

# 1911'den 2011'e Rutherford'dan 100 yıllık hediye

Babasına ait çiftlikte patates toplayan bir adam ne yaparsa bilimi, fiziği, teknolojiyi sınıf atlattırarak kadar değiştirebilir ki? Hayal edelim: Elinde fırçası boyası ile, dünyaca ünlü bir ressam edasıyla bir atomun resmini mi çizer? O kadar da değil! Belki tam da o kadar. İşte bir adam çiftlikten Nobel Ödülü'ne uzanabiliyorsa ondan korkun, çünkü o adam geleceği değiştirebilir! Hele ki becerikli ve zeki iki asistanı varsa. Şimdi masum bir amaçla başlayan bu deneye, Rutherford'un "hayatımda başıma gelmiş en inanılmaz olay" diyerek vurguladığı bu deneyin sonucunda bir atom resminin çiziliş öyküsüne göz atalım.





"Bir gün Geiger bana geldi ve 'Radyoaktif yöntemler konusunda eğittiğim genç Marsden'in küçük bir araştırmaya başlaması iyi olmaz mı?' diye sordu. Marsden henüz lisans öğrencisiydi. Ben de öyle düşünüyordum, bu nedenle 'Büyük açıda saçılan alfa parçacıklarının var olup olmadığına neden bakmasın?' dedim. Ama size kesin olarak söyleyebilirim ki, bunu başarabileceğine de inanmıyordum. Çünkü alfa parçacığının çok büyük enerjili, çok hızlı bir parçacık olduğunu ve eğer saçılma çok sayıda küçük saçılma-

nın birikmiş etkisiyle oluyorsa, bir alfa parçacığının geri saçılma şansının çok küçük olduğunun gösterilebileceğini biliyordum. Ama iki ya da üç gün sonra Geiger'in büyük bir heyecanla bana gelip 'Gerçekten birkaç alfa parçacığı yakalamayı başardım' dediğini hatırlıyorum. Hayatımda başıma gelmiş en inanılmaz olaydı bu. Neredeyse bir kâğıt peçete parçasına fırlattığınız kesit alanı 40 santimetrekarelik bir güllenin geri gelmesi ve size çarpması kadar inanılmazdı!"

Rutherford, son derslerinden.

**H**erhangi bir insanın hayatında başına gelen en inanılmaz olay, çok da önemli olmayabilir. Ama bu insan modern bilimin kurucusu, nükleer fiziğin atası olarak kabul ediliyorsa, en önemlisi 1908'de aldığı Nobel Ödülü olmak üzere alabileceği neredeyse tüm ödülleri aldıysa ve üzerinden 100 yıl geçmesine rağmen eskimeyen bir atom resmi çizebilirdi, bu insanın hayatındaki en inanılmaz olay herkesi ilgilendirir ve meraklandırır. Merak! Tüm bilim insanları gibi Rutherford için de anahtar kelime buydu. Zaten insanı bilgi ve teknoloji sahibi yapan da merak değil mi?

Ernst Rutherford, 1911'de saçılma deneyini yorumladığında imza attığı işin bu denli önemli sonuçlar doğuracağını farkında mıydı, bilinmez. Ama 1911 yılının üzerinden tam 100 yıl geçti ve birçok ülkede bugünlerde bu deneyin yüzüncü yılı anısına bilim insanları bir araya gelip o deneyi, bize sağladığı faydaları konuşuyor. Şimdi bu deneyi ve bu deneyi neden

bu kadar önem verildiğini, geleceğimizi nasıl değiştirdiğini anlamaya çalışalım.

**Deneyin Adı:** Saçılma deneyi

**Konu:** Atomun yapısı

**Görev:** Atomların iç yapısını öğrenmek

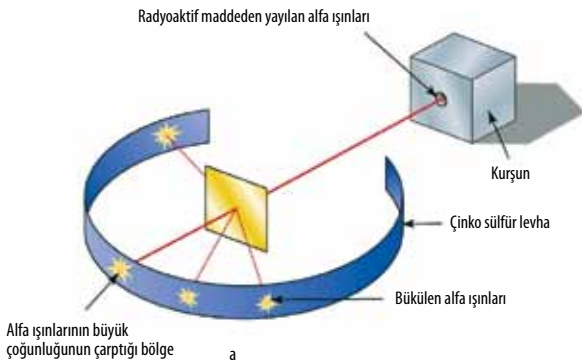
**Yöntem:** Alfa parçacıklarını inceltmiş bir altın folyoya gönderip, bu parçacıkların nasıl saçıldığını gözleyerek, atomların (altın atomlarının) iç yapısı hakkında bilgi edinmek (Yine merak. Rutherford atomun iç yapısını merak ediyordu).

