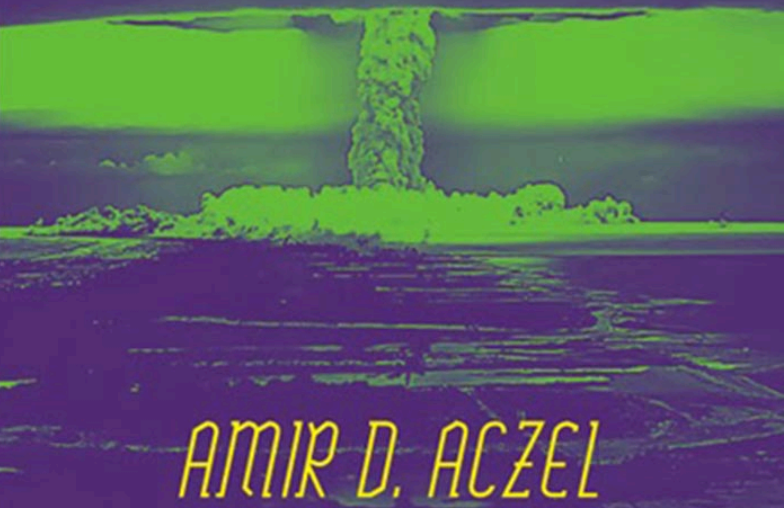
URANYUM SAVAŞLARI

Nükleer Çağı Başlatan Bilimsel Rekabet



AMIR D. ACZEL

ALFA | BİLİM

AMIR D. ACZEL

1950 doğumlu Amerikalı Aczel, matematik ve bilim tarihi üzerine ders veren bir akademisyen olmasının yanı sıra bu konularda çok sayıda popüler bilim kitabının yazarıdır. Matematik alanında çok sayıda araştırma makalesi ve iki ders kitabı bulunmaktadır. 2003 yılından beri Boston Üniversitesi, Bilim Felsefesi ve Tarihi Merkezi'nde araştırmacı olarak çalışmakta, 2011 yılından bu yana da Boston Massachusetts Üniversitesi'nde yarı zamanlı öğretim üyesi olarak matematik dersleri vermektedir. Evli ve iki çocuk sahibidir.
Eserleri arasında *Present at the Creation: The Story of CERN and the Large Hadron Collider* (2010), *The Cave and the Cathedral* (2009), *The Jesuit and the Skull* (2007), *Descartes' Secret Notebook* (2005), *Pendulum: Léon Foucault and the Triumph of Science* (2003), *Entanglement* (2002), *The Riddle of the Compass* (2001), *God's Equation: Einstein, Relativity, and the Expanding Universe* (1999) ve *Fermat's Last Theorem* (1997) bulunmaktadır.

BARIŞ GÖNÜLŞEN

1974 yılında İzmir'de doğdu. İzmir Bornova Anadolu Lisesi Almanca Bölümü ve Ortadoğu Teknik Üniversitesi İktisat Bölümü'nden mezun oldu. Serbest yazarlık ve çevirmenlik yapmaktadır.

Uranyum Savaşları, Nükleer Çağı Başlatan Rekabet
© 2012, ALFA Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.

Uranium Wars, The Scientific Rivalry That Created the Nuclear Age
Çeviriye temel alınan metin: Palgrave Macmillan 2009
© Amir D. Aczel, 2009.

Kitabın Türkçe yayın hakları Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.'ne aittir. Tanıtım amacıyla, kaynak göstermek şartıyla yapılacak kısa alıntılar dışında hiçbir yöntemle çoğaltılamaz.

Yayıncı ve Genel Yayın Yönetmeni M. Faruk Bayrak
Genel Müdür Vedat Bayrak
Yayın Yönetmeni Mustafa Küpüşoğlu
Dizi Editörü Kerem Cankoçak
Redaksiyon Murat Metehan Türkoğlu
Kapak Tasarımı Gökhan Burhan

ISBN 978-605-106-477-2
1. Basım: Haziran 2012

Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.
Ticarethane Sokak No: 53 34410 Cağaloğlu İstanbul
Tel: (212) 511 53 03 Faks: (212) 519 33 00
www.alfakitap.com - info@alfakitap.com
Sertifika No: 10905

Baskı ve Cilt
Melisa Matbaacılık
Tel: (212) 674 97 23 Faks: (212) 674 97 29
Sertifika No: 12088

URANYUM SAVAŞLARI

Nükleer Çağı Başlatan Rekabet

AMIR D. ACZEL

Çeviren
Barış Gönülşen

ALFA | BİLİM

Debra için...

İÇİNDEKİLER

	Teşekkürler	7
	Önsöz	9
	Oyuncular	13
	Kavramsallaştırma Üzerine Bir Not	17
	Atom Terimleri Sözlüğü	18
	GİRİŞ	
	KÖR EDİCİ BİR IŞIK	21
1	FİZİK VE URANYUM	27
2	ÇEKİRDEĞİN PEŞİNDE	37
3	LISE MEITNER	54
4	MEITNER-HAHN BULUŞU	64
5	ENRICO FERMI	79
6	ROMA DENEYLERİ	95
7	1938 OLAYLARI	106
8	1938 NOELİ	113
9	HEİSENBERG TEHDİDİ	124
10	ZİNCİRLEME TEPKİME	134
11	NAZİLERİN NÜKLEER MAKİNESİ	151

12 KOPENHAG 164
13 KRİTİK AŞAMA 175
14 BOMBANIN YAPILMASI 185
15 BOMBAYI KULLANMA KARARI 204
16 CASUSLUK OPERASYONUNDAN GELEN KANIT 220
17 SOĞUK SAVAŞ 233
18 URANYUMUN GELECEĞİ 243

Kaynakça 259
DİZİN 263

Teşekkürler

Bu çalışma parasal açıdan kısmen Amerikan Fizik Enstitüsü bünyesindeki Fizik Tarihi Merkezi'ndeki dostların desteği sayesinde gerçek oldu, onların bu yardımlarını şükranla anmak isterim. Amerikan Fizik Enstitüsü'nün Niels Bohr Kütüphanesi ve Arşivi'ne, onun eski yöneticisi Spencer Weart, yeni yöneticisi Gregory Good'a, kütüphane çalışanlarına, özellikle de Melanie Brown, Scott Prouty, Jennifer Sullivan ve Julie Gass'a Niels Bohr Kütüphanesi'nde Kasım 2008'deki araştırma ziyaretim boyunca lütfettikleri yardımları için teşekkür ediyorum.

George Washington Üniversitesi'ndeki Ulusal Güvenlik Arşivi yönetimine, arşivde bulunan çok sayıdaki "Çok Gizli" ve "Çok Çok Gizli" belgeyi kaynak olarak kullanma ve basma iznini verdikleri için teşekkür borçluyum.

Kopenhag'taki Niels Bohr Arşivi'ne, şahsıma Bohr'un Heisenberg'e yollanmamış mektuplarından alıntı izni tanıdıkları için şükran borçluyum.

Boston Üniversitesi'nde Bilim Felsefesi ve Tarihi Merkezi yöneticisi olan Prof. Alfred I. Tauber'e araştırmama desteği ve ilgi-

si için teşekkür ediyorum. Merkezde görevli personel ve Boston Üniversitesi kütüphane çalışanlarına kitabım için yürüttüğüm araştırmada yardımları için teşekkür borçluyum.

Dostum ve temsilcim Albert Zuckerman'a bu kitabı şekillendiren harika fikir ve önerileri için çok teşekkürler, onun New York Yazarlar Evi'ndeki ekibine yardımları için borçluyum. Editörüm Luba Ostashevsky'ye bu proje için duyduğu heyecan ve tamamlanmasındaki katkıları için teşekkür ediyorum. Bu hikâyeyi bir kitaba çevirme yolculuğunda her yönden muazzam yardımcı olan, yorulmak bilmez Alan Bradshaw'a şükran borçluyum. Roberta Scheer ve Jen Simington da kitabın yayıma hazırlanmasındaki editörlük katkılarıyla teşekkürü hak ediyorlar.

Önsöz

Televizyonda nükleer meseleler üzerine bir haberin olmadığı tek bir gün yok neredeyse. Konu bazen İran'ın nükleer programına uluslararası toplumun verdiği tepkiye dair bir haber, bazen de Pakistan'ın atom bombası stokunun geleceğiyle ilgili bir değerlendirme olabiliyor. Öte yandan bazı politikacılar ve bilim insanları ise, ülkenin baştan sona nükleer reaktörlerle örüldüğü ve böylece üretilecek elektrikle fosil yakıtlara bağımlılığın ortadan kalkabileceği bir gelecek tasavvur ediyorlar. Atmosfere karbon salınımını gerektiren türde bir güç kaynağı olmadığı için nükleer enerjinin yaygınlaşması küresel ısınmayla mücadelede yardımcı da olabilir. Ancak karbonsuz bir enerji kaynağı taahhüdünün sağlamasının iyi yapılması gerekir. Bu vaat, nükleer atıkların kötü etkileriyle ve halen insani kayıplarını tam olarak ölçemediğimiz 1986 yılında Ukrayna, Çernobil'de meydana gelen nükleer santral kazasına benzer bir başka felaketin daha gerçekleşmesi tehlikesiyle karşılaştırılmak zorunda.

Her gün nükleer güçle ilgili bu haberler üzerimize boca edilirken, çoğumuz bilgilerin ne anlama geldiğini anlayamıyoruz bile: İran'daki bir nükleer madde zenginleştirme merkezinde çalışan 9000 santrifüj gerçekte ne yapar? Saf uranyum nedir ve bu makineler bunu nasıl üretir? Dünyada birçok yerde bulunabilen

gümüş renkli, gösterişsiz bir element olan uranyum çekirdeği içerisindeki saklı güç nedir ve bu element içinde bir nükleer bombanın muazzam yıkıcı gücünü nasıl taşıyabilmektedir?

Çoğumuz II. Dünya Savaşı sonunda Hiroşima ve Nagasaki'yi yerle bir eden atom bombalarını, bazılarımız da bu bombaların yapılması operasyonuna verilen adın Manhattan Projesi olduğunu biliriz. Ancak pek azımız bu dev uğraşa yol açan hikâyenin bütününe hâkimiz: Uranyum nasıl keşfedilmişti, özellikleri nasıl araştırıldı, bilim insanlarının oluşturduğu değişik ülkelerden çeşitli gruplar arasındaki acımasız rekabet uranyumun daha derinlemesine kavranmasına nasıl yol açtı? Uranyum elementinin atomunun, küçük bir atom-altı parçacık kendisine çarptığında, basitçe ikiye bölünerek *fisyon* [bölünme] denen alışılmadık bir sürece maruz kaldığını pek az sayıda insan bilmektedir.

Bu süreci anlamak için birbirleriyle telaşlı bir yarışa giren bilim insanları, çalışmalarında uranyum atomunun bölünmesinin –Albert Einstein'ın ünlü denklemi E=mc2'de öngörüldüğü üzere– bir enerji açığa çıkarttığını tespit ettiler. Bir süre sonra daha da çarpıcı bir şey, bir zincirleme tepkime yaratma olasılığı fark edildi ve bu olasılık hemen hayata geçirildi. Bir zincirleme tepkimede çok büyük sayıda uranyum atomu bölünürse, bu bir nükleer patlama meydana getirir. Bu zincirleme tepkime eğer denetim altında tutulursa, bir diğer deyişle, eğer patlamaya göre daha ölçülü bir durumda tutulabilirse, uranyum bize sivil bir nükleer güç santralinde üretilen enerjiyi sağlayabilir.

Bugün dış politika alanında enerji, ekonomi ve ulusal güvenlik politikalarımızın bir dereceye kadar uranyumun özellik ve kullanımının anlaşılması üzerine kurulu olduğu bir dönemi yaşamaktayız. Uranyumun hikâyesi bu yüzden önem taşımaktadır.

Nükleer süreçler, nükleer bombalar ve nükleer enerjiye dair bildiklerimiz kaynağını II. Dünya Savaşı'ndan alıyor. Üçüncü Reich'taki rakiplerinden önce Amerika'da atom bombasını yapanlar, Nazi zulmünden kaçan bilim insanları oldu. Nükleer güç savaş sonrasında da tartışma konusu olmaya devam etti: Sivillere enerji sağlama potansiyeline sahip olmasına karşın, İran ve Kuzey Kore gibi asi devletlerin uluslararası toplumu yanıltmak

için –bahane olarak kullanarak– atom silahları geliştirmeye devam etmeleri örneğinde görüldüğü üzere, bir tehdit unsuru olma özelliğini devam ettirdi.

Nükleer silahların yıkıcı gücü aslen bizlere savaş sonrasının bir mirası. Savaştan önce nükleer süreçler araştırmacıların gecelerini gündüzlerine katarak çözmeye uğraştıkları bir gizem, bir bilimsel mucize niteliği taşımaktaydı. *Uranyum Savaşları* kitabı, atom bombası yapma bilgisini bizim ellerimize teslim eden bu bilim insanlarının yaşam ve çalışmalarını aktarmakta, onların sonuç üzerindeki sorumluluk paylarını değerlendirmekte ve zaferleri kadar, bombanın zaten teslim olmak üzere olan Japonya'daki binlerce sivile karşı kullanılmasını engellemedeki başarısızlıklarını da inceleme konusu yapmaktadır. Aynı zamanda bir ülkenin liderliği ile bilim dünyası arasındaki etkileşim de mercek altına alınmaktadır. Sözü edilen konular benim tutkuyla bağlandığım, yaşamım boyunca büyülendiğim ve acısını çektiğim sorular olmuştur.

1970'li yıllarda Berkeley'deki California Üniversitesi'nde matematik ve fizik öğrencisiydim ve bir laboratuvarda bu kitapta öyküleri anlatılan bilim insanlarının bazılarının geliştirdiği teknikleri kullanarak radyoaktif elementlerle çalışıyordum. Fizik eğitimim esnasında, bu nükleer keşif ve modern fizik dramında rol üstlenmiş başoyunculardan birisiyle tanışma ayrıcalığına sahip oldum: Alman fizikçi ve kuantumun öncülerinden Werner Heisenberg. Bu buluşma düşünüşümü etkiledi ve değiştirdi. Genç bir öğrenci olarak, Heisenberg'in kuantum kuramı üzerine yaptığı nefis açıklamalardan ve dehasından çok etkilenmiştim.

Her ne kadar Heisenberg savaş sırasında Almanya'daki atom geliştirme çalışmasından asla söz etmemiş olsa da, bu çekici adamın yaşamında gizli bir yanın var olduğunu biliyordum. Yirmi yıldan fazla bir süre sonra, 1990'larda ortaya çıkan kanıtlar Nazilerin atom bombası yapma çalışmalarında, Heisenberg'in önemli bir rol oynamış olduğunu ortaya koydu. İçimde bilimin sunduğu vaat ve tehlikeler, özellikle de hükümetlerin bilim insanlarına istediklerini yaptırma yolları üzerine takıntılı bir merak gelişmeye başlamıştı.

Atom silahlarının gelişiminde daha başka birçok bilim insanı rol aldı. İçlerinden bazıları ne yaptıklarını tam olarak bilmekteydi ve hükümetlerinin kendi çalışmalarıyla neler yapabileceğine dair herhangi bir yanılsama içerisinde değildiler. Diğerleri belki daha saftılar veya siyasi kararlarda kendilerinin de bir sözü olabileceğine inanmaya istekliydiler. Bu kitapta anlatılan öykü, bilim insanlarının doğanın bir gizemini –birbirleriyle sıkı bir rekabet içerisinde– nasıl çözdüklerinin ve keşiflerinin şimdiye kadar yapılmış en büyük silah araştırma ve üretim projesi olan ve bizleri atom bombasıyla tanıştıran Manhattan Projesi'ni nasıl başlattığının karmaşık ve ilgi çekici hikâyesidir.

Kitap, uranyumun gizlerinin açığa çıkarılması çabasında öncü rol oynayan kadın ve erkeklerin bilimsel maceralarının yanı sıra nükleer enerji üretimi ve nükleer bombaların ana unsuru olan fisyon ve zincirleme tepkime süreçlerini keşfetmelerini sağlayan atılımları konu almaktadır. Bu bilim insanlarının içerisinde, yaşamı boyunca cinsiyet ayrımcılığı ve Yahudi karşıtlığıyla mücadele etmek zorunda kalmış ve buna karşın garip fisyon sürecini deşifre eden ilk bilim insanı olma zaferine ulaşmış, yorulmak bilmez büyük bir tutkunun adı, Avusturyalı fizikçi Lise Meitner de yer almaktadır. Hikâyemizde yirminci yüzyılın çok yönlü bilim insanlarından biri olan İtalyan fizikçi Enrico Fermi'nin çığır açıcı deneyleri de yer alıyor. Fermi laboratuvarında trans-uranyum elementlerin üretimini keşfettiğini düşünürken, radyoaktivite ve atomun doğası hakkında çok daha büyük keşiflere imzasını atacak ve bunlar onun Chicago Üniversitesi futbol sahasının altında bir zincirleme tepkime yaratmasının önünü açacaktı. Saygın Danimarkalı fizikçi Niels Bohr'la da tanışacağız; onun uranyum fisyonu üzerine çalışması olağanüstü büyük bir öneme sahipti ve bu keşif yolculuğuna katılan tüm bilim insanlarının gelişimine etki etti. Kitabımız uranyum üzerine çalışan bilim insanlarının tartışmaları kadar mücadelelerini, meydan okumalarını ve zaferlerini de anlatmaktadır. Onların bu kolektif çalışması Hiroşima ve Nagasaki'ye atom bombası atılması ve soğuk savaşla sonuçlandı; bununla kalmadı, nükleer silahların yayılmasıyla doğan yeni tehditlere ve küresel ısınmaya yanıt olarak nükleer enerji kullanımının artmasına, kısacası günümüzün nükleer çağına yol açtı.

Oyuncular

BAŞROLLER

Enrico Fermi	İtalyan fizikçi, Nobel Ödülü sahibi, Amerika'ya göç etti, nötron ışıması üzerine dünya çapında bir uzman, 1942 yılında Chicago Üniversitesi'nde ilk fisyon zincirleme tepkimesini gerçekleştirdi.
Werner Heisenberg	Kuantum çalışmalarına öncülük eden bir Alman fizikçi, atom bombası üretme yönündeki başarısız Nazi projesine dahil olan bir Nobel Ödülü sahibi.
Lise Meitner	İsveç'e göç etmiş Avusturyalı Yahudi fizikçi, fisyon kuramını ilk ortaya atan kişi, fizik alanında çığır açan çalışmalara imza attı.
Otto Hahn	Alman fizikçi ve Meitner'in çalışma arkadaşı, Almanya'da kalan diğer bir Nobel Ödülü sahibi, muhtemelen Hitler'in gizli muhaliflerinden.
Irène Joliot-Curie	Marie ve Pierre Curie'nin kızlarından biri, uranyum süreçleri üzerine önemli

	çalışmalardan biri ona ait, Nobel Ödülü kazandı, Meitner ve Hahn'ın rakiplerinden biriydi.
Niels Bohr	Danimarkalı fizikçi, Nobel Ödülü sahibi, bir atom modeli geliştirdi ve fisyon üzerine teorik çalışmalar yürüttü; Kopenhag'taki enstitüsü aracılığıyla çok sayıda bilim insanı arasında ilişki kurdu.

YARDIMCI ROLLERDE

A. Henri Becquerel	Fransız fizikçi, uranyum ışımasını keşfetti, Marie ve Pierre Curie'yle Nobel Ödülünü paylaştı.
James Chadwick	Nobel Ödüllü İngiliz fizikçi, nötronu keşfetti.
Marie Curie	Polonyalı-Fransız fizikçi ve radyoaktivite uzmanı, polonyumu ve radyumu keşfetti, farklı alanlarda iki kez Nobel kazandı.
Pierre Curie	Marie'nin eşi ve çalışma arkadaşı, onun ilk Nobel'ini paylaştı.
Albert Einstein	Onun $E=mc^2$ denklemi her şeyi mümkün kıldı.
Otto Frisch	Lise Meitner'in yeğeni ve takipçisi fizikçi, teyzesinin fisyon kuramını ortaya çıkarmasına yardımcı oldu, Manhattan Projesi'nde çalıştı.
Frédéric Joliot	Irène Curie'nin eşi ve çalışma arkadaşı, eşiyle aynı yıl Nobel Ödülünü paylaştılar.
Martin Klaproth	Uranyumu keşfeden Alman kimyacı.
Paul Langevin	Fransız fizikçi, Marie Curie'nin iş arkadaşı ve dostu.
Ettore Majorana	İtalyan fizikçi ve Enrico Fermi'nin çalışma arkadaşı, 1938 yılında atom bombası yarışı başlamadan önce gizemli biçimde kayboldu.

Eugène Péligot	Uranyumu daha ileri biçimde rafine eden Fransız kimyacı.
Wilhelm Röntgen	Alman fizikçi, X-ışınlarını keşfettiği için Nobel aldı.
Ernest Rutherford	Nobel Ödüllü Britanyalı fizikçi, uranyum ışıması üzerine çalışması esnasında atom çekirdeğini ve parçacıklarını ilk saptayan kişi, laboratuvarında çok sayıdaki birinci kuşak nükleer bilimciye yol göstericilik yapmıştır.
Leo Szilard	Uranyumun zincirleme bir tepkime yaratabileceğini anlayan Macaristan doğumlu Amerikalı fizikçi, nükleer silahların yayılmasına karşı kampanya yürütmüştür.
John Wheeler	Amerikalı fizikçi, fisyonun ortak kâşifi.

DİĞER ROLLER

Bilim tarihinin en çarpıcı hikâyelerinden biri olan bu sayfalarda aktaracağımız olay örgüsü yıllara yayılmakta ve çok sayıda insanın çalışmasını kapsamaktadır. Hikâyede başrollerin kimlerde olması gerektiğine karar vermek, kuşkusuz kişisel seçimin de işin içerisine karıştığı hassas bir görevdi. Yirminci yüzyıl fiziğinde sahnelenen bu dramda belki de önemli roller üstlenmiş bazı kişiler, hikâyede karşımıza çıkacak olmalarına karşın yukarıdaki listede yer almadılar. Bazılarından ise kitap boyunca hiç bahsedilmedi. Bu bireylerin çalışmaları ve gelişmeler üzerindeki etkileri diğerleriyle eşit derecede önem taşıyabilir, ancak aktarmak istediğim öykünün ana akışına uymuyorlardı. Örneğin özlü ve vurgulu davranma çabasıyla uranyum hikâyesinin zirvesi olan Manhattan Projesi'nde çalışan bireylerin çoğunu eledim. Bu projede çok büyük sayıda insan istihdam edildi ve birkaçı haricinde tümünü anlatılan hikâyenin açık ve izlenebilir olması için dışarıda bırakmak zorunda kaldım. Örneğin Edward Teller ve John von Neumann atom bombasının Amerika'da geliştirilmesinde kilit roller üstlendiler, ancak onların çalışmaları

benim işlediğim temanın merkezinde değildi; dolayısıyla önemli olmalarına karşın Teller ve von Neumann'dan sadece kısaca bahsedildi.

Yukarıdaki karakter listesi sadece bilim insanlarını içeriyor. Oysa hikâyede öne çıkan lider ve politikacılar, askeri görevliler ve diplomatlar gibi bilimle uğraşmayanlar da yer alıyor. Bunlardan temel önemde olanlar:

General Leslie Groves	Manhattan Projesi'nin askeri sorumlusu.
Franklin Delano Roosevelt	ABD başkanı, 12 Şubat 1945'te II. Dünya Savaşı henüz sona ermemişken görevi başında öldü.
Henry Stimson	Truman yönetiminde Savaş Bakanıydı.
Harry Truman	ABD başkanı, Roosevelt'in Başkan Yardımcısıydı, FDR'nin ölümünden sonra başkan oldu.

Kavramsallaştırma Üzerine Bir Not

Nükleer tepkimeye dayalı bombayı nitelemek üzere genellikle *atom bombası* kavramını kullanıyorum. Betimlemeci yaklaşım açısından bu tam doğru sayılamaz, çünkü teknik olarak bombanın içerisinde nükleer fisyona uğrayan atomun tümü değil, atomun çekirdeğidir. Atom ise çekirdeğin elektronlarla çevrili olduğu üst bir bütünlüğün adıdır. Yine de tarihsel olarak bu kavram kullanılageldiği için, ben de bu terminolojiyi izlemeye karar verdim. Yine bazen *nükleer fizik* yerine *atom fiziği* kavramını kullanıyorum, bu da benzer biçimde titizlikten uzak bir terminolojinin örneği: Bir gazdaki atomların istatistiksel davranışı hesaba katılarak, atom yığınlarının hareketinin fiziği için kullanılacak doğru kavram atom fiziğidir. Nükleer süreçlerin ele alınışında ise nükleer fizik kavramı kullanılır. Fisyona kıyasla çok daha büyük bir enerjiyi serbest bırakan ve merkezinde yer alan bir atom bombasıyla tetiklenen füzyon [birleşme] denen bir sürece dayalı olan ve daha sonra keşfedilecek olan hidrojen bombası için de genellikle *nükleer bomba* kavramını kullanıyorum.

Atom Terimleri Sözlüğü

Madde Günlük hayatta gördüğümüz, dünyada etrafımızı çevreleyen her şey: Çevremizdeki veya uzaydaki tüm katılar, gazlar ve sıvılar. Evrendeki madde moleküllerden oluşur, bunlar atom grupları olabilir (örneğin su, iki hidrojen atomu ile bir oksijen atomu kimyasal bir bağla birbirine tutunmuştur) veya tekil atomlar olabilir (örneğin helyum gazı, tekil helyum atomlarından oluşmuştur). Bir de henüz gizemi çözülmemiş madde vardır – var olduğunu bildiğimiz, ancak algılayamadığımız madde; buna "kara madde" denmektedir ve şimdilik hakkında fazla bir şey bilmiyoruz.

Atom Bu hikâyedeki en büyük parçacık atomdur (çünkü kimyanın konusu olan moleküllerle genel olarak ilgilenmeyeceğiz); boyutları görülebilir olmaktan çok uzak küçüklüktedir. Etrafı elektronlarla çevrili bir çekirdeğe sahiptir.

Çekirdek Çekirdek atomun kalbidir; göreli olarak daha büyük olan atomun merkezindeki olağanüstü küçük ve ağır merkezdir.

Proton	Pozitif elektrik yüklü bir parçacıktır.
Nötron	Yüksüz [nötr] bir parçacıktır, protona neredeyse tıpatıp benzer, ancak elektrik yükü yoktur. Proton ve nötronlara, çekirdeğin [nucleus] içerisinde yer aldıkları için nükleon adı verilmektedir.
Elektron	Çok küçük ve negatif elektrik yüklü bir parçacıktır.
Alfa parçacığı	Alfa parçacığı aslında iki proton ve iki elektronun birlikteliği biçiminde toplam dört parçadan oluşur. Helyum çekirdeğiyle (elektronları hesaba katılmayan bir helyum atomu) aynı bileşime sahiptir. Çekirdeğin içerisinde oluşur ve büyük bir hızla ondan uzaklaşır; bir çeşit radyoaktivitedir.
Beta parçacığı	Beta parçacığı bir elektrondur, ancak alışıldığı üzere atomun çekirdeği etrafında dönen elektron yörüngesi üzerinde değil, çekirdekte oluşur. Çekirdekten büyük bir hızla uzaklaşır, bir çeşit radyoaktivitedir.
Gama ışını	Gama ışıması radyoaktivitenin üçüncü çeşididir; kütlesiz bir yüksek enerjili dalgadır.
Nötrino	Maddeyle neredeyse hiç etkileşime girmeyecek kadar küçüktür, ancak kütlesi vardır.
Karşı nötrino	Nötrinonun zıt ikizidir.
Pozitron	Elektronun zıt ikizidir, (negatif yerine) pozitif elektrik yüküne sahiptir.
Karşı proton	Protonun zıt ikizidir, (pozitiften çok) negatif elektrik yüküne sahiptir.

GİRİŞ

KÖR EDİCİ BİR IŞIK

Japonya'nın Honshu Adası'nın güneybatı kesimindeki Ota Nehri'nin tarımsal açıdan zengin deltasında kurulu bir şehir olan Hiroşima'da, 1945 yılının 6 Ağustos günü açık ve sıcak bir yaz günü olarak başladı. Şehir saat 8:15'te gökyüzünde düşman uçaklarının görünmesiyle birlikte yeni güne sabah sirenleriyle uyandı. Sonrasında genellikle dev bir yıldırım olarak tarif edilecek olan, kör edici bir ışık her yeri kapladı. Hayatta kalanların bazıları bir dizi ışık parlamasından, bunları izleyen sağır edici bir patlamadan ve sonrasında bir türlü hafiflemeyen ve herkesin derisini ve etlerini yakan güçlü, kavurucu rüzgârlardan bahsediyordu. Dakikalar içerisinde tüm şehri dev yangınlar sardı. Hiroşima yanmış et, metal ve ahşap kütlesine dönüştü.

Bunu yapan atom bombasıydı ve ilk defa 350.000 kişilik bir şehre yöneltilerek masum sivilleri hedef alıyordu. Bombanın ana maddesi, uranyumun nadir bulunan bir izotopu olan uranyum-235'ti. Manhattan Projesi adı verilen gizli bir operasyonla iki yıllık bir süre içerisinde rafine edilerek saflaştırılmış, ardından *Enola Gay* adlı bir Amerikan savaş uçağından Hiroşima şehir merkezine atılmıştı. Amerikan ulusunun en gelişmiş stratejik

bombardıman uçağı, bu görev için özel olarak imal edilmişti. Aynı tipte on beş uçak, bu operasyon ve olası diğer operasyonlar için atom bombası taşımak üzere donatılmıştı.

6 Ağustos 1945'in ilk saatlerinde *Enola Gay* Marianalar'daki Tinian Adası'ndaki büyük Amerikan hava üssünden kalkış yaptığında iki B-29 ona eşlik etmekteydi, bunlardan biri bombardımanın fotoğraflarını çekecekti. Yaklaşık altı saatlik bir uçuşun ardından sabah saat 8:15'te Hiroşima semaları üzerinde 9700 metre irtifaya ulaşmış durumdaydılar. *Enola Gay* kent merkezinin üzerine ulaştığında Albay Tibbets emri verdi ve "Küçük Çocuk" lakaplı atom bombası aşağıya bırakıldı.

