

Radyoaktiviteden Atom Bombasına

İkinci Dünya Savaşı'nın bitimine bir yıl kala, 1944 yılının Aralık ayında, ABD adına casusluk yapan beyzbol oyuncusu Morris "Moe" Berg, o sırada Zürih'te bir seminer verecek olan Werner Karl Heisenberg'i takip etmekle görevlendirilir. Moe Berg sıradan bir beyzbol oyuncusu değildir, Princeton ve Columbia üniversitelerinde hukuk okumuştur ve İngilizce haricinde 7 dil konuşmaktadır. Belinde silahı ile Heisenberg'in seminerine girer. Kendisine verilen görev şudur: Heisenberg atomdan enerji elde etmekle ilgili herhangi bir şey söylerse, bu büyük fizikçiyi vuracaktır. Heisenberg o seminerde, sonradan çok popüler olacak olan S-matrisi kuramından bahseder. Berg seminerin ardından Heisenberg'in peşine takılır ve otel odasına kadar gider. Çok iyi Almanca konuştuğu için Heisenberg kendisinden şüphelenmez. Berg soruları ile Heisenberg'i zorlamasına rağmen, atomdan enerji elde edilmesi konusunda bir şey öğrenemez ve Heisenberg'i serbest bırakır.



Wilhelm Röntgen

Heisenberg yukarıdaki olayı yaşadığında 43 yaşındadır ancak henüz 24 yaşında iken kuantum mekaniğinin ilk hali olan matris formülasyonunu bulmuş,26 yaşında iken "Belirsizlik İlkesini" yayımlamış,31 yaşında Nobel Fizik Ödülü almış büyük bir fizikçidir. İkinci Dünya Savaşı sırasında Almanya için nükleer enerji ve nükleer silah araştırmaları yapmaktadır ve bu durum müttefik kuvvetleri endişelendirmiştir. Nitekim Almanların nükleer silah konusunda ulaştığı bilgi düzeyini öğrenmek için, müttefik kuvvetler 1945 ilkbaharının sonunda Epsilon Operasyonu çerçevesinde Heisenberg'in ve nükleer fisyonu bulan Otto Hahn'ın da aralarında olduğu 10 Alman bilim insanını İngiltere'de, Cambridge yakınlarında bir çiftlik evinde 6 ay hapsedmiş ve bu bilim insanlarının bütün konuşmaları evin altına yerleştirilen mikrofonlarla gizlice kaydedilmiştir. Bu konuşmaların tüm içeriği 1992 yılında yayımlanmıştır.

Almanya'nın İkinci Dünya Savaşı esnasında atom bombasını neden yapamadığı tartışması uzun ve çetrefilli bir tartışma olsa da işin özü şudur: Heisenberg bomba yapımı için gereken kritik kütleli saflaştırılmış 500 kg uranyum-235 olarak yanlış hesaplamış ve bu miktarı elde etmenin mümkün olmayacağını düşünerek, bomba yapımı konusunda istekli davranmamıştır. Heisenberg'in öğrencisi, Almanyadan İngiltere'ye kaçan Rudolf Pierels de gerekli kritik kütleli 1 kg olarak yine yanlış hesaplamıştır. Gerçekte bu değer 50 kg civarındadır. Pierels ve İngiltere'ye kaçan Otto Robert Frisch'in 1940 yılında yaptığı bu hesap önce İngiltere hükümetini ardından da 1941 yılında ABD Başkanını harekete geçirmiş ve en nihayetinde maalesef uranyum bombası (64,1 kg %89 saflaştırılmış uranyum) yapılmış ve 6 Ağustos 1945'te Hiroşima'ya atılmıştır. 9 Ağustos 1945'te Nagazaki'ye atılan bomba plütonyum bombasıdır ve biraz daha farklı bir mekanizma ile çalışmaktadır: 6,2 kg plütonyum kullanılmıştır. Plütonyum ilk defa 1941 yılında Berkeley Üniversitesi'nin laboratuvarında oluşturulmuş, bomba olma potansiyeli hemen anlaşıldığından, kurulan reaktörlerde üretimine başlanmış ve 1945 yazına yetiştirilmiştir. Her iki bombada da sadece yaklaşık 1 gram kadar kütle enerjiye dönüşmesine rağmen yaklaşık 20 bin ton TNT patlayıcısına denk bir yıkım gücü ortaya çıkmıştır.