**Sonuç:** Başarılı! Atomun resmi çizildi ve bu geçtiğimiz 100 yılı değiştirdi.

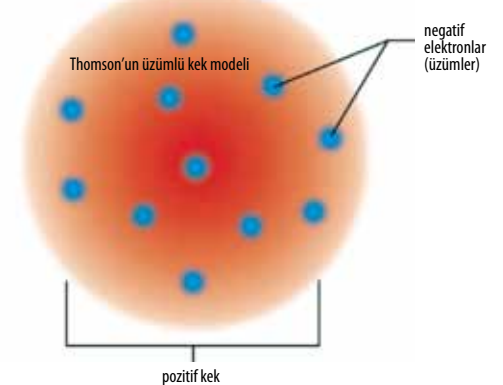
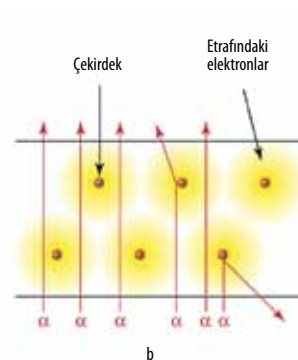
Deneyin ilkesi biraz tanıdık mı? Atomun içini merak eden bilim insanlarının uğruna ömürlerini adadığı devasa makinelerin, parçacık hızlandırıcıların çalışma ilkesine mi benziyor? Evet, hatta tıpa tıp aynı! Günümüzde dev parçacık hızlandırıcılarda birçok parçacığı bir arada tutacak ve onları çok iyi odaklayarak kafa ka-

faya bile çarpıştıracak teknoloji var. 1911 yılında yani 100 yıl önce bunun nasıl olup da yapılabildiği sorusunu cevaplamaya alfa parçacıklarından başlayalım.

Ernst Rutherford 30 Ağustos 1871'de Yeni Zelanda'da çiftçi bir babayla öğretmen bir annenin çocuğu olarak dünyaya geldi. Annesi eğitimin insana neler kazandırdığını, babası ise eğitimsizliğin neler kaybettiğini biliyordu. Çocuklarını "bilgi güçtür" ilkesine göre yetiştiriyorlardı. Nitekim Rutherford Yeni Zelanda'da aldığı ve çok başarılı geçen bir eğitim döneminin ardından, 23 yaşında Cambridge Üniversitesi'ne kabul edildi. Cambridge Üniversitesi Cavendish Laboratuvarı'nda, Joseph John Thomson'un yanında araştırmacı öğrenci olarak çalışmaya hak kazanmıştı. Rutherford, Thomson ile birlikte çalışırken nükleer fizik alanında çalışmalar yaptı. Bu çalışmalar sırasında uranyum atomundan iki ayrı ışın çıktığını fark etti. 1898 yılında yayımladığı bir makalede, kolay soğurulan ışına "alfa", daha de-



Alfa ışınlarının büyük çoğunluğunun çarptığı bölge

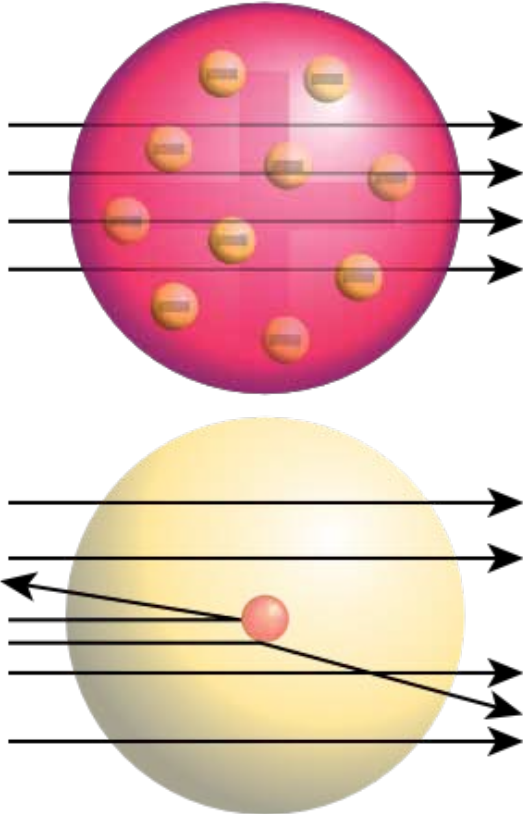


lici olan ışına ise "beta" ışını ismini verdi. O zamanlar kendisi de bu iki ışıdan biriyle, alfa ışınıyla, hayatının en şaşırtıcı ve en başarılı işine imza atacağını bilemezdi kuşkusuz.

Rutherford deneyinde  $2,09 \times 10^7$  m/s'lik bir hızla radyoaktif radon elementinden çıkan alfa parçacıklarını kullandı. Tek yapmaları gereken bu parçacıkları altın folyoya yöneltmek olacaktı. Bu noktada kurşundan yardım aldılar.