Enola Gay mürettebatının radyasyondan zarar görmemesi için hızla yönünü değiştirdi ve uzaklaşmaya başladı. Küçük Çocuk neredeyse bir dakika süreyle düşmeye devam etti. 580 metrelik yüksekliğe varınca, tasarımı gereği fünyesi patladı ve büyük bombanın içerisindeki küçük bir konvansiyonel patlayıcıyı ateşledi. Bu patlayıcı bir uranyum-235 parçasının diğer bir parçayla buluşmasını ve onun içerisine tam olarak yerleşmesini sağladı. Bu olduğunda uranyumun toplam bileşik kütlesi, fisyona uğraması için gereken minimum değeri aşmış oldu. Zincirleme tepkimeye uğrayan muazzam sayıdaki uranyum atomunun kendiliğinden fisyonu ya da ikiye bölünmesi korkunç bir patlamaya sebep oldu. Çok küçük miktardaki bir kütle böylece çok büyük miktarda bir enerjiye dönüştürüldü ve bu da dev bir patlamayı doğurdu. Patlama tüm kenti yıkıma uğratmakla kalmadı, içerisinde yaşadığımız nükleer çağın başlangıcını ilan etti.

İnfilak sahasının bir mil yakınında olan insanların tümü tamamen buharlaştılar. Bir vaka örneği olarak, bir duvarın kalıntılarındaki yoğun radyasyon yoluyla duvarda iz bırakmış bir insan gölgesi bize kaldı. Bombanın düştüğü yerin bir mil yarıçapı içerisindeki tüm binalar toz haline geldi.

Kentin birkaç mil dışında bir köyde yaşayan Setsuko Nishimoto ne olduğunu hatırlıyor. O gün kocası aslında işe gitmek istememiş, metruk bir binayı yıkma işinde birlikte çalıştıkları köylüler kağnılarıyla Hiroşima'ya doğru yola çıktıklarında onlara isteksizce katılmıştı.[1]

1 Mikio Kanda (ed.), *Widows of Hiroshima: The Life Stories of Nineteen Peasant Wives*, çev. Taeko Midorikawa (New York: St. Martin's Press, 1989), s. 5.

"O sırada bizim evin tuvaletindeydim" diye aktarıyor Setsuko. "Şimşek çaktı zannettim, ardından acayip bir gürültü koptu, büyük bir *patlama* sesi. Ev baştan aşağı sarsıldı. Sürme kapı ve siperler yıkıldı, müthiş bir rüzgâr esti ve evin duvarı dışarıya doğru yıkılıverdi. Hiroşima'ya doğru baktığımda orada siyah bir bulutun yükseldiğini gördüm."[2]

Setsuko Hiroşima'nın her yerinden alevlerin yükseldiğini gördü. Sanki tüm şehir yanıyordu. Kocası hakkında kaygılandı, ancak şahit olduğu şeyin büyüklüğünü henüz kavrayamamış durumda, onun da çalışma arkadaşlarıyla beraber yangını söndürmek için yönlendirilmiş olacağını düşündü. Öğleden sonra köyde birisinin megafonla anons yaptığını duydu: "Hiroşima tamamen yok oldu." Gece boyunca patlamadan sağ kalanlar bir fabrikaya taşınarak sağlık ekiplerince müşahede altına alındı.

Setsuko kocasını aramaya koyuldu. Aktardığına göre, "insanların tümü bakamayacağın kadar korkunç biçimde yanmış durumdaydı."[3] Giysileri paralanmış, bedenleri yanmıştı. Yüzleri öyle şişti ki, gözleri görülmüyordu. Elleri ve ayakları radyasyon yanıkları ve alevlerden dolayı kabarmıştı. Başka bir kadının anlattığına göre, gördüğü bir adam öylesine yanmıştı ki, "derisi saydamlaşmış halde hareketsiz yatıyordu."[4]

Setsuko kocasını bulamadı. Ancak sevdiklerini bulabilenleri de mutlu son beklemiyordu. Hepsi radyasyonun etkilerine maruz kaldıkları için öldüler. Bir hafta sonra Setsuko'nun ateşi 40 derecenin üstüne çıktı. En küçük dokunuşta bile saçları dökülmeye başlamıştı. Patlamanın merkezinde olmayan, ancak radyoaktivitenin eriştiği birçok başka insan gibi, o da ağır bir radyasyon zehirlenmesi yaşıyordu. İçlerinden bazıları hayatta kaldılar, ancak ömürlerinin geri kalanını büyük acılar içerisinde yaşayarak geçirdiler.

Bombanın Hiroşima'da yaklaşık 150.000 insanı yakarak kül ettiği, en az 100.000 kişinin de radyasyondan öldüğü tahmin ediliyor.[5]

---

2 Mikio Kanda'nın Setsuko Nishimoto'yla röportajı; Kanda, *Widows of Hiroshima* içinde, s. 5.

3 Mikio Kanda'nın Setsuko Nishimoto'yla röportajı; Kanda, *Widows of Hiroshima*, s. 6.

4 Mikio Kanda'nın Tsuruyo Monzen'le röportajı; Kanda, *Widows of Hiroshima*, s. 21.

5 Kanda, *Widows of Hiroshima*, s. xiii.

Hiroşima'nın bombalanmasından üç gün sonra ABD, "Şişman Adam" lakaplı ikinci bir atom bombasını bu kez bir diğer Japon kenti olan Nagasaki'ye attı. Şişman Adam ilk bombadan daha büyüktü ve plütonyumdan yapılmıştı. Bu ikinci saldırıda 75.000 kişi öldürüldü ve izleyen yıllarda çok daha fazla insan radyasyon hastalıkları ve kanserden yaşamını yitirdi.

Hiroşima ve Nagasaki'deki kanser vakalarının, bu iki kentin sakinlerinin maruz kaldıkları toplam radyasyon miktarıyla güçlü biçimde doğru orantılı olduğu ve patlama yerine daha yakın olan insanlarda çarpıcı biçimde artış gösterdiği tespit edildi.[6] Yazar Kenzuboro Oe'nin dediği gibi, atom bombasından sağ kurtulan kurbanlar "hastalıklarıyla yaşamayı ve ölüme hazırlanmayı öğrenmenin dayanılmaz yükünü" taşıyacaklardı.[7]

Hiroşima ve Nagasaki dünyaya bilimin verebileceği zararın, sebep olabileceği yıkımın boyutlarını gösterdi: Bir uçakla veya füzeyle taşınabilen karmaşık bir cihaz tüm bir şehri yeryüzünden silebiliyordu. Bu yeni silah hem tasarımı hem de geliştirilmesi yönüyle büyük bir bilimsel atılımın bir sonucu olarak karşımızdaydı. O zamana dek savaşlarda kullanılan konvansiyonel, kimyasal özellikli bombalardan çarpıcı bir kopuşun işaretiydi.

Bu dehşet verici sonuca nasıl ulaşıldı? Bu iki Japon kentinin mahvına yol açan sürece nasıl gelindi? Burada bilimin rolü neydi? Eski zamanlardan beri boya maddesi olarak kullanılan ve zararsız gibi görünen uranyum minerali, nasıl olup da devasa bir yıkımın nedeni olabildi? Kontrol edilemez bir patlayıcı güce dönüşümüne yol açan neydi?

Atom bombasının yapılışını anlatan başka kitaplar da oldu. Bombanın atılma kararını mercek altına alan kitaplar da yazıldı. Ama bu onlardan farklı bir kitap. Benim buradaki amacım, bu tekil olayın arkasındaki bilimsel gelişimi okuyucuya aktarmak. Ayrıca atom bombası hakkındaki kitapların çoğu soğuk savaş döneminde, Sovyet imparatorluğuyla nükleer caydırıcılık oyunu sergilenirken kaleme alındı. Mantık kim daha büyük bombaya sahipse onun diğerini korkutup kaçırması üzerine ku-

6 Y. Tsutomu vd, *Journal of Radiation Research* 28 (1987), s. 156-71.

7 Kenzaburo Oe, *Hiroshima Notes* (New York: Marion Boyars, 1995), s. 23.

ruluydu. Soğuk savaş dönemi sona erdiğine göre, nükleer gücü farklı bir biçimde ele almak mümkün: Acaba nükleer enerji artık tamamen yıkıcı ve yok edici bir araç olarak değil, günün birinde güvenli hale getirilebilecek bir enerji kaynağı olarak bizim artan endüstriyel, ticari, tüketici ihtiyaçlarımızı karşılarken, gezegenimizin aşırı ısınmasından korunmamıza yardımcı bir rol oynayamaz mı? Eski Sovyet tehdidi neredeyse tamamen ortadan kalktığına göre, nükleer silahların yayılmasında bugünü kontrol altına alabilmeyi ve nükleer savaş ve felaket endişesini bir daha yaşamayacağımız şekilde aşmayı, bunu güvence altına alabilmeyi öğrenmemiz gerekiyor.

Nükleer fisyon karmaşık ve ilgi çekici bir tarihe sahip. Atomik fisyon arayışına ilk çıkan, radyoaktiviteyi keşfeden bilim insanları kimlerdi? Atomun parçalanabileceği ve böylelikle büyük miktarda bir enerji üretilebileceği düşüncesine ulaşan ilk bilim insanları kimler oldu? Araştırmacı ve düşünürleri atomun kaya gibi sert, değişmez bir madde parçası değil de, işlenebilir bir şey, doğru koşullar altında tamamen bambaşka bir varlığa –ısı, ışık, elektrik veya şok dalgasına– enerjinin tüm biçimlerine dönüşebilecek bir şey olduğunu düşünmeye ne itmiş olabilir? Yıkıcı amaçlar için kullanılmadan önce uranyumun gücü hakkında ne düşünülürdü? Bilim insanları gerçekten bir kıyamet günü silahı yaratma niyetinde miydiler, yoksa giderek groteskleşen bir politik oyunun sahnelendiği koşullarda birer piyondan mı ibarettiler? Atom bombasının dehşeti engellenebilir miydi?

Sıradan bir gri element olan uranyumun öngörülmeyen bir dizi bilimsel keşif sonucunda başka özelliklerinin öğrenilmesi, birkaç on yıl içerisinde ivme kazanarak savaş arifesinde doruk noktasına ulaştı ve atom bombasının yapımına yol açtı.

1

FİZİK VE URANYUM

Uranyum doğada bulunan en ağır elementtir. Atom ağırlığı 238 (veya bu metalin daha az bulunan biçiminde 235) olduğundan o derece ağırdır ki, hafif elementlerle aynı şekilde üretilemez. Kendisinden daha hafif elementlerden farklı olarak uranyum, muazzam bir yıldız patlaması olan bir süpernovada ortaya çıkar. Gezegenimiz dahil tüm güneş sistemi, kozmik çevremizde hayat bulmuş ve yitip gitmiş yıldızların kalıntılarından oluşmuştur. Büyük Patlama esnasında ortaya çıkmış olan hidrojen ve helyumun yıldızların içerisinde füzyon adı verilen bir nükleer süreç yoluyla yanmaları sonucunda, küçük elementlerin çekirdekleri daha büyük elementleri meydana getirmek üzere birbiriyle kaynaşır. Böylelikle karbon, nitrojen, oksijen ve periyodik tabloda demire kadar olan tüm elementler yıldızların içerisinde oluşur. Güneşimiz büyüklüğünde veya ona yakın bir kütleye sahip olan bir yıldız ömrünü tamamladığında, kendisini çevreleyen atmosferle birlikte yıldızın nükleer alevleriyle üretilmiş olan elementler de uzaya yayılır. Milyonlarca yıl sonra bu süreçte ortaya çıkmış olan element bulutları yo-

ğunlaşabilir; bizim güneş sistemimizde de yaklaşık 4,5 milyar yıl önce böyle olmuştur ve dünyamızdaki elementlerin çoğu da böylelikle ortaya çıkmıştır. Süpernovalardan gelen madde bulutları daha acısız bir ölüm yaşamış olan yıldızların kalıntılarına karışır ve uranyumun dünya üzerinde sonlanan yolculuğunu tamamlaması böyle mümkün olur.

Bu yüzden uranyum gezegenimizin her yerinde bulunur. Kayaların ve deniz suyunun çok küçük bir yüzdesini oluşturur. Peki uranyum tam olarak nedir?

Evrenimizde madde atomlardan oluşur, bu atomlar başka atomlarla birleşerek günlük yaşantımızda bildiğimiz varlıkların moleküllerini oluştururlar: Örneğin su bir oksijen atomu ile iki hidrojen atomundan, karbondioksit ise iki oksijen atomu başına bir karbon atomundan meydana gelir. Her atomun bir merkezi vardır, buna çekirdek denir. Çekirdek, atomun bütününe oranla çok çok daha küçüktür. Bir atom bir otobüs büyüklüğünde olsaydı, onun çekirdeğinin büyüklüğü, otobüste bir yolcunun okuduğu gazetedeki makalede yer alan 'i' harfi büyüklüğünde olurdu.[1] Çekirdek yoğundur ve içerisinde pozitif elektrik yük taşıyan protonlar ile elektriksel yönden yüksüz olan nötronlar yer alır.

Çekirdeğin içerisindeki protonların ve nötronların sayısı elemente bağlı olarak değişir. Atomun geri kalanı ise, çekirdeğin etrafındaki yörüngelere yerleşmiş, elektron isimli elektriksel açıdan negatif yüklü bileşenlerden oluşur. Bu yörüngeler ve işgal ettikleri boş uzay atomun hacminin çoğunu teşkil eder.

Hidrojen evrendeki en basit ve en hafif elementtir: Çekirdeğinde sadece bir proton yer alır. Helyum ondan daha büyüktür; iki proton ve iki nötrona sahiptir. Hidrojen çekirdeğinin etrafındaki yörüngede bir elektron vardır; helyumda ise iki elektron. Uranyum çok ağırdır (çekirdeğinde 92 protonla birlikte 146 nötron yer alır) ve tüm atomlarda alışılageldiği gibi, proton sayısıyla aynı sayıda elektrona sahiptir. Bu yüzden uranyum çekirdeğinin yörüngesinde 92 elektron bulunur.

Uranyum atomunun sıradışı özelliği çok fazla sayıda nötrona sahip olmasıdır. Bu nötronlar uranyum atomunun ağırlığını

1 Otto Frisch, *What Little I Remember* (New York: Cambridge University Press, 1979), s. 57.

arttırmakla kalmaz, onu bozunuma eğilimli hale getirir. Bu kadar ağır ve yoğun olduğu için ve içerisindeki koşullar gereği, uranyum çekirdeği yavaş biçimde bozunur; bozunurken radyasyon [ışıma] yayar ve bu ışıma da temelde helyum çekirdekleri olan alfa parçacıkları biçiminde olur. Süreç boyunca uranyum (yine ışınım yayma yoluyla bozunuma uğrayan) başka, daha hafif radyoaktif elementlerin doğuşuna sebep olur ve en sonunda kendisi de (radyoaktif özelliği olmayan) uranyum-kurşun halini alır. Bir radyoaktif elementin parçalanarak ayrışması için gereken tipik standart zaman birimine yarı-ömür adı verilir. Bu, var olan kütlenin yarısının ışınım yoluyla parçalarına ayrışması için gereken zaman süresidir ve uranyumun yarı-ömrü oldukça uzundur. Herhangi bir miktarda uranyum-238'in yarısının kurşuna dönüşmesi için tam 4,47 milyar yıl gerekmektedir. Uranyumdan kaynaklanan ışıma, dünyamızın derinliklerinde yer alan kayaların içerisinde ısı enerjisi oluşmasını sağlar ve böylelikle gezegenimizin çekirdeği sıcak kalır; bu yüzden gezegenimizin jeolojik olarak etkin olmasını kısmen uranyuma borçluyuz diyebiliriz.

Uranyum güzel renklere sahip çok sayıda doğal bileşiğe hayat vermektedir: Açık sarı, korlaşmış portakal rengi, florosan yeşili, koyu kırmızı ve siyah. Bu parlak mineraller eski Romalı sanatçıların da gözüne çarpmış ve uranyum bileşikler toprak kap ve cam boyamalarda kullanılmıştır. Napoli yakınlarındaki Posillipo'da yapılan arkeolojik kazılarda, Roma kültürüne ait, renklendirme için kullanılmış uranyum mineralleri içeren dikkat çekici cam kaplar bulunmuştur.



Uranyumun modern tarihi, on altıncı yüzyılın başlarında Alman prensliği Saksonya'nın sıcak su banyolarının bulunduğu bir bölgesinde büyük bir gümüş kaynağı bulunmasıyla başlar. Gümüş kaynaklarına hücum St. Joachim Vadisi veya Joachimsthal adı verilen bir kentin doğuşuna yol açar.

Bu yer kısa zamanda 20.000 nüfusuyla Avrupa'nın en büyük madencilik merkezi haline gelir; o dönemdeki en büyük kent

olan Prag sadece 50.000 kişilik bir nüfusa sahiptir. Nihayetinde kentin isminden adını alan *Joachimsthaler* adıyla iki milyon gümüş para, madenlerin sahibi olan Avusturya-Macaristan kralı namına basılır. Adı daha sonra *thaler* olarak kısaltılacak olan bu Joachimsthaler isimli para birimi, birçok ülkede kabul görür ve aşinası olduğumuz para birimimiz Amerikan dolarına da adını verir.

1570'te Kutsal Roma İmparatoru II. Maximilian, Joachimsthal madenlerinin işletilerek daha fazla gümüş ve varsa başka değerli metallerin bulunması talimatını verir. Bölgede gelişkin bir madencilik teknolojisi kullanılarak birkaç yıl içerisinde yeni bizmut ve kobalt yatakları keşfedilir. Bu esnada garip bir şey de keşfedilir. Bu yeni keşif ne gümüşe, ne kobalta veya kalaya ne de başka bir metale benzemektedir. Madenciler bu koyu renkli maddeye, siyah ve mineral için kullanılan Almanca kelimelerden türettikleri "pitchblende" adını verirler. Kimse özelliklerini anlayamaz ve dolayısıyla madencilik kazılarında ele geçen artıklara yapılan muameleyi görerek bir kenara atılır.

Martin Heinrich Klaproth (1743-1817) eczacılık eğitimi almış ve yaşamının büyük bölümünü Almanya'daki çeşitli eczanelerde çalışarak geçirmiş ve ardından Berlin'e yerleşmiştir. Klaproth keskin yüz hatlarına yansıyan mükemmeliyetçi ve aşırı titiz bir yapıya sahiptir. Hem meraklı bir bilim insanı hem de başarılı bir işadamıdır. Tutkusu, onu ilaçları karıştırma ve hazırlamanın ötesine taşır ve kendi başına kimya çalışmaya başlar. Klaproth kimyasal bileşiklerin analizinde, kendisini analitik kimya alanının kuruculuğuna taşıyacak olan yeni yöntemler icat eder. Mineralleri incelemede özel bir yeteneğe sahiptir; onları hidroklorik ve sülfürik asitlerle çözer, ardından okside eder veya ısıtır, bu yolla bileşimlerini tespit edebilmektedir. Yöntemlerini birkaç yıl uygulayıp deneyim kazanmasının ardından Klaproth, seryum olarak adlandırılan nadir bulunan gümüş parlaklığında bir metali keşfetmiş ve artık bir dizi bileşiğin bileşimini tespit edebilir hale gelmiştir.

Klaproth'un kulağına Joachimsthal madencilerinin garip bir yeni metal buldukları söylentisi ulaşır ve bu ilgisini çeker. Bu gizemli bileşiği araştırmak üzere maden bölgesine bir seyaha-

te çıkar ve dönüşte malzemenin bir örneğini alarak Berlin'deki dükkânına getirir. Bileşiğin doğasını açığa çıkarmak için onu çeşitli testlere tabi tutar, asitlere ve okside edici maddelere maruz bırakır. Aylar süren yorucu ve hayal kırıklıklarıyla dolu sıkı bir çalışmanın ardından 1789 yılında nihayet kendisinin pitchblende'den "garip bir tür yarı-metal" elde etmesini sağlayacak kimyasal maddelerin doğru karışımını bulmayı başarır. Yeni yarattığı bu benzersiz bileşiğin özelliklerini araştırırken, bunun daha önce hiç görülmemiş bir metal oksidi olduğunu tespit eder.

Adını bir Yunan tanrısından alan Uranüş gezegeni, Almanya'da doğmuş İngiliz astronom William Herschel tarafından 1781 yılında keşfedilmiştir. Klaproth bu yeni elemente Herschel'in keşfinin onuruna *uranyum* adını verir. Bu oldukça cömert bir takdir ediştir, çünkü bilimsel geleneğe göre bu yeni elemente kendi adını verebilirdi; bu durumda da bizler bugün uranyum değil klaprotyum adını kullanıyor olurduk.

Klaproth'un izole ederek tespit ettiği diğer metallerin yanı sıra uranyumu keşfetmesi, onu Almanya'daki en büyük kimyacı olarak, tüm zamanların en büyük kimyacılar mertebesine taşır. 1810 yılında Berlin Üniversitesi kendisi için özel bir profesörlük kürsüsü açar.

Klaproth'un keşfinin ardından uranyum mineralleri dünyanın dört bir tarafında çok sayıda maden yerinde tespit edilmiştir, ama bulunan yatakların hiçbiri Joachimstahl'dakiler kadar zengin değildir. Ancak 21. yüzyılda Kanada, Avustralya ve Kongo'da bulunan madenler Saksonya'daki madenleri geride bırakır. Bu arada İngiltere'de Cornwall, Fransa'da Morvan ve Avusturya ve Romanya'nın kimi bölgelerinde de uranyum bulunacaktır.



Sonuç olarak, Klaproth bireştirme yoluyla –uranyumu oksijenle birleştirerek– yeni metalin sadece bir oksidini oluşturmuş olduğu için, kimyagerler asıl metali saf halde elde etmek istediler. Katı bir metalle toz arasındaki farkı hangi kesinlikte tespit edebiliyorlarsa, aynı netlikte ellerindekinin saf bir element de-

ğil, bir bileşik olduğunu da biliyorlardı. Kimyagerler aradıkları metalin çok ağır ve yoğun bir metal olduğunun bilincindeydiler. Sorun, bu metali doğadaki bileşiklerinden nasıl ayırabileceklerdi. 1841 yılında Fransız kimyager Eugène Péligot, uranyum oksidi potasyumla birlikte ısıtma yoluyla, uranyumu oksijenden ayırmak için güçlü bir termal tepkime kullanmış oldu. Bunu başarmak için öncelikle uranyum oksidi tuza, uranyum klorüre çevirdi. Sonra potasyum kullanarak tuzu kimyasal indirgemeye tabi tuttu. Potasyum, uranyum tuzu üzerinde etkimeye başladığında (çünkü yüksek sıcaklıkta potasyum, klorür ile uranyuma nazaran tepkimeye daha çok eğilimliydi), Péligot aniden parlak bir metalin ortaya çıktığını gördü. Bu saf uranyumdu. Gümüşe benzer bir görünüme sahipti, ancak göründüğü hızla havada yeniden okside oldu.

On dokuzuncu yüzyılın ortalarında artık kimyayla uğraşan bilim insanları çok ağır bir elementin, bir metalin keşfedilmiş olduğunu biliyorlardı. Ancak bilinen tüm diğer elementlerin yanında bu yeni keşfin yeri neresi olacaktı? Doğada bulunan diğer elementlerle ilişkisi neydi?

On dokuzuncu yüzyılın sonuna geldiğimizde kimyacılar birbirlerinden nasıl ayırt edebileceklerini bildikleri iki madde grubuna sahiptiler: Metal sodyum gibi saf elementler ve sodyum klorür (bildiğimiz tuz) gibi kimyasal bileşikler. Ancak elementler nasıl sınıflandırılacaktı? Bunu henüz kimse bilmiyordu. Elbette elementlerin kimyasal tepkimelerini, diğer bir deyişle elementlerin bileşikleri oluşturmak üzere birleşme biçimlerini tespit açısından kimi yöntemler söz konusuydu. On dokuzuncu yüzyıl boyunca kimyanın bilimsel bir disiplin olarak gelişmesiyle birlikte, birçok yeni kimyasal bileşik ve onlardan sentezlenen saf elementler artan sıklıkta keşfedilmeye devam etti. Ancak yine de elementleri kavrayışımız açısından büyük bir düzensizlik hüküm sürmekteydi; acaba elementler evrende birbirlerine nasıl uyum sağlamakta ve birbirleriyle nasıl ilişkilenmekteydiler? Maalesef bunun hakkında doyurucu yanıtlara sahip değildik. Kimyacılar elementlerin hangi başka elementlerle tepkimeye girdiklerine dair kimi davranış kurallarını keşfetmiş ve buna dayanarak 1830 yılı itibariyle sayısı 55'e varan bir elementler

listesi oluşturmuşlardı. Bunlar evrendeki tüm elementlerin listesi miydi, yoksa başkaları da var mıydı? Varsa kaç taneydiler? Elementlerin davranış kuralları çok iyi anlaşılmadığı için liste de çok anlamlı değildi. İhtiyaç duyulan, mantıklı bir biçimde tüm elementlerin birbirleriyle tepkimelerini gösterecek ve yansıtacak bir çeşit tablo halinde elementlerin sıralanmasıydı.

Kimyacıların element listeleri içerisinde akla uygun bir sınıflandırma yönünde ilk adım 1817 yılında Johann Wolfgang Döbereiner adında bir Alman kimyacı tarafından atıldı. Döbereiner elementlerin atom ağırlıkları küçükten büyüğe doğru sıralandığında, ağırlıkları başka element çiftlerinin ağırlıklarının arasına denk gelen bazı elementlerin var olduğunu gösterdi. Örneğin stronsiyum (atom ağırlığı yaklaşık 88), kalsiyum (atom ağırlığı 40'a yakın) ile baryum (atom ağırlığı yaklaşık 137) arasına uygun düşmekteydi. Buna benzer bir dizi element üçlüsü tespit etti ve benzer başka kimyasal element grupları aramaya başladı. Sonrasında bazı kimyacılar bu fikri geliştirdiler, ancak esas dönüm noktası öngörü sahibi bir Rus kimyacı tarafından aşıldı.

Sibirya'da doğmuş olan Dmitri Mendeleyev (1834-1907), 1865'te St. Petersburg Üniversitesi'nde profesör olmuştu. 1871 yılında başyapıtını tamamladı: Elementlerin Periyodik Tablosu. Mendeleyev'in periyodik tablo fikrine ulaşması, bilinen tüm elementleri atom ağırlıklarının yanı sıra, ortak kimyasal tepkimeleri ve benzer fiziksel özelliklerine uygun bir şekilde düzenleme çabasından doğdu. Hazırladığı tablo, o dönemin bilinen tüm elementlerinin kimyasal özelliklerini ve atom ağırlıklarını en az olandan en çoğa doğru sıralıyor ve uranyumu tüm elementler içerisinde en ağır element olarak tespit ediyordu. Periyodik tablonun yapısı, benzer davranış biçimleri sergileyen elementleri gruplandırma esasına dayalıydı. Bu yüzden klor, flor, brom ve iyod (bunlara halojenler denir) aynı sütunda toplanırlar, (bugün bildiğimiz üzere tek bir elektron alarak veya paylaşarak) benzer kimyasal bileşikleri oluştururlar. Benzer şekilde sodyum, potasyum ve lityum aynı şekilde davranış gösteren metallerdir (her biri tuz oluşturmak için bir elektron verir). Kimyasal etkinliği belirleyen şeyin atom ağırlığı (proton ve nötronların toplam sayısı) değil, atom sayısı (bir atomdaki proton veya elektronların

sayısı) olduğu daha sonrasında keşfedilecektir. Bu keşifler gerçekleştiğinde dahi, Mendeleyev'in tablosunda yapılacak değişiklikler minimum düzeyde kalacaktır.

Yıllar sonra uranyumu ağırlık yönünden geçen ve laboratuvarda üretilmiş kimi elementler de tabloya eklenecektir. Plütonyum, einsteinyum ve mendelevyum bunlardandır; son ikisi Einstein ve Mendeleyev'in onuruna verilmiş isimlerdir.

Uranyum periyodik tabloda özel bir yere sahiptir. Bir kere uranyum, kelimenin gerçek anlamıyla, bu dünyanın dışından gelme bir elementtir. Büyük kütleli bir yıldızın süpernova patlaması sırasında meydana gelmiştir ve tablodaki son element olarak doğal yolla oluşmuş en ağır elementtir. Atom numarası 92 olan uranyumun valansı (kimyasal tepkimelerde paylaştığı veya verdiği elektron sayısı) 6 veya 4'tür. Dolayısıyla farklı izotoplarını ayrıştırmak için endüstriyel yolla saflaştırıldığında, buna altı flor atomuyla yanıt vererek, bir gaz olan uranyum heksafloridi oluşturur ve bu sayede bir santrifüj kullanılarak ağırlığa göre ayrıştırılabilir. Saf uranyum, gümüşi beyaz renkte bir metaldir ve çok ağırdır; bir parça kurşuna benzer, ancak onun kadar ışıltısız değildir ve ovulursa parlayabilir. Uranyum radyoaktiftir ve başka elementlere bozunur. Bu elementlerin hepsi, (uranyumdan başlayan radyoaktif bozunum zincirinin son ürünü) kurşun haricinde radyoaktiftir. Peki, radyasyon nedir? Radyoaktivite nedir? Nasıl keşfedilmiştir?