Her şey X-ışınları ile başlıyor

Aslında İkinci Dünya Savaşı'ndan önceki 50 yıl içinde radyoaktivitenin keşfi, periyodik tablonun ve atom çekirdeğinin anlaşılması, son derece masum ve bilim tarihi açısından çok ilginç bir süreçti. 1900'ler yaklaşırken pek çok bilim insanı gibi Wilhelm Conrad Röntgen de içinde yoğunluğu çok düşük gaz olan cam tüpleri elektrik akımına tabi tutuyor ve gazın nasıl elektriksel olarak boşaldığını inceliyordu. 8 Kasım 1895'te kazara çok ilginç bir şey keşfetti: Deney cihazını (vakum tüpünü ve bobinleri) tamamen örttüğü halde gazın boşalması esnasında hayli uzakta bir aydınlanma gördü. Deneyini defalarca tekrar et-

ti, deney düzeneğini kalın nesnelere örtmesine rağmen içeride oluşan "ışınlar" dışarıya kaçabiliyordu. Bu ışınların ne olduğuna dair bir fikri olmadığından bunlara X-ışını ismini verdi ve ilk gözleminden 2 hafta sonra, her romantik fizikçinin yapacağı gibi, X-ışınıyla eşinin elinin bir "fotoğrafını" çekti. (Eşi bu resimden ürüp "kendini cesedimi gördüm" demiştir.)

Wilhelm Röntgen hayli mütevazı bir insandı, X-ışınlarını keşfedince birdenbire meşhur oldu. Ancak çok fazla tanınmak istemediğinden sadece bir defa röportaj verdi. İlk Nobel Fizik Ödülü 1901 yılında Röntgen'e verildi.

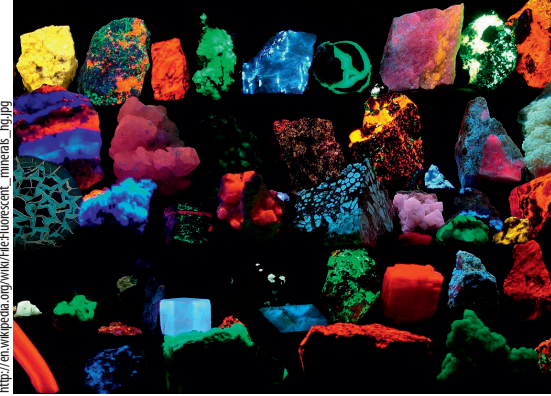
Anna Bertha Röntgen'in eli (1895)



19. Yüzyılda görünmeyen ışınlar

Pek çok bilim insanı X-ışınlarının ne olduğunu ve kaynağını anlamak için araştırmaya başladı. Şunu hatırlamakta fayda var: X-ışınları keşfedildiğinde henüz, elektron dâhil, hiçbir temel parçacık keşfedilmemişti. Görünen ışığın haricinde kızılötesi (William Herschel, 1800) ve morötesi ışığın varlığı biliniyordu (Johann Wilhelm Ritter, 1801). Bir de James Clerk Maxwell'in 1867 yılında kuramsal olarak öngördüğü, Heinrich Hertz'in 1887'de deneysel olarak bulduğu radyo dalgaları biliniyordu.