Radon elementinin etrafını kurşunla kaplayarak alfa parçacıklarının dışarı yayılmasını engellediler ve bu kurşuna küçük bir delik açarak alfa parçacıklarının o delikten geçip altın folyoya doğru yol almasını sağladılar. Alfa ışınlarının nasıl bir yol izlediğini anlamak için de çinko sülfür bir levha kullandılar.

Deney düzeneği, alfa parçacıkları ile etkileştiğinde ışınlar yayan çinko sülfür levha ile tamamlanmış oldu. Yaptıkları akıllıca bir şey daha vardı, o da ışınları rahat görebilmek için deneyi tamamen karanlık bir odada gerçekleştirmektir. Alfa parçacıkları herhangi bir şeyle etkileşerek saparsa, bu sapmaları çinko sülfür levha sayesinde görebileceklerdi.



Nihayet Marsden deneye başladı. 1909 yılında Geiger ve Marsden'in alfa parçacıklarının en olası saçılma açısını  $0,87$  derece olarak hesaplamış olmasına rağmen, deney sonucunda her 20.000 alfa parçacığından birinin  $90$  derecelik bir açıyla saçıldığını gördüler.

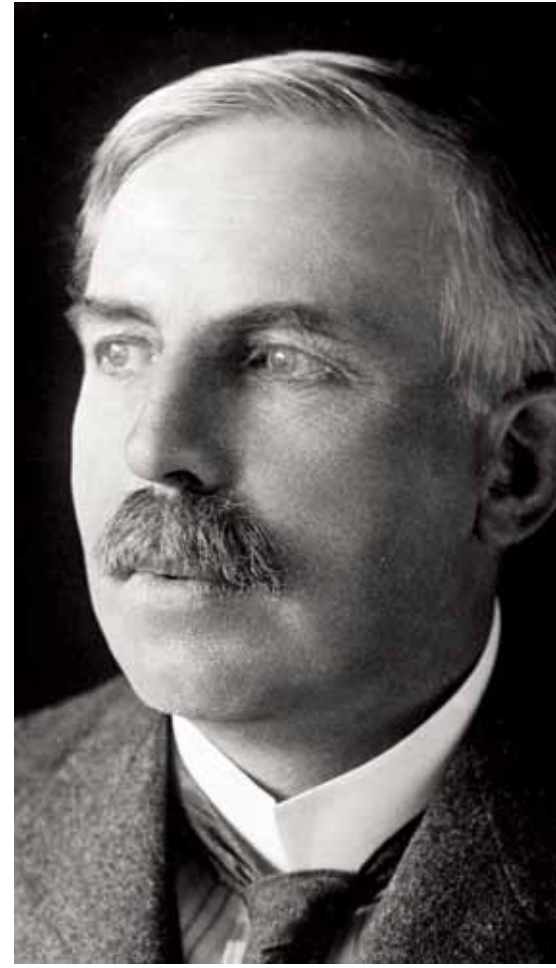
Rutherford için inanılması zor olan sonuç işte buydu: Bazı alfa parçacıkları büyük açılarla saçılıyordu. Bu garipliğe mantıklı bir açıklama bulmadan önce, Rutherford'un bu sonucu neden bir gariplik olarak algıladığına bakalım. Bunun için o zamanki atom modeline bir göz atalım.

### Thomson Atom Modeli

Thomson, Rutherford'un Cavendish Laboratuvarı'ndan hocasıydı. Bu model, Rutherford saçılma deneyinin sonuçlarını yorumlayana ve atomun resmini çizene kadar, atomu en iyi tanımlayan, en geçerli model olarak kabul görmüştü. Bunun en büyük sebebi belki de Thomson'un elektronu bularak atomun iç yapısıyla ilgili bir sırrı ortaya çıkaran ilk bilim insanı olmasıydı. Bu nedenle bilim dünyasında Thomson'un ayrıcalıklı bir yeri vardır.

Thomson'un elektronu keşfettiği 1890'lı yıllarda, elementlerin atomlardan oluştuğu anlaşılmıştı. Thomson elektronu bularak Dalton'un atomunun yapısını aydınlatma yolunda ilk adımı atmış olsa da, atom içinde elektron olduğu bilinen ama onun da yeri tam olarak bilinmeyen, gizemli bir yapı olma özelliğini hâlâ koruyordu.