Aslında kimse radyasyonu arıyor değildi. Keşfedilmesi bilim tarihinin en tesadüfi anlarından birine tekabül eder. 8 Kasım 1895'te Almanya'daki Würzburg Üniversitesi'nde bir laboratuvarda vakit akşam üzeridir. Elli yaşında bir fizik profesörü Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), kendisinin icat ettiği bir elektrik tüpüyle rutin bir deney gerçekleştirirken, kendisinden birkaç metre uzaklıktaki tezgâhın üzerindeki kimyasallara bulanmış bir kâğıt parçasının parıldadığını fark eder. Buz kesilip serseme döner. Tüpteki elektrik akımını kapatır ve parıldama yok olur; tekrar açar, parıldama geri gelir. Röntgen olağanüstü bir keşfe, uzaktan tetiklenen bir parlamaya, tesadüfen tanık olduğunu fark eder. Görünmeyen ışınların tüpten kâğıda erişerek parlamaya neden olduğu kanısına varır. Sonrasında yaptı-

ğı deneylerle ışınımı üreten ışınların bazı malzemelerin (kâğıt, ahşap ve insan eti) içerisinden geçebildiğini tespit eder. Karşımızda nihayet insan vücudunun gizli bölgelerine ulaşmamızı mümkün kılan bir teknik uygulama fırsatı durmaktadır. Daha öncesinde birinin içini görmek için onu kesmek gerekmektedir. Şimdiyse Röntgen'in yeni keşfettiği X-ışını ışımasıyla insan vücudunun iç kısımları görülebilecektir. Bu, tıp alanında pratik uygulamalar açısından ümit vaat eden olağanüstü bir gelişmedir ve büyük bir heyecan yaratacaktır.

Röntgen, radyasyon üzerine aylar süren bir çalışmadan sonra kurşun kaplamanın ışınları bloke ettiğini keşfetti. X-ışınları üzerine elde ettiği bulguları 1895 Aralığında Würzburg Fizik ve Tıp Topluluğu'na sunduğu bir çalışmada topladı (bu çalışma 1896 yılında Nature dergisinde İngilizceye çevrilerek yayımlandı). 1901 yılında da fizik alanında verilen ilk Nobel Ödülünün sahibi oldu. Böylelikle tüm dünyadan bilim insanları bu yeni olgu üzerinde araştırmalarına başladılar. Birbirine bağlı iki soru zihinleri meşgul etmekteydi: Radyasyon doğal yolla mı gerçekleşmektedir? Acaba başka doğal bileşikler benzer ışımalar gösterir mi?

Fransız matematikçi Jules Henri Poincaré (1854-1912), Röntgen'in X-ışınlarıyla gerçekleştirdiği deneyleri ve yeni keşfini anlattığı bilimsel makaleyi okuyup 1896'da Fransız Bilimler Akademisi'nin bir toplantısında bu bulguları savundu. Saygın Fransız bilim insanları Röntgen'in çalışmasından deyim yerindeyse büyülendiler. Ateş böcekleri veya kimi deniz yosunlarının parlaması örneklerinde olduğu üzere, nesnelerin içsel ışık veya özışınım yayma biçimleri üzerine çalışan Antoine Henri Becquerel de (1852-1908) çalışmadan etkilenenlerden biriydi. Becquerel laboratuvarında uranyum tuzları üzerine çalışmaya başladı. Poincaré ona, eğer X-ışınları ışınıma neden oluyorsa, belki de laboratuvarındaki parlayan tuzların da bir çeşit ışın yayıyor olabileceği fikrini verdi.

Poincaré'in düşüncesi Becquerel'in aklına yattı ve uranyum tuzları üzerinde birkaç hafta sürecek bir çalışmaya girişti. Bileşiklerde herhangi bir ışıldama tespit edemedi. Dışarıda da birkaç fotoğraf çekmek istedi, ancak hava kötü olduğu için fo-

toğraf klişelerini –şansına– uranyum tuzu içeren bir çekmeceye koydu. Birkaç gün sonra planladığı fotoğrafları bu klişelerle çekti ve onları işlerken çok garip bir şey fark etti: Klişeler bulanıktı. Bu gizeme kafa yordu ve izlerin nedeninin uranyum tuzları olması gerektiği sonucuna ulaştı. Uranyum tuzunun X-ışınlarına benzer bir ışıma yarattığının kanıtı bu olsa gerekti. (O gün bugündür radyasyonu tespit etmek için film kullanılır.) Becquerel kontrol deneyleri kullanarak sağlamasını yaptığı sonuçları Bilimler Akademisi'ndeki meslektaşlarına sundu. 1903 yılında da Paris'teki laboratuvarlarında yaşayan ve aynı konuda çalışan evli bir çiftle birlikte radyoaktiviteyi ortak keşifleri adına Nobel Ödülüne layık görüldü.

Böylelikle dünyamızın radyoaktivite içeren uranyum adındaki garip bir elemente sahip olduğu kesinleşmiş oldu: Radyasyon (ışıma) yayıyordu ve bunu tespit edebiliyorduk, ancak doğasının tümünü tam olarak anlamış değildik. Dolayısıyla bilim insanları uranyumu gizemlerinden arındırmaya koyuldular.

2

ÇEKİRDEĞİN PEŞİNDE

Marie Curie (1867-1934) her ikisi de öğretmen olan bir anne babanın kızı olarak Varşova'da doğdu. Bilim ve matematiğe tutku düzeyinde ilgi duyan Marie okuldan gerekli temel eğitimi almayı başardı. O dönemin Polonya'sında kadınların üniversite okuması yasaktı. Mürebbiyelik yaparak kendisine kıt kanaat bir geçim ve birikim imkânı sağladı ve eline geçen parayla da büyük kız kardeşinin Fransa'ya göç ederek Sorbonne'da tıp eğitimi almasına yardımcı oldu. Kız kardeşi okulunu bitirip evlenince bu kez o Marie'nin Paris'e taşınmasına yardım etti. Marie 24 yaşında Sorbonne'da yeniden eğitimine başladı ve bir süre sonra sınıf arkadaşlarından biri olan Pierre Curie'yle evlendi. İkisi beraberce tanınmış bir Fransız fizikçisinin laboratuvarında çalışmaya başladılar. 1896 yılında Curie'ler Henri Becquerel'in araştırmasından haberdar oldular ve radyoaktivite denen bu yeni olgu üzerine çalışmaya karar verdiler. O dönemde Becquerel Paris'teki bilim çevrelerince de saygı duyulan ünlü bir bilim insanıydı. Aynı dönemde Marie ilk çocukları Irène'nin doğumunun ardından fizikteki doktora tezi için bir konu arayışı

içerisindeydi. Pierre tez konusunun henüz niceliksel açıdan çalışılmamış olan, Becquerel'in uranyum tuzları tarafından yayılan gizemli ışınların kesin ölçümü olabileceğini belirtti. Marie çalışmaya koyuldu ve Becquerel'in kullandığı türden uranyum tuzları edindi. Ulaştığı ilk sonuçlar, tuzların ürettiği ışınların yoğunluğunun bileşikteki uranyum yoğunlaşmasıyla orantılı olduğu yönündeki Becquerel'in bulgusunu desteklemekteydi.

Araştırmasının ilk adımında ulaştığı olumlu sonucun hızından cesaret alarak, asıl bozulmamış bileşiği kullanarak daha iyi sonuçlar alabileceği düşüncesiyle bu kez uranyum tuzları yerine uranyum cevherleri üzerinde çalışmaya karar verdi. Böylece Martin Klaproth'un Joachimsthal'deki pitchblende'sine dönüş yapmış oldu. Ufak bir parça pitchblende'le çalışmasının ardından Marie şaşkınlığa düştü. Cevherdeki ışınların yayılımı, içindeki sınırlı uranyum göz önüne alındığında beklediğinden çok daha yoğun çıkmıştı. Bu kafasını karıştırmıştı: Garip bir şey ham cevherden yapılan ölçüm ile saf uranyum tuzlarından yapılan ölçüm arasındaki farklılığa neden olmaktaydı. Bunun ne olduğunu anlamaya çalıştı, ancak deney üstüne deney yapmasına karşın bir açıklamaya ulaşamadı. Radyasyon düzeyleri arasındaki farkın nedenini bulamadığı için kendisine kızmış ve hayal kırıklığına uğramıştı.

Araştırmasından vazgeçip tamamen rafa kaldırmak üzereyken birden şaşırtıcı bir fikir yakaladı: Radyoaktivitenin artmasının nedeni, cevherin içinde eser miktarda da olsa henüz bilinmeyen ve uranyumdan çok daha radyoaktif başka bir elementin bulunmasıydı. Tabii şimdi bu cesur iddiasını kanıtlaması gerekecekti.

Marie radyasyon artışına neden olduğuna inandığı şey için deneysel kanıt sağlamak üzere kocasının yardımına başvurdu. Cevherden çıkartarak rafine ettikleri kimyasal bileşiklerle boğuştukları haftalarca süren bir çalışmanın ardından, 1898'de bu tamamıyla yeni radyoaktif elementten çok küçük bir miktar elde etmeyi başardılar. Curie'ler Marie'nin anavatanından yola çıkarak bu yeni elemente polonyum adını verdiler. Sonrasında zorlu çalışmalarına Gustave Bémont isminde bir kimyacının yardımını alarak devam ettiler ve aynı yıl maden cevherinin içinde

polonyumdan da fazla radyoaktif olan ikinci bir yeni element buldular. Buna da radyum adını verdiler. Bu yeni elementin çok nadir bulunan bir element olduğunu ve bu elementin ölçülebilir bir miktarını elde etmek için en az bir ton maden cevherine gerek duyulacağını tespit ettiler. Curie'ler durumu Viyana Bilimler Akademisi'ne yazarak Joachimstahl'daki uranyum kazılarından çıkan son buluntulardan kendilerine yollanmasını talep ettiler.

Birkaç hafta sonra Paris Üniversitesi'ndeki Fizik ve Kimya Fakültesi önüne büyük bir at arabası yanaştı. Branda bezinden çantalar içerisindeki kahverengimsi madenlerden oluşmuş, kayalar ve ağaç dallarıyla karışmış biçimde toplamda bir ton çeken yük aşağıya boşaltıldı. Böylelikle radyoaktif atık taşımanın ilk örneği yaşanmış oldu. Fransızların Latin bölgesi de denen, Paris'in sol kıyısının göbeğindeki bu radyoaktif kalıntıyı temizlemelerinin ancak yıllar sonrasında mümkün olabilmesi kayda değerdir. Aslında radyasyon hasarı o sırada da gayet açıkça görülebilmekteydi. Marie'nin parmakları sürekli yanıyordu ve asla tam olarak iyileşmiyordu. Radyasyonla ilgili her şeyin henüz çok yeni ve tam olarak anlaşılmamış olmasından kaynaklı Curie'leri radyasyonun tehlikeleri konusunda uyaracak kimse de doğal olarak yoktu. Marie çıplak ellerle çalıştı ve herhangi bir önlem almadı. Nihayetinde hayatını kan kanserinden kaybedecekti.

Öncelikle maden cevherlerini laboratuvarın zemin katında muhafaza etmek için gereken ayarlamaların yapılması gerekti. Saf cevherden maden üzerinde kendilerinin geliştirdiği bir arıtma tekniği kullanarak yaptıkları zorlu bir çalışmanın ardından Curie'ler yaklaşık bir gramın onda biri kadar, çok az, ancak ölçülebilir miktarda radyum elde etmeyi başardılar. Bu çok önemli bir başarıydı. Şimdi sırada bir tonluk pitchblende içerisinde asıl yeri tutan uranyum ile cevher içerisinde çok düşük miktarda olsalar da yeni keşfedilen bu elementler arasındaki ilişkinin doğasının öğrenilmesi vardı. Curie'ler bahtiyardılar; radyoaktivitenin kaynaklarını ve doğasını tespit etmişler, önemli bir bilimsel gizemi çözmüşlerdi. Bundan böyle dünyada radyoaktivite alanında başı çeken uzmanlar olarak görüldüler. Radyoaktiviteyi keşfettikleri için 1903 yılında Henri Becquerel'le birlikte Nobel Fizik Ödülüne layık görüldüler.



Curie'lerin Paris'te radyumun izine rastladıkları aynı yıl İngiliz fizikçi J. J. Thomson da (1856-1940) atomdaki negatif yüklü parçacık olan elektronu keşfetti. Thomson, kendisinin imal ettiği katot ışını tüpü (içinde hemen hiç hava olmayan bir cam tüp) içerisindeki ışının, manyetik alanda yön değiştirdiğini fark etti. Bu, ışını oluşturan parçacıkların negatif elektrik yüke sahip olduğu anlamına geliyordu. Yine bu keşif, atomun pozitif öğeler (protonlar) ve negatif öğeler (elektronlar) içerdiğini gösterebilmemizi sağlıyordu. Maddenin en küçük birimi artık atom değildi. Atomun yapısını daha iyi anlayabilmek üzere dünyanın dört bir tarafındaki araştırma grupları çeşitli deneyler gerçekleştirdiler. Atomun yüksüz bileşenleri de (nötronlar) bundan otuz yıl sonra keşfedilecekti. 1906 yılında Thompson elektronu keşfinden dolayı Nobel Ödülü aldı. Yarış başlamıştı artık; çeşitli ülkelerden bilim insanları maddenin yapıtaşlarının gizemini açığa çıkarmaya çalışıyorlardı ve en önemli soru "madde neden oluşur?"du.

Thompson'ın Ernest Rutherford (1871-1937) adında Yeni Zelanda doğumlu parlak bir öğrencisi vardı. Kanada'ya yerleştikten sonra Rutherford hocasının heyecan verici çalışmasına devam etmek ve atomun yapısı hakkında daha fazla bilgi edinmek istedi. Montreal'deki McGill Üniversitesi'nde çalışan Britanyalı grubuyla beraber, Curie'lerin pitchblende içerisinde keşfettikleri polonyum ve radyumun, uranyum atomu içerisinde gerçekleşen bir süreçle bir şekilde uranyuma bağlı olduğunu tespit etmeyi denedi. Rutherford'un McGill'deki çalışması, radyoaktif bozunumun doğurduğu alfa ışınlarının aslında pozitif yüklü helyum iyonlarından (helyum atomlarının çekirdeklerinden) oluştuğunu gösterdi. Rutherford bu keşfe, boş vakum tüplerinin yanına alfa ışınları yayan radyoaktif elementler koyarak ulaştı. Belli bir süreden sonra bu tüpler analiz edildiğinde içlerinde helyum bulunduğu görüldü. Bunun olabilmesinin tek yolu vakum tüpüne giren radyasyonun pozitif yüklü helyum iyonlarından oluşmasıydı; böylece bunlar boş tüpe girdiklerinde cam yüzeyden elektron "çalıyor" ve helyum atomları haline geliyorlardı.

Alfa ışımasının doğasının anlaşılmasında ileri bir adım olan bu çalışmasıyla Rutherford 1908 yılında kimya dalında Nobel Ödülüne layık görülecekti.[1]

Rutherford, fizik laboratuvarlarının kalitesi J. J. Thompson'ın Cambridge'deki laboratuvarlarıyla yarışan Britanya'daki Manchester Üniversitesinde çalışmayı kabul etti. Yenilenebilir enerji üzerinde çalışmaya ve atomun doğasını daha derinlemesine araştıran deneyler yapmaya devam etti. O dönemde atom halen, içerisindeki pozitif ve negatif parçacıkların birbirine bağlı olduğu, tek biçimli bir madde küreciği olarak tanımlanmaktaydı. Rutherford eğer bir atom, varlığını yeni keşfettiği alfa parçacıkları tarafından bombardımana tabi tutulursa ne olacağını, özellikle de alfa parçacıklarının bombalanan atomlar tarafından geri püskürtülüp püskürtülmeyeceğini görmek istiyordu. Deneylerinin altında yatan fikir karanlıkta bilardo oynamaya benzemekteydi: Bilardo topuna vurur ve bir başka topa çarpıp çarpmadığına bakarsınız, eğer diğer topa yan tarafından değil, tam cepheden çarparsa, bazen topunuz sekip doğrudan size geri döner. Radyoaktif bir madde tarafından yayılan bir alfa parçacığı akımını metal tabaka cinsinden bir malzeme parçasına yönelttiğinizde, eğer bazı parçacıkların metalden geri geldiği saptanırsa, bu saçılımın metalin atomları içerisindeki bir şeylere çarpmış olmalarından kaynaklanması gerekir.

Rutherford'un deneylerinde ince bir metal tabakasına "ateşlenen," yaklaşık bir oran kurarsak bin alfa parçacığı içerisinden bir tanesi, ilk hareket yönüne eş bir açıyla geri döndü. Bu sonuç atomun yapısının her yerde baştan aşağı tekbiçimli olmadığı, tersine Rutherford'un tezine göre her atomun yoğun bir merkeze sahip, bu merkez etrafında ise çokça boş alanla çevrili olduğunu göstermekteydi. Rutherford, atomun çarpışmalarda alfa parçacıklarını geri ittiren kısmı olan bu merkez bölgesine atom çekirdeği adını verdi. Ona göre çekirdeğin pozitif yüklü alfa parçacıklarını geri püskürtmesinin nedeni, çekirdeğin de büyük bir pozitif elektrik yüküne sahip olmasıydı (o dönemde pozitif elektrik yüklerinin pozitif yükleri, negatif yüklerin de negatifleri

1 James S. Trefil, *From Atoms to Quarks: An Introduction to the Strange World of Particle Physics* (New York: Scribner, 1979), s. 12.

ittiği anlaşılmış durumdaydı).[2] Bu yüzden Rutherford'un bulgularının esas önemi, atomun, pozitif yüklü alfa parçacıklarının sekmesine sebep olan pozitif yüklü parçacıklardan oluşmuş bir çekirdeği içeren bir içyapıya sahip olduğunun keşfedilmesiydi.

Sekiz yıl sonra, 1919 yılında, Rutherford deneylerine devam ederek, belli durumlarda bir alfa parçacığı atom çekirdeğine çarptığında, deney cihazlarının yakınına yerleştirilmiş bir vakum tüpünün içindeki hidrojenin yükünün boşaltılabileceğini gösterdi. Bunun nedeni pozitif yüklü parçacıkların yayılması ve her birinin sonrasında bir elektronla eşleşmesiydi. Bu çok temel pozitif yüklü parçacık elektronun "zıddı"ydı ve Rutherford buna (Yunanca "ilk olan" kelimesinden türetilmiş) proton adını verdi.[3]

Böylelikle proton ve elektronun atomun içerisindeki elektrik yüklü temel parçacıklar oldukları ve yüklerinin birbirlerinin zıddı olduğu anlaşıldı: Elektron (genel kabule göre) negatif, proton da pozitifti.

Bilim insanları her zaman evreni o zamana dek bildikleri olgular temelinde anlamanın yolunu ararlar. Bu yüzden atomun ilk modeli yapı itibariyle, Kepler'in on yedinci yüzyılda saptadığı Güneş'in etrafındaki gezegenlerin yörüngelerine benzer şekilde, elektronların çekirdek etrafında döndüğü bir sistem olarak düşünülmüştür. Yorulmak nedir bilmeyen Rutherford, atomların gerçek ağırlıklarının içerdikleri protonların ağırlığını temel aldığımızda yaptığımız hesaplamanın neredeyse iki katı büyüklüğünde olduğunu saptar. Proton elektrona göre çok daha kütlelidir: Bir proton 1836 elektron ağırlığındadır. Ağırlıklar sıralı parçacıkların kütleçekim etkisi nedeniyle sapma düzeyinden çıkarsanabilirdi. 1920 yılında Rutherford, elementlerin çoğunun çekirdeğinde başka tip bir parçacığın daha bulunduğunu ve bunun yüksüz [nötr elektrik yüklü] olması gerektiğini savladı. Bu parçacık için de "nötron" ismini önerdi. Nötronlar atomların merkezinde, çekirdeğin içinde pozitif yüklü protonların yanı sıra yerleşmiş olmalıydılar.

1932 yılında James Chadwick nötronu keşfederek meslektaşı Rutherford'un tezini doğruladı.[4] Thomson, Rutherford ve

2 Trefil, *From Atoms to Quarks*, s. 12.
3 Trefil, *From Atoms to Quarks*, s. 13.
4 Trefil, *From Atoms to Quarks*, s. 14.

Chadwick'in bulgularına dayanarak bilim insanları bugün atomların çekirdek adı verilen yoğun ve ağır merkezlere sahip olduklarını, her atomun çekirdeği etrafında elektronların döndüğünü, elektronların dönüşleriyle tüm atomun hacmini sarmaladıklarını ve bu bölümün yoğun çekirdekten çok daha geniş bir uzama sahip olduğunu biliyorlar.

Ancak bu yapı yeni bir bilmece doğurdu: Niçin elektronlar çekirdeğe sızmıyordu ve onunla birleşmiyordu? Zıt yüklerin birbirini çektiği açıktır, öyleyse elektronların çekirdeğin içerisine girmesini engelleyen şey nedir? Bu soruya yanıt, kuantum kuramının yeni açığa çıkmaya başlayan ilkeleri doğrultusunda atomun yapısına dair daha gelişkin bir model kuran ünlü Danimarkalı fizikçi ve kuantum kuramı öncüsü Niels Bohr (1885-1962) tarafından verilecektir.



Niels Bohr fizik alanına ve kuantum mekaniğinin temel fikirlerine dev bir katkı sağladı. Kopenhag'ta doğdu; babası Christian Bohr tanınmış bir fizyoloji profesörü, annesi Ellen (Adler) Bohr, Commercial Bank of Copenhagen'ın kurucusu D. B. Adler'in kızıydı. Ailesi entelektüellerin dostluğundan haz alır ve çok sayıda düşünür ve bilim insanını evlerine davet ederdi. Oğulları Niels ve ileride önemli bir matematikçi olacak olan Harald bu ufuk açıcı tartışmalardan doğan yeni fikirleri özümseyerek büyüdüler. Niels fiziği seçti ve bu alanda, çevresinde olgun bilimsel düşünüşe sahip ve önemli araştırma sonuçlarına imza atan yeni bir fizikçi kuşağının serpildiği, öncü bir kişilik kazandı. Haklı şöhretinin bir sonucu olarak da Kopenhag Üniversitesi'nin ağırlıklı olarak Kopenhag'taki Carlsberg Vakfı tarafından finanse edilen Kuramsal Fizik Enstitüsü'nün başına getirildi.

1913 yılında Bohr yeni bir atom modeli oluşturdu. Model, Max Planck'ın 1900 yılı civarında ortaya attığı, kara cisim ışımasının (parlayan bir cisimden yayılan enerjinin) atomlarca soğurulması ve yayılmasının Planck'ın kuanta adını verdiği özel, ayrı paketçikler yoluyla olduğu hipotezine dayanmaktaydı. Bu varsayım, söz konusu ışınım hakkındaki deneysel sonuçlara açıklık getirmekteydi. Bohr benzer şekilde, atom çekirdeği çev-

resinde dönen elektronların kesin biçimde belirlenmiş, kesikli "kuantize" enerji düzeylerindeki yörüngeleri izlediğini savladı.

Dolayısıyla elektron çekirdek etrafında yarıçapı belli bir yörüngeyle (verili bir enerji düzeyinde) hareket ediyor ve başka bir yörüngeye geçişi ise herhangi gelişigüzel bir yörüngeyi izleme biçiminde değil, ancak daha düşük enerji düzeyindeki belirli ve verili başka bir yörüngeye geçme biçiminde oluyordu. Böylelikle Bohr, Planck'ın kara cisim ışımasındaki enerji düzeylerinin kesikliliği yorumunu kullanarak elektrondaki enerji düzeylerinin sürekliliği fikrini yürürlükten kaldırmış oldu. Her iki durumda da sadece belirli enerji düzeyleri (kuantize düzeyler) mümkündü.

Yörüngelerdeki bu kuantum öbeklilik, elektronların çekirdeğe kaymasına engel oluyordu. Bir elektron, bir kuantize enerji düzeyinden aşağıdaki başka bir düzeye sıçradığında, iki düzey (iki olası yörünge) arasındaki enerji farkını foton adı verilen bir ışık parçacığı formunda serbest bırakıyordu. Bohr gözlemlenen ışığın kesikli enerji düzeyleri olgusunun izahı için kuantum kuramını kullanmış ve bu sayede atomun yapısı hakkındaki kavrayışımızda önemli bir ilerlemeye yol açmıştı. Ancak yirminci yüzyılın ilk on yıllarında henüz yapılacak çok iş vardı ve bilim insanları atomun, radyoaktivitenin, enerji ve kütlenin gizemini çözmek için yanıp tutuşuyorlardı. Maddenin nereden geldiğini ve nereye gittiğini bilmek istiyorlardı.



Radyoaktivitenin atomların bozunumundan doğduğunu ilk açıklayan kişi Ernest Rutherford oldu. 1902-1903 yıllarında Rutherford ve Frederick Soddy çeşitli radyoaktif elementlerin bozunum ürünlerini analiz etme yoluyla, radyoaktivitenin elementlerdeki atomların bozulması sonucunda ortaya çıktığını ve bu şekilde yeni elementlerin oluşumuna yol açtığını tespit ettiler. (Soddy çalışmasına devam edecek ve bunun sonucunda da izotopların keşfi ve açıklanmasının itibarı kendisine ait olacaktır.) Rutherford, bilim ekibinin bir başka üyesi Bertram Boltwood'la beraber 1904 yılında radyoaktif elementlerin geçirdiği dönüşüm üzerine çalışarak değişim oranlarını tahmin etti. Uranyumdan

elde edilen radyasyon üzerine gerçekleştirdikleri bu incelikli araştırma, uranyumun göreli olarak zayıf bir radyoaktiviteye sahip olduğunu, çok yavaş bozunduğunu ve bu bozunmanın yılda ton başına bir miligram düzeyinde olduğunu gösterdi.

Uranyumun radyoaktif nitelik taşımayan kurşuna dönüşümü, her biri kendisine özgü bir ayrışma hızına sahip olan bir radyoaktif elementler zincirini takip ederek tamamlanır. Uranyum-238 daha sonra ışıma yoluyla bozunarak radyumu oluşturacak olan toryum-234'e dönüşür, radyum da bozunarak önce radon gazına, daha sonra da polonyuma yerini bırakır. Kurşundan önceki son radyoaktif element polonyumdur. Kurşun radyoaktif olmadığı için kurşunla beraber radyoaktif ayrışma süreci son bulur.

Bir filizden çıkartılan üç ton saf uranyumdan sadece bir miligramın üçte biri kadar polonyum ve bir gram radyum elde edilir. Dolayısıyla Rutherford'un keşfi Curie'lerin laboratuvarlarında ulaştıkları sonucu destekliyordu: Uranyumdan kurşuna geçiş toryum, radyum, radon ve polonyum yoluyla olur. Uranyum çekirdeğinin içerisinde tam olarak ne olduğu, çözülmek üzere bekleyen sıradaki gizemdir. Buna dair gizi çözen çalışma Paris'ten gelecektir.



Tüm bu gelişmeler olurken Curie'ler de büyük bir gayretle deneylerine devam ediyorlardı. 1904'te sekiz tonluk Joachimsthal madeninden bir gram radyumu ayrıştırmayı başarırlar. Aynı dönemde radyumun tıbbi uygulamaları keşfedilir ve Pierre Curie Fransız doktorlarla işbirliği yaparak kanser tedavisinde radyasyon kullanımının önünü açar. "Curie tedavisi" küçülmeleri için tümörlere radyum nakledilmesini içermektedir.

Curie'ler Fransa'nın ünlü çifti haline gelirler. Marie, Fransa'da bilim alanında doktora derecesi kazanan ilk kadın olmasının yanı sıra, Nobel Ödülü alan ilk kadın olur. Ancak radyoaktivite konusunda Curie'lerin öncülük ettiği bu önemli çalışma, 1906 yılında Pierre'in bir trafik kazasında ölmesiyle sekteye uğrar. Marie artık hayatta olmayan eşinden boşalan Sorbonne'daki profesörlük kürsüsüne atanır ve bu kurumun ilk kadın

eğitmeni olur. 1910'da radyoaktivite hakkında kaleme aldığı temel bilimsel eseri yayımlanır. 1911 yılında Marie Curie ikinci kez Nobel Ödülüne layık görülür; polonyum ve radyum keşifleri ve radyumu saf halde izole eden çalışması nedeniyle Nobel bu kez kimya alanından gelmiştir.

Bu dönemde radyasyon ve etkileri üzerine çalışmalar bilimsel topluluk içerisinde büyük bir heyecan kasırgası yaratmış durumdadır. İlk kez birçok ülkede çok sayıda bilim insanı radyoaktiviteyi ve atomun yapısını kavramak için aynı anda çalışmaktadır. Bu bilim insanlarının deneyleri karmaşık biçimlerde birbirine dolaşmakta ve daha önce hiç yaşanmamış ölçüde ulusal sınırları aşmaktadır. Uranyum ve onun garip özellikleri, gizlerini çözme arayışıyla bir grup muhteşem zihnin dikkatini yoğunlaştırdığı bir alan haline gelir.



Bilim insanları giderek daha fazla klasik fiziğin yasalarına aykırı şeylerle karşılaşıyordu. Atomun keşfinden sonra doğada atomların sabit ve değişmez oldukları varsayılmıştı. Ancak radyoaktivite bizlere bunun yanlış olabileceğinin ipucunu veriyordu. Uranyumun radyasyon salınımı ve kendisini önce radyum, sonra polonyum, ardından kurşuna dönüştürmesini içeren süreç maddenin değişebilir olduğuna işaretti. Ortaçağdaki simyacılar haklarının nihayet teslim edildiğini düşünebilirlerdi, ancak elementlerin altına dönüştürülmesi yerine, modern simya uranyumu kurşuna dönüştürmüştü. Öte yandan gerçekliğinden kuşku duyulamayacak olan uranyum ışıması ve başka elementlere dönüşüm süreci bir dizi bilimsel bilmeceyi içermekteydi. Uranyumun başka elementlere bozunması nasıl ve neden olmaktaydı? Bir atomun başka atomlara dönüşmesine neden olan neydi? Dünyamız bilimsel topluluğu içerisinde yapılacak geniş katılımlı bir toplantının her şeyi çözüme yaklaştıracağı yönünde büyük bir umut beslenmekteydi.