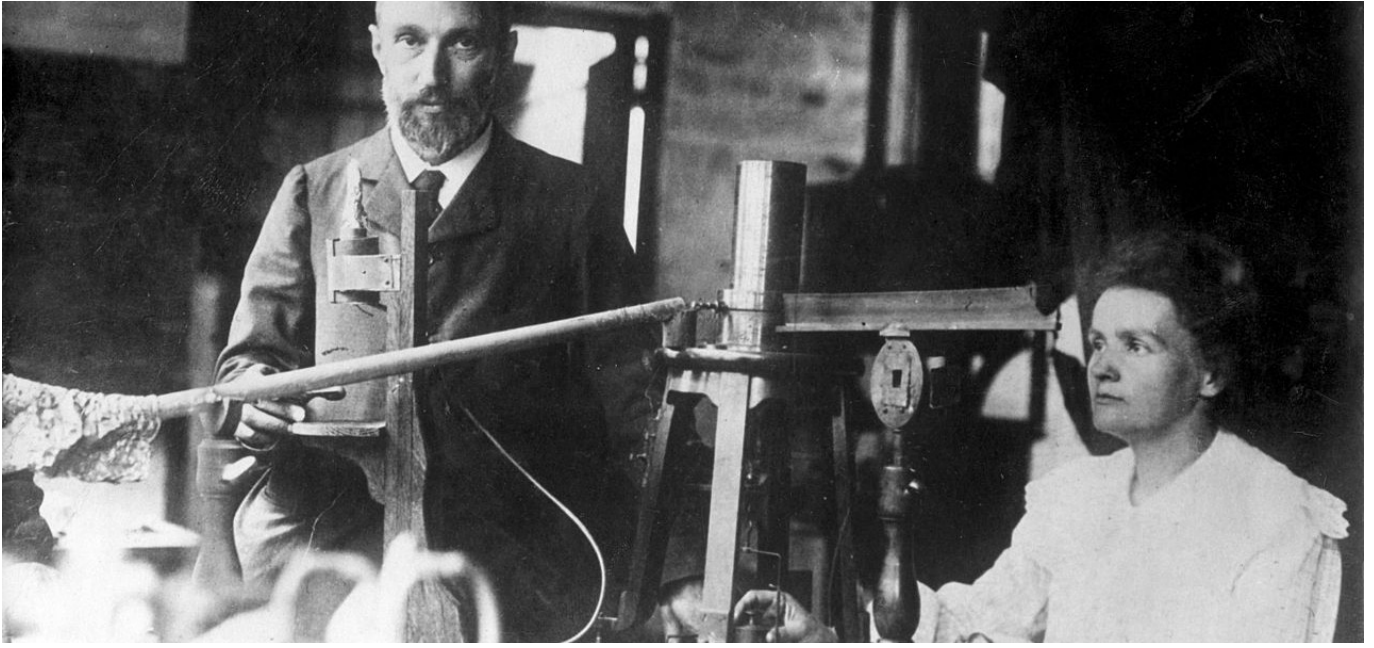
Paris Doğa Tarihi Müzesi müdürü Antoine-Henri Becquerel müzedeki bir kısım minerallerin ve taşların X-ışını yayıp yaymadığına bakmaya başladı. Aslında hayli doğru bir araştırma yolu seçmişti kendisine. Becquerel'in hem dedesi hem de babası vakti ile aynı müzede müdürlük yapmış ve ışık yayan taşlar, mineraller, tuzlar konusunda detaylı çalışmalar yapmışlardı. Buldukları şey şu idi: Güneş ışığına tabi tutulmuş bir kısım taşlar aldıkları ışığı farklı bir dalga boyunda hemen geri veriyorlardı (floresans). Bir kısım taşlar ise güneş ışığına maruz kaldıktan sonra karanlığa götürülseler bile bir süre, bazen saatlerce ışık yaymaya devam ediyorlardı (fosforesans).



Bazı floresans mineraller

Becquerel'in ısrarı

Becquerel, o zamanlar sadece seramikleri ve camları renklendirmek için kullanılan uranyumun X-ışını yayabileceğini düşündü. Uranyumun hayli yüksek fosforesans özelliğini Becquerel'in babası keşfetmişti. Güneş ışığında bir süre tuttuğu uranyum tuzlarını siyah kâğıtlara sarıp fotoğraf filmlerinin yanına koydu. Gerçekten de uranyumdan çıkan ışınlar fotoğraf filmini renklendirdi. Becquerel deneyine uzun süre devam etti; çekmecesinden 1 yıl hiç çıkarmadığı uranyum tuzlarının hâlâ fotoğraf filmini renklendirdiğini görünce şaşırdı. Fosforesans özelliğini bu kadar uzun süre koruyan bir mineral yoktu. Becquerel diğer minerallerde fosforesansın nasıl yok edileceğini biliyordu: Bu mineralleri karanlıkta değişik kimyasal süreçlerden geçirip asitlerle eritecekti.



Pierre-Madam Curie

Ancak uranyum bu süreç sonunda da etkinliğini kaybetmedi. Becquerel X-ışınlarını ararken radyoaktiviteyi bulmuştu ancak farkında değildi. O sıralarda Marie Curie doktora tezi için konu arıyordu ve Becquerel'in bulduğu ışınları daha detaylı incelemeye karar verdi. Işınlardan özelliklerini, hayli kaba olan fotoğraf tekniği yerine elektriksel tekniklerle inceleyecekti. Madam Curie'nin piezoelektrik kristal kullanarak elektroskop yapan kocası Pierre Curie bu konuda uzmandı. Curie'ler hayli yoğun ve yıllarca süren tehlikeli bir çalışma sonunda hem radyoaktiviteyi keşfettiler hem de bu süreçte radyoaktif iki element buldular ve bu elementleri polonyum ve radyum olarak isimlendirdiler. Madam Curie henüz doktorasını almadan, 1903 yılında Becquerel ve Pierre Curie ile birlikte Nobel Fizik Ödülü'nü aldı. Madam Curie 1911 yılında Nobel Kimya Ödülü'nü de alıp bilim tarihinde müstesna bir yer alacaktı. 1 Curie (Ci) = 1 saniyede 37 milyar etkinlik, radyasyon birimi olarak kabul edilmiştir, bu da 1 gramlık radyumun bir saniyedeki etkinliğine yakındır. Yani bir saniyede 1 gram radyumun 37 milyar tanesi bozunmaktadır. Bu çok yüksek bir rakam olduğu için, çoğunlukla diğer bir etkinlik birimi olan Becquerel (Bq) kullanılır 1 Bq, 1Ci'nin yaklaşık trilyonda yirmi yedisi kadardır.

Atomun Keşfi

Radyoaktivitenin kâşiflerinin radyoaktivitenin ne olduğunu hemen anlaması mümkün değildi, çünkü atom çekirdeği keşfedilmemişti. Bu yüzden 1 gram radyumun radyoaktivitesi ile "10 kg buz eritecek kadar ısıyı nereden bulduğu" sorusu onlar için çok ciddi bir soru idi. Ener-

jinin radyoaktivitede korunmadığı iddiasından tutun da, radyoaktif elementlerin esir maddesinden sürekli enerji topladığına dair kuramlar öne sürülüyordu. Doğru açıklamalar Ernest Rutherford ve öğrencilerinin atom çekirdeğini (1911) ve nötronu (1932) bulması ile geldi. 1905 yılında özel görelilik kuramı bulunmuş ve maddenin enerjiye dönüşmesinin müm-

Birinci Dünya Savaşı'nın başında (1914), Alman askerlerinin kısa bir süre içinde Paris'e gireceği endişesiyle, Madam Curie laboratuvarındaki 1 gram radyumu kurşundan bir kap içine koyarak trenle Bordeaux şehrine götürür ve bir bankada kasaya koyar. 1915 yılında kasadan radyumu alıp kanser tedavisinde kullanılmasını sağlar. Savaş sonunda radyumu bittiği için araştırmalarına devam edemez. 1920 yılında ABD'li gazeteci William Brown Meloney Madam Curie ile bir röportaj yapar ve kendisine 1 gram radyum alabilecek kadar para toplamayı vaat eder. 1 gram radyum o zamanın parası ile 100 bin dolardır (günümüzde bu paranın alım gücü karşılığı 1,2 milyon dolardır). Gazeteci bu parayı toplar, 1921 yılının ilkbaharında Madam Curie ABD'ye gider ve ABD Başkanı Warren G. Harding'den 1 gram radyumu törenle alır.



Marie Skłodowska Curie Başkan Warren G. Harding ile Beyaz Saray'da, 20 Mayıs 1921 (The Library of Congress'in izniyle)



X-ışınları Türkiye'de

X-ışınlarının keşfinin heyecanı kısa bir süre içinde bütün dünyayı sarmıştı. Nesnelere içini gösterebilen yeni bir fotoğraf tekniği olarak X-ışınlarının potansiyel uygulamaları çok açıktı. Örneğin Türkiye'de o zaman henüz uzmanlığını yapmakta olan Dr. Esat Feysi 1896 yılında X-ışını fotoğrafları çekmeye başladı. 1897 yılında Türk-Yunan savaşında, savaşın her iki tarafında da X-ışını cihazları askerlerin vücutlarındaki kırıkların ve mermi/şarapnel parçalarının tespiti için kullanılıyordu.

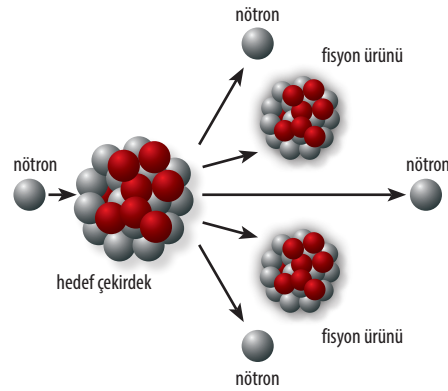
1897 yılında Boyabatlı er Mehmet X-ışını cihazı önünde



Esat Feysi 1901'de 27 yaşında vefat eder.

kün olduğu anlaşılmıştı. Sonraki 25 yıl boyunca atomun nasıl çalıştığını, ışığı nasıl emdiğini ve yaydığını anlamak için kuantum fiziği geliştirildi. Atomun yarıçapı görebileceğimiz en küçük şeyden 1 milyar kat küçük, çekirdeğinin yarıçapı ise atomunkinden yüz bin kat küçüktür. Atom çekirdeğinde etkin iki kuvvet vardır: Elektrik yükleri arasındaki elektromanyetik kuvvet ve güçlü nükleer kuvvet. Her ne kadar elimizde atom çekirdeğini anlamamızı sağlayacak güçlü etkileşimin denklemleri olsa da, bugün dahi atom çekirdeğinin bütün özelliklerini bu kuramla hesaplayamıyoruz. Dolayısıyla nükleer fiziğin doğuşu olarak kabul edebileceğimiz nötronun keşfinden atom bombası yapımına kadar geçen sürede, atom çekirdeği ve radyoaktivite ile ilgili hesaplamalarda Heisenberg gibi büyük fizikçilerin hata yapmaları son derece normal. Tabii ki artık bugün radyoaktivitenin ne olduğunu biliyoruz: Bazı çekirdekler kararlı (dik duran, ancak potansiyel enerji kaybedip yatay duruma geçmek isteyen bir kitap gibi), daha kararlı hale gelebilmek için yüksek enerjili gama ışınları, alfa parçacıkları (helyum atomunun çekirdeği) ya da beta parçacıkları (elektron) fırlatıyor. Son iki süreç nedeniyle periyodik tabloda yerleri değişiyor. Eski simyacıların temel sorusu, elementler arası ge-

çiş olup olmadığı idi, bunun mümkün olduğunu artık biliyoruz. Klasik fiziğin kuralları ile bunu anlamak mümkün değil, ama kuantum fiziği ile radyoaktiviteyi ve periyodik tablodaki geçişleri veya izotop bozunmalarını anlayabiliyoruz.



Rutherford'un öğrencisi James Chadwick Birinci Dünya Savaşı'nda Almanya'da hapse düşer ama oradayken dahi deneyler yapmaya devam eder. Savaş sonunda serbest kalıp İngiltere'ye döndükten sonra da uzun süren çalışmalar neticesinde nötronu keşfeder. Chadwick 1935'te Nobel Fizik Ödülü'nü alır ve İkinci Dünya Savaşı sırasında da atom bombası yapımı için ABD'ye giden İngiliz bilim insanlarının liderliğini yapar.

Fisyon

Nötronun keşfi bir çığır açmıştır, insanlar atom çekirdeğindeki enerjinin ortaya çıkarılıp kullanılması gerektiğini konuşmaktadır. Ancak neredeyse atom çekirdeğinin patentine sahip olan Rutherford 11 Eylül 1933 yılında yaptığı, gazetelere de yansıyan meşhur bir konuşmasında atom çekirdeğindeki enerjiyi "sağmanın" mümkün olmadığını söyler. Leo Szillard, Almanya'da yükselen Nazi rejiminden kaçıp İngiltere'ye yerleşmiştir. Daha önce Albert Einstein ile yeni bir buzdolabı sistemi ve ısıtma cihazı geliştiren ve patentlerini alan Szillard, gazetelerden bu konuşmanın metnini okur ve kendi kendine şu soruyu sorar:



6 NOBEL Ödüllü Aile

1935 yılında, Madam Curie'nin vefatından bir yıl sonra, Madam Curie'nin kızı Irène Joliot-Curie ve kızının kocası Frédéric Joliot-Curie yapay radyoaktiviteyi keşifleri nedeniyle Nobel Kimya Ödülü'nü almış ve böylece Curie ailesinin radyoaktivite çalışmalarından toplam 5 Nobel Ödülü olmuştur. İşin ilginç bir tarafı da şudur: Curie ailesinin fertleri maruz kaldıkları radyasyon nedeniyle erken yaşlarda hastalanıp ölmüştür. Yüz yıl sonra Madam Curie'nin defterleri hâlâ tehlikeli düzeyde radyoaktif materyal içeriyor. Ayrıca Birinci Dünya Savaşı'nda Madam Curie ve kızı Irène arabadan bozma, kendi yaptıkları gezici radyoloji laboratuvarında gönüllü olarak çalıştı ve yoğun bir şekilde X-ışınına maruz kaldı. Pierre Curie 1906 yılında daha 47 yaşındayken talihsiz bir kazada bir arabasının altında kalarak öldü. Madam Curie'nin radyoaktivite üzerinde çalışmayan ikinci kızı yazar ve piyanist Eve Curie uzun yaşadı ve 2007 yılında öldü. Eve'in Nobel Ödülü yoktu, ama kocası Henry Labouisse UNICEF adına 1965 yılında Nobel Barış Ödülü aldı. Böylece ailedeki Nobel sayısı 6'ya çıktı!

Yangın Alarm Cihazları

Bir kısım yangın alarm cihazlarında yarı ömrü 432 yıl olan amerikyum-241 elementi kullanılır. Bu element 1944 yılında ABD’de atom bombası çalışmaları esnasında bulunmuştur. Yangın alarm cihazında 1 gramın 5000’de biri kadar bulunan amerikyum, alfa parçacıkları ve düşük enerjili gama ışınları yayar. Amerikyum kullanan yangın alarm cihazlarının temel çalışma ilkesi şöyledir: Yayılan alfa parçacıkları oksijen ve azot gazlarına çarpar ve onları iyonize eder. Uygulanan hafif bir elektrik alan nedeniyle daimi bir akım oluşur. Ancak ortamda ateş varsa ve duman çıkıyorsa bu yükler dumandaki parçacıklara yapışır, akım durur ve alarm çalar.



Öyle bir süreç düşünelim ki bu süreçte atom çekirdeğine 1 nötron girsin, 2 nötron ve biraz da enerji açığa çıksın. Yüksek miktarda bir enerji açığa çıkması için bu sürecin kaç defa tekrar etmesi gerekir? Szillard “zincirleme tepkime” adını verdiği bu sürecin 80 basamakta ve çok kısa bir sürede 1 kg materyalin çekirdeğinden yüksek miktarda enerji açığa çıkaracağını hesap eder (2^{80} yaklaşık $10^{24} = 1$ kg uranyum). İlk iş olarak bu son derece soyut düşüncenin pa-

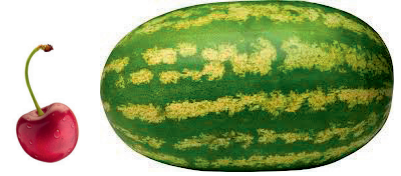
tentini almak için başvurur ve bu patentin sadece İngiliz ordusuna verilmek üzere, gizli tutulmasını ister. Ardından ABD’ye giden Szillard değişik üniversitelerin fizik bölümlerinde çalışan büyük deneysel fizikçileri bu sürecin mümkün olduğuna ikna etmeye çalışır. Ancak kimse Szillard’a inanmaz, çünkü henüz fisyon (çekirdeğin parçalanması) bulunmamıştır.

Enrico Fermi ve ilk zincirleme tepkime

1934 yılında İtalyan fizikçi Enrico Fermi nötronları ağır atom çekirdeklerine çarptırarak daha ağır (uranyum ötesi) çekirdekler oluşturmaya çalışır. Nitekim bu deneyler sonucunda periyodik tabloda eksik olan uranyumdan ağır, yeni 2 element bulunduğunu iddia eder (hatta bunlara ausenium ve hesperium isimlerini verir!). Bu buluşlarından dolayı kendisine 1938 Nobel Fizik Ödülü verilir. Fermi, eşi ile birlikte ödülü alır ve bir daha Mussolini’nin İtalyasına dönmez, ABD’ye gider. Orada atom bombasının yapımında çok önemli rol oynar: 2 Aralık 1942’de Chicago Üniversitesi’nin stadyumunun altındaki bir squash kortunda kendiliğinden devam eden ilk zincirleme tepkimeyi gerçekleştirir. Elde edilen güç 0,5 Watt’tır, bir ampulu yakamaz, ama deneysel olarak atom çekirdeğinden enerji elde edilebileceği gösterilmiştir. Peki Fermi 1934 yılında gerçekten ne bulmuştur? Fermi aslında daha ağır çekirdekler değil çekirdek bölünmesini (fisyonu) bulmuş, ama bunu fark edememiştir. Fermi’nin ausenium ve hesperium diye isimlendirdiği elementler daha sonra savaş esnasında Ber-

keley Üniversitesi’nin laboratuvarında bulunmuş ve neptünyum ve plütünyum olarak adlandırılmıştır. Fermi fisyonu bulduğunu anlayabilseydi İkinci Dünya Savaşı nasıl olurdu bilmek mümkün değil, ama bomba yıllar önce Avrupada yapılabilirdi.

22 Aralık 1938’de Alman bilim insanları Otto Hahn (daha sonra Heisenberg’in Cambridge’de hapisane arkadaşı olacaktır) ve Fritz Strassmann, Fermi’nin iddia ettiği gibi uranyum ötesi elementleri elde etmek için nötronları uranyum çekirdeğine çarptırdıklarını, ama daha ağır çekirdek yerine periyodik tablonun ortalarındaki elementleri gördüklerini açıkladılar. Yıllardır Otto Hahn ile beraber deneyler yapan ama o sıralar İsveç’e kaçmış olan Lise Meitner ve yeğeni Otto Frisch, Otto Hahndan aldıkları bu haber üstüne hemen bir kuram geliştirdi ve bir biyolog arkadaşlarından öğrendikleri “fisyon” sözcüğünü ilk defa kullanarak, çekirdeğin iki parçaya bölünebileceğini gösterdiler. Yazdıkları makaleyi bir dergiye gönderdiler ve Niels Bohr’a da kimseye söylememesi şartı ile buldukları sonucu söylediler.



Aslında çekirdeğin yavaş giden nötronlarla parçalanabileceği düşüncesini ilk defa 1934 yılında Ida Noddack isimli bir bilim kadını ortaya attı, ancak bu iddiaya kimse inanmadı. Çünkü bu iddia biraz yavaş giden bir kirazın kendisinden 240 kat büyük bir Diyarbakır karpuzuna çarpıp onu ikiye bölmesine benziyordu.

Karbon-14

Karbon-14’ün yarı ömrü 5730 yıldır. Karbon-12 ise kararlı bir elementtir ve su çıkarıldıktan sonra insan vücudunun %62’sini oluşturur. Atmosferde ve vücudumuzda karbon-14’ün karbon-12’ye oranı yaklaşık trilyonda 1,3 kadardır. Vücut canlılığını yitirip artık karbon almamaya başlayınca, karbon-14 bozunmaya başladığı için, bu oran

yıllar içinde daha da azalır. İlk baştaki oranı ve karbon-14’ün yarı ömrünü bildiğimizden, ölümün ne zaman gerçekleştiğini bulabiliriz. Willard Libby 1949 yılında bu yöntemi bulduğu için Nobel Kimya Ödülü’nü almıştır. 1952-1962 yılları arasında toprağın üstünde ve atmosferde yapılan termonükleer bomba denemeleri sonucunda atmosferdeki karbon-14 oranı iki katına çıkmıştır.



Karbon-14 yöntemi uygulanarak yapılan hesaplamayla, 1991 yılında Alpler’de bulunan buzadam Otzi’nin 5300 yıl önce yaşadığı tespit edilmiştir. (Anlaşılan sırtından bir ok yemeden önce, Otzi keçi eti yemiş.)



Einstein ve Leo Szillard

Ancak zaman Noddack'i haklı çıkardı. Fisyonun bulunması büyük bir haberd. Gemi ile ABD'ye kaçmakta olan Niels Bohr daha Meitner-Frisch makalesi yayımlanmadan haberi ABD'ye getirdi ve fizikçiler fisyon deneylerine başladı. Szillard'ın zincirleme tepkime fikri doğru idi: Yavaş giden bir nötron uranyum-235'e çarpınca değişik ihtimallerle pek çok şey oluyordu, ama ortalamada 2,5 nötron açığa çıkıyordu

Nötron + U-235 → 60 değişik radyoaktif izotop + 2,5 nötron

Fisyonun mümkün olduğunu fark eden Szillard tanıdığı bütün fizikçiler ile bağlantı kurarak nötronlar ve uranyum ile yaptıkları deneyleri artık yayınlamalarını istedi. Bu bilgiler tehlikeli idi. Diğer taraftan da eski dostu Albert Einstein'ı ziyaret ederek ABD Başkanına bir mektup yazması için ikna etti.

Albert Einstein ve Leo Szillard

ABD'nin atom çekirdeğinden enerji elde etme konusunda çalışmalarına başlaması bu mektup ile başladı diyebiliriz. İlk başlarda özellikle Bohr'un yaptığı hesaplar bomba yapmanın mümkün olmadığını gösteriyordu. Çünkü doğal uranyumun %0,72'si uranyum-235, geri kalanı uranyum-238 idi. Uranyum-235 herhangi bir hızdaki bir nötronun çarpması sonucunda fisyona uğruyor, ancak uranyum-238'in fisyona uğraması için nötronların çok hızlı olması gerekiyordu. Dolayısıyla, çok bulunan uranyum-238 ile bomba yapmak mümkün değildi. Diğer taraftan o günün teknikleri ile yeterli miktarda uran-

yum-235 ayırtmak da mümkün değildi. Derken 1 Eylül 1939'da İkinci Dünya Savaşı başladı ve pek çok bilim insanı bir araya gelerek bombayı 1945 yazına maalesef yetiştirdi. Bomba yapımı için gerekli tesisler kuruldu ve bugünün parası ile toplam 22 milyar dolar para harcandı.

Radyoaktivitenin 1896 yılındaki keşfinden 1945 yılında ilk atom bombasının atılmasına kadar geçen sürede fizikte müthiş ilerlemeler oldu: Elektron, pozitron, proton, nötron keşfedildi, kuantum fiziği ve özel görelilik kuramı bulundu. İnsanlar, Rutherford'un öngörüsünün aksine, atom çekirdeğindeki enerjiyi sağlamış ve önce kötü yönde kullanmıştı. 1945 sonrasında özellikle termonükleer füzyon bombaları da geliştirilecek ve dünya müthiş bir silahlanma yarışına sahne olacaktı. Diğer yandan nükleer enerji elektrik üretiminde de yoğun bir şekilde kullanacaktı. Bilimsel açıdan bakıldığında, fizikçiler 1945'ten 1970'lerin başına kadar atom çekirdeğindeki etkin kuvvetleri anlamak için yoğun çaba sarfetmiş, nötron ve protonun temel parçacıklar olmadığını ve daha temel olan kuarklar ve gluonlardan oluştuğunu keşfetmiş, kuarkların ve gluonların etkileşimini veren güçlü etkileşim teorisini -kuantum renk dinamiğini- bulmuştur.

Kaynaklar

- Bernstein, J., *Nuclear weapons, what you need to know*, Cambridge University Press, 2008.
- Malley, M. C., *Radioactivity; A history of mysterious science*, Oxford University Press, 2011.
- Preston, D., *Before the fallout, from Marie Curie to Hiroshima*, Walker and Company, 2005.

- Dinçer, M. ve Kuter, S., "One hundred years of radiotherapy in Turkey", *The Lancet Oncology*, Cilt 2, Ekim 2001.
- Ulmana, Y. I., Livadas, G., ve Yıldırım, N., "The pioneering steps of radiology in Turkey (1896-1923)", *European Journal of Radiology*, Cilt 55, s. 306-310, 2005.