Elektron hem çok hafifti hem de yükliydi; atom ise, çok daha ağırdı ve nötrdü, o halde atomun içinde başka parçacıkların da olduğunu tahmin etmek çok da zor değildi. Tüm bunları göz önünde bulundurarak, elektronun keşfinden bir yıl sonra Thomson, üzümlü kek modeli olarak bilinen Thomson atom modelini ortaya attı. Bu modele göre elektronların negatif yüküne karşılık gelecek pozitif ve ağır yükler olmalı, elektronlar da bu pozitif yüklerin arasına tıpkı üzümlü kekteki gibi üzümler gibi dağılmış olmalıydı. Burada kek pozitif yükleri, üzümler ise elektronları temsil ediyordu.



Thomson atom modeline göre deneyden beklenen sonuç, alfa parçacıklarının altın atomundan etkilenmeden geçip gitmesi ya da protonlar tarafından hafifçe saptırılarak çinko sülfür levhaya ulaşmasıydı. Eğer Thomson'un modeli böyle diyorsa, Marsden'in gözlemlediği neredeyse tam olarak geri yansıyan alfa parçacıkları da nereden çıkıyordu? Atom aslında Rutherford'un bir zamanlar hocası olan J. J. Thomson'un resimlediğinden farklı olmalıydı. Atom nasıl olmalıydı ki hızı  $2,09 \times 10^7$  m/s olan, elektrondan tam 7400 kez ağır alfa parçacıklarının geri yansması açıklanabilirdi. Bu sorunun cevabını vermek çok da kolay olmadı. Alfa parçacıklarının, Marsden'in gözlemlediği gibi neredeyse tam olarak geri yansmasının sebebi, alfa parçacığının folyo içindeki yolculuğu sırasında ya kendi kütlelerine yakın ya da daha büyük kütleli bir şeylerle karşılaşması olmalıydı.

## Rutherford Atomu ve CERN-LHC Deneyi

İnsanlık aklını kullanmaya başladığı ilk günden beri, çevresinde görüp algıladığı maddenin nelerden yapıldığını hep merak edegelmiştir. Bu merakını gidermek için eline geçirdiği nesnelere parçalayarak, bölünemeyen en küçük yapısal birime ulaşabileceğini düşünmüştür. Örneğin bir mermer veya demir parçasını parçalayarak un haline getirebilirsiniz. Elde ettiğiniz küçücük demir veya mermer tozlarını yani tanecikleri daha küçük parçalara da ayırabilirsiniz. Ancak çabalarınız bir noktada artık sonuç vermez. Belli bir aşamadan sonra taneciklerin hangisi daha küçük hangisi daha büyük belirleyemezsiniz, çünkü bu fark çıplak gözle algılanmaz. Böylesine basit bir yöntem ile maddeyi meydana getiren en küçük yapı birimine ulaşamazsınız. Buna rağmen maddeyi parçalayarak, bölünemeyen temel parçacığa ulaşma düşüncesi, mantıksal geçerliliğini korur. Gözün ayırt etme sınırına ulaştığınızda, optik mikroskop kullanılarak taneciklerin hangisinin daha küçük hangisinin daha büyük olduğunu saptayabilir, en küçük taneciği uygun bir yöntem ile parçalara ayırıp daha küçüklerini elde edebilirsiniz. Ancak belli bir noktadan sonra, mikroskop da taneciklerin hangisinin daha küçük olduğunu ayırt edemez. (Bu mikroskopta kullanılan ışığın dalga boyu mertebesindedir, yani yaklaşık bir metrenin milyonda biri.) Buna rağmen mantıksal kurgu geçerli olduğundan, yeni deneyler ve yöntemler kullanarak, maddenin bölünemeyen en küçük yapı taşlarına ulaşma çabası devam eder. Çok yüksek hızlardaki parçacıkları çarpıştırarak daha küçük parçalara

bölmek ve elde edilen parçacıkların maddenin temel yapı taşı olup olmadığını araştırmak, maddeyi anlama çabalarının günümüzde geldiği aşamadır. Rutherford maddenin nasıl bir yapıda olduğunu çarpışma deneyi düzenleyerek anlamaya çalışan ilk bilim insanıdır.

Fiziğin, genel anlamda bilimin çözüm bekleyen üç temel problemi vardır:

1. Maddeyi meydana getiren bölünemeyen en küçük yapı, yani temel parçacıklar nelerdir?

2. Temel parçacıkları bir arada tutan, nesnelere meydana getiren kuvvet nedir?

3. Temel parçacıklara, yani etrafımızda gördüğümüz her şeye, galaksilere, yıldızlara, oturduğumuz koltuğa, çalışma masamıza, yediğimiz ekmeğe, içtiğimiz suya kütle kazandıran, yani onları bir nesne haline dönüştüren, var olmalarını sağlayan mekanizma nedir?

Rutherford ince bir metal tabaka üzerine alfa parçacıklarını yönelterek bilim tarihinin ilk çarpışma deneyini gerçekleştirmişti. Bu gün bile cevaplanamayan temel soruların peşine takılan ilk bilim insanlarından. Ünlü CERN-LHC deneyinde ise 7TeV enerjili proton demetleri kafa kafaya çarpıştırılarak, maddenin temel yapı taşları ve aralarındaki etkileşimler hakkında bilgi elde edilmek isteniyor. Rutherford'un bilime kazandırdığı bu mantık aradan 100 sene geçmiş olmasına rağmen geçerliliğini en yeni deneylerde bile koruyor.

Prof. Dr. Cengiz Yalçın

Rutherford ancak yaptığı bir dizi hesap sonucunda, alfa parçacıklarının geri saçılmasına atomun içindeki küçük parçacıklarla çarpışmasının neden olduğunu söyleyebilmişti. Geiger ve Marsden alfa parçacıklarının neredeyse tam olarak geriye yansıdığını söylüyor, bu sonuç Rutherford'u alfa parçacıklarının atomun içinde en az kendisi kadar ağır bir parçacıkla karşılaştığına iyice ikna ediyordu. Bu ağır parçacıklar bildiğimiz, hafif elektronlar olamazdı.

Bu deneyi yorumlamak zor bir süreçti; deney 1909 yılında yapılmış olmasına rağmen Rutherford ancak 1911 yılında bu deneyin ne anlama geldiğini anlayabilmişti. En sonunda, Rutherford atomun merkezinde protonlardan oluşan bir çekirdekte ve onun etrafında dolanan elektronlardan oluştuğunu söyleyebilmişti. Tıpkı Güneş sisteminde olduğu gibi! Bu modele göre aynı zamanda çekirdek ile

elektronlar arasında büyük boşluklar da vardı. Rutherford 1911 yılının Mart ayında Manchester'da, tam da Dalton'un yaklaşık yüz yıl önce atom ağırlıklarıyla ilgili çalışmasını sunduğu yerde yaptığı konuşmada atomun resmini tamamladığını bilim camiasına ilan etti.

Rutherford bu modeli oluşturmamış olsa Bohr kendi modelini ne zaman oluştururdu, modern kuantum fiziği sesini ne zaman daha gür duyurmaya başlardı, Cavendish'deki ilk parçacık hızlandırıcısı ne zaman kurulurdu, LHC'yi biz mi yoksa bizden 100 yıl sonraki nesil mi görürdü bilinmez.

Temel bilgileri edindikten sonra şimdi de bu deneyin sonuçlarının üzerinden 100 yıl geçmesine rağmen hayatımızda nasıl yer bulduğunu, bilimi nasıl etkilediğini, fizik tarihindeki önemini ne olduğunu bir de Türk bilim insanlarının cümleleriyle anlamaya çalışalım.



## Ernest Rutherford ve Atom Çekirdeklerinin Keşfinin 100. Yılı

1890'lar ve bunu izleyen 20. yüzyıl, birbirinden önemli keşiflerin peşe geldiği, fiziğin yönünü belirleyen yıllardır. Alman W. Röntgen'in X-ışınlarını keşfi 1895'de, Fransız A. H. Becquerel'in uranyum tuzlarında radyoaktiviteyi keşfi 1896'da, İngiliz J. J. Thomson'un katod ışınlarında elektronların varlığını keşfi 1897'dedir. Bugünün nükleer enerji, mikroelektronik ve lazer teknolojilerinin hepsinin esin kaynağını bu üç yılda bulabiliyoruz. 20. yüzyılın ilk çeyreği bu beklenmedik keşiflerin anlaşılması gayretleriyle açıldı; dönemin en etkili fizikçilerinden birisi Ernest Rutherford idi.

1898'de, Cambridge Cavendish Laboratuvarı'ndaki bursunun bitimine yakın, henüz 28 yaşındayken Kanada'daki McGill Üniversitesi'ne profesör olarak bir laboratuvar kurması için davet edildi. Rutherford çalışmalarını Kanada'da tam hızla devam ettirirken 1907'de Manchester

Üniversitesi'ne, yeniden yapılandırılan fizik laboratuvarının başına geçmesi için davet edildi. Bu sefer de kendisine büyük imkânlar sağlanmıştı ve yardımcı olarak Hans Geiger gibi yetenekli bir deneyci yanında buldu. Sonradan Nobel Ödülü kazanacak olan Danimarkalı Niels Bohr ve Alman Otto Hahn da bir süre Manchester'de Rutherford'la çalıştılar. Bohr'un atom modelinin ana fikri ve Hahn'ın çekirdek fizyonunu araştırması için ilk ipuçları bu sıralarda şekillenmiştir. Rutherford'un hidrojen iyonunu atomun yapı taşlarından biri olarak tanımlaması, yani daha sonra 1920'de proton adını vereceği temel tanecikçi keşfi yine Manchester'da gerçekleşmiştir.

Rutherford'un 1907-1919 arasında Manchester Üniversitesi'ndeki araştırmalarına dönersek, bu dönemdeki bulguları atom çekirdeklerinin keşfedilip özelliklerinin öğrenilmesinde kilit rol oynamıştır. 2011'de 100. yılına ulaştığımız Rutherford saçılma deneyi ile atomun neredeyse tüm kütesini kapsayan çekirdeklerinin varlığı kanıtlanmış ve çekirdek büyüklüklerinin atom büyüklüklerine göre ne kadar küçük kaldıkları ilk kez anlaşılmıştır.

## Yaşamımızı Değiştiren Deneysel

Rutherford deneyinden elde ettiğimiz bilgiler modern bilimin ve yüksek teknolojinin bilimsel temelini oluşturuyor. Bu deneyin sonucunda kimya ve genelde malzeme bilimi çağdaş anlamda bilim oldu. Örneğin 19.yüzyılda ortaya çıkan kimyasal elementlerin periyodik tablosunun (Mendeleyev Tablosu) bilimsel temeli anlaşıldı. Aslında Rutherford öne çıkan fizikçi kimliğinin yanı sıra kimyaya da çok büyük katkılarda bulunmuştur. 1908 yılında "elementlerin parçalanması ve radyoaktif maddelerin kimyası üzerine araştırmaları için" Nobel Kimya Ödülü'nü alması bunun bir göstergesidir. Rutherford'un Nobel Fizik Ödülü'nü almış olması ise ilginçtir.

Aslında Rutherford deneyi temel araştırmaların (somut getiri güdülmeden doğanın sırlarını günışığına çıkarmayı amaçlayan araştırmalar) istisnai önemini açıkça ortaya koyuyor. Burada ilginç bir olayı sizlerle paylaşmak istiyorum. 1936 yılında Rutherford gazetecilerin "Atom çekirdeğindeki bu müthiş enerji ne zaman kullanılacak?" sorusuna "Belki önümüzdeki yüzyılda" cevabını veriyor. Yani Rutherford bile 10 yıl sonra olacakları, yani 1945'teki Hiroshima ve Nagasaki faciasını ve 1946'da ilk nükleer santralin kuruluşunu öngöremiyor.

Rutherford deneyinden sonra maddenin temel yapısı ile ilgili bilgiler parçacık hızlandırıcılar kullanılarak elde edilmiştir. 1960'larda hadronların (proton, nötron vb) daha temel bir parçacık olan kuarklardan oluştuğunu öğrendik. Maalesef, bu bilgi teknolojinin gelişimine doğrudan katkıda bulunmamıştır. Bir sonraki yapı düzeyi hakkındaki bilgiler, büyük olasılıkla CERN'de çalışan Büyük Hadron Çarpıştırıcısından elde edilecektir. Bu bilgilerin bilim ve teknolojiye etkisinin Rutherford deneyinin etkisinden daha büyük olması kuvvetle muhtemeldir. Aslında bu araştırmaların bilim ve teknolojinin gelişimine çok önemli yan etkilerini olduğunu vurgulamak gerekiyor. Mesela bilişim teknolojisini göz önüne alırsak, günlük hayatımıza giren www (ve onun bir üst aşaması olan

Aşamalar	1870'ler-1930'lar	1950'ler-1970'ler	1970'ler-2020'ler
Temel öge enflasyonu	Kimyasal elementler	Hadronlar	Kuarklar, leptonlar
Sistemantik	Periyodik tablo	Sekizli Yol	Çeşni demokrasisi
Tasdiklenen öngörüler	Yeni elementler	Yeni Hadronlar	Dördüncü aile
Açıklayıcı deney	Rutherford	SLAC	LHC
Yapı taşları	Proton, nötron, elektron	Kuarklar	Preonlar
Enerji skalası	MeV	GeV	TeV
Teknolojiye etkisi	İstisnai	Yan etki	İstisna

GRID) CERN'de geliştirilmiştir. Maddenin yapısı ile ilgili son 150 yıldaki gelişmeler ve önümüzdeki yıllar için öngörü tabloda verilmiştir.

Temel öge enflasyonu: Temel öğelerin sayısının az olması bekleniyor, halbuki kimyasal elementlerin sayısı 100'den fazla, hadronların sayısı yüzlerce, kuark ve leptonların toplam sayısı en az 24.

Sistemantik: Temel öğelerin belli özelliklere göre gruplandırılması

Tasdiklenen öngörüler: Bu gruplandırmanın sonucunda öngörülen yeni öğelerin bulunması

Açıklayıcı deney: Bir sonraki temel yapı düzeyinin keşfedildiği deney (SLAC: ABD'de 1960'larda kurulmuş GeV enerjili elektron hızlandırıcısı. Bu elektronlar protonlardan saçılarak Rutherford deneyindeki alfa parçacıklarının rolünü oynamıştır.)

Yapı taşları: Deney sonucunda bulunan daha temel düzeyin öğeleri

Enerji skalası: Deneylerde kullanılan parçacıkların enerjisi (MeV=106eV, GeV=109eV, TeV=1012eV).

Çeşni demokrasisi: Kuark ve leptonların kütle kazanma mekanizması ile ilgili bir hipotezdir.

Dördüncü aile: Bugüne kadar gözlemlenen kuark ve leptonlar 3 aile şeklinde sınıflandırılmıştır. Çeşni demokrasisi dördüncü ailenin varlığını öngörmektedir.

LHC: Dördüncü aile kuarkları var ise LHC tarafından bulunacaktır, fakat LHC'nin enerjisinin yeni yapı taşlarının bulunması için yeterli olup olmayacağı belli değildir.

Preonlar: Kuarkları ve leptonları oluşturan hipotetik yeni yapı taşlarının genel ismi

Prof. Dr. Saleh Sultansoy / TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi

Alfa taneciklerinin geri saçılmasını açıklayabilmek amacıyla Rutherford atomu minik bir gezegen sistemi gibi tasarlamaktaydı. Merkezdeki artı işaretli elektrik yükü taşıyan çekirdek, neredeyse atomun tümünün kütlesine sahipti. Eksi işaretli elektrik yükü taşıyan elektronlarsa çekirdeğin çevresinde çok uzaklarda dolanmaktaydı. Rutherford'un atom modelinin gerçekliğini bugün daha iyi değerlendirebiliyoruz. Rutherford'un o sırada açıklayamadığı şey, klasik fizik yasalarına göre atomun gezegen modelinin kararlı olmayacağı idi. Çembersel yörüngeler üzerinde hareket eden elektronların, ivmeli olduklarından elektromanyetik kurama göre ışınarak enerjilerinden kaybetmeleri gerekir. Beklenen, elektronun spiral bir yörünge üzerinden çekirdeğe düşmesi sonucu atomun sonlu bir zaman aralığında yok olmasıdır. Halbuki atomlar kararlıdır, durup dururken yok olmazlar. Klasik fizik yasaları ile gözlemler arasındaki bu temel çelişki, ancak kuantum mekaniğinin bulunmasıyla aşılabılmıştır.

Hepsi de çok önemli bilim insanları olan, nötronu keşfeden J. Chadwick, ilk parçacık hızlandırıcılardan birini yapan J. Cockcroft ve E. Walton, kuantum mekaniğini bulanlardan kuramsal fizikçi Dirac'ın tez danışmanı ve Rutherford'un damadı R. Fowler, süperiletkenlik konusunda önemli buluşları olan ve tatil için gittiği SSCB'den dönmesine bizzat Stalin tarafından izin verilmeyerek Moskova'da bir laboratuvar kurdurulan P. Kapitza ve P. Blackett, Rutherford'un yanında yetişmiş, pek çoğu Nobel Ödülü kazanmış, atom ve çekirdek fiziğinin öne çıkan isimleridir.

Ernest Rutherford gerek kendi çalışmalarıyla gerek yetiştirdiği üstün nitelikli öğrencilerinin katkılarıyla madde ve evren hakkındaki anlayışımızı derinden etkilemiştir ve 20. yüzyılın en önemli fizikçilerinden birisidir.

Prof. Dr. Tekin Dereli / Koç Üniversitesi

## Rutherford Deneyinden Egzotik Çekirdeklere 100 Yıl

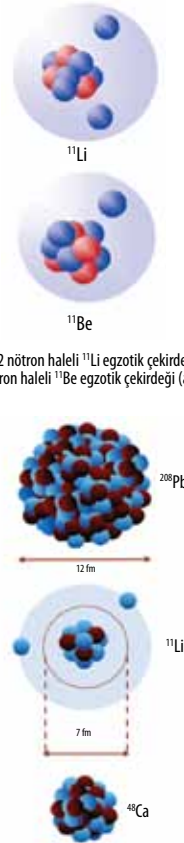
Bu deney bugünkü atom modelinin, nükleer fizik, yüksek enerji fiziği ve parçacık fiziği alanlarının ortaya çıkmasına ve bugünkü teknolojik düzeye ulaşmamıza sağladığı katkının yanı sıra Rutherford'un da nükleer fiziğin atası olarak kabul edilmesine neden olmuştur. Rutherford deneyi sonrasında, diğer bilim insanlarının kararlı çekirdekler kullanılarak yapılan nükleer tepkime deneyleri sonucunda, atomun bölünebileceği ve merkezinde protonlar ve nötronlardan oluşan bir çekirdek olduğu gösterilmiştir. Bu kararlı çekirdeğin birkaç belirleyici özelliği şunlardır:

- Atomun merkezindedir ve birkaç femtometreye (1 femtometre=10<sup>-15</sup> metre) sıkıştırılmıştır.
- Sınırları yoktur, bulutsu bir yapıdadır ve yüzey kalınlığı hemen hemen hepsi için sabittir.
- Nötron ve proton nükleer madde dağılımları benzer davranış gösterir.
- Sihirli sayılar adı verilen proton veya nötron sayılarından birine (2, 8, 20, 28, 50, 82 ve 126) eşit çekirdekler, genellikle diğerlerine göre çok daha kararlıdır ve evrende bol miktarda bulunur.

Hızlandırıcı teknolojilerinin gelişmesi ile son zamanlarda yapılan nükleer deneylerde, kararlı çekirdeklerin yanı sıra egzotik yapıda yeni çekirdekler üretilebiliyor. Bu çekirdekler, kararlı çekirdeklerin aksine, çok kısa yarı ömürlü ve kararlılık eğrisinin proton zengin veya nötron zengin bölgesinde yer alıyor. Egzotik veya haleli çekirdekler adı verilen bu çekirdeklerde, 1 nötron/proton veya 2 nötron/proton, sıkı bağlı çekirdeğin dışındaki klasik olarak yasaklanmış bölgede bulunur.

Şekil 1'de gösterildiği gibi <sup>11</sup>Li haleli çekirdeği <sup>9</sup>Li ve 2 nötrondan, <sup>11</sup>Be çekirdeği ise <sup>10</sup>Be ve 1 nötrondan oluşuyor. Kararlı çekirdeklerin aksine <sup>11</sup>Li'deki 2 nötron, <sup>9</sup>Li öz çekirdeğinden hayli uzakta bağlı olarak duruyor. Bu nedenle 11 nükleona (nükleon: proton ve nötrona verilen ortak ad) sahip Lityum (<sup>11</sup>Li) çekirdeği, 208 nükleona sahip kurşun çekirdeği (<sup>208</sup>Pb) ile hemen hemen aynı yarıçapa sahip. Haleli yapıdaki egzotik çekirdekler sadece bu özellikleri ile değil, aynı zamanda düşük bağlanma enerjileri ve nötron veya proton bakımından zengin olmaları ile de kararlı çekirdeklerden farklılık gösteriyor. Öyle ki, kararlı çekirdekler için büyük önem arz eden sihirli sayılar, egzotik çekirdekler için bir anlam taşıyor ve bu çekirdekler için kararlılığın arttığı yeni sihirli sayılar var. Günümüzde, bu çekirdeklerin yapıları ve diğer çekirdekler ile yaptıkları nükleer etkileşimler hem deneysel hem de kuramsal nükleer fiziğin en güncel konularını oluşturuyor. Yüzyıl önce Rutherford'un deneyi ile başlayan bu tarihi süreç, bugün yukarıda kısaca bahsedilen egzotik çekirdeklerin varlığını ortaya çıkarmamıza neden olmuştur. Bu çekirdeklerin temel bilimler, radyasyon fiziği, nükleer tıp ve endüstrideki uygulamaları düşünüldüğünde, günümüz nükleer fizikçileri Rutherford'un yüzyıl önceki heyecanını hissetmektedir.

Prof. Dr. İsmail Boztosun / Akdeniz Üniversitesi



Şekil 1. 2 nötron haleli <sup>11</sup>Li egzotik çekirdeği (üstte) ve 1 nötron haleli <sup>11</sup>Be egzotik çekirdeği (altta)

Şekil 2. <sup>11</sup>Li egzotik çekirdeği ile <sup>48</sup>Ca ve <sup>208</sup>Pb kararlı çekirdeklerinin yarıçaplarının karşılaştırılması

**Kaynaklar**  
 Sekmen, S., *Parçacık Fiziği En Küçükü Keşfetme Macerası*, ODTÜ Yayıncılık, 2006.  
 Weinberg, S., *Atomaltı Parçacıklar Bir Keşif Serüveni*, TÜBİTAK Bilim Kitapları, 2005.  
<http://myweb.usf.edu/~mhigh/goldfoil.html>  
[http://www.ehow.com/about\\_4569065\\_rutherford-gold-foil-experiment.html](http://www.ehow.com/about_4569065_rutherford-gold-foil-experiment.html)  
[http://www.iop.org/news/11/aug/page\\_51660.html](http://www.iop.org/news/11/aug/page_51660.html)

[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/)  
<http://www.nzedge.com/heroes/rutherford.html>  
 Taylor, R., *Modern Fizik*, 2008.  
 Beiser, A., *Modern Fiziğin Kavramları*, 2008.  
<http://christinachemblog.blogspot.com/2010/10/rutherford-gold-foil-experiment.html>