Kimya endüstrisinde büyük bir servet yapmış olan Ernest Solvay (1838-1922) isimli Belçikalı sanayici bilime özel bir ilgi duyuyordu. Bu nedenle 1911 yılında Brüksel'deki Metropole Hotel'de bizzat finanse ettiği bir uluslararası konferans düzen-

ledi (Söz konusu otel Brüksel'de halen yıkılmamış olan tek on dokuzuncu yüzyıl otelidir). Solvay Konferansı adı verilen bu toplantıda dünyanın en önemli yirmi bir bilim insanı radyasyon çalışmalarını ve atomun yapısını tartışmak üzere bir araya geldi. Katılımcılar arasında Henri Poincaré, Ernest Rutherford, Marie Curie, Paul Langevin, Max Planck ve grubun en genci 32 yaşındaki Albert Einstein bulunmaktaydı. Toplantılar henüz gelişme döneminde olan ve aslen 1925 yılından başlayarak Avusturyalı fizikçi Erwin Schrödinger, Alman matematikçi ve fizikçi Werner Heisenberg, İngiliz fizikçi Paul A. M. Dirac ve Avusturya doğumlu fizikçi Wolfgang Pauli tarafından tam biçimiyle geliştirilecek olan kuantum kuramı konusunda önemli bir işbirliğinin geliştirilmesini sağladı.

Bugün ulaştığımız atom modeli nihayetinde kuantum kuramına dayanmaktadır. Kuantum mekaniği, atom-altı parçacıkların yer ve hızlarının beraber tanımlanmasının imkânsız olduğunu varsaymaktadır. Böylesi parametreler söz konusu olduğunda, tüm ulaşabileceğimiz olasılık dizileri olmaktadır. Açıklamalarımızı etki ve tepkiye dayandırmak her zaman mümkün olmamaktadır ki bu da doğaya ilişkin mantık algımıza ters düşmektedir.

1920'ler ve sonrasında geliştirilen atomun kuantum mekanik betimlemesi, atomun minik bir güneş sistemi tarzında resmedildiği geleneksel Bohr modelinden farklılık göstermektedir. Elektronlar, gezegenlerin aksine, zamanda verili bir anda yörüngesel açıdan net tanımlanabilir pozisyonlara sahip değildir. Tabi oldukları kuantum kuralları bize sadece olasılıksal bilgi vermektedir; Werner Heisenberg'in 1927'de ortaya attığı belirsizlik ilkesi, bizleri her şeyi (konum ve momentumu veya yer ve hızı veya zaman ve enerjiyi) aynı anda tam bir öngörüyle bilebilmekten alıkoymaktadır. Kuantum mekaniği bize bir parçacığın mutlaka orada *veya* burada olması gerekmediğini, orada *ve* burada aynı anda olabileceğini söyler. Gerçekliğin kuantum resmi, belirsizlik ve olasılık ilkelerinin doğası gereği bulanık görünmektedir.

Solvay'deki bilim insanları Einstein'ın E=mc2 denkleminin, radyoaktivite, radyasyon ve atomun bozunumu bilmece-

lerinin çözümü açısından anahtar rolü taşıdığını kabul ettiler. Einstein'ın ünlü formülüne göre atom, kütlesi sayesinde büyük bir enerji içermekteydi. Radyasyon yoluyla uranyumun kütlesinden enerji bırakılmasında görüldüğü gibi, atomun bozunumu aslında, Einstein'ın kütle-enerji denkliğinin kendisini dışavurmasıydı. Peki, bu süreç nasıl işlemekteydi? Bu anlaşıldığı takdirde radyasyon ve atom-altı süreçlerin geliştirilerek uygulanması ve böylelikle önemli miktarda enerjinin üretilmesi mümkün olacaktı. Nihayetinde nükleer bombalar ve barışçıl atom enerjisi üretimine yol açacak olan atomun doğası hakkındaki bu önemli olasılık, şaşırtıcı biçimde 1911 yılı gibi erken bir tarihte Solvay'de karşımıza çıkmaktaydı. Einstein'ın kuramıyla uranyum, enerji kavrayışımız açısından önemli ipuçları sunabildi.

Doğada bulunan 1000 uranyum atomundan 993'ü uranyum-238 dediğimiz tiptedir, sadece 7'si daha az bulunan uranyum-235'tir. Bu iki uranyum izotopu kimyasal açıdan aynı davranış içerisindedir, ancak nükleer özellikleri yönünden farklıdır. Her iki uranyum tipi de 92 proton ve 92 elektrona sahiptir; bu, kimyasal reaksiyon yönünden onları özdeş kılmaktadır. Ancak her ikisinin çekirdeğinde yer alan 92 protonun yanı sıra, uranyum-238'in çekirdeğinde 146 nötron bulunurken, uranyum-235'te sadece 143 nötron bulunmaktadır. Bu yüzden uranyum-235'in atom ağırlığı, uranyum-238'e göre üç kütle birimi daha azdır (üç nötronun ağırlığı üç protonun ağırlığından biraz daha fazladır, ancak bu çok küçük farkı göz ardı ediyoruz).

Bu iki uranyum izotopu kararlılıkları yönünden de farklıdır. Uranyum-235, uranyum-238'e göre çok daha kararsızdır. Eşit nicelikte uranyum-235 ve uranyum-238'e sahip olduğumuzu düşünelim, verili bir zaman içerisinde uranyum-238'ten altı kat daha fazla sayıda uranyum-235 atomu radyoaktif bozunum sonucu parçalanacaktır. Bu özellik her iki izotopun yarı-ömründe de görülür.

"Yarı-ömür" kavramı 1904 yılında Ernest Rutherford tarafından ortaya atıldı. Daha önce belirttiğimiz gibi, radyoaktif bozunum hızı oran cinsinden hesaplanmaktadır: Verili bir zaman biriminde belli bir radyoaktif elementin çekirdeklerinin

belirli bir sabit yüzdesi radyasyon yoluyla bozunmaktadır. Bu yüzden radyoaktif bozunuma maruz kalan ilk madde miktarı üssel olarak azalacaktır. Radyoaktif bozunumun nasıl işlediğini anlamak için bir örnek verelim. Diyelim ki, 100 dolarlık bir banka hesabınız var ve banka paranızdan giderler için aylık %1'lik bir kesinti yapıyor. Bir ay sonra 99 dolarınız olur. İki ay sonra banka ilk aydan sonra hesabınızda ne kaldıysa onun % 1'lik bölümünü keser, yani 99 dolar × (0.01) = 0,99 dolar ve elinizde 98,01 dolar kalır. Ondan bir ay sonra 97,03 dolar vs: 100 dolarlık ilk niceliğiniz aylık % 1'lik bir oranla üssel olarak azalmaktadır.

Radyoaktif bozunumda da aynı süreç işler. Rutherford şu soruyu sorar: Maddenin ilk miktarının tam yarısının bozunuma uğraması ne kadar sürer? Veya para benzetmesinden gidersek, elinizde sadece 50 dolar (ya da buna en yakın miktar, sonuçta bu kesikli biçimde ayda bir yapılan bir azaltma) kalması için kaç ay geçmesi gerekir? Bu örnekte yanıt 69 ay veya 5 yıl 9 aydır. Dolayısıyla hesabınızın yarı-ömrü 69 aydır.[5]

Bu yarı-ömür ölçümü, radyoaktif elementlerin bozunum hızları temelinde karşılaştırılması için kullanılabilir. Bozunum hızı (veya oranı), genellikle yayılan radyasyonun yoğunluğuna bağlıdır ve çekirdeğin kararsızlığının bir ölçütüdür. Kısa yarı-ömürlü elementler uzun yarı-ömürlülere göre daha kararsızdır ve daha büyük bir yoğunlukla ışınım salar (Verili bir zaman biriminde verili sayıda atomun daha fazla radyasyon yayması sonucu çekirdekleri daha hızlı bozunur).

Uranyum-238'in yarı-ömrü yaklaşık 4,5 milyar yıldır. Uranyumun bu izotopu yavaş bozunur. Tersine uranyum-235'in ise sadece 700 milyon yıllık bir yarı-ömrü vardır. Toryum-232, uranyum-238'ten de yavaş bozunan bir elementtir. Onun yarı-ömrü 14 milyar yıldır. Dünyamız 4,5 milyar önce oluştu, o

5 Bu sayıyı bulmak için denklemi ay sayısı (N) için çözeriz: $A(0,99)^N = 0,5A$. A ilk miktardır (bu durumda 100 dolar). Her iki taraftaki A elbette gider (buraya sadece açıklama amaçlı koyulmuştur) ve elimizde kalan: $(0,99)^N = 0,5$ olur. Bunu her iki tarafın logaritmasını alarak çözeriz (tüm denklem için aynı olduğu sürece hangi tabana göre olduğu fark etmez). Bu bize $N = \log(0,5)/\log(0,99)$ sonucunu verir; bu da yuvarlarsak 69 eder. Bu hesaplama mortgage, banka mevduatı ve bankacılık ve ekonomi alanındaki diğer faiz hesaplarında benzer biçimde yapılır.

zamandan bugüne geçen sürede toryum-232 atomlarının sadece altıda biri bozunuma uğradı.[6]

Elementlerin çoğu uranyum-235'e göre bile çok daha kısa yarı-ömre sahiptir, bozunumları birkaç milyon değil, birkaç yüzyıl içerisinde olur; başka bazı elementlerin yarı-ömrü sadece bir yıldır; yarı-ömrü aylar, günler, hatta bazılarında saniyeler süren elementler de vardır. Curie'ler tarafından keşfedilen bir radyum izotopu olan Radyum-226'nın yarı-ömrü 1620 yıldır. Değişim sıklığı topraktan daha hızlı olduğu için bilim ciler radyumun kesintisiz oluşması gerektiğini, aksi halde bugün hiç bulunamaz halde olacağını fark etmişlerdir. Söz konusu ikmal uranyumun bozunumu yoluyla gerçekleşir.

Polonyumun yarı-ömrü daha da kısadır. Polonyumun daha başka izotopları da vardır, ancak bunların en uzun ömürlüsü yarı-ömrü 100 yıl olan Polonyum-209'dur. Fransiyum elementi ise Fransız fizikçi Marguerite Perey tarafından keşfedilmiş ve adını bu fizikçinin anavatanından almıştır. Fransiyum daha da kısa bir ömre sahiptir; en uzun ömürlü izotopu Fransiyum-223, yalnızca 21 dakikalık bir yarı-ömre sahiptir.[7]



1911 Solvay Konferansı'nda tartışmaların çoğuna başkanlık eden kişi radyoaktivite araştırmalarındaki tartışılmaz öncülüğü nedeniyle Marie Curie oldu. Ancak kendisi Brüksel'deyken, Paris'te tezgâhlanan bir skandal hız kazanmaktaydı. Bir Fransız gazetesi, Marie Curie ile araştırmalarında kendisiyle beraber çalışan Paul Langevin (1872-1946) arasında yazışıldığı iddia edilen aşk mektuplarını bastı. Bu sözüm ona ilişkiden yola çıkarak Curie'ye dönük kamusal hakaretler ve linç adımları birbirini izledi. Fransız basınının bir bölümü onu yabancı, Yahudi (ki değildi) bir yuva yıkıcı olmakla itham etti. Bu Yahudilik karşıtı düşmanca kara çalmalar, Fransa'da on beş yıl kadar önceki, bir Yahudi ordu mensubunun casusluk ettiği suçlamasıyla hüküm giyerek haksız yere hapse atıldığı Dreyfus Olayı'nın zehirli ha-

6 Isaac Asimov, *Inside the Atom* (New York: Abelard-Schuman, 1966, 3. baskı), s. 97-98.

7 Asimov, *Inside the Atom*, s. 99-100.

vasının yeniden yaygınlaşmasına sebep oldu. 1911 yılı başında Fransız Bilimler Akademisi'ne adaylığını engellemeye dönük bir yön kazanan bu iftira kampanyası, Curie'nin ikinci kez Nobel'e aday gösterilmesini de tehlikeye sokmaktaydı.

4 Kasım 1911'de Curie ve Langevin Paris'e döner dönmez Fransız gazetesi *Le Journal* şunları yazmaktaydı: "Bir gizem perdesi altında ışıyan radyumun alevleri, bilim insanlarının işine kendisini adamış olanının kalbinde öyle bir ateş yaktı ki, bu bilim insanının karısı ve çocukları şimdi gözyaşları içerisinde." Marie Curie ve Langevin skandal unutulana dek kamuoyunun gözüne çarpmamak için özel bir gayret içerisine girmek zorunda kaldılar.

Langevin olayı Curie'lerin laboratuvarındaki araştırma çalışmalarında bir aksamaya sebep olurken, I. Dünya Savaşı da birçok bilim insanının savaşla ilgili etkinliklere katılımlarından dolayı, bilimsel çalışmaları kesintiye uğrattı. Curie bizzat yoğun biçimde taşınabilir sahra hastaneleri ve 200'ün üzerinde yeri X-ışını ekipmanlarıyla donatma işinde çalıştı. İkinci Nobel Ödülünden gelen parayı, başka araştırmacılara ve savaştan sonra tekrar çalışmaya devam edeceği Paris Üniversitesi'ndeki Radyum Enstitüsü'ne fon olarak aktararak kullandı. Daha sonraki yıllarda radyoaktivite üzerine başka büyük keşifler yapacak olan kızı Irène 1918 yılında laboratuvara katıldı. 1922 yılından itibaren Marie araştırma çalışmalarını radyoaktif maddelerin kimyasal yapısı ve radyasyonun tıbbi uygulamaları üzerinde yoğunlaştırdı.

Marie Curie ve kızı tarafından yürütülen araştırma çalışmaları, uranyumun parçalanması yoluyla elde edilecek radyuma gereksinim duymaktaydı. Ancak radyum maden cevheri içerisinde aşırı derecede düşük yoğunlukta olduğu ve elde edilmesi çok sayıda kimyasal adımı gerektirdiği için dünyadaki en değerli madde haline gelmişti. Fiyatı gram başına 750.000 altın franka (bugünün değeriyle yaklaşık 10 milyon dolar) ulaşmıştı.

Girişimcilerin önünde uranyum cevherinin piyasa potansiyeli engeli durmaktaydı. Daha öncesinde Bohemya cevherleri kısa süren bir tekel keyfi yaşayan iki Fransız fabrikasında işlenmekteydi. Ancak daha sonra Avusturya-Macaristan hükümeti

cevherin ihraç edilmesini yasakladı ve Joachimstahl'da uranyum renk bileşenleri üreten fabrikanın yanına yeni bir radyum fabrikası kurdu. Avusturyalılar kendi tekellerini kurmayı hedefliyorlardı, ancak Britanya, Fransa ve Portekiz'deki madenlerin varlığından dolayı başarısız oldular. 1913'te ABD küresel uranyum piyasasına girdi. Tıbbi uygulamalar ve araştırmalar için radyum ihtiyacı nedeniyle Amerikalı üreticiler metal zengini Colorado'da yeni madenler açtılar. Standard Chemical Company of Pittsburgh adlı şirket Pennsylvania'da uranyum cevherinden radyum elde etmeyi başardı ve on üç yıl boyunca, 1926'ya dek piyasaya toplamda 200 gram radyum ve 600 ton uranyum sürdü. Bu radyumun yaklaşık yarısı hastanelere gitti, geri kalanı da saat kadranlarının karanlıkta ışık verecek şekilde renklendirilmesi için kullanıldı.

ABD yaklaşık on yıl boyunca radyum ve uranyum piyasasının liderliğini elinde tuttuktan sonra, Afrika'da Belçikalılar önemli değişiklikler getiren büyük bir keşfe imza attılar. 1915 yılında Belçika Kongosu'ndaki Shinkolobwe'de bir maden arayıcısı, pitchblende cinsinden uranyum cevherinin yanı sıra, şimdiye kadar bulunmuş olanlardan çok daha yüksek kalitede başka uranyum mineralleri de içeren bir kaynak keşfetti. Bölgedeki zengin bakır ve kobalt kaynaklarını çıkartıp işleyen Belgian Union Minière du Haut Katanga (Haut Katanga Bölgesi Belçika Madencilik Birliği) şirketi bu keşfi gizli tuttu. I. Dünya Savaşı'ndan sonra Antwerp yakınlarındaki Olen bölgesinde bir fabrika kuruldu ve yedi yıl sonra fabrikanın ilk radyum gramını ürettiğinin duyurulmasıyla birlikte bu gizlilik kaldırıldı. Belçikalıların radyum üretim hacmi öylesine büyük ve ürün maliyeti öylesine düşüktü ki, Standart Chemical piyasadan çıkma kararı aldı. Böylelikle Union Minière ürün fiyatını belirlemesini sağlayan yeni tekel gücünün keyfini sürdü. Kongo bugün de dünyanın büyük uranyum filiz üreticilerinden biri olmaya devam etmektedir.

Minerallere ulaşılabilirliğin artmış olmasına rağmen Curie'ler ve diğer Avrupalı bilim insanları tedarikte büyük sorunlar yaşamaya devam ettiler. Fransız hükümetinin Marie Curie'nin çalışmalarına fon sağlama konusunda yardımcı ol-

duğu söylenemezdi, dolayısıyla o da zamanının çoğunu enstitüsü için para toplamaya ayırmak zorunda kaldı. Curie'ler ve beraberinde çalışanlar önlerine çıkan her türlü engele rağmen radyoaktivite olgusunu kavramamızda insanlığa dev bir katkı sağladılar; yeni radyoaktif elementler keşfettiler ve radyumun radyoaktivitesi sayesinde kötü huylu doku hücrelerinin tahrip edilmesi yoluyla kanser tedavisinde kullanılabileceğini açıklayarak tıp bilimine önemli bir katkı yaptılar. Radyasyonun gizemlerini açığa kavuşturan bu çalışmayı devam ettirme görevi artık başka araştırmacılara kalmıştı. Bundan sonrasında genç bir Avusturyalı kadın radyoaktivite konusundaki bilgilerimizi geliştirmemizde kilit bir rol oynayacaktı.

3

LISE MEITNER

Wilhelm Röntgen'in 1895 yılında çığır açan X-ışınları keşfinden üç yıl önce 14 yaşındaki yetenekli ve istekli bir genç kız Viyana'daki bir kız okulundan mezuniyet belgesini teslim almaktaydı. Fiziğin erkek egemen dünyasına kabul edilmek için mücadele edecek ve nihayetinde ünlü bir araştırmacı ve teorisyen olacaktı. Lise Meitner (1878-1968) şehrin birkaç yıl öncesinde aydınlanmacı imparator II. Joseph tarafından duvarları yıktırılan eski gettosu İkinci Bölge'deki laik bir Yahudi ailesinde doğdu. Lise müziği seviyor ve matematik ve fen derslerinde olağanüstü gelecek vaat ediyordu, ancak yüzyılın başındaki Avusturya'da kız çocukları okulu 14 yaşında bırakıyor ve evlenerek aile kurmaları bekleniyordu.

Lise başka bir yol izleme konusunda arzuluydu. Fiziğe tutkuyla bağlanmıştı, ancak ailesi bu alanda çalışma isteğini reddedecekti, çünkü bir avuç profesyonel fizikçinin bulunduğu Avusturya-Macaristan İmparatorluğu'nda kadınların fizikte veya bilimin herhangi bir dalında öğrenim görmesine izin verilmiyordu. Büyük bir hayal kırıklığına uğramış biçimde avukat

babasının isteğini yerine getirdi ve sonunda Fransızca eğiticilik sertifikası alacağı üç yıllık bir programa kaydoldu. Böylece kendisinin daha sonra "kayıp dokuz yıl" diye adlandıracağı bir dönem başlamış oldu.

Lise, dalgın izlenimi veren ciddi koyu gözleriyle ufak tefek bir yapıya ve narin bir inceliğe sahipti. Genç görünümüne oranla daha olgun bir kişiliğe sahipti, bilime olan ilgisi ve boş zamanlarında bir solukta okuyarak özümsediği kimya, fizik, matematik kitaplarıyla akranlarından farklıydı.

Röntgen'in 1895 yılındaki keşfi bilim dünyasını sarsıp onu 1896'da Becquerel'in uranyum ışımasını bulması izleyince, 18 yaşındaki Lise Meitner hayatta izleyeceği yolu kafasında berraklaştırdı: Radyoaktivite üzerine çalışacaktı. Ne ailesi ne de kadınların üniversiteye girişine izin vermeyen toplum; kendisini hiçbir şeyin durdurmasına izin vermeyecekti. Yirmi bir yaşına geldiğinde Avusturya yasaları değişmeye başladı ve kadınların üniversiteye girmesine izin verildi. Kaybettiği zamanı telafi etmek için babası bir eğitmen tuttu, iki yıl süren yoğun bir çalışmanın ardından genç Meitner erkek çocuklarının bir akademik lise olan gymnasiumda aldıkları dersleri tamamladı. 1901 yılında, yirmi üçüncü doğum gününden birkaç ay önce, sınıfındaki erkek çocuklarından beş yaş daha büyük olan bu tutkulu genç kadın, kendisini bekleyen fizik alanındaki müthiş kariyerine hazırlanmak üzere Viyana Üniversitesi'ne başladı.

Kısmen diğer öğrencilerden daha büyük yaşta ve asıl olarak da erkeklerin egemenliğindeki bir bilimsel dünyada mücadele etmek durumunda olan bir kadın olduğu için, başarılı olmak için inatçı bir itkiye sahipti. Tüm zamanını çalışmayla ve haftada en az yirmi beş saatini dersler ve laboratuvarlarda geçirdi.[1]

Meitner fizik, kimya, botanik ve matematik derslerini aldı ve aldığı derslere bitkin düşecek ölçüde çalıştı. Şansına programında analiz dersi sabahın erken saatlerindeydi ve tamamen ayık bir kafayla dersleri özel dikkat göstererek izleyebiliyordu. Analiz profesörü harika bir öğrenciye sahip olduğunu fark etti ve Meitner'e onu isteklendireceğini ve derste ele aldığı standart

1 Ruth Lewin Sime, *Lise Meitner: A Life in Physics* (Berkeley: University of California Press, 1996), s. 10.

konuların ötesine geçmek üzere cesaretlendireceğini düşündüğü özel ödevler verdi.

Becerisini sınamak üzere bir gün hocası Meitner'den İtalyan bir matematikçinin makalesini okumasını ve içindeki hatayı bulmasını istedi. Ardından da Meitner'e bulduklarını yayımlamasını tavsiye etti. Ancak Meitner reddetti. Tamamen kendisine ait olduğunu düşünmediği bir şeyi yayımlama fikri onu rahatsız etmekteydi. Öğretmeni metinde bir yanlış olduğunu biliyordu ve kendisini bunu bulmaya yönlendirmişti, dolayısıyla kazanılacak itibarı sahiplenmesi gereken kesinlikle asıl değeri yaratmış olan öğretmeniydi. Bu olay onun ahlaki ve etik doğasını gösteren bir örnektir. Yaşamı boyunca Lise Meitner mesleki davranış açısından kendisinin koyduğu bu katı kurallara uydu. Bir bilimsel sonuçta kısmen bile olsa bir başkasının payı olduğunu hissettiği her durumda, bahsi geçen kişinin kendisiyle eşit itibar kazandığı ve bunu resmen üstlenmesi hususunda diretecekti. Ne yazık ki, meslek yaşamında beraber çalıştığı insanlardan bazılarının onun bu profesyonel nezaketine aynı biçimde karşılık verdiği söylenemez.

Meitner'in fizik derslerinin hocası olan Franz Exner, Wilhelm Röntgen'in bir arkadaşıydı ve radyasyon ile radyoaktiviteye büyük ilgi duymaktaydı. Curie'lere Joachimsthal'dan özel bir çeşit uranyum cevheri olan pitchblende elde etmelerinde yardımcı olmuş ve bunun karşılığında onlardan çok küçük miktarda radyum edinmişti. Viyana'nın yirminci yüzyılın ilk birkaç on yılı boyunca radyoaktivite araştırmalarının merkezi haline gelmesini sağlayan oydu. Fiziğe giriş dersi ve onun işini severek yapan bu profesörü Lise'nin fizikçi olma isteğini perçinleyecekti.

İkinci yılında Lise Meitner daha da büyük bir fizikçinin etkisi altına girdi. Hocası Ludwig Boltzmann (1844-1906), istatistiksel mekanik, termodinamik, kinetik kuram ve atom kuramının ün kazanmış öncü bilim insanıydı. Lise, Boltzmann'ın derslerini olağanüstü güzel ve heyecan verici buldu ve ders programında tüm fizik derslerini ondan alabilecek şekilde bir ayarlamaya gitti.

Boltzmann bilim dünyasında cins ayrımcılığının yoğunluğunun bilincindeydi, bu yüzden de kadınları destekleyici bir yak-

laşımı vardı. Birkaç yıl öncesinde Henriette von Aigentler isimli genç bir kadınla evlenmiş ve eşinin üniversitedeki dersleri izlemesine bile izin verilmediğinde cinsel yargıların toplumsal ağırlığıyla yüzleşmişti.[2] Bu adaletsiz karara karşı eşinin mücadelesinin yanında olmuştu. Bu yüzden üniversite öncesi eğitiminin zayıf olmasını anlayışla karşılayarak çalışkan öğrencisi Lise Meitner'e dönük sıcak bir yaklaşım sergiledi. Sonrasında Meitner, Boltzmann'ın eşiyle de tanışacak ve fizik eğitiminin önüne çıkartılan engeller konusunda mücadele deneyimlerini birbirleriyle paylaşacaklardı.

Boltzmann'ın istatiksel mekaniği teorik fiziğin bir dalıydı ve gözle görülemeyen atomların büyük sayıdaki toplamlarının kolektif davranışının istatistiksel yöntemlerce açıklanabileceği savına dayanmaktaydı. 1870 yılında yayımlanan bir bilimsel makalesinde Boltzmann, mekanik yasalarının yanı sıra matematiksel olasılık kuramının uygulandığı takdirde, termodinamiğin ikinci yasasında belirtilen enerji değişiminin açıklanabileceğini göstermişti. Ayrıca çarpışmalarda atomlar arasındaki enerji dağılımı değişimini veren bir denklem bulmuştu. Sonuç olarak değişim veya dalgalanma durumu arz eden olguların olasılık aracılığıyla ve elemanları görünmeyen atomların ise kolektif özellikleri kullanılarak anlaşılabileceği sonucuna varmıştı.

Ancak Boltzmann'ın muhalifleri görünmeyen bir olgu veya varlığa inanmayı reddettiler. Yaşamı boyunca hep kuramlarını savunmak durumunda kaldı. Belki de yeni yüzyıla girilmeden önceki dönemde kurumsallaşmış fizik onun öncü fikirlerini reddettiği için sıkça ruhsal bunalımlarla boğuşmak zorunda kaldı. Ama tüm bunlara rağmen, öğrencileri ona tapıyordu. Dinleyicilerinin genel kabul gören inançları sorgulamalarını sağlayan, öğrencilerinin zihinlerini fiziğin şaşırtıcı dünyasına açabilen karizmatik bir öğretmendi.

Radyoaktivitenin ve atomlardan çok daha küçük parçacıkların varlığının keşfedilmesi atomik kuramın gördüğü kabulü arttırdı ve yirminci yüzyıl başındaki bu keşifler Boltzmann'ın ulaştığı sonuçları destekledi. Onun fiziğin gelişimine ve bunu yanı sıra doğa felsefesine etki eden çığır açıcı çalışması, Lise

2 Sime, *Lise Meitner*, s. 14.

Meitner'in düşünüşüne en büyük etkiyi yaptı ve sonraki kişisel gelişimi ve çalışmalarına ışık tuttu.

Lise Meitner 1905 yılında Viyana Üniversitesi'ndeki bölümünden mezun olduktan sonra bu kez doktora tezi çalışması için kolları sıvadı. Boltzmann o esnada California'da olduğu için, ilk fizik öğretmeni Franz Exner'le çalışmayı seçti. Kuramsal olmaktan çok, deneysel nitelikte bir proje geliştirdi. Daha önceki dersleri hep kuramsal konular üzerineydi ve şimdi altyapısını ve hazırlığını tamamlamak için laboratuvar çalışması deneyimi yaşamak istiyordu.

Meitner doktora çalışmasında, Maxwell'in elektromanyetizma yasalarının ısı iletimine de uygulanabileceğini keşfetti. "Homojen Olmayan Katılarda Isının İletimi" başlıklı tezinde deneysel çalışmasından çıkarsadığı kuramsal sonuçlar rapor ediliyordu. Cıva damlacıkları yağ moleküllerinden yapılmış bir araçta bekletiliyor ve gerçekleşen ısı iletimi bir dizi termometre tarafından ölçülüyordu. Bu girift araştırma projesi, gelecekte gerçekleştireceği radyoaktivite çalışmalarında karmaşık deneysel tasarımlar kullanacak olan Meitner üzerinde eğitici bir etki yaratacaktı. Meitner 1905 Aralığında doktora tezini kurula sundu ve 1906 yılında Viyana Üniversitesinde doktora derecesi alan ikinci kadın oldu.[3]

Artık Meitner o dönem bilimle uğraşan her kadının yaşadığı açmazla karşı karşıyaydı: Alanında bir iş bulmasının önündeki devasa ve eşitsiz zorluk. Marie Curie'nin Paris'teki çalışmalarından haberdardı ve Curie'ye acaba laboratuvarlarında bir pozisyon açığı olup olmadığını soran bir mektup kaleme aldı. Ne yazık ki böyle bir olanağın olmadığı yanıtı geldi ve bunu benzeri başka hayal kırıklıkları izledi. Fiziği tamamen bırakmak zorunda kalmamak için Meitner, becerileri açısından çok alt düzeyde bir iş olan bir kızlar okulunda öğretmenlik işini kabul etti. Ancak geceleri üniversitenin fizik laboratuvarlarında araştırma çalışmasına devam etmekten vazgeçmemişti.

1906 yılı boyunca Meitner ilgisini radyoaktivite üzerine araştırmalarına yoğunlaştırdı. Curie'lerin kamuoyunca bilinen başarıları ve kendisinin de daha önce radyoaktivite üzerine

3 Sime, *Lise Meitner*, s. 18.

bir ders almış olması onun bu alana dönük ilgisinin artmasına hizmet ediyordu. Boltzmann'ın fizik enstitüsünde radyasyon deneyleri yapmaya başladı. Yaptığı ilk deneyler değişik metal yaprakları aracılığıyla farklı metallerde alfa ve beta parçacıklarının emilim düzeylerini ölçmek üzerineydi.

O yılın sonbaharında fizik enstitüsü ve tüm üniversite Boltzmann'ın 62 yaşında intihar etmesinin şokuyla sarsıldı. Fizik camiası bu trajedi için bir açıklama bulmaya çalışıyordu: Kimileri Boltzmann'ın akıl sağlığının sarsıldığını, bunun nedeninin de fizikçilerin muhafazakâr yaşlı kuşağının onun fikirlerine karşı yoğun direnişi olduğunu belirtiyor, diğerleri Boltzmann'ın basitçe ve sadece hasta olduğunu söylüyordu. Lise Meitner bu kayıptan özellikle etkilendi, çünkü Boltzmann onun için yakın bir danışman ve destekçinin ötesinde, kadınlara yönelik önyargılara rağmen kendisinin fizikçi olma tutkusunu anlayabilen biriydi. Bu ölüm, Meitner'in inandığı yolda mücadele etmekten vazgeçmeme yönündeki azmini pekiştirdi.[4]

Boltzmann'ın Viyana Üniversitesi'ndeki enstitüsü bir süreliğine, radyoaktiviteye ilgi duyan ve bu konu hakkında Meitner'le bazı deneyler de yapmış genç fizikçi Stefan Meyer tarafından yönetildi. Meyer, Paris'te Curie'ler ve Fransız kimyacı Debierne tarafından keşfedilmiş yeni ve ilk radyoaktif elementlerin özelliklerini araştırmıştı: Polonyum, radyum ve aktinyum. Aslında beta ışımasının negatif yüklü parçacıklardan oluştuğunu bulan kişi Meyer olmasına karşın, bu bulgu Fransız bilim insanı Henri Becquerel ve Alman fizikçi Friedrich Giesel'e atfedilir. Becquerel daha sonra bu parçacıkların elektronlar olduğunu kanıtlamayı başaracaktır.

Böylece Lise Meitner radyoaktivite üzerine Meyer'le olan çalışmasını sürdürür. Bilinen radyoaktif elementlerin sayısı giderek artmaktadır ve bilim dünyasında radyasyonun gizemine ilişkin büyük bir ilgi vardır. Radyasyon nedir? Bir elementi radyoaktif yapan nedir? Radyoaktivitenin doğası nedir ve bu başka elementleri nasıl etkilemektedir? Bunlar önemli sorulardı, çünkü bu soruların yanıtları evrendeki tüm maddelerin yapısı

4 Sime, *Lise Meitner*, s. 19.

hakkındaki gizemi aydınlatacak anahtarı elinde tutmaktaydı. O dönem radyasyonu araştırmak isteyen birinin sahip olması gereken tek donanım radyoaktivite düzeyini ölçen aletten ibaretti.

Hans Geiger'in radyoaktivite sayacının ("Geiger sayacı") bulunmasına daha zaman vardı ve bu süre içerisinde radyasyonu tespit ve ölçüm Viyana ve diğer yerlerdeki fizikçiler tarafından elektroskop adı verilen daha ilkel bir aletle yapılmaktaydı. Bu alet, çubuk ve yaprağın her ikisinin de gaz içeren bir cam tüpün içerisine yerleştirilmiş olduğu, metal bir çubuğa belli bir açıyla bağlanmış çok ince altın bir yapraktan oluşuyordu. Çubuk tüpün dışına doğru uzanıyor ve böylelikle dış bir kaynaktan elektrik yükü alabiliyordu. Bu yük, benzer yükler birbirini ittiği için altın yaprağın çubuğun tüpün içindeki kısmından uzaklaşmasını sağlıyordu. Ancak radyoaktif bir kaynak tüpün yanına yaklaştırıldığında, bu kez radyasyon (pozitif yüklü alfa parçacıkları veya negatif yüklü beta parçacıkları) tüpün içindeki gazı iyonize ediyordu. Bu, altın yaprağı –kendi elektrik yükü şimdi iyonize gazla temastan dolayı değiştiği için– etkiliyor ve iyonize gazın pozitif veya negatif olmasına bağlı olarak ilk açısını kaybederek öne veya arkaya doğru kıvrılmasına sebep oluyordu. Alete bağlı bir ölçek altın yaprağın bükülme açısındaki değişimi ölçmeye yarıyor ve böylelikle de radyasyon yoğunluğu hakkında kaba bir tahmin elde edilebiliyordu.

1906 yılı sonbaharında Lise Meitner bir elektroskop kullanarak daha önce başlamış olduğu değişik metal tabakalarca alfa parçacıklarının emilimini araştırdığı çalışmasına geri döndü. Birkaç fizikçi daha bu problemle ilgilenmiş ve alfa parçacıklarının üzerine yağdıkları metal tarafından tümüyle emilip emilmediklerini, kimi parçacıkların sekip sekmediğini bilmek istemişlerdi. Daha önce belirttiğimiz gibi, hem Ernest Rutherford hem de Marie Curie alfa parçacıklarının saçıldığı yönünde verilere ulaşmışlar, ancak bu bulgular şu âna dek hiçbir alfa ışınının geri döndüğünün tespit edilmediği, dolayısıyla gerçekleşenin saçılım değil, ancak emilim olabileceği düşüncesinde olan diğer bilim insanları tarafından kuşkuyla karşılanmıştı.

Bu önemli bir soruydu, çünkü yanıtı hem alfa parçacıklarının yapısına hem de parçacıkların ateşlendiği hedef metal

folyolardaki atomların yapısına ışık tutabilecek nitelikteydi. Meitner'in deneysel sonuçları Curie ve Rutherford'un teziyle uyumluydu. Bazı alfa parçacıklarının saçıldığını o da onayladı. Hatta bununla kalmadı, aslında saçılımın bombardımana uğrayan metallerin atomik kütlesiyle orantılı olduğunu tespit etti. Bu, daha ağır metallerin –bir diğer deyişle daha kütleli çekirdeklere sahip olanların– radyasyon parçacıklarının daha fazla saçılmasına neden olduğu anlamına geliyordu. Bu sonucu Haziran 1907'de seçkin Alman fizik dergisi *Physikalische Zeitschrift*'te yayımladı.

Bu başarılı deneysel çalışmasının ardından Meitner halen daha Viyana'nın kendisine bir fizikçi olarak lisede ders vermek ve ders saatleri dışında da üniversite laboratuvarlarında ekstradan çalışmaktan başka bir gelecek sunmadığı düşüncesindeydi. Bu şehir radyoaktivite araştırması alanında katkı yapmış genç fizikçinin tutkularını karşılamıyordu artık. Ayrıca geliri sade yaşam standartlarını karşılamaya bile yetmediği için, halen daha ailesinin maddi yardımına bağımlı olmaktan dolayı mutsuzdu. 1907 yazının sonlarına doğru ailesinden, fizik biliminin üniversitelerinde temel bir alan olarak kabul gördüğünü bildiği Berlin'e gitmek üzere bir miktar para talebinde bulundu. Orada yeni gelişen yöntemleri öğrenme ve yeni fikirleri özümsemek üzere biraz zaman geçirmeyi umut ediyordu. Lise ailesinin yolculuk için bir miktar da fazladan para vermiş olmasına müteşekkir olarak o eylül ayında Berlin'e doğru yola çıktı.[5]

1907 yılında Berlin müspet bilimler açısından dünyanın en önemli merkezlerinden biriydi, ancak burada da akademi erkeklerin egemenliği altındaydı. Lise Meitner, Friedrich Wilhelm Üniversitesi'ndeki büyük fizikçi, kuantumun kâşifi Max Planck'tan derslerine girebilmek için izin istedi.

Planck ince ve nazik davranarak kendisini evine davet etti. Ardından da Lise'e doktora sahibi olmasına karşın yine de neden derslerine girmek istediği sorusunu yöneltti. Meitner buna fizik bilgisini ilerletme çabasında olduğu yanıtını verdi, bunun üzerine Planck konuyu kapattı. Doğal olarak Meitner Planck'ın kendisine yardımcı olmak istemediği sonucuna vardı. O dönem-

5 Sime, *Lise Meitner*, s. 22-23.

de üniversitelerdeki profesörler içerisinde, kadınların bilim alanında yapabilecekleri hakkında çeşitli görüşler vardı: Bazıları kadınların başarılı olabileceğine inanıyor, çoğu ise bilimin bir erkek işi olduğu yönündeki geleneksel yargıya sarılıyordu. Planck'ın görüşü bu iki ucun arasında bir yerde olsa gerek. Ona göre çok yetenekli olan kadınların bilimsel dünyaya girişine izin verilmeli, ancak becerileri daha düşük olanlara izin verilmemeliydi. Her ne kadar Meitner o dönem bunu fark etmemiş olsa da, Planck doktora derecesine, makale ve çalışmalarına da yansımış olan ondaki ışığın farkına varmış ve onun derslerine girmesinden memnun olmuştu.[6]

Eylül ayının sonuna doğru Meitner, Otto Hahn'la (1879-1968) tanıştı ve onun da radyoaktiviteyi araştırmaya yönelik büyük bir ilgi beslediğini gördü. Hahn bir kimyacıydı ve radyoaktiviteyi kavramak için gerekli olan fizik ve matematik altyapısına sahip değildi, Meitner de fizik ve matematikte iyi bir altyapıya sahipti, ama kimyası zayıftı. Yetenekleri birbirini tamamlıyordu ve fizik ile kimyanın kesişim noktasında, radyoaktif elementlerin hal ve devinimleri üzerine iyi bir çalışma yürütülmesinin potansiyelini taşıyordu. Hahn üniversitenin kimya bölümünde çalışıyordu, Meitner'i bölüm yöneticisiyle tanıştırdı ve yönetici yüce bir gönüllülük göstererek onun da orada çalışmasına izin verdi.

Berlin Üniversitesinde bir araştırma pozisyonu elde etmiş olan Meitner, şimdi Almanya'daki hem cinsiyetçi ve hem de yabancı düşmanı akademik atmosferle yüzleşmek durumundaydı. Meitner'in eşi benzeri görülmemiş ataması –Avusturyalı bir Yahudi kadın büyük bir üniversitede bir araştırma pozisyonuna layık görülmekteydi– büyük bir düşmanlık uyandırdı. Bu yüzden kurumundaki ana laboratuvarları kullanması engellendi ve kendisine çalışma alanı olarak binanın bodrumundaki marangoz kulübesinden bozma bir yer verildi. Bununla kalmadı, üst katlarda verilen derslerden herhangi birine katılması da kati biçimde yasaklandı.

Ancak bu utanç verici, aşağılayıcı çalışma koşullarına rağmen Meitner vazgeçmedi. Yaşama bakışı oldum olası pozitif olan bir insandı, ayrıca yeni dostlar edinme ve yaşam boyu

6 Sime, *Lise Meitner*, s. 26-27.

dostluklarını sürdürme konusunda doğal bir yeteneğe sahipti. Çalışkanlığı ve güzelliğiyle yakın çalışma arkadaşlarını büyülüyordu. Birkaç yıl içerisinde hayranları arasına Niels Bohr da dahil oldu ve onu başarısı her geçen gün artan Kopenhag'taki laboratuvarına transfer etmek için epey uğraştı.

Ancak Meitner Berlin'de kalmayı seçti. Üniversitede Otto Hahn'la iyi bir ekip oluşturmuşlar ve bu iki bilim insanı birlikte atomun yapısı ve radyoaktivitenin doğası konusunda önemli sonuçlar üretmeye aday büyük bir araştırma projesine dalmış vaziyetteydiler. Amaçları radyasyonun gizini çözmek ve dışsal radyasyonun sonucunda elementlerde gerçekleşen içsel değişimleri açıklayabilmekti.

Yaşanan, yakışıklı ve vatansever bir Alman erkek ile çekici ve zeki bir yabancı Yahudi kadın arasındaki çarpıcı mesleki işbirliğiydi; aynı zamanda bu ilişki fizikle kimyanın rastlantısal evliliği olarak da adlandırılabilirdi. Meitner'le beraber çalışmak ve böylelikle bir ekip olarak deneylerini sürdürebilmeleri için Hahn üst kattaki büyük ofisinden bodrum kata inmek zorunda kaldı.

İki bilim insanı beraber günlerce çalıştılar. Aralarında var olan gözle görülür ölçüdeki çekim gücüne rağmen mahremiyet içeren bir ilişki geliştirmediler. Öğle yemeklerini birlikte yediklerinde, bu her zaman laboratuvarlarında olurdu. Olağanüstü sonuçlara ulaştılar, bunları yayımladılar, toplamda radyasyon üzerine dev bir külliyat oluşturdular, Curie'lerin elde ettiği ilk bilimsel sonuçların devamını getirdiler. Tüm makalelerinde her ikisinin ismi ortak biçimde yer aldı.

Meitner ve Hahn'ın çalışmalarını bir süredir beraber yürütüyor oldukları 1908 yılı Aralık ayında, Ernest Rutherford da Nobel Ödülü aldığı İsveç'ten İngiltere'nin Manchester kentine dönüşü esnasında Berlin'e uğramıştı. Öncülüğünü yapmış olduğu uranyum çalışmasının devamını getirmeye çalışan bu iki genç bilim insanı kendisine takdim edildi. Rutherford, tam adını basılı yayında görmeme ihtimali olmadığı halde Meitner'in elini sıkarken ona, "Aa, sizin erkek olduğunuz sanıyordum ben!" demişti. Ardından da sırtını dönüp tüm vaktini Hahn'la geçirmeye koyulduğunda, Meitner'e Bayan Rutherford'un Berlin alışveriş taarruzuna eşlik etmek düşecekti.

4

MEITNER-HAHN BULUŞU

23 Ekim 1912'de Prusya hükümeti Berlin'in bir varoş semtinde Kaiser Wilhelm Kimya Enstitüsü'nün açılışını yaptı. Almanya'da kimya, temel araştırma alanı özelliği taşımaktaydı ve on yıllar boyunca en iyi kimyacılar Almanlar içerisinden çıkmıştı. Fizik ise, hem deneysel hem de kuramsal fizik olarak, itibar açısından henüz çok daha gerilerdeydi. Her ne kadar I. Dünya Savaşı, Röntgen'in X-ışınlarının yaralı askerlerin vücudundaki mermilerin bulunmasında ve kemik kırıklarının tespit edilmesinde faydalı olduğunu gösterecek olsa da, kuramsal fizik bir süre daha bir disiplin olarak yeterli kabulü göremeyecekti.

Yeni enstitü Oxford model alınarak kurulmuştu, kenarlarında sıralı ağaçlar olan bir park ortamında bilim insanlarının ve öğrencilerin gezintiye çıkıp fikirlerini tartışabileceği bir mekândı. Otto Hahn enstitünün kıdemli üyesi olarak yüksek bir maaşa hak kazanmıştı. Bu durum evlenerek bir aile kurmayı düşünmesine olanak tanıdı ve 1911'de tanışmış olduğu genç bir kadınla, Edith Junghans'la evlendi.[1]

---

1 Ruth Lewin Sime, *Lise Meitner: A Life in Physics* (Berkeley: University of California Press, 1996), s. 47.

Yeni enstitünün açılmasıyla birlikte Lise Meitner'in kaderi tümden değişti. Hahn'la paylaştıkları laboratuvarın kilit ortağı haline geldi. Hatta laboratuvarın ismi de buna uygun belirlendi: Hahn-Meitner Laboratorium. Her ne kadar Hahn'dan düşük olsa da maaşı birden en üst düzeye yükseldi. Ek gelirlerden kaynaklı olarak, enstitüde kendilerine verilen maaşın da ötesinde bir gelir elde etmeye başladılar. Birkaç yıl önce Hahn radyoaktivitesi yüksek bir element keşfetmişti ve toryumun ara radyoaktif izotoplarından biri olan elemente mezotoryum adını vermişti. Bu yeni kaynaktan yayılan gama ışınlarının yoğunluğu, mezotoryumun tıpta radyumun yerine kullanılmasına olanak sağlıyordu. 1913 ve 1914 yıllarında Hahn'a laboratuvarında saflaştırdığı bu elementin bir miktarı karşılığında 100.000 marktan fazla ödeme yapılınca, bu miktarın yaklaşık onda birini bu projede birlikte çalıştığı Meitner'e verdi.[2]

Hahn-Meitner Laboratorium, Kaiser Wilhelm Kimya Enstitüsü'nün kuzey kanadının ilk katındaki dört büyük odadan oluşuyordu. İki bilim insanı o dönemde radyoaktivitenin yarattığı sağlık sorunları iyi anlaşılamıyor olmasına karşın laboratuvarlarını olağanüstü derecede temiz tutuyorlardı.

Yirminci yüzyılın ikinci on yılına gelindiğinde Avrupa'daki laboratuvarlarda artık birçok fizikçi radyoaktiviteyi kavramak üzere çalışmalar yürütmekteydi. Bu dönemde kolayca tespit edilebilen radyasyon üzerine yapılan deneyler tamamlanmıştı. Araştırmaların çoğu şimdi çeşitli radyoaktif elementlerin niçin enerji saldığı ve fizikçilerin keşfederek isimlendirdiği çeşitli radyoaktif elementlerin ortak noktalarının ne olduğu sorusu üzerine yoğunlaşmıştı. Gizemin çözülmesindeki aşamaların araştırmacıları tekrar uranyuma dönmeye yöneltmesine henüz birkaç on yıl vardı. Henüz daha büyük gizeme dair ipuçları Avrupa çapında bölük pörçük de olsa birikme aşamasındaydı.

1912'de Hahn ile Meitner tutkulu bir araştırma çabasına girişmişlerdi. 1899'da Fransız kimyacı André-Louis Debierne pitchblende'den yeni bir radyoaktif element izole etmiş ve buna Yunanca ışın anlamına gelen *actinos* kelimesinden yola çıkarak aktinyum adını vermişti. Kimyasal aktivite açısından titanyum

2 Sime, *Lise Meitner*, s. 47.

ve toryuma benzeyen bu element (atom numarası 89, ağırlığı 227) son derece radyoaktifti ve radyasyon kaynağı olarak radyumdan 150 kat daha güçlüydü. (Hem alfa hem de beta parçacıkları yayan antinyumun bu radyoaktif özelliği, elementin helyum çekirdekleri ve elektronlardan oluştuğu anlamına gelir ve yarı-ömrü yaklaşık 22 yıldır.) Hahn ve Meitner aktinyumun nereden geldiğini bulmak istediler. Bu iki bilim insanının laboratuvarda bir elementi araştırırken karşılaştıkları ilk soru, bu elementin doğal yoldan mı oluştuğu, yoksa başka bir elementin yan ürünü mü olduğuydu. Aktinyum işlenerek pitchblende'den elde edildiği için Hahn ve Meitner elementin uranyumdan türediğini düşündüler. Yine de fizik ilkeleri bunun doğrudan uranyumdan gelemeyeceğini söylemekteydi, arada başka bir geçiş elementi olmalıydı. İkilimiz aktinyumu "doğuran" elementi aramaktaydı. Meselenin aşırı karmaşık ve çözümünün oldukça zor olduğu açığa çıkmıştı.

Yıllarca sürebilecek, sonunda çözümü garanti olmayan, uğruna harcanan tüm çabanın boşa gitmesi söz konusu olabilecek karmaşık araştırmalara girişmeye bilim insanlarını iten dürtü nedir? Hahn ve Meitner, Avrupa ve Amerika'da laboratuvar ve enstitülerde benzer çalışmalar yapan diğerleri yeni bir çağı açan öncülerdi. Kırk yıl kadar önce Mendeleyev bir elementler haritası oluşturduğunda, periyodik tablosunun tamamlanmış olmadığını biliyordu. Elementlerin atom ağırlıklarına göre sıralanarak dizilebileceğini düşünen oydu. O dönemde bilinenlerin arasına yerleşecek atom ağırlıklarına sahip olması gereken, henüz keşfedilmemiş başka elementler olduğunu öngörerek tablosunu genişlemeye açık bırakmıştı. Bir diğer deyişle tablo "tamamla beni" diye bağırıyordu. Yeni bir element bulmak araştırmacılar için büyük bir ödül olacaktı. Yeni bir elementi keşfetmenin dürtüsü beraberinde getireceği şöhretle birlikte kimyacı veya fizikçileri böylesi bir arayış için zaman ve emek harcamaya motive etmeye yetiyordu. Yirminci yüzyılın ilk birkaç on yılının bilim insanları, bugünün çoğu bilim insanı gibi belli bir hedefe takıntı düzeyinde odaklanmış durumdaydı: Evrenin sırlarını açığa çıkarmak, çevremizde olup bitenlerin arkasındaki işleyişi kavramak.



Maddenin nasıl ortaya çıktığı bilmecesini çözme yolunda radyasyonun gizemi önemli bir anahtardı. Radyoaktif elementler tanım gereği *kararsız* elementlerdir. Çekirdekleri radyoaktif bozunuma uğrar, bu süreçte çekirdeğin bir parçası radyasyon biçimini alarak dağılır. Nasıl? Alfa ışınları (veya parçacıkları – aslında iki proton ve iki nötronun birleşmesi olan helyum çekirdekleri), beta ışınları (veya parçacıkları – genellikle elektronlar) ve gama ışınları biçiminde (yüksek enerjili fotonlar veya ışık parçacıkları, gözle görülebilen izgenin dışındadır ve bu yüzden daha yüksek enerjilidir).

Radyoaktif elementlerin kararsız olması çok sayıda ilginç soruyu gündeme getirir: Neden çekirdek bozunuma uğrar? Bu bozunumun ürünleri nelerdir? Bozunduktan sonra çekirdeklere ne olur? Ve radyoaktif bozunumdan çekirdeğin yapısı konusunda ne öğrenebiliriz? Bu sorular Hahn, Meitner ve nükleer fizik ve kimya alanlarında çalışan başka araştırmacıların zihnini meşgul etmekteydi. Bugün, bir yüzyıl sonra bile bu konuları tam anlamıyla anladığımız ve bu sorulara eksiksiz yanıtlar verdiğimiz söylenemez. Uranyumun bozunma sebebinin çekirdeğinin bir anlamda "fazla büyük" – içinde "çok fazla" nötron olmasından kaynaklandığını biliyoruz. Ancak daha küçük çekirdekler de radyoaktif bozunuma uğruyorlar. Bozunumun sebebi bütünüyle boyutuyla ilgili değil, hatta daha çok çekirdeğin içindekilerle ilgili.

Deneysel yolları kullanarak bugün bilim insanları gizemli sihirli sayıların varlığına ulaşmış durumdalar: 2, 8, 20, 28, 50, 82 ve 126. Toplam proton ve nötron sayısı bu sayılara ulaşan elementler diğerlerine göre daha kararlı ve bozunuma daha uzak oluyorlar. Neden böyle olduğu bilinmiyor ve muammasını korumaya devam ediyor. Bu basitçe kürelerin "klasik" anlayışla paketlenmesinden de kaynaklı değil, tüm mikro olguların kuantum mekanik yasalarına uyduğunu biliyoruz. Burada daha derinde işleyen ve henüz anlayamadığımız bir kuantum mekanizma söz konusu.



Hahn-Meitner araştırma ekibinin aktinyumun kökenini bulması, uranyum bozunumu ve diğer nükleer süreçleri çevreleyen gizemi aydınlatabilirdi. O dönem bu süreç hakkında bilinenlerden yola çıkarak Hahn ve Meitner uranyumun doğrudan aktinyuma bozunmadığını, arada başka, henüz bilinmeyen bir elementin olduğunu ve bunun aktinyuma dönüştüğünü düşünüyorlardı. (Aslında koşullara bağlı olarak uranyum çeşitli elementlere bozunur.) Aktinyumu "doğuran element," onlara göre radyoaktivitesi çok zayıf olan ve bu yüzden çok duyarlı tespit yöntemleri geliştirmeyi gerektiren bir maddeydi. Radyasyon ölçümünde önceki deneylerden kalma radyoaktif elementlerin izleri gibi dış kaynakların etkisini minimize etmek, laboratuvarda özel koşullar elde etmek için çok daha büyük bir özen göstermeyi gerektirecekti.

Laboratuvarlarında ardalan radyasyonunun olabilecek en düşük düzeyde tutulması büyük bir önem taşımaktaydı. Bu onları laboratuvara kirlilik taşımama konusunda takıntılı hale getirdi. Laboratuvar asistanları sıkça yıkanmak, laboratuvar elbiselerini mümkün olan en üst düzeyde temiz tutmak ve bulaşma tehlikesine karşı (genel Alman alışkanlıklarına aykırı olarak) kimseyle el sıkışmamak zorundaydılar. Tuvalet kâğıdı ruloları telefonların ve kapı kollarının hemen yanındaydı, çünkü birisi dokunduğunda bunların hemen silinmesi gerekiyordu.[3] Laboratuvar çalışmasının kesinliğini arttırmak için başıboş radyasyonu azaltmak amacıyla uygulanan bu aşırı önlemlerin Hahn ve Meitner için hayırlı sonuçları oldu. Curie'ler, Enrico Fermi ve deneylerinde radyoaktif maddelerle uğraşan diğer bilim insanlarından farklı olarak Hahn ve Meitner böylelikle bedenlerinin maruz kaldığı radyasyon düzeyini düşük düzeylerde tuttular ve nihayetinde her ikisi de uzun bir yaşam sürdü. (Her ikisi de 89 yaşında öldü. Radyoaktif maddelerle uğraşan bilim insanları arasında nadir rastlanan bir yaş bu.)

Sadece pitchblende ve diğer uranyum yataklarından elde edilebilen aktinyum çok az miktardaydı ve daha önce belirtti-

3 Sime, *Lise Meitner*, s. 48.

ğimiz üzere bu elementin yarı-ömrü de görece kısaydı (Hahn ve Meitner 25 yıl tahmininde bulunmuşlardı; bugün bunun 22 yıla yakın olduğunu biliyoruz). Bu kısa yarı-ömür nedeniyle aktinyumun sürekli yenilenmesi gerekir, aksi halde doğadan yok olması beklenirdi. Buradan yola çıkarak pitchblende içerisinde "doğurgan" bir maddenin olduğu ve bunun uranyumun bozunumu sonucu ortaya çıktığı varsayımı yapılabilirdi. Ancak Hahn ve Meitner, aktinyuma yol açan uranyum bozunumunun, radyum ve radona yol açan uranyum sürecinden farklı ilerlemesi gerektiği düşüncesindeydiler. Aktinyumun kimyasal olarak tespiti zor değildi ve uranyum üzerine gerçekleştirilen çalışmalarda uranyumun aktinyuma dönüştüğü hiç tespit edilmemişti. Bu Meitner ve Hahn'ın burada daha gizemli bir sürecin işlediğini düşünmelerine sebep olmuştu.

O dönemde radyoaktivite ve süreçleri hakkında az sayıda bilgi, çokça kafa karışıklığı vardı. Keza yeni keşfedilen elementlerin periyodik tabloya nasıl yerleştirileceği de tartışma konusuydu. Elementler hakkında bilgimizin dış sınırlarına doğru ilerledikçe Mendeleyev'in tablosunun yapısını koruyup koruyamayacağı da belirsizdi. Geçen yüzyılın ortasında Rus kimyacı tarafından keşfedilen basit doğrusal ilerleyiş, acaba radyoaktif, dolayısıyla içsel olarak kararsız olan, başka elementlere saniyelerden başlayıp binyıllara uzanan bir zaman aralığı içerisinde bozunan elementler için geçerli olabilir miydi?

Bazı elementler aşırı yavaş bozunduğu için bazen hiç radyoaktif olduğu tespit edilemeden kalıyor, bazıları da çok hızlı bozunduğu için başka bir şey haline gelmeden önce kimyasal olarak tespit edilemiyordu. Radyoaktivite bilimi yeniydi ve her gün yeni keşifler yapılıyordu. Tüm bilgileri, hipotezleri, tahminleri tutarlı bir kuramda birleştirmek henüz çözülmemiş bir sorundu. Ancak 1913'te Polonyalı nükleer kimyacı Kasimir Fajans ve ondan bağımsız olarak İskoçyalı bilim insanı Frederick Soddy radyoaktif bozunumun önemli bir özelliğini keşfettiler. Bir radyoaktif element alfa bozunumuna uğradığında (bir helyum çekirdeği yaydığında) ortaya çıkan ürün, periyodik tabloda iki adım aşağıda bulunan başka bir kimyasal element oluyordu. Örneğin toryum (atom sayısı 90) alfa bozunumuna uğradığında,

radyum (atom sayısı 88) oluyordu. Birbirlerinden bağımsız çalışan bu iki bilim insanının bulduğu bir başka şey de, bir radyoaktif elementin bir beta parçacığı (elektron) yaydığında, periyodik tabloda kendisinin bir üstünde yer alan başka bir elemente dönüşüyor olmasıydı. Örneğin aktinyum (atom sayısı 89) beta bozunumuna uğradığında toryum (90) oluyordu.[4]

Kimyasal özellikler ile yayılan radyoaktivitenin doğası arasındaki ilişkiyi açıklayan bu yeni keşfedilen yasalar, kütlenin kimyasal aktiviteden bağımsız olduğunu, kimyasal aktivitenin atom ağırlığı değil, sadece atom sayısı tarafından belirlendiğini göstermekteydi. Frederick Soddy periyodik tabloda aynı yerde bulunan, ancak farklı radyoaktif özelliklere ve farklı ağırlıklara sahip iki veya daha fazla elementi belirtmek için izotoplar (Yunanca "eşit yer") kavramını ortaya attı. Başka bir deyişle bir elementin izotopları kimyasal olarak özdeş, ancak farklı atom ağırlıklarına sahiptirler.

Bu keşifler periyodik tablo içerisinde çeşitli element grupları olduğunu göstermekteydi. Hahn ve Meitner aktinyumun III. Grup adı verilen gruba dahil olduğu varsayımında bulundular.

---

4 Bugünkü modern yaklaşımımızla bu değişikliklerin anlaşılması kolaydır. Böylesi radyoaktif bozunum süreçlerini ele alırken atomda çekirdek etrafındaki elektron kabuğunu tümüyle göz ardı edin. Bunlar *çekirdeksel* süreçlerdir ve sadece çekirdeğin içerisinde gerçekleşirler. Atomun dış tarafındaki elektronlar kendi başlarının çaresine bakarlar, diğer bir deyişle çevreleriyle etkileşerek sayıları artar veya azalır. Kimyasal özelliklere bir etkide bulunmadıkları için çekirdeğin içerisindeki nötronların sayısını da tamamen göz ardı ederiz. Her durumda ortaya çıkan elementin kimyasal özelliklerinin sadece çekirdekteki proton sayısı tarafından belirlendiğini varsayarız. Dolayısıyla örneğin çekirdeğinde bir proton olan bir element (dıştaki elektronları göz ardı ederiz) hidrojendir. Çekirdeğinde iki proton olan element helyumdur; üç proton varsa lityum demektir vs. Yukarıda anlatılan ilk nükleer süreç olan alfa bozunumunda bir element parçalanırken iki proton kaybeder, bundan dolayı periyodik tabloda (kimyasal açıdan) iki basamak aşağıdaki element haline gelir. Yukarıdaki ikinci *nükleer* süreç olan beta bozunumunda çekirdek bir elektron kaybeder. Bu çekirdeğin içerisindeki nötron parçalandığında gerçekleşir, bir elektron kaybederek protona dönüşür. Bu yolla element bir proton kazanır, atom numarası (sadece protonların sayısıyla belirlenir, nötron sayısıyla değil) bir artış gösterir ve periyodik tabloda bir basamak *üstteki* elemente dönüşür. Elbette bu anlatılanlar o dönemde bu netlikte anlaşılmıyordu, çünkü nötron ancak bundan yaklaşık yirmi yıl sonra, 1932'de James Chadwick tarafından keşfedilecekti.

Bu doğruysa Hahn ve Meitner'in çıkarımına göre yeni keşfedilen alfa ve beta radyasyon yasalarına göre tabloda V. Grup'ta bir boşluk vardı. Bu henüz bilinmeyen elementin toryum (atom sayısı 90) ile uranyum (atom sayısı 92) arasında olması gerekiyordu. Bu henüz tespit edilmemiş element (atom sayısı 91), aktinyum için aradıkları "doğuran element" olmalıydı. Ancak bu neredeydi? Ve nasıl bulacaklardı?

Bu gizemli yeni element çok zayıf bir radyoaktiviteye sahip olabilirdi, ancak pitchblende'nin veya bir uranyum tuzunun içinde bir yerlerde olmalıydı, çünkü uranyumda her zaman çok az bir miktarda da olsa aktinyum bulunurdu. Hahn ve Meitner iki uranyum kaynağı üzerinde çalıştılar. Biri eski bir uranyum tuzu örneği olan, laboratuvarlarında birkaç yıldır kullandıkları bir uranyum nitrat parçasıydı. Diğeri de Joachimsthal pitchblende'sinden bir saf uranyum filizi örneğiydi. Her iki kaynak da ufak tefek uranyum bozunum ürünlerine yol açtı: Tantal grubundan elementler, polonyum, toryum, radyum ve bunların yanı sıra uranyum radyoaktif bozunumun çeşitli aşamalarına maruz kaldıkça ortaya çıkan bazı başka elementler. Tüm bu ürünlerin incelenmesi, üzerilerinde kimyasal ve elektroskopik olarak çalışılması gerekmekteydi. Takip ettikleri laboratuvar sürecinin mantığı, uranyum bozunumunun yarattığı kısa ömürlü izotopların radyasyonu yıllarca süren bir gözlemi gerektirecekken, (yarı-ömrünün 25 yıl olduğunu tahmin ettikleri) aktinyum daha hızlı birikecekti. En sonunda aktinyuma yol açan (muhtemelen daha az radyoaktif) elementin varlığı görünür olacak ve yapacakları kimyasal analizle en nihayetinde tespit edilmesi mümkün olacaktı. Bu zorlu çalışma birkaç yıl boyunca büyük bir dikkatle sürdürülmek zorundaydı.



1914 yazında artık Hahn ve Meitner araştırmalarının en heyecan verici bölümündeydiler. Tantal ürünlerini pitchblende'deki izotop karışımından ayrıştırmak üzere silikon dioksit kullanıyor, aktinyumun gizemli "anne"sini daha rahat araştırmalarını sağlayacak yeni kimyasal süreçler geliştiriyorlardı. I. Dünya Savaşı'nın patlak vermesiyle, vahim sonuçları olacak bir küresel

olay gerçekleşti. Alman ordusunun yedek birimlerine üye olan Otto Hahn askere çağrıldı ve Berlin laboratuvarından ayrılmak zorunda kaldı.

Hahn savaşa gitmek ve ülkesi için savaşmak için hevesliydi. Almanca konuşan uluslar, Almanya ve Avusturya haklı konumda olduklarına inanıyorlardı, hatta Meitner'in bile Avrupa'yı saran savaş dalgasından kaygı duymasına karşın anavatanı Avusturya'nın pozisyonunu savunduğu görülmekteydi. Yine de bilim insanları arasında savaşın mutlak biçimde kabul görmediği not edilmelidir: Kuraldışı bir örnek olarak Einstein savaşa açık biçimde muhalefet etti, onun savaşa ve genel olarak militarizme karşıtlığı iyi biliniyordu.

Hahn Belçika cephesindeyken Meitner doğudaki askeri hastanelerde yaralı askerlere yardım için gönüllü oldu. Burada karşılaştığı gerçek, tıbbi açıdan pek az şey yapılabilecek, ölmek üzere olan Macar askerleri oldu. Savaşın ilerlemesiyle birlikte Almanlar cephede düşmanları öldürmek üzere bazı kimyasalların üretimini hedefleyen gizli bir projeye giriştiler. Kaiser Wilhelm Kimya Enstitüsü'nün bir bölümü gizlice zehirli gaz üretimi için araştırma laboratuvarlarına çevrildi. Meitner Yahudi bir Avusturyalı kadın olarak otoritelerce güvenilmez bulunduğu için laboratuvarların dışında tutuldu ve çalışmalardan haberdar edilmedi. Ancak mektuplarından enstitüde ne olup bittiğine dair "hayli iyi bir fikre" sahip olduğu görülmektedir.[5]

Otto Hahn'ın ise kimyasal savaş uzmanı olarak ataması yapıldı ve kendisine Belçika cephesinde zehirli gaz kullanılan deneylere katılma emri verildi. Kısa bir süre içerisinde de klorin gazı savaşta ilk kez kullanıldı ve sonuç dehşet verici oldu. Siperlerde klorine maruz kalan düşman askerleri büyük bir acıyla can çekişerek öldüler ve bunun böyle olacağı deneyleri yürüten ve Öncü Alayı olarak adlandırılan Alman bilim insanları tarafından gayet iyi biliniyordu. Ekip kimyacı Fritz Haber tarafından organize edilmişti ve Hahn'ın yanı sıra içlerinde James Franck ve Gustav Hertz'in yer aldığı başka Alman bilim insanları da vardı.

5 Sime, *Lise Meitner*, s. 48.

Nisan 1915'te bu birim doğuya nakledildi ve gazlar bu kez cephedeki Rus askerlerine karşı kullanıldı. Alman bilim insanları daha etkili ve öldürücü kılmak için kimyasalda kimi değişiklikler yapmışlar, klorin gazı yerine bu kez klorin ile fosgenin bir karışımını kullanmışlardı. Hahn ve beraberindekiler yaptıkları bu karışımın bir savaşta görülebilecek en büyük acıyla ölmekte olan Rus askerleri üzerindeki o korkunç etkisini görebiliyorlardı. Buna rağmen Hahn savaş bitene dek biriminden ayrılmadı ve zehirli gazı olabilecek en etkili düzeye getirmek için çeşitli kimyasallarla deneylerini yapmaya devam etti. Anılarında bu tutumundan dolayı üzüntüsünü belirtirken, zehirli kimyasallarla çalışmanın Alman bilim insanlarının zihinlerini "hissizleştirdiğini" ve böylece "vicdanlarını yitirdiklerini" söyledi.[6] Bu saçma özür, Hahn'ın uranyum üzerine çalışmasının önem kazandığı II. Dünya Savaşı sırasındaki tutumunu sorgulamayı gerektiriyor. İnsan ister istemez, o dönem adanmış bir Nazi bilim insanı olarak Hitler'in atom bombasına sahip olması için çalışan biri mi, yoksa bilimsel bilgiyi ilerletmek için yaptığı çalışmaların kendi iradesi dışında kötü emeller için kullanıldığı masum bir bilim insanı mı olduğunu merak ediyor.

Ocak 1917'de Hahn Berlin'e izine geldiğinde, o ve Meitner uzun savaş yılları boyunca uykuya yatırılmış deneyleri üzerinde çalışmaya devam ettiler. Dört yıllık süre boyunca uranyum nitrattan çıkardıkları tantal grubu örneklerin aktinyuma yol açtığına dair hiçbir ize rastlamamışlardı, bu yüzden artık aktinyum elementini doğuran elementi burada bulma olasılığının çok düşük olduğunu düşünüyorlardı. Bu deneye devam etmeme kararı alarak dikkatlerini pitchblende örneğinden çıkardıkları silise çevirdiler. Silis, pitchblende'deki tantal benzeri elementlerin tümünü içeriyordu. Dört yıl boyunca ışıyarak yayılmış bileşiklerin karışımında şimdi ne olduğunu analiz ettiklerinde, küçük bir parça aktinyum olabileceğini düşündükleri bir şey keşfettiler!

Karışımdan mikroskobik miktardaki aktinyumu izole etmek için hararetle (ancak aylar sürecek) bir çalışma yürütürlerken, Kaiser Wilhelm Kimya Enstitüsü'nün yönetsel yapısında kimi değişiklikler olacağı açıklandı. Enstitü Hahn-Meitner

6 Sime, *Lise Meitner*, s. 58.

Laboratorium'u iki ayrı bölüme ayırdı: Bir kısım Lise Meitner'in başkanlığında fizik bölümü olurken, diğer kısım Hahn'ın yönettiği kimya laboratuvarı olarak devam edecekti. Bu yeni atamayla Lise Meitner ücret artışına hak kazandı, artık maaşı Hahn'la eşit düzeydeydi.[7] Artık her ikisinin yönetmesi gereken iki ayrı bölüm vardı, ancak Hahn Berlin'deyken beraber çalışabileceklerdir.

Hahn cephede zehirli gazlar üzerine çalışmaya devam etti, Meitner de deneylerine. 21 gram pitchblende (uranyum cevheri) daha tozlaştırdı ve nitrik asitte kaynattı; bu daha çok silis kalıntısı sağlıyordu. İşlem, aynı tantal benzeri elementlerden üzerinde çalışılabilecek ve içlerinde aktinyumu "doğuran" elementin de olduğu düşünülen 3,5 gramlık bir kalıntı sağladı. Meitner bunun 1,5 gramını kontrol elementi olarak kullanmak üzere bir kenara koydu ve kalan iki gramla çalışmaya koyuldu. Bunu, kalıntının en etkili solvent (çözücü) olan hidroflorik asitle işleme sokulması dahil, sonraki adımları izledi. Bu çözeltiden alfa ışınımı yayan çeşitli elementler çok yavaş biçimde ayrıştırıldı, bu işlem Meitner muhtemel "aktinyumun annesi" bir yavaş alfa yayıcısıyla karşı karşıya kalana dek sürdü. Bu kalan element şimdi radyoaktif bozunumunun gerçekten aktinyuma yol açıp açmadığının tespiti için uzun bir süre gözlem altında tutulmak zorundaydı.[8]

Ancak bir dizi hassas problem ortadan kalkmış değildi. Araştırmacılar aktinyumun kendi bozunum ürünleri olmadan gözlendiğinden emin olmak zorundaydılar, bir diğer deyişle aktinyumun bozunduğu element bir şekilde ortadan kaldırılmalıydı. Ayrıca toplam radyasyonda aktinyumdan kaynaklı alfa ışınımı ile onu doğuran elementten kaynaklı alfa ışınımının ayırt edilebilmesi gerekirdi. Nisan 1917'de Hahn yeniden kısa bir izinle laboratuvardaydı ve bunca yıl boyunca ulaşmak istedikleri hedefin bu kadar yakınında olmanın heyecanı her ikisini de yiyip bitirmekteydi. Gece-gündüz kesintisiz çalıştılar. Peşlerinde oldukları kimyasal elementin pitchblende'den damıttıkları ve tam önlerinde duran silis kalıntısının içerisinde olduğunu biliyorlardı, ancak elementi tamamen izole etmeleri gerekiyordu.

7 Sime, *Lise Meitner*, s. 63.
8 Sime, *Lise Meitner*, s. 64.

Ellerindeki malzemeyi bir altı ay daha dikkatle inceledikten sonra Meitner tam olarak beklediği şeyi gördü ve ölçtü: Aktinyuma özgü radyasyonda doğrusal bir artış, bununla beraber aktinyumun önceline ait radyasyonda bir azalma. Bunun ardından ana elementin yarı-ömrünü ölçüp tahmin etmeye girişti. 1917'nin sonbaharında Hahn tekrar Berlin'deyken ikili yeni elementi yalıtma ve verilerini tahmin etme çalışmalarına devam etti. Bir sonraki yılın martında Hahn ve Meitner bilimsel makalelerini yayımladılar. Makale, bilimsel çalışmayı destekleyici koşullar sayılamayacak olan savaş ve kıtlık baskısı altında yıllar boyunca süren araştırmalarının sonucunu içeriyordu. Bu onların zaferiydi. "Aktinyumun Ana Maddesi, Uzun Yarı-Ömürlü Yeni Bir Radyoaktif Element" başlıklı çalışma, en önemli Alman fizik dergisinde yayımlandı. Makalede Hahn ve Meitner keşfettikleri element için *protaktinyum* ("proto-aktinium," aktinyumun önceli madde) adını önerdiler. İşin büyük çoğunluğunu Meitner tek başına yapmış olmasına karşın, Hahn'ın ismi çalışmada kıdemli yazar olarak geçmekteydi.[9]

Böylece sonunda bir dizi çetin deneyin ardından 1917 yılında Meitner ve Hahn büyük bir keşifte bulunmuşlardı: Kimyasal olarak vanadyuma benzeyen ve uranyum filizinde çok küçük miktarlarda bulunan bir metal olan radyoaktif protaktinyum elementini izole etmişlerdi. Soddy ve Fajans'ın çalışmasını yeni bir element bulmak için uygulamış ve bunu yaparken bu araştırmacıların sonuçlarına kuvvet kazandırmışlardı. Bu önemli bir başarıydı, ancak ikilimiz henüz yapılacak çok iş olduğunun bilincindeydi. Uranyumun başka elementlere tam olarak nasıl dönüştüğüne dair cevaplamaları gereken sorular vardı: Radyoaktif bölünme süreci tam olarak nasıl işliyordu? Yeni elementin keşfine zemin oluşturan derin gizem varlığını sürdürmekteydi. Bizimkilerin aynı sorunun yanıtının peşinde olduklarından habersiz oldukları sıkı rakipleri hem Paris hem de Roma'da bulunuyordu.



9 Sime, *Lise Meitner*, s. 71.

İnternetten önceki zamanlarda da bilim insanları çeşitli yollarla fikir alışverişinde bulunurlardı. Değişik düzeylerde çok sayıda konferans düzenlenir, bunların bazılarının katılımcıları tüm dünyadan olurken, bazıları da dar disiplinle veya coğrafi konumla sınırlı olurdu. Okyanuslar ötesine yolculuk günler süren deniz seyahatlerini gerektirdiğinden başka bir kıtadaki toplantıya katılım zor olurdu. Ancak Avrupa'da bilim insanları etkili tren yolu sistemi sayesinde (bugün bile mükemmel biçimde işlemektedir) göreli olarak daha rahat toplanabiliyorlardı. Dergilere yollanan makaleler ön baskılar biçiminde de dağıtılır, böylelikle bilim insanları alanında çalışanların ne yaptığını hızlıca öğrenebilirlerdi. Ve nihayet bilim insanları Ernest Rutherford ve Niels Bohr gibi büyük ustalardan teknikler öğrenebilmek için diğer ülkelerde kurulmuş başlıca laboratuvar veya merkezlerde bir veya iki yıl geçirebilirlerdi.



Fransa'da Marie ve Pierre'in en büyük kızı Irène Curie, I. Dünya Savaşı sırasında hemşire ve röntgen uzmanı olarak hizmet etmek üzere Paris'teki Bilim Fakültesindeki öğrenciliğini yarıda bırakmış, cephede görevli doktorlara yeni X-ışını makinelerinin nasıl çalıştığını gösteriyordu. Savaş seferberliğine kahramanca katkısı için ulusunun övgüsünü hak etmişti. Savaştan sonra eğitimini tamamlamak üzere geri döndü. Annesinin fiziksel özelliklerini taşıyordu (büyük bir alın, çıkık elmacık kemikleri ve doğal kıvırcık açık kahverengi saçlar) ve Radyum Enstitüsü'nde derin bir özenme ve hayranlık taşıdığı Marie'nin yanında o kadar çok zaman geçirmişti ki, laboratuvar asistanları ona "prenses" adını takmışlardı. Irène radyasyon hakkındaki kendi çalışmasına Sorbonne'dan bir fizik doktorasına hak kazanmak için başladı. 1925'te bu dereceye layık görüldüğünde, olay tüm dünya gazetelerine yansıdı. Bilim alanında kariyer yapmak onun kaderiydi ve Paris basını sıkça bu rüküş giyinen, sosyal yapmacıklıktan uzak ve sıradışı genç yıldızın başarılarından bahsediyordu.

Savaş bittiğinde Marie Curie enstitüye yeni çalışanlar katmak üzere personel görüşmeleri yaptı ve Paul Langevin'in önerisiyle genç Frédéric Joliot'yu işe aldı. Çok geçmeden Frédéric

ve Irène birlikte uranyum üzerine çalışmaya başladılar ve ortak deneylerinde kimin yönetici olduğu üzerine kavgayla dolu birkaç yılın ardından da evlendiler. Ortak yönlerinden biri, Marie'ye karşı duydukları neredeyse doğal olmayan düzeydeki hayranlıktı. Ergenlik çağında Frédéric, Curie'lerin keşifleri hakkındaki gazete haberlerini kesip duvarına yapıştırırdı. Şimdi Frédéric ve Irène, Marie'nin önceki çalışmalarını sürdürme ve genişletmeye kararlıydılar.

Bu hedefe ulaşmak için Curie ve Joliot'nun yeni araştırma ekibi Meitner ve Hahn'ın Berlin'de çözmeye kararlı olduğu aynı gizemi araştırmak istiyordu. Her iki ekibi 1920'ler ve 1930'lar boyunca uğraştıran ve genel olarak radyoaktivite problemlerine genişletilebileceğini umdukları sorun şuydu: Parçacık yağmuruna tutulursa uranyuma ne olacaktı? Nötron ışıması (radyoaktif çekirdeklerden nötron bırakılması), 1930'ların başında İngiltere'de James Chadwick (1891-1974) tarafından keşfedilmişti ve şimdi fizikçiler bir uranyum çekirdeğine bir nötron çarptığında ne olacağını bilmek istiyorlardı.

Özelde, uranyum (en ağır doğal element) bu ek nötronu emebilecek mi, yoksa bazı bilim insanlarının var olduğunu savladıkları daha büyük, daha ağır bir "trans-uranik" atom mu oluşturacak? (Uranyum-ötesi elementlere bir örnek plütonyumdur, atom ağırlığı 239'dur ve uranyum-238'den ağırdır, ancak plütonyum farklı bir süreç sonucunda yaratılan yapay bir elementtir ve keşfedilmesi çok daha sonra olacaktır.)

1932'de Roma'da bir dâhi aynı problem üzerine bu kez tek başına çalışmaya başlar. Bundan birkaç yıl sonra bir yanıta, hem Berlin hem de Paris'teki rakiplerinden önce bir deneysel kanıta ulaştığına emin olacaktır.



Fizik ve kimya alanında laboratuvar çalışması çetin bir uğraştır o günlerde, tıpkı şimdilerde olduğu gibi. Deneyde kullanılacak reaktif bileşiklerin hazırlığı uzun saatler gerektirir. Örneğin saf maden filizinin bir asit veya okside edici bir madde (çamaşır suyu gibi etki yaratacak bir madde) tarafından saatler, günler veya haftalar boyunca işleme tabi tutulması ve aşırı işlem görmeme-

sini güvence altına almak için hazırlık süresinde belli aralıklarla dikkatle gözlemlenmesi gerekir. Ardından deneylerin kendisi gelir, onların da belli aşamaları vardır, her bir aşama çok uzun zaman alabilir. En son olarak hesaplamalar yapılır, denklemler kullanılarak matematiksel modellemeler çıkarsanır ve ardından da sonuçların analizi ve kaydı yapılır. Bu hiç abartısız söylersek, sonu olmayan, yorucu bir çalışma demektir. Laboratuvarda bilgiye ulaşma çabası, genellikle herkesin özveriyle zamanını feda etmesi ve kişisel yaşamlarının bir bölümünü araştırmanın ihtiyaçlarına hasretmesi anlamına gelir.

İki dünya savaşı arasında hükümetler araştırma ve geliştirmeye büyük yatırımlar yaptılar. Sanayinin yeniden inşası ve ekonomilerin yeniden kendi ayakları üzerinde yükselmesi gerekiyordu. Özellikle Almanlar, ama aynı zamanda İngilizler, Fransızlar ve Amerikalılar da eğitim ve araştırma kurumlarına büyük paralar yatırdılar. Bilim büyük bir ilerleme gösteriyordu ve bugün olduğu gibi bazı alanlar diğerlerine göre daha popülerdi ve en keskin zekâları kendisine çekiyordu. Genel olarak fizikte, özel olarak da radyoaktivite araştırmalarında yaşanan bu oldu.

Bilim insanları giderek daha zekice deneyler kurguladılar, bunlar üzerinde tartışmalar yürüttüler, kimya, matematik ve teorik fizik gibi değişik alanların bilgisini birlikte seferber ederek bunları analiz ettiler. En gelişkin teknolojiyle yürütülen bu çalışmalarda gerçeğin üzerindeki örtüyü kaldırmak üzere farklı ekipler birbirleriyle sıkı bir yarışa girdiler.

5

ENRICO FERMI

Enrico Fermi (1901-1954) Roma'da orta sınıf bir ailenin çocuğu olarak dünyaya geldi. Po Vadisi köylülerinden, kendi kendisini yetiştirmiş babası Alberto, İtalyan demiryollarında üst düzey bir memurdu. Annesi Ida ise İtalya'nın güneyindeki Bari'den bir okul öğretmeniydi. Aile, demiryolu istasyonuna yakın, sadece soğuk suların aktığı bir apartman dairesinde yaşıyordu. Yaşları birbirine yakın üç çocukları vardı: En büyükleri Maria 1899 doğumluydu, 1900 doğumlu Giulio onu izliyordu, en küçükleri Enrico da 1901 yılında doğmuştu.

Enrico ve Giulio birbirlerine çok yakındılar; hatta öyle yakınlardı ki, başka arkadaşları yoktu. İki oğlan birbirlerinin sırları dahil her şeylerini paylaşır, birlikte el yapımı usta işi makineler yapar, matematik ve fizik bulmacaları çözerlerdi. Ancak Giulio 15 yaşındayken boğazındaki ayakta tedavi edilebilecek basitlikteki bir apsenin alınması için yapılan ameliyatta, bir anestezi hatası sonucu trajik biçimde hayatını kaybetti. Bu kayıp aile için korkunç bir darbe oldu. Giulio, Ida'nın en sevdiği çocuğuydu ve ölümünden sonra acısının dinip teselli bulması mümkün olmadı. Yas içerisinde, dinmeyen acısıyla Ida, Enrico yirmili yaşlarının ortalarındayken, vefat etti. Enrico sadece ağabeyini

değil, aynı zamanda en yakın arkadaşını kaybetmişti, o da kendisini dünyaya kapattı ve teselliyi kitaplarda aradı.

Enrico Fermi de, Lise Meitner gibi, 14 yaşındayken fizikçi olmaya karar vermişti. Ancak cinsiyetinden dolayı kültürel engelleri aşmak zorunda olan Avusturyalıdan farklı olarak, genç Fermi'nin tutkusunun peşinde koşmasının önünde fazla engel yoktu. İki şeyi her şeyden çok severdi: Uzun doğa yürüyüşlerine çıkma ve kitap okuma. Roma'da fizik ve matematik üzerine istediği her kitabı bulabiliyordu. On dokuzuncu yüzyıl, İtalyan matematiği ve kuramsal fiziğinin altın çağı olmuştu, önceki yüzyıllarda da İtalya bilimde Galileo'nun büyük geleneğinin izinde önemli bir ilerleme sağlamıştı. Ergenlik çağında Enrico en iyi İtalyan bilim insanlarının kitaplarını buldu ve bunları deyim yerindeyse yutarak okudu. Bu kitapları bulmak ayrıca onun bir sanat düzeyine yükselttiği zevkli bir macera haline gelmişti. Her çarşamba Roma'da pazar kurulduğunda, şehrin merkezindeki bir meydan olan ve Giordano Bruno'nun 1600 yılında yakılarak öldürüldüğü Campo dei Fiori'ye giderdi. Pazarda eski kitap satan çok sayıda sahaf tezgâhlarını açar ve Enrico vaktini ilgisini çeken kitapları bulmak üzere onların arasında geçirirdi. Bir Cizvit olan Andrea Caraffa'nın 1840 yılında, yetmiş beş yıl önce kaleme aldığı *Elementorum physicae mathematicae* (*Matematiksel Fiziğin Unsurları*) kitabının ciltleri 1915'te burada Fermi tarafından satın alındı.[1] On dört yaşındaki Fermi okulunda bu kitabı okuyup anlamaya yetecek kadar Latince öğrenmişti bile. Bu, genç oğlanın ilk fizik kitabı oldu, bunu aynı kaynaktan edindiği başka kitaplar izledi. Kitabı okurken Enrico kız kardeşine "Harika bir kitap! Gezegenlerin hareketini açıklıyor!" yorumunu yaptı ve devam etti: "Buradan her çeşit dalganın nasıl yayıldığını öğrenebiliyorum." Maria ilgili gibi görünmeye çalıştı, ancak bu onun için zordu. Fizik veya matematikle ilgilenmiyordu. Günün birinde Enrico ona, "Biliyor musun" dedi, "kitap Latince yazılmış, ben yeni fark ediyorum."[2]

1 Emilio Segrè, *Enrico Fermi, Physicist* (Chicago: University of Chicago Press, 1970), s. 1.

2 Laura Fermi, *Atoms in the Family: My Life with Enrico Fermi* (Chicago: University of Chicago Press, 1954), s. 19.

Fermi'nin okulda matematik ve fizik derslerindeki başarısı göze çarpıyordu. Bilgi susuzluğunu giderebilmesi, ancak kendi başına ileri araştırmalar yapmasıyla mümkün oluyordu. O dönemde babasının emrinde çalışan bir demiryolu memuru olan Adolfo Amidei'yle bir konuşması oldu. Otuzlu yaşlarının sonunda olan Amidei'nin matematik ve fizik problemleri okumaya ve çözmeye bayılan tutkulu bir amatör matematikçi olduğunu biliyordu. Keza Amidei'nin geniş bir kütüphanesi olduğunu da biliyordu. Enrico sıkça babasının işyerini ziyarete gider ve eve dönüşünde ona eşlik ederdi. Bir gün Amidei'yle matematik üzerine bir sohbete başladı. Amidei'ye sordu: "Önemli geometrik özelliklerin ölçüm mefhumu kullanılmadan bulunduğu bir geometri dalının olduğu doğru mu?"[3]

Amidei böyle bir matematik alanı olduğunu ve buna izdüşüm geometrisi denildiğini söyledi. Ona konuya ilişkin bir kitap verdi, Fermi de kitabı hızlıca okuyup bitirdi. Amidei hayretle, Fermi'nin sadece kitapta yazılı her şeyi anlamakla kalmadığını, metinde yer alan ve bazılarında Amidei'nin çözüm için epey uğraşmak zorunda kaldığı birkaç yüz problemin tümünü kolaylıkla çözmüş olduğunu gördü. Ardından da Fermi, Amidei'ye acaba başka kitaplar ödünç verip veremeyeceğini sordu. Afallamış olan Amidei, patronun oğlunun sıradışı bir dâhi olduğunu anlamıştı. Fermi'nin gelecekteki öğrencisi ve Nobel Ödülü ortağı Emilio Segrè'ye sonradan yazdığı üzere "Enrico'nun, en azından geometri alanında bir dâhi olduğunu anlamıştım. Bu görüşümü Enrico'nun babasına açtım, onun yanıtı 'evet' oldu, oğlu okulda iyi bir öğrenci olarak kabul ediliyordu, ancak öğretmenlerinin hiçbiri onun bir dâhi olduğunu fark etmemişti."[4]

1914-1918 arasındaki savaş yıllarında Amidei Fermi'nin entelektüel gelişimini besledi, ona cömertçe kendi kütüphanesinden matematik ve fizik kitapları ödünç vererek her bir kitabı bir yıl veya daha uzun bir süre elinde tutmasına izin verdi, genç adamla kitaplardaki düşünce ve problemler üzerine tartışmalar

3 Adolfo Amidei'den Emilio Segrè'ye mektup; Segrè, *Enrico Fermi, Physicist*, s. 8'den alınmıştır.

4 Adolfo Amidei'den Emilio Segrè'ye mektup; Segrè, *Enrico Fermi, Physicist*, s. 9'den alınmıştır.

yürüttü. Bu kitapları günün ve önceki yüzyılın en iyi matematikçi ve fizikçileri kaleme almıştı. Cebir kitabını Ernesto Cesàro, analitik geometri üzerine olanı Luigi Bianchi, yüksek matematik kitabını Ulisse Dini, mantık üzerine olan kitabı Giuseppe Peano yazmıştı; bu yazarlar zirvesindeki İtalyan matematiği için tam bir "Kim Kimdir?" listesi oluşturmaktaydı. Önemli Avrupalı matematikçilerin kaleme aldığı kitaplar da vardı, bunların içerisinde H. Grassmann'ın Almanca bir metni ve saygın Fransız matematikçi Simon-Denis Poisson'un (o günlerde ilginç biçimde fizik değil, matematik dersi kapsamında olan) kuramsal mekanik üzerine temel bir bilimsel incelemesi de yer alıyordu. Fermi bu metinleri zorlanmadan okuyabiliyordu: Fransızca zaten okulda öğretiliyordu, matematiksel metin ve tezleri anlayabilecek kadar Almancayı da kendi kendisine öğrendi. Böylelikle gelişme çağındaki matematik dâhisi, o dönem öğrencileri üniversiteye hazırlayan liselerde öğretilenlerin çok ötesinde dev bir bilgi birikimini özümsedi.

Roma o dönem (ve halen) harika bir üniversiteye sahip olduğu için Amidei Enrico'nun Pisa'daki Scuola Normale Superiore'ye gönderilmesini tavsiye etti. Scuola Normale Superiore, Pisa Üniversitesi'ndeki en itibarlı fakülteydi. On yedinci yüzyılda Galileo'dan başlayarak en iyi matematikçileri kendisine çeken bu okul, Fermi'nin kitapları üzerinde uzmanlaştığı iki matematikçi, Bianchi ve Dini'ye de ev sahipliği yapmıştı. Tüm matematik öğrencilerinin isimlerini bildiği Gregorio Ricci-Curbastro, Vito Volterra ve Guido Fubini gibi İtalyan matematikçilerin *crème de la crème*'i [en iyiler] burada çalışmıştı.

Bir çocuklarını zaten kaybetmiş olan Fermi ailesi, özellikle de Roma'da iyi bir üniversite varken, Enrico'nun şehir dışına gitmesi konusunda istekli değildi. Ancak Amidei oğullarının kendisinin bildiği en iyi matematik ve fizik enstitüsüne gitmesine izin vermeleri için aileye ısrarcı oldu, hatta neredeyse yalvardı. Oğlanın geleceğinin alacağı eğitimin kalitesine bağlı olduğunu vurguladı ve nihayet birkaç ay sonrasında da onları yumuşatmayı başardı.

Pisa'da on bin öğrenci vardı, ancak Scuola Normale Superiore sadece kırk öğrenci alıyordu. Seçme öğrenci grubu yatılı

olarak, Pisa kulesine yakın bir Rönesans sarayına, Palazzo dei Cavalieri'ye ("Şövalyelerin Sarayı") yerleştiriliyordu.[5]

Derslerin yüksek düzeyine rağmen Fermi rahatça akademik başarıya ulaştı. 1919 yılında, üniversitedeki ikinci senesinde, Fermi içerisine fizik hakkında derste ve bağımsız okumalarında öğrendiği her şeyi yazdığı bir not defteri tutmaya başladı. Tüm kuramlarını, çok sonrasında tüm çalışmalarını bitirip İtalya'dan ayrıldıktan sonra Birleşik Devletler'e gittiğinde bile yanında taşıdığı bu defterde geliştirecekti. (1954'te Amerika'da ölümü sonrasında vasiyeti gereği Chicago Üniversitesi'ne bırakılan yazılı çalışmalarından biri de budur.) Not defterinde kuantum kuramının ilk unsurlarına dair kavradıklarını (Max Planck'ın çözümlediği kara cisim ışıması, Einstein'ın fotoelektrik etki üzerine sonuçları ve Bohr'un atom tarifi), bunların yanı sıra görelilik hakkında edindiği bilgileri kaydetti. Çok geçmeden hocaları ve öğrenci arkadaşları onun gerçekten sıradışı yeteneklere sahip, kendi kendine üzerinde çalıştığı büyük fizikçilerin ayarında bir dâhi olduğunu fark edeceklerdi.

Fermi kısa zamanda fakülte ve üniversitede fizik bölümünün lideri olarak şöhret kazandı. Profesörlerinden biri her gördüğünde ona "Fermi, bana bir şeyler öğret!"[6] diyerek takılırdı. İstediği zaman fizik laboratuvarına gitmesine (okul tarihinde başka bir öğrenciye tanınmamış bir ayrıcalıktır bu) ve kendi deneylerini tasarlamasına izin verilirdi. Fermi'nin düşünsel felsefesinin temel özelliklerinden biri işte bu dönemde ortaya çıktı: O hem bir kuramcının hem de bir deneycinin düşünsel özelliklerini mükemmel biçimde kendisinde birleştirmişti. Nadir rastlanan matematiksel yeteneği fizik kuramları geliştirmesine izin veriyor, aynı zamanda laboratuvar donanımını kendisinin yaptığı yaratıcı deneyler hazırlıyordu. Kariyeri boyunca bu özelliğini korudu: Fiziksel ve matematiksel kuram üzerine çok soyut makaleler kaleme aldı, kuramsal sonuçları sınamak ve desteklemek için de kendisinin yaptığı karmaşık deneysel aletler kullandı.

Elbette hayatında her şey sıkı çalışma ve derin düşünmeden ibaret değildi. Fermi ile grubundaki diğer öğrenciler boş zaman-

5 Segrè, *Enrico Fermi, Physicist*, s. 15.

6 Segrè, *Enrico Fermi, Physicist*, s. 18.

larının çoğunu İtalya'yı boydan kesen ve Pisa yakınındaki Ligurian sahil şeridine kadar uzanan Apenin Dağları'nda çıktıkları doğa yürüyüşlerinde geçirirlerdi. Apeninler ülkenin kuzeyindeki Alplerden daha alçak olmalarına karşın, Pisa bölgesinde deniz seviyesine daha dik konumda uzanır. Michelangelo, Donatello ve tarih boyunca başka büyük heykeltıraşların kullandığı dünyanın en iyi mermerlerinin çıkartıldığı Carrara'nın taş ocakları bu bölgededir. Fermi ve arkadaşları hafta sonlarında taş ocaklarının hemen üzerinden yükselen çok dik dağ yamaçlarına tırmanmaktan keyif alırlardı. Fermi zamanla dağ yürüyüşlerinin tümüne önderlik eden, kendisini sürekli daha yükseğe çıkmaya zorlayan ve arkadaşlarının yolda ne kadar dinlenmeleri gerektiğini belirleyen sıkı bir dağcı haline geldi. Kısa bacaklarının herkesinkinden daha kuvvetli olduğunu ve dinlenme gereği duymadan saatlerce yürüyebileceğini iddia ederdi.

Çoğu genç gibi okuldaki öğrenciler de masum insanlara şakalar düzenlemekten hoşlanırlardı. "Komşu karşıtı topluluk" adını verdikleri bir oluşum kurmuş, hep birlikte zekice olduğunu düşündükleri kaba şakalar yapıyorlardı. O günlerde İtalya'da bazı köşe başlarında kamuya açık pisuarlar bulunurdu. Öğrenciler laboratuvardan yürüttükleri bir parça sodyumu tam birileri kullanırken bu pisuarlara fırlatırlardı. Sodyum suyla karışınca patlar ve adamları korkudan ölümün eşiğine getirirdi.[7] Bu saygısız davranış kendisini laboratuvarlara doğru genişletti. Kimya dersinde öğrencilere bileşiklerin çeşitli reaktif maddelere maruz tutulduğu uzun işlemlerle analiz edilmek üzere kimi bileşiklerden örnekler verilirdi. Kimyasal süreç elde edilen sonuçlarla birlikte not edilir ve nihayetinde sorulan bileşiğin ne olduğu bulunurdu. Zamanının boşa harcamaktan hoşlanmayan Fermi bileşiği mikroskopla incelemenin onu tanımlamanın en hızlı ve kolay yolu olduğunu keşfetti; bileşikler genellikle temizlik maddeleri satan dükkânlardan alınma ucuz kimyasallardı ve hepsinin mikroskop altında nasıl göründüğünü biliyordu. Arkadaşlarını da bu numaradan haberdar etti. Hızlı tanılamanın ardından o ve arkadaşları raporlarında aslında hiç takip etmedikleri karmaşık tanılama süreçlerini kâğıda döküyorlardı.

7 Segrè, *Enrico Fermi, Physicist*, s. 16.

Fermi'nin bölümünde birlikte dağ gezilerine çıktığı ve şakalar düzenlediği Franco Rasetti isminde yakın bir arkadaşı vardı. Rasetti Fermi'yi kertenkele avı için saatlerce toprak üzerinde yatmaya ikna etmişti. Sonra bu kertenkeleleri garsonluk yapan köylü kızlarını korkutmak için öğrenci kafeteryasına salarlardı. Bu, iki gencin sıkça düzenlediği bir oyun halini aldı. Enrico'nun eşi Laura Fermi'ye göre Enrico çimde "av zamanını" kafasındaki fizik problemlerini düşünerek geçirirken, gözleri yerde bu sürüngenleri arama işine sabitlenirdi. Bunun üzerine birkaç yıl sonra şöyle yazacaktı:

> Bir kertenkele göründüğünde kemendini çekmek üzere hazır biçimde yere bakarken, zihnini yolculuğa bırakırdı. Bilinçaltı Pauli'nin [dışarlama] ilkesi ve ideal gaz kuramı üzerinde çalışırdı. Fermi'nin uzun zamandır aradığı kayıp faktör bilinçaltının derinliklerinden geldi: Bir gazın iki atomu aynı hızla hareket edemezdi veya fizikçilerin dediği gibi ideal tek atomlu bir gazın atomları için olası kuantum durumlarının her birinde sadece bir atom olabilirdi.[8]

1925 yılında Avusturyalı fizikçi Wolfgang Pauli ünlü "dışarlama ilkesi"ni atomların mikro dünyasındaki parçacıkların davranışına hükmeden kuantum yasalarından biri olarak formüle etmişti. Pauli dışarlama ilkesi bir atomdaki iki elektronun (veya başka *fermiyon*ların – daha sonra Fermi'nin adıyla anılacak olan belirli parçacık çeşitlerinin) tüm kuantum sayılarının eşit olamayacağını söyler. En azından bir yönden farklı olmaları gerekir. Örneğin hepsi aynı yörüngedeyse, o zaman spinlerinin zıt yönlü olması gerekir.

Fermi, Pauli ilkesini geniş bir elementler topluluğuna, tekil atomlardan meydana gelen bir gaza doğru genişleterek uyarladı. Böylelikle belirli koşullar altında bir kuantum ilkesinin daha geniş bir sisteme uygulanabileceğini göstermiş oldu. Bu delikanlıca bir çılgınlığın gereğini yerine getirirken yapılmış önemli bir keşifti. Bir kuantum yasasının etkimesinin tekil bir elektron, proton veya atomdan çok daha büyük varlıklara doğru genişleyebileceğinin net bir örneğini sunmaktaydı. Parçacıkların birleşerek insan gözüyle görülebilir hale gelecek bir

8 Fermi, *Atoms in the Family*, s. 37-38.

toplam oluşturması, örneğin bir şişedeki gaz için bu ilkenin uygulanabilir olması söz konusuydu. Bose-Einstein yoğuşması olarak adlandırılan ve bir parçacık toplamının bir bütün olarak kuantum davranışı göstermesi üzerine esas çalışma, Hintli fizikçi S. N. Bose ve Einstein tarafından 1924 yılında yapılmıştı. Fermi'nin çalışması aynı yönde bir adım daha ilerlenmesi anlamına geliyordu.

Fermi müthiş bir kuramcı ve deneyci olarak kendisini fark ettirmekteydi. Fizik laboratuvarında gerçekleştirdiği önemli deneylerden biri kristal ızgaraların Laue kırınım özellikleri gösterdiğinin tespit edildiği, kristallerin X-ışınıyla analiziydi. Burada Fermi yine yaratıcı deneylerinde kullandığı ve önemli yeni sonuçlara ulaşmasını sağlayan kendi X-ışını tüplerini imal etmişti. Bu onun radyasyon konusuna adım attığı ilk çalışmasıydı ve nükleer fiziğin ilgisini çektiğini fark etti.

Başarılı üniversite eğitiminin hemen ardından Fermi radyoaktif süreçler üzerine tezini yazdı ve 1922 yılında Pisa'daki üniversiteden fizik doktorasını almış oldu. O zamana dek bazıları kuramsal, bazıları deneysel bir dizi bilimsel makale kaleme almıştı. O yıl genel görelilik alanında önemli bir keşif yaparak uzayın Öklit geometrisi özelliği taşıdığını gösterdi. Bu konuyla ilgili yayımlanan makalesi (evrenin çok küçük mesafelerinde uzayın düz olduğunu söyleyen oldukça yüksek kuramsal bir sonucu sergilemek için kendisinin türettiği bir matematiksel kuram üzerine kuruluydu) onu henüz kariyerinin başlangıcında önde gelen bilim insanları arasına soktu.

Uzayın şekli bilimin gizemlerinden biridir ve fizikçilerin, gök ve uzay bilimcilerinin her yeni kuşağı bu alanda yeni keşifler yapar. Einstein'ın genel görelilik kuramı kütleli cisimler etrafında uzayın büküldüğünü gösterdi. Aslında kuram kütleyi de uzayın kavisliliği cinsinden tanımladı. MIT'den fizikçi Alan Guth tarafından 1980'lerde geliştirilen genişleyen evren kuramı, uzayın çok geniş ölçek söz konusu olduğunda (kütle tarafından yerel bozunumların ötesinde) tam olarak düz olduğunu söyler. Bunun doğruluğu, 1998 yılında kozmoloji alanında uzak galaksilerin hız ve mesafelerini bağlantılandıran bir deneysel çalışma ve uzaydaki mikrodalga ardalan ışımasının uydu ölçümleriyle onaylanmıştır.

Fermi, karısının belirttiği üzere, tam bir yöntem adamıydı. Beyni saat gibi çalışırdı. Sabah erkenden çalışmaya oturur, akşam 21:30'a dek hiç durmaksızın çalışmaya devam eder ve ardından hemen yatağa giderdi. Tüm fizik problemlerini "bariz" ve "açık" bulurdu. Bir problemle karşılaştığında gözlerini kapar ve birkaç saniye düşünür, ardından sonuca ulaşmak çok az düşünsel çaba gerektirmişçesine yanıtı pat diye söylerdi.

Sonraki birkaç yıl içerisinde Fermi Avrupa'da kimi üniversiteleri dolaştı. 1923'te birkaç ayını İtalyan hükümetinin bursuyla Almanya'nın saygın üniversitelerinden Göttingen'de kuantumun öncülerinden Max Born'la çalışarak geçirdi. 1924'te üç ayını Rockefeller Bursu'yla Hollanda'daki Leiden Üniversitesi'nde Einstein'ın yakın dostu Paul Ehrenfest'le çalışarak geçirdi. Leiden'den dönüşünün ardından Floransa Üniversitesi'nin fizik bölümünde çalışmaya başladı. Fizik binaları üniversitenin geri kalanından ayrı olarak, Floransa kentinin dışındaki Arcetri köyünde kuruluydu; Galileo 1633 yılından öldüğü 1642 yılına dek burada Engizisyon tarafından ev hapsinde tutulmuştu.[9]

Fermi'nin dostu Rasetti de Floransa'daydı ve ikili beraber istekli bir çalışmaya koyuldular. Fermi Rasetti'ye kuramsal fiziği öğretirken, Rasetti zayıf manyetik alanlardaki cıva direnci üzerine olan ortak çalışmaları için usta işi deneysel tasarımlar hazırladı. İyi sonuçlar elde ettiler ve atomik spektroskopi (tayf ölçümü) alanına önemli katkılar yaptılar. Bu işbirliği Fermi'yi cesaretlendirdi ve modern fiziğin sınır alanlarındaki önemli konular üzerine elinde hızla biriken araştırma çalışmalarının, kendisine çok sevdiği ders verme işine devam etmesi için tam zamanlı bir akademik pozisyon sağlayabileceğini ve aynı zamanda fizikte ileri araştırmalarına da devam edebileceğini daha fazla inanmasını sağladı.

1925 yılında Fermi, Sardunya'daki Cagliari Üniversitesi'nin fizik bölümündeki bir pozisyon için başvuruda bulundu. Ancak başvurusu geri çevrildi, çünkü oradaki profesörlerin çoğu Fermi'nin üzerinde genişçe çalışmış olduğu Einstein'ın görelilik kuramlarına itibar etmiyorlardı. İki ünlü profesör Fermi'nin lehine oy kullandı, bunlar Vito Volterra ve Tullio Levi-Civita'ydı

9 Segrè, *Enrico Fermi, Physicist*, s. 37.

(mutlak diferansiyel hesaplama alanında ulaştıkları sonuçlar Einstein tarafından 1915'te genel görelilik kuramında kullanılmıştı), ancak diğer üç profesör üstün geldi ve sonuç olarak başka bir adayın başvurusu kabul edildi.[10] Fermi Floransa'da kaldı.

Bu kez Roma'da çok daha iyi bir kurumda açılan bir pozisyon için başvurusunda başarılı oldu. Roma Üniversitesi'nin fizik bölümü başkanı Orso Mario Corbino, aynı zamanda bir senatör olarak monarşiyle yönetilen İtalya'nın üst meclisinin yaşam boyu üyelerindendi, dolayısıyla ülkenin siyasi hayatıyla ilgili biriydi. Amacı Avrupa'nın en iyi fizik bölümünü yaratmaktı. 1926 sonbaharında üniversitenin kuramsal fizik bölümündeki koltuk için ulusal bir yarışma açılacağı duyuruldu. Seçici kurul 7 Kasım 1926'da toplandı ve kararını verdi: Kazanan ezici bir üstünlükle Enrico Fermi olmuştu. Yirmi beş yaşındaki fizikçinin şimdiden imzasını attığı bilimsel çalışmaların kalitesi o derece yüksekti ki, bu pozisyonu hak eden tek kişi olarak düşünülmüştü. Fermi hem evi Roma'ya döndüğü, hem de her iki tutkusunu birden –ders vermek ve fizikte çığır açan araştırmalarına devam etmek– hayata geçireceği için çok mutluydu.

Corbino döneminin en iyi genç fizikçisini işe alma öngörüsü ve uzak görüşlülüğüne sahipti, Fermi onun "yükselen yıldızı" olacaktı. 1927'de Corbino Rasetti'yi Floransa'dan ayrılarak Fermi'nin Roma'daki ekibine dahil olmaya çağırdı, o da bu daveti arkadaşıyla çalışmak üzere mutlulukla kabul etti. Rasetti'yle dağ gezilerine çıkan ve o dönem henüz Roma'da mühendislik öğrencisi olan Emilio Segrè, genç profesörle yaptığı uzun konuşmalar sonucu fiziğe ilgi duydu ve hızla bölümünü değiştirerek fizik okumaya ve Rasetti'nin arkadaşı ünlü Fermi'den ders almaya karar verdi. Daha önce bir kez Fermi'nin yeni kuantum kuramı üzerine herkese açık dersler verdiğini duymuş ve merak etmişti. Segrè, Fermi'nin ilk ve en parlak doktora öğrencisi oldu ve Corbino'nun topladığı gruba dahil oldu.

Birkaç ay sonra Segrè Roma'da mühendislik bölümü öğrencisi olan arkadaşı Ettore Majorana'yı kendisi gibi ana dalını değiştirerek yeni fizik ekibine katılmaya ikna etti. Majorana ben-

10 Segrè, *Enrico Fermi, Physicist*, s. 40-41.

zersiz yetenekleri olan çok parlak bir matematiksel fizikçiydi. Matematik hesaplama hızı söz konusu olduğunda Fermi'yi geçen tek kişiydi, diğerlerinin kâğıt kalem veya sürgülü hesap cetveli (1920'lerde kullanılan hesaplama aracı)) kullanarak yaptığı hesaplamaları o aklından yapabilirdi. Majorana'nın hayatı gizemli bir kayboluşla, muhtemelen denizde bir intiharla 1938'de, erken bir zamanda son buldu.

Fizik bölümü Roma'da üniversitenin diğer bölümlerinden ayrı, Via Panisperna'daki muhteşem bir eski sarayda kurulmuştu. Corbino'nun pırıl pırıl genç fizikçilerden oluşan grubu kısa zamanda üniversite çevresinde ün kazandı ve "Via Panisperna Gençleri"[11a] olarak adlandırılmaya başlandı.

Fermi ve Rasetti yakınlıklarını sürdürdüler ve ikili alışkanlıklar edindiler. Her ikisi de çok düşük sesle ve bilinçli sakin vurgularla konuşurlardı. Bu, grubun diğer başına buyruk genç fizikçileri içerisinde de yaygın bir alışkanlık haline geldi. Emilio Segrè o dönem trende seyahat ederken arkadaşıyla sohbet eden bir fizikçinin hikâyesini anlatır. Yanındaki diğer yolcu müdahale eder ve sorar: "Acaba siz Roma Üniversitesi'nden bir fizikçi olabilir misiniz?" Corbino'nun grubunun üyesi "Evet!" yanıtını verir, "Nereden bildiniz?" "Ah, konuşma biçiminizden" cevabını alır.[12]



Fermi 19 Temmuz 1928'de Roma'daki havanın 40 dereceyi bulduğu bunaltıcı bir günde Laura Capon'la evlendi. 1924 baharında Laura 16, Fermi 23 yaşındayken beraber futbol oynadıkları ortak arkadaşları sayesinde tanışmışlardı. Daha sonra 1926 yazında Dolomite dağlarına beraber tırmandılar. Aynı yılın kışında Fermi Roma'da tam zamanlı kuramsal fizik profesörü olduğunda, Laura aynı üniversitede temel bilimler öğrencisiydi. Ünlü genç profesörün derslerinden birini almıyordu, yine de ikisi üniversitede matematikçi olan ortak bir dostlarının evinde tekrar karşılaştılar. Birkaç yıl birbirlerine kur yaptıktan sonra

11 Gianni Amelio'nun *Panisperna Sokağı Çocukları* isimli, 1989 yapımı harika filmi bu dönemi ve insanları konu alır –yn.

12 Segrè, *Enrico Fermi, Physicist*, s. 52.

evlenmeye karar verdiler. Fermi Katolik, Capon Yahudi olduğu için dini nikâh yapamazlardı, bu yüzden resmi nikâhla yetindiler, eski Roma'nın kalbi olan Campidoglio tepesinde yer alan Roma Belediye Konağı'nda, sonradan 1928'in en sıcak günü olduğu anlaşılan bir günde evlendiler.

Evlendikten sonra Fermi'ler Roma merkezinde, üniversiteye yakın küçük bir daireye yerleştiler. Bu onlara ihtiyaç duyduklarını yaratıcılık konforunu sağlamaya yetti. Üstü açılabilen küçük bir Peugeot'ları vardı, bununla Roma dışındaki kırlık bölgelere gezmeye veya Laura'nın amcasını ziyarete Floransa'ya gidebiliyor, dağ ve kır gezilerinin keyfini çıkarmaya devam ediyorlardı. 1928'deki balaylarında ticari olarak uçak kullanan ilk İtalyan çiftlerden biri oldular. Roma'dan Cenova'ya bir deniz uçağıyla gittiler, oradan trenle İsviçre Alplerine geçerek birkaç hafta tatil yaptılar. Ancak gamsız bir hayat sürdürdükleri de söylenemez. Şimdi eşinin de ihtiyaçlarını gözetmek zorunda olan Fermi daha çok para kazanma konusunda istekliydi ve yeni gelini atom fiziği üzerine yazdığı kitapta kendisine yardım etmek üzere işe aldı. Çalışmaya Alplerde başlayıp dairelerinde devam ederek tüm kitabı hiçbir kitap veya not kullanmadan hafızasından yazdı, eşi de onun editörlüğünü yaptı ve kitabı daktiloya çekti. Bu ders kitabı birçok yıl boyunca onlara ek gelir sağladı.[13]

1929'da Enrico Fermi, Benito Mussolini'nin alışılagelmiş tantanası eşliğinde yeni kurulan İtalyan Kraliyet Akademisi'ne seçildi. Üyeleri tüyler ve kılıçlar takar, süslü giysiler giyerdi; Fermi tüm bunlardan tiksinir ve giymemek için elinden geleni yapardı. Her üyenin bir unvanı vardı ve hepsine "Eccellenza" (Ekselansları) olarak hitap edilirdi. Kraliyet Akademisi fikri tüm akademilerden üstün bir akademi olarak 1926'dan beri Mussolini'nin kafasında yer alıyor; faşizmin gerçek, çirkin yüzünün henüz görülmediği bir dünyada faşist bilimin vitrini olarak parlatılmak isteniyordu. Tüm bilimlerden temsilci üyelerin olduğu akademiye bir de fizikçi atanması gerekiyordu. Corbino'nun grubundakilerden çok daha ileri kariyer ve yaşa sahip çok sayıda fizikçinin aday gösterilme beklentisi vardı. Senatör olduğu için yasalar gereği Corbino bizzat aday olamı-

13 Fermi, *Atoms in the Family*, s. 60-61.

yordu. Mart 1929'ta akademinin gizli seçim esasına göre belirlenmiş nihai üyeleri açıklandı. Fiziği temsilen Fermi seçilmişti.

Fermi aslında adaylık beklentisinde değildi. Ancak antifaşist duygularına karşın yine de seçilmekten memnun oldu. Eşinin aktarımına göre bunun nedeni tamamen parasaldı. Akademisyen olarak Fermi iyi kazanmıyordu ve her zaman kitap telifleri ve derslerle maaşını takviye etme gereği duyuyordu. Mussolini ise yeni akademisinin üyelerine Fermi'nin maaşının bir buçuk katına ulaşan bir ek ücret ödüyordu. Bu iyi paraydı ve Fermi'yi memnun etmeye yetti. "Ekselans Fermi" olarak adlandırılmaya da başlandı. Eşinin anlatımına göre kayak yapmak için Alplere gittiklerinde bir otele kayıt olurken otel sahibi onlara, "Ekselansları Fermi'yle bir bağlantınız var mı?" diye sorduğunda, Enrico "Uzak kuzenimdir" yanıtını verir ve böylelikle çift kendilerine hayran yabancıların rahatsız edici bakışlarından uzak sessiz sakin kayak yapabilirler.[14]

Fermi mizah anlayışıyla da tanınır. Günün birinde İtalyan Bilimler Akademisi'nin Mussolini'nin Palazzo Venezia'sında (önünde geniş Piazza Venezia'nın uzandığı bu binanın balkonunda Il Duce en ateşli konuşmalarını yapmıştır) yapılan özel bir toplantısına çağrılır. Elbette saray İtalyan devlet polisi *carabinieri* tarafından abluka altına alınmıştır. Akademinin tüm üyeleri Palazzo'ya limuzinlerde gelirler ve rahatça içeri alınırlar. Bir şoför tarafından taşınmaya karşı olduğu bilinen Fermi kendi küçük arabasıyla gelir. Etkileyici olmayan bir otomobil kullandığı için derhal sarayı koruyan *carabinieri* tarafından durdurulur ve kim olduğu sorulur. "Ben Ekselansları Fermi" dese, buna kimseyi inandıramayacağından kaygı duyar, bu yüzden "Ben Ekselansları Sinyor Enrico Fermi'nin şoförüyüm," der. "İyi o zaman, park et ve efendini bekle" yanıtını alır.[15]

İlk kez 1911'de toplanmaya başlayan ve altıncı toplantısı 1930 yılında yapılacak olan Solvay Konferansı'na, bu toplantılara

14 Fermi, *Atoms in the Family*, s. 44-45.

15 George Gamow, *Thirty Years that Shook Physics: The Story of Quantum Theory* (New York: Doubleday, 1966), s. 140-141.

katılan ilk ve tek İtalyan fizikçi olarak Fermi de davet edilmişti. Burada çoğu nükleer fizik, radyasyon kuramı ve kuantum mekaniği üzerine çalışmakta olan döneminin büyük fizikçileriyle tanışır. 1929'da Fermi radyoaktif süreçlerin kuramsal temelini kuran "Radyasyonun Kuantum Kuramı" adında önemli bir çalışma yayımlamıştı. Kuantum mekaniğin sonuçlarını radyasyon üretmek üzere parçalanırken çekirdeğin içerisinde ne olduğu açıklamak için kullanan bu çığır açıcı çalışması üzerine çalışırken Fermi sıkça grubunun üyelerine başvurmuştu. Kuramsal hesaplamaları gerçekleştirmiş, ardından Rasetti, Segrè veya Majorana bunların doğruluğunu test etmişti. Yaşları 20 ila 28 arası olan, çok genç bir bilim insanları topluluğuydu bu. Çoğunlukla Fermi'nin çalışmasının doğruluğunu akıldan hesaplayan Majorana, grupta yüksek kuramsal matematik konularını Fermi'yle eşit düzeyde tartışabilen tek kişiydi.

Corbino'nun teşvikiyle Fermi grubu 1930'da tek başına kuramın yeterli olmadığı ve Roma'da radyoaktivite ve bağlı süreçler üzerine deneysel çalışmaların geliştirilmesine büyük ihtiyaç duyulduğu sonucuna ulaştı. Romalı fizikçiler bu alanda diğer fizikçilere kıyasla daha az bilgiye sahip oldukları için, ileri deneysel çalışmalar yürüten yurtdışındaki diğer gruplara kimi üyelerini yollamaya karar verdiler. Emilio Segrè deney tekniklerini çalışmak için Hamburg'a, Franco Rasetti ise Berlin'e Lise Meitner'in yanına radyoaktivite üzerine nasıl çalışılacağını öğrenmek üzere gönderildi. Rasetti'nin Meitner'in Berlin'deki Kaiser Wilhelm Enstitüsü'ndeki laboratuvarında öğrenerek Roma'ya taşıdığı deney teknikleri, Roma grubunun gerçekleştireceği nötron ışıması ve uranyum deneyleri için hayati bir önem taşıyacaktır.

Enrico Fermi'nin bilimsel kariyerinin birinci dönemi, o dönem fiziğinin gelişme gösteren alanları olan görelilik ve kuantum mekaniğini öğrenme ve bu alanlara katkı sağlama biçiminde geçti. Kendisini hem kuramsal hem de deneysel fizikte olağanüstü becerilerini sergileyebilen özgün bir fizikçi olmaya açık şekilde eğitmişti. Artık döneminin en önemli bilimsel konusunu ele almaya hazırdı: Radyoaktivitenin doğası ve etkilerinin araştırılması.

Fermi ve diğerlerinin yanı sıra Wolfgang Pauli de beta bozunumu konusunu, yani elektronların doğal olarak bulunduğu çekirdeğin çevresindeki yörüngelerden, elektron bulutundan değil, çekirdekten fışkıran elektronlara sahip olan bazı elementlerin gösterdiği radyoaktivite üzerine çalışmaktaydı. Beta bozunumu üzerine yaptığı hesaplamalarda küçük bir miktar enerjinin sürekli kayıp olması gerçeği Pauli'yi düşündürmekteydi. Fiziksel tepkimelerde enerji ve momentumun korunumu zorunlu olduğundan, doğru kabul ettikleri enerjinin korunumu yasasının geçerli olmaya devam etmesi için var olan kuramlarda bir şey eksik olmalıydı. Başka bir deyişle, enerjinin korunumu yasası gereği, beta elektronunun yayılımı öncesi ve sonrasında sistemin toplam enerjisi aynı olmalıydı. Ancak sistemde toplam enerji daha düşük çıkmaktaydı: Çekirdek ve yayılan elektron (yani beta bozunumu *sonrası* sistem), elektron çekirdeği terk etmeden öncesine göre (bozunumdan önceki sistem) daha az enerjiye sahipti. Ancak elektronla beraber çekirdekten ayrılan başka bir parçacık da gözlemlenmemekteydi. Beta bozunumundan sonraki "kayıp" enerjiyi karşılamak üzere Pauli, çok küçük, minimal kütle içeren veya hiç kütle içermeyen, maddeyle hemen hiç etkileşime geçmeyen, dolayısıyla yakalanması zor ve tespit edilemeyen bir parçacığın varlığını öne sürdü! Bu parçacığın beta bozunumu sürecinde üretildiğini ve kayıp enerjinin yüklenicisi olduğunu tahmin etti. 1931'de Roma Üniversitesi'nde Fermi'nin başkanlık ettiği bir fizik konferansında Pauli fizikçileri radyasyon deneylerinde bu varsayımsal parçacığı aramaya davet etti.

1934'te Fermi, Pauli'nin hipotezine katılarak bu yüksüz parçacığı beta bozunumu kuramına dahil etti ve parçacığa nötrino adını verdi. Ayrıca hem nötrino hem de onun "karşıtı" karşı nötrinonun beta bozunumu sürecinde önemli bir rol oynadığını öne sürdü. Fermi'nin kuramına göre bu işlemde bir nötron bozunuma uğradığında, bir protonun doğuşuna neden olmanın yanı sıra bir elektron ve bir karşı nötrino yayıyordu. Ters işlemde ise bir proton enerji soğurduğunda (kazandığında), bir nötron, bir pozitron (elektronun karşı parçacığı) ve bir nötrino oluşumuna neden olabiliyordu.

1956'da Amerikalı fizikçiler Clyde Cowan ve Frederick Reines Kuzey Carolina'da bir nükleer reaktörden sızan radyasyonu analiz ederken nötrinonun fiziksel olarak varlığını tespit ettiklerinde bu söylenenler tarihe geçecekti. Ancak 1934'te Enrico Fermi dikkatini tekrar nötronlarca yapılan uranyum ışınımı problemine yöneltti.

6

ROMA DENEYLERİ

Enrico Fermi uranyum ve radyasyonun sırrını çözmek üzere sistematik ve iddialı bir planı hayata geçirmeye koyuldu. İlk önemli deneylerini 1930'lu yıllarda Roma Üniversitesi'ndeki küçük laboratuvarında gerçekleştirdi. Fermi tüm zaman ve emeklerini bilimin sınır noktasında yürütülen bu araştırmalara adamış, yüksek motivasyona sahip genç bir bilim ekibine sahipti. Berlin, Paris ve Kopenhag'ta yürütülen araştırmaların üzerine koyan bu yaratıcı ekibin başarıları, nükleer reaksiyonları kavramamız ve nihayetinde atom enerjisinin gündelik amaçlar için kullanımı yolunda büyük rol oynadı.

Fermi, Brüksel'de düzenlenen 1933 Solvay Konferansı'nda atom ve kuantum fiziğiyle ilgilenen büyük bilim insanlarının hepsiyle tanışma olanağı buldu: Paul Dirac, Wolfgang Pauli, Louis de Broglie, Marie Curie, kızı Irène Joliot-Curie, Ernest Rutherford, James Chadwick ve Werner Heisenberg. Pauli'nin beta bozunumundaki kayıp enerjiyle ilgili kuramı ve başka bir parçacığın yayılmış olabileceği yönündeki tahmini bu toplantıda tartışma konusu oldu. Fermi Roma'ya döner dönmez, problemin derinlikli bir kuramsal analizini gerçekleştirdi. Pauli'nin düşüncesi, deneysel bir kanıt veya kuramsal bir buluştan zi-

yade daha çok bilinçli bir tahmine dayanmaktaydı. Problemin kuramsal ayrıntılarına çalışarak ve ulaşılabilen tüm deneysel veriyi kullanarak Fermi, beta bozunumunun bir önceki bölümde belirtilen gerçek yasasına ulaşmayı başardı. Fizikçilerin varlığını kabul ettiği iki kuvvetin yanı sıra –kütleçekim ve elektromanyetik kuvvet– Fermi'nin kuramı bizlere kendisinin zayıf etkileşim olarak adlandırdığı, yeni bir kuvvetin doğada var olduğunu söylemekteydi. Bu kuvvet kimi radyoaktif süreçlerde önemli bir rol oynamaktaydı.[1]

Fermi yaptığı kuramsal katkının çekirdeğin ve radyoaktif bozunumun bazı biçimlerinin anlaşılması açısından büyük bir önem taşıdığının bilincindeydi. Ulaştığı sonuçları meslektaşlarına Roma'da düzenlenen bir bilimsel toplantıda etkileyici bir konuşmayla sundu. Sırada fikirlerini bilimsel kamuoyuna daha geniş bir biçimde taşıma hedefi vardı. Fermi haklı olarak bunun için en iyi aracın *Nature* dergisi olacağını düşündü. Ancak derginin yayın tarihinin en utandırıcı kararlarından biri gerçek oldu ve bu itibarlı dergi Fermi'nin makalesini geri çevirdi. Editör, ret yazısında makalenin geri çevrilmesinin gerekçesi olarak "fiziksel gerçeklikten çok uzak spekülasyonlar içermesini" gösterdi.[2]

Fermi ulaştığı sonuçların bir İtalyan dergisinin yanı sıra Alman *Zeitschrift für Physik*'te yayımlanmasıyla yetinmek zorunda kaldı. Fermi beta ışınlarının nasıl olup da bazı elementlerin çekirdekleri içerisinden birden fışkırdığı hakkındaki kuramsal analizi üzerine çalışır ve Almanların dergisinde yayımlanacak makalesinin hazırlıklarını sürdürürken, Paris'ten gündeme bomba gibi düşen bir haber geldi. Irène Curie ve Frédérick Joliot radyoaktif araştırma alanında aynı büyüklükte bir deneysel ilerlemeye imza atmışlardı.



Ocak 1934'te Irène Curie ve Frédéric Joliot kamuoyuna yapay radyoaktivite yaratabildiklerini duyurdular. Ulaştıkları sonuç-

1 Emilio Segrè, *Enrico Fermi, Physicist* (Chicago: University of Chicago Press, 1970), s. 71.

2 Segrè, *Enrico Fermi, Physicist*, s. 72.

lar *Nature*'ın 10 Şubat tarihli sayısında yayımlandı ve büyük bir heyecan yarattı. Bu bilim dünyası için büyük bir haberdi, çünkü o güne dek herkes radyoaktivitenin doğal bir olay olduğunu ve bilimsel deneylerle tetiklenemeyeceğini düşünmekteydi. Bir sonraki yıl, 1935'te Curie ve Joliot bu keşifleri için Nobel Ödülüne layık görüldüler.

Paris'teki Joliot-Curie ekibi ince bir alüminyum tabakasını bir polonyum kaynağından yayılan alfa radyasyonuna maruz bırakmışlardı. Alfa ışınları ağır parçacıklardır; bir arada duran dört küçük parçacıktan oluşurlar: İki proton ve iki nötron. Bu alfa parçacıkları diğer çekirdeklere çarptıklarında, Joliot-Curie ekibinin keşfettiği üzere *bazen* yapay radyasyonu tetiklerler. Alfa ışınlarının kaynağı polonyumdu.[3] Hedef alınan alüminyum, çekirdeklerinin alfa ışınlarıyla bombardımanına *uyarılmış* radyasyonla yanıt vermekteydi. Bu ışınım pozitronlar (elektronlarla aynı kütleye sahip pozitif yüklü parçacıklar; pozitron elektronun karşı parçacığıdır) formundaydı. Joliot ve Curie ortaya çıkan alüminyum pozitron radyasyonunun, tıpkı doğal yolla gerçekleşen radyasyon gibi üssel olarak, katlanarak bozunuma uğradığını tespit ettiler. Ancak bu yapay olarak üretilmiş radyoaktivitenin yarı-ömrü çok düşüktü: 3 dakika 15 saniye.[4] Ardından alfa parçacıklarına maruz bırakıldığında bor elementinin de benzer biçimde karşılık verdiğini ve üssel bozunumla 14 dakikalık bir yarı-ömürle bozunuma uğradığını, magnezyumun da aynı şekilde yaklaşık iki buçuk dakikalık bir yarı-ömürle karşılık verdiğini tespit ettiler.[5]

Alüminyum, bor ve magnezyum bu biçimde tepkimeye uğruyorlarsa, diğer elementler de radyasyona maruz kaldıklarında

3 Alfa parçacıkları kuantum varlıklardır (elektronlar, protonlar, atomlar vb gibi çok küçük şeylerin dünyasına aittirler) ve bu yüzden *hem* dalga *hem de* parçacık özelliği gösterirler. Bu yüzden alfa ışınları yerine alfa *parçacıkları* (ve tersi) diyebiliriz.

4 Kırk yıl sonra Berkeley'de, California Üniversitesi'nin bir fizik laboratuvarında fizik öğrencilerim ve ben bu tarihsel deneyi tekrarladık. Alfa ışınım kaynağı içeren küçük bir "reaktör"ün içerisine uzun saplara iliştirilmiş alüminyum silindirler soktuk ve alüminyumu çıkardıktan sonra bir Geiger sayacının algılama tüpünün yakınına koyduk. Böylece uyarılan pozitron radyasyonunun birkaç dakika içerisinde nasıl üssel olarak bozunduğunu gözleme şansımız oldu.

5 Emilio Segrè, *From X-Rays to Quarks: Modern Physicists and Their Discoveries* (Berkeley: University of California Press, 1980), s. 198.

aynı tepkiyi gösterirler mi? Bu önemli bir soruydu, çünkü yanıtı büyük olasılıkla radyasyonun doğasına dair belirsizlikleri giderecekti. Dünya çapında çok sayıda bilim insanı bu yeni büyüleyici problemi çözmeyi amaç edindi.



Roma'da Enrico Fermi bu problem üzerine çalıştı ve kuramdan deneye olan mesleki geçişlerinden birini daha yapmaya karar verdi. Epey uzun bir süredir kuramsal çalışmayla uğraşmaktaydı. Şimdi dikkatini deneylere vermek ve Joliot-Curie çiftinin keşfini incelemek ve ileriye taşımak niyetindeydi.

Fermi bu tip deneylerde alfa ışınımından yeterince verim alınamadığını anladı. Alfa parçacıkları ağır ve büyüktü; bir kâğıt parçasıyla durdurulabiliyorlardı ve laboratuvarlarda kâğıttan bol bir şey yoktu. Pozitif elektrik yüklü oldukları için (yükün kaynağı alfa parçacığının kütlesinin yarısını oluşturan protonlardır) çekirdeğin etrafında dönen negatif yüklü elektron bulutuyla etkileşime geçiyorlar ve bu onları yollarından saptırıyordu. Ayrıca, çekirdeğin yakınına dek ulaşabilen alfa parçacıkları, aynı pozitif yüke sahip çekirdek tarafından geri püskürtülebiliyordu. Bu yüzden aslında sadece bazı alfa parçacıkları hedeflenen çekirdek tarafından özümsenebiliyordu.

Fermi'nin daha iyi bir fikri vardı. Hedeflenen çekirdeğe ateşlenen parçacıklar olarak doğal yoldan üretilen alfa parçacıkları yerine, eğer yeni keşfedilmiş (henüz iki yıl önce 1932'de James Chadwick tarafından varlığı tespit edilmiş) olan nötronları bir şekilde kullanabilirse, Joliot-Curie takımının deney tasarımını geliştirebilirdi. Nötronlar daha küçük ve elektriksel yönden nötr (yüksüz) oldukları için Fermi'ye göre daha iyi sonuç alabilme olasılığı söz konusuydu. Bu sayede çekirdeği çevreleyen elektron bulutundan rahatça geçebilir ve çekirdeğin pozitif elektrik yükü tarafından da geri itilmezlerdi. Bir anlamda masum çekirdeğimiz üzerine sıkılan bu küçük, hızlı ve elektrik yüksüz "kurşunlardan" kaçamayacaktı.[6]

6 Laura Fermi anılarında kocasının akıl yürütmesini çok güzel biçimde tasvir eder: *Atoms in the Family: My Life with Enrico Fermi* (Chicago: University of Chicago Press, 1954), s. 83.

Fermi kuramsal ve deneysel bulgulardan yola çıkarak, berilyumun radyum veya radon (bugün zeminden evlere sızdığında sağlık sorunlarına neden olduğunu bildiğimiz bir radyoaktif gaz) gibi güçlü bir alfa parçacığı kaynağına maruz kalırsa, buna nötron yayarak karşılık verdiğini bilmekteydi. İlk bakıldığında bu gayet müsrif bir proje görünümündeydi: Bir tek nötron salımı sağlamak için, berilyum örneğine 100.000 alfa parçacığının yollanması gerekiyordu. Ancak Fermi'nin bilimsel düşünüşü yabana atılamaz derecede ileriydi. Bir tek nötron yaratmak için bile çok büyük miktarda alfa radyasyonunun harcanması gerektiğini biliyordu bilmesine, ancak bildiği bir başka şey de, atomun içerisindeki elektriksel yüklerden etkilenmeyen o yüksüz parçacığın hedefe ulaşarak çekirdeği vurma olasılığının yüksek olmasıydı. Çekirdeği bombardıman etmek üzere nötronları kullanmak kazançlı olacaktı, çünkü böylece arzu edilen sonuca etkili biçimde ulaşılabilecekti.

Bir diğer deyişle, Fermi berilyumu alfa parçacıklarıyla ışınıma uğratma işlemi yoluyla bir kez serbest uçan nötronlar yaratabilirse, bunun elinde sihirli kurşunlara sahip olmak anlamına geleceğini anlamıştı. Elektron bulutunun engellemediği ve çekirdekten geri tepmeksizin maddenin içinde dolaşan bir nötron varsa, bu er veya geç çekirdeğe çarparak içerisine girecekti.

Fermi'nin düşüncesi çok zekiceydi ve bilim dünyası onun çalışmasını dikkatle takip etmeye başladı. Kopenhag'taki Niels Bohr Enstitüsü'nden fizikçiler de başka laboratuvarların yaptığı gibi Fermi'nin adımlarını izlemeye çalıştılar. Lise Meitner'in yeğeni Otto Frisch Avusturyalı bir genç fizikçi olarak o dönem Kopenhag'taydı. Fermi'nin araştırma makalelerini okuma ve bunları İtalyancadan çevirerek, bu İtalyan öncünün yolunu rehber edinmiş olan enstitüdeki tüm meslektaşlarıyla paylaştı. Frisch, Fermi'nin nötronlarla çalışma kararını öğrendiğinde duyduğu şaşkınlığı aktarır: "... Enrico Fermi elementleri (hepimizin yaptığı gibi) alfa parçacıklarıyla değil de, nötronlarla dövmeye hazırlanıyordu. Buna çok şaşırdım, çünkü nötronlar çok nadir bulunurlardı: Berilyumu bombalamak ve bir nötron üretmek için 100.000 alfa parçacığını boşa harcamak gerekiyordu. Bu kadar

pahalı kurşunlar kullanmanın ne gereği vardı?"[7] Ancak fazla zaman geçmeden o ve diğer bilim insanları Fermi'nin bu zekâ dolu hareketini kavradılar, ilk elde sezgilerine aykırı gelen bu israfın aslında çekirdeği vurmak için ideal "kurşunu" yaratmanın akılcı bir yolu olduğunu anladılar.

Roma Üniversitesi fizik binasında çok yoğunlaştırılmış iyi bir radyum numunesi vardı ve Fermi ideal alfa kaynağı olarak bunu seçti. Radyumdan türetilmiş radon gazının yer aldığı bir tüpün içine bir miktar toz haline getirilmiş berilyum koyarak deney için bir nötron kaynağı üretmiş oldu böylelikle. Daha önce Joliot ve Curie tarafından çalışılmış olan alüminyum, bor ve magnezyumun dışında hangi elementlerin nötron saldırısına yanıt olarak yapay radyasyon üreteceğini sınama zamanı gelmişti artık.

Roma grubunun gelişmiş teknoloji gerektiren böylesi deneyler için iyi örgütlenmiş olduğu söylenemezdi. Radon gazı fizik binasının bodrumunda neredeyse tesadüfen bulunan (bugünün parasıyla on binlerce dolar değerindeki) bir gram radyumun bozunumundan elde edilmişti. Roma'da herhangi bir yerde hazır yapılmış deneysel takım bulmak da olanaksızdı. O dönem radyasyon çalışmalarında kullanılan temel alet Geiger sayacıydı. Daha önce belirttiğimiz üzere, bu sayaç Ernest Rutherford'un çalışma arkadaşlarından biri olan Alman fizikçi Hans Geiger tarafından 1908 yılında icat edilmiş, bundan yirmi yıl sonra Geiger ve öğrencisi Walther Müller tarafından iyonlaştırıcı radyasyonun tüm bilinen çeşitlerini tespit edecek şekilde geliştirilmişti. Fermi bu aleti edinemezdi; dolayısıyla kendisi yapmaya karar verdi.

Bunun için Fermi Rasetti'yi istedi, çünkü laboratuvar araçları ve başka teknik aletlerin yapımı söz konusu olduğunda onun üzerine kimseyi tanımazdı. Ancak Rasetti Roma'da değildi. Onu dünyayı dolaşarak hayatın anlamını aramaya iten kişisel bir bunalımın pençesindeydi. 1934'ün söz konusu günlerinde Rasetti Fas'ta, ulaşılamaz durumdaydı.[8] Fermi bu durumda

7 Otto Frisch, *What Little I Remember* (New York: Cambridge University Press, 1979), s. 87.

8 Fermi, *Atoms in the Family*, s. 85.

kafasındaki en iyi ikinci senaryoyu hayata geçirmeye koyuldu: Geiger sayacını ve radyasyon ileri araştırma laboratuvarlarında gereken diğer aletleri kendisi yaptı.

Fermi eskiden öğrencisi, şimdiyse hevesli çalışma arkadaşı olan Emilio Segrè'yi Roma'nın dört bir tarafındaki dükkânlara yollardı. Her hafta Segrè kente boş bir büyük çantayla gider, ardından bir çanta dolusu kimyasalla geri dönerdi.

Böylece Roma'daki grup sistematik biçimde, ilk kez Paris'te Joliot ve Curie tarafından gerçekleştirilmiş olan uyarılmış radyoaktivite deneylerini hayata geçirmeye başladı. Segrè'nin laboratuvara getirdiği kimyasal bileşikler saf elementler sağlayacak şekilde rafine edildi. Ardından bunlar sıvı halde sıkıştırılmış radon gazı içeren ve içerisine nötron üretimini hızlandırmak için berilyum çubuk eklenmiş bir cam tüpten çıkan nötronların yağmuruna tutuldu. Bu yolla periyodik tablodaki elementlerin çoğunun belli bir süre için radyoaktif hale getirilip getirilemeyecekleri test edildi. Ancak kaynaktan çıkan nötronlar (ve alfa parçacıkları) aynı zamanda Geiger sayacını radyoaktiviteyi ölçmek üzere tetikleyeceği için hedeflenen elementler radyasyona tutuldukları odanın dışında değil, farklı bir odada ölçümlenmeliydi. Bu bir sorunu açığa çıkardı. Nötrona tabi tutulan elementlerin çoğu çok kısa bir zaman aralığı boyunca (bazıları bir dakikadan az) radyoaktif oluyor, ardından radyasyon sonlanıyordu. Fermi ve çalışma arkadaşları bir elementi ışınıma tabi tutuyor, sonra koşarak koridorun sonundaki başka bir odaya gidiyor ve buradaki Geiger sayacında radyasyon ölçümünü yapıyorlardı. Epey komik bir yöntem olduğu aşikâr; Fermi radyasyona tabi tutulmuş bir element elinde bütün gün koridor boyunca koşturup duruyordu.[9]

Periyodik tablodaki elementlerin çoğunu test ettikten sonra Fermi ve arkadaşları bilinen en son elemente ulaştılar: Uranyum. Şimdi artık en önemli ve en tartışmalı çalışma başlıyordu.



Fermi radyoaktivite ile uranyumun daha önce gösterilenden daha doğrusal bir bağlantıya sahip olduğundan kuşkulanmak-

9 Fermi, *Atoms in the Family*, s. 89-90.

taydı. Uranyumu nötron yağmuruna tutmak istedi; onun varsayımına göre bu işlem transuranik (veya uranyum ötesi), bir diğer deyişle, uranyumdan daha büyük atom ağırlığına sahip elementler yaratacaktı. Uranyum, içerisindeki parçacıkları birbirine bağlayan kuvvetlerce bir arada tutulan, şişkin çekirdeğinin içerisinde sakladığı çok sayıda nötronu olduğu için en ağır elementti. Şimdi bu aşırı derecede dolu uranyum çekirdeğine (bir elementin nötronlar yaymasını tetikleyen bir radyoaktif süreç sonucu elde edilmiş) bir nötronu ateşlediğinizi düşünün. Fermi bunun uranyum çekirdeğini daha da genişleteceğini, çekirdeğin kendisine ateşlenen nötronları bir şekilde emeceğini varsaydı.

Fermi'nin varsayımı hem doğru hem de yanlıştı. 238 ağırlığındaki uranyum ya da U-238, belli koşullar atında ek bir nötron daha özümseyebilir ve böylelikle geçiş elementi U-239'a dönüşür, bu da hızlıca şimdi plütonyum dediğimiz, o dönem bilinmeyen Pt-239'a bozunur. Bu elementler, radyoaktif bozunum doğal yoldan gerçekleşmediği için genellikle "yapay" veya "sentetik" olarak adlandırılır.

Doğal yoldan oluşan uranyumun sadece % 0,7'si kadar olan ve laboratuvar deneyinde rafineleştirilmemiş uranyumun kalanında karışık halde (0,7'lik düşük oranla) bulunan U-235 uranyumun nadir rastlanan izotopudur. Bu element ise karşılaştığı nötronu absorbe etmez. Her ne kadar bilim insanları uranyum ötesi bir elementin ortaya çıkacağını düşünseler de, doğa birazdan görüleceği üzere oldukça farklı biçimde işlemektedir.



Fermi araştırmasına hazırlık için bir önceki yılını, Avrupa'da dolaşıp Almanya'daki Göttingen ve Hollanda'daki Leiden dahil atom araştırmalarının yapıldığı laboratuvarları ziyaret ederek geçirmişti. Bu laboratuvarlarda nötron ışıması yoluyla etkili bir uranyum atomu yağmurunun nasıl gerçekleştirileceğini öğrenmişti. Fizik alanında çıkan yayınları takip etmesi sayesinde Paris ve Berlin'deki rakiplerinin yaptıkları çalışmalardan da haberdar durumdaydı. Fermi onlara karşı yarışıyordu; hem Meitner-Hahn hem de Joliot-Curie ekibinin yıllardır bu iş üzerinde çalıştıklarının farkındaydı. Ellerinde hangi gizli bilgi

vardı? Fermi bu gizli bilgiye ulaşamamanın hayal kırıklığı içerisindeydi.

Bir süre sonra Fermi bu yarışta kendisine avantaj sağlayacak kişi olarak Oscar D'Agostino'yu işe aldı. D'Agostino, Fermi ekibine katılmadan önce Marie Curie'nin Paris'teki enstitüsünde çalışarak Joliot-Curie ekibinin yürüttüğü araştırmanın ayrıntılarına hâkim olmuş birisiydi. Fermi ekibi bu sayede Fermi'nin uranyumla yürüttüğü yeni çalışmasını ilerletecek radyoaktivite deneylerinin nasıl yapılacağına dair yeni bir bakış edinmiş oldu.

Fermi ekibinin yenilikçi deneyleri, onları uranyum ötesi elementlerin nötron yağmuru sonucunda oluştuğu konusunda ikna etti. Ancak ekibin halen ihtiyacını duyduğu şey, sonuçları analiz edecek bir yol bulmak, bir nötron bir uranyum çekirdeğine çarptığında gerçekte ne olduğunu gözlemlemenin bir yöntemini bulmaktı. Tepkime sonucunda meydana gelecek uranyum ötesi elementleri kesin biçimde tanılamaları gerekiyordu. Bunun oldukça zorlu ve hayal kırıklıklarına sebebiyet verecek bir iş olduğu, deneylerin genellikle hiçbir veri sağlamaksızın başarısız sonuçlar vermesiyle ortaya çıktı. Fermi umudunu kaybetmekteydi.

1934 yılı ortalarında ekip doğru deneye rast geldi. Laboratuvarda kullanılan algılayıcı cihazlar, nükleer tepkime sonucu ortaya çıkan şeyin uranyumdan daha ağır olduğunu göstermekteydi. Bu sonuç büyük bir heyecan yarattı. Fermi uranyumun nötronu soğurması sonucu oluşan, bulunması zor uranyum ötesi elementleri nihayet gözleyebildiğine ve bulgularını yayımlamaya hazır olduğuna kanaat getirdi.

Nötronların uranyum çekirdekleri tarafından içeriye kabul edildikleri konusunda haklıydı. Ancak o ve çalışma arkadaşlarının, uranyum ötesi elementlerin bu soğurmanın bir sonucu olarak biçimlendiğini gözlemlediklerini düşünmeleri yanlıştı. Ortaya çıkanın ne olduğunu doğru tanılamakta başarısız olmuşlardı, muhtemelen bunun nedeni, kimyasal analizde yeterli beceriye sahip olmamalarıydı. İtalya'daki laboratuvar harika fizikçilere sahipti, ancak yüksek düzeyde kimya uzmanları yoktu.

Fermi yine de, uranyumu radon-berilyum kaynağından gelen nötronların yağmuruna tuttukları bir dizi çetrefilli deney ger-

çekleştirdikten sonra, ilk uranyum ötesi elementi, "93 numaralı elementi" ürettikleri sonucuna vardı. Ancak bu keşif daha sonra bazı bilim insanları tarafından tartışmaya konu edildi ve bugün bilim insanları arasındaki uzlaşıya göre, neptünyum adı verilen 93 numaralı element ilk olarak Fermi'nin yaptığını düşündüğünden altı yıl sonra, California'daki Berkeley Üniversitesi'ndeki bir laboratuvarda elde edildi. Bugün Fermi'nin "element 93"ünün ise aslında 91 atom numaralı bir ürün olduğu düşünülüyor.

O yazın sonunda Londra'da Lord Rutherford Fermi'nin raporunu okuyarak Royal Society'yi konudan haberdar etti. Kısa zaman sonra yapılan basım Paris'teki Joliot-Curie ekibinin ve Berlin'deki Meitner-Hahn ekibinin sonuçlara ulaşabilmelerini sağladı. Fermi nötron ışınlandırmasının henüz tespit edilmemiş uranyum ötesi elementlerin oluşumunu sağladığını kanıtlamışsa eğer, bu durumda Fermi rakiplerini yenmiş demekti. Irène Curie, Lise Meitner ve çalışma arkadaşları afallamıştı: Fermi haklı olabilir miydi?



1935 yılında Irène Joliot-Curie bir kimyasal analizi de içeren, kendi dikkatli nötron ışınlandırması analizini gerçekleştirdi. Kaleme aldığı makaledeki iddiasına göre, ulaştığı sonuçlardan biri lantan elementinin (atom numarası 57, atom ağırlığı 139 olan gümüşi beyaz renkli element) deney yoluyla açığa çıkmış olmasıydı. Ancak lantan, atom ağırlığı 238 olan uranyuma göre daha hafif bir elementti ve bu yüzden Fermi'nin deneyindeki farazi uranyum ötesi ürüne örnek teşkil etmiyordu.

Hahn ve Meitner kuşku duyuyorlardı: Fermi tam aksini kanıtlamamış mıydı? Tepkimenin sonucunda nasıl olup da uranyumdan daha hafif bir element ortaya çıkıyordu? Meitner, Irène Joliot-Curie'nin hatalı olduğu sonucuna vardı. Birkaç ay sonra Fermi Roma'da bir konferans organize etti. Partnerleri geri planda kalırken Otto Hahn ve Frédéric Joliot toplantıya katıldılar. Akşam yemeği esnasında Hahn Joliot'nun yanına gelerek ona eşinin sonuçlarının yanlış olduğunu düşündüğünü söyledi. Gerekçesi uranyumun davranışına dair temel bir sorunu hakkındaydı. Nötron yağmuruna tutulduğunda uranyum, bilimin

henüz tespit etmemiş olduğu daha ağır elementler mi ortaya çıkarıyordu; yoksa bir şekilde daha küçük varlıklara doğru mu parçalanıyordu? Bu bilimsel problem, günün en büyük ve tarihsel akışın en olağanüstü sorularından biriydi.

Frédéric Joