygun değildi, çünkü elektronlar birbirlerini çok fazla itiyordu. Nagaoka'nın modeli kararsız bir atom veriyordu.

Tabii ki "atom Güneş Sistemi'ne benziyor, tek fark kütleçekim kuvvetinin yerine elektromanyetik çekim kuvvetinin etkin olması" demek yeterli değil. Doğru bir modelin atomun kararlılığını, büyüklüğünü, yaydığı ışığı, kimyasal özelliklerini, diğer atomlarla yapacağı bağları ve periyodik tabloyu açıklaması gerekir. Bohr da bunun farkındaydı. Bohr atom üstüne düşünmeye başladığı zaman, hidrojen atomunun yaydığı radyasyonla ilgili bilinenler kısaca şöyleydi: Hidrojen dört renkte gözle görünür ışık yayıyordu, gözle görünmez ve kızılötesi 12 ayrı dalga boyunda da radyasyon yayıyordu. 1885'te 60 yaşındaki fizikçi Johann Balmer hidrojenin spektrumunu açıklayan bir formül buldu.



## Churchill ve Bohr

1943'te üç yıldır Alman ordusunun işgali altında olan Danimarka'da ülkenin en meşhur ve etkili bilim adamı Niels Bohr'un hayatı tehlikededir. İstihbarat kaynakları Bohr'un tutuklanıp Almanya'ya gönderileceğini tespit eder. İngiliz istihbaratı Bohr'a bir kapı anahtarının üstüne çok küçük harflerle (mikronoktalarla) yazılmış, ülkeden çıkması gerektiğini bildiren bir mesaj gönderir. Bohr da Danimarka'nın özgürlüğü için mücadele eden bir direnişinin boş dişinin içine sığabilecek şekilde yine mikronoktalarla yazılmış 2x3 (mm) boyutunda bir mesajla cevap verir. Bohr ve ailesi filmere konu olacak şekilde Danimarka'dan İsveç'e kaçırılmadan önce, Bohr iki arkadaşının (James Franck ve Max van Laue) kendisine emanet ettiği, altın Nobel madalyalarını asitte eritir ve bir şişenin içine koyar. İngiliz ordusuna ait bir savaş uçağının bomba taşıyan kısmında İsveç'ten İngiltere'ye götürülür. Uçak radara yakalanmamak için çok yüksekte uçar, Bohr oksijen maskesi takamadığından yolda bayılır. İngiltere'ye gidince İngiltere ve ABD'nin atom bombası yapımı projesinde ne kadar ilerlediğini öğrenir. Savaş öncesinde, yaptığı hesaplara göre

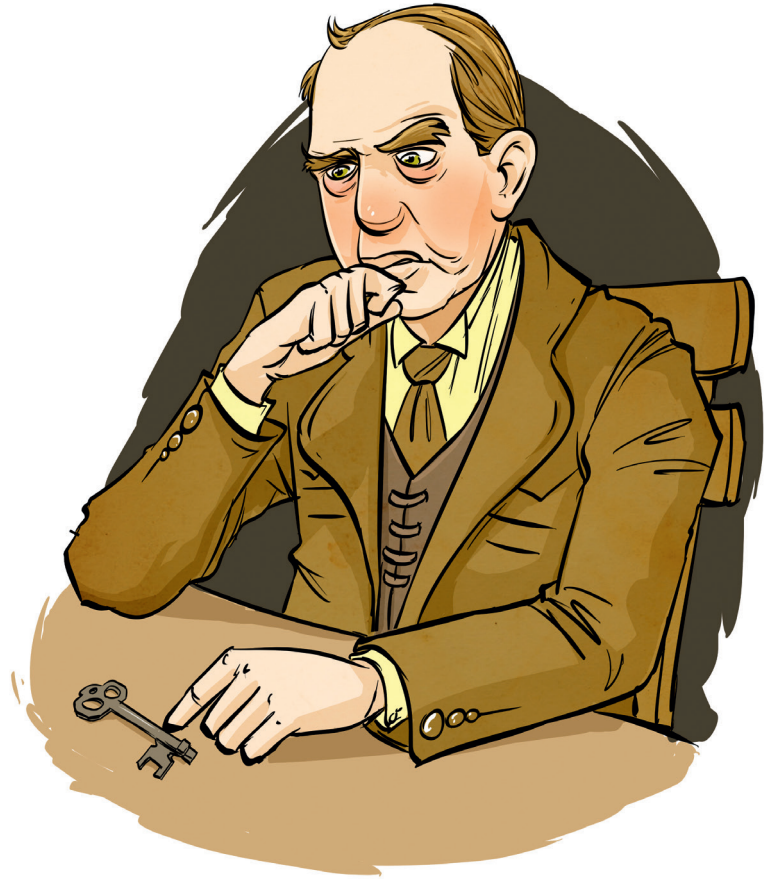
bomba yapmanın mümkün olmadığını söylemiştir. Mümkün olduğunu görmek kendisini çok şaşırtır ve korkutur. Bomba ile ilgili bilgilerin İngiltere ve ABD'nin müttefiki olan Sovyetler Birliği ile paylaşılması gerektiğini, aksi halde savaş sonrasında büyük bir nükleer silah yarışı başlayacağını düşünmektedir. Bu düşüncelerini iletmek için 16 Mayıs 1944'te İngiltere başbakanı Winston Churchill ile görüşür. Churchill, Bohr'dan ve fikirlerinde hiç hoşlanmaz ve neredeyse Bohr'u azarlar. Hatta görüşmenin ardından Churchill, buluşmayı organize eden danışmanı fizikçi Lord Cherwell'e şöyle yazar "Bu adam, Rus bir fizikçi ile haberleşiyor, vahim bir suç işlemenin kıyısında geziyor. Savaş sonuna kadar içeriye tıklımlı. Zaten siz onu bana getirdiğinizde de sevmemiştim onu. Saçı başı da dağınıktı." Bohr tutuklanmaz, aksine Nicholas Baker takma adı ile atom bombası çalışmalarının yapıldığı Los Alamos'a gider. Orada bomba yapımına yoğunlaşmış bilim insanlarının yaş ortalaması 25'tir, Bohr ise 60 yaşındadır ve aktif olarak çalışmaz. Savaş sonrasında dünyayı nükleer silahlardan arındırmak için hayli gayret sarf eder.

Balmer'in formülü hiç bir kuramsal temele dayanmıyordu, Balmer spektrumdaki düzeni görmüş ve bunu açıklayacak bir formül "uydurmuştu". Formül o kadar iyi çalışıyordu ki, Balmer sonradan gözlenecek olan bazı çizgileri öngörebilmişti. Tabii ki formülün temel fizik kurallarından, yani o zamanki mekanik ve elektromanyetik kuramlarından çıkarılabildiği gerekiyordu. Ancak 1913'e kadar, yani yaklaşık 30 yıl, bu formülün niye çalıştığına dair tatmin edici bir açıklama yapılamamıştı. Bu durumu şuna benzetebiliriz: Elimizde bir saz var ve parmaklarımızı oynatarak farklı notaları çıkarabiliyoruz, hangi notanın nereye bastığımızda çıkacağını biliyoruz, ama sesin fiziğini bilmediğimizden notaları (frekansları) izah edemiyoruz. (Tabii ki durum böyle değil, sesin fiziğini çok iyi biliyoruz.)

## Bohr'un Kuantum Atomu

Bohr klasik fizikle uyuşmayan bir kaç kabul yaptı. Birinci kabul: Elektronlar çekirdek etrafında her yörüngede değil belli yörüngelerde dönebilir. Bohr bu yörüngeleri "durağan" yörüngeler olarak nitelendirdi. İkinci kabul: Elektronlar yörüngeler arasında sıçrayınca, yörüngelerin enerji farkı kadar enerjiye sahip radyasyon (ışık) yayarlar. Üçüncü kabul: En düşük enerjiye sahip bir yörünge vardır. Dördüncü kabul: Yörüngedeki elektronun hareket enerjisi kesikli değerler alır. (Bohr daha sonra bu kabulü şöyle değiştirmiştir: Durağan yörüngedeki elektronun açısal momentumu kesikli değerler alır.) Bohr bu kabullerle Balmer'in formülünü çıkardı, hidrojen atomunun ve bir elektronunu kaybetmiş helyum atomunun o zaman bilinen spektrumunu açıkladı. Bu başarı, klasik fiziğin atom içinde geçerli olmadığı düşüncesini başlattı. Ancak Bohr'un kabulleri de "temelsiz" görünüyordu. Ayrıca, periyodik tabloda ki diğer elementlerin özelliklerini Bohr kuramı ile açıklamak mümkün değildi. Örneğin çok elektronlu bir atomun bütün elektronları niye, en düşük enerjiye sahip, aynı yörünge üzerinde durmuyordu? 1925 ve 1926 yıllarında Heisenberg ve Schrödinger kuantum mekaniğini bulunca atomun "çalışma" prensibi büyük ölçüde anlaşılmış oldu. Tabii ki fizikte ilerleme bitmiyor. 1928'de Paul Dirac, özel görelilik kuramı ile kuantum fiziğini birleştirerek deneylerle daha uyumlu bir elektron ve dolayısıyla atom kuramı yazdı. Artık hidrojen atomunun ölçülen spektrumu ile hesap edilen spektrumu aynı idi, derken 1947'de spektrumda gözlenen bir detay, Dirac'ın kuramında milyonda dörtlük bir hata ortaya çıkardı. Kuram hidrojen den çıkan 28 santimetre dalga boyun-

daki radyasyonu açıklayamıyordu. Bethe, Feynman, Schwinger, Tomonaga ve Dyson gibi fizikçiler uğraşıp problemi çözdü ve bugün deneylerle mükemmel uyum gösteren kuantum elektrodinamiğini buldu. Bohr bütün bu gelişmeleri biraz uzaktan seyretti. Henüz 35 yaşında iken Kopenhag'da önemli bir kuramsal fizik enstitüsü kurdu. Bu enstitü uzun süre kuramsal fiziğin merkezlerinden biri oldu. Kuantum mekaniğinin yaygın olarak kabul edilen yorumu olan Kopenhag yorumu burada çıktı. Enstitüde bir kısım deneysel çalışmalar da yapıyordu; hafnium atomu burada bulundu.



Aradan 100 yıl geçmişken Bohr ve Rutherford'un Güneş Sistemi'ne benzeyen atom modelinin modern fizikte sadece tarihsel açıdan önemli olduğunu düşünebiliriz, ama bu düşünce pek de doğru değil. Günümüz teknolojisi sayesinde elektron atom çekirdeğinden çok uzak yörüngelere sıçratılabilir ve nokta (.) büyüklüğünde atomlar oluşturuluyor. Bu atomlar Bohr'un hayal ettiği atomlara çok benziyor.

**Çizimler:** Ersan Yağız

### Kaynaklar

- Pais, A., *Niels Bohr's Times*, Oxford University Press, 1991.
- Preston, D., *Before the Fallout: From Marie Curie to Hiroshima*, Berkley Books, 2005.
- van Noorden, R., "Extreme Atoms", *Nature*, 6 Haziran 2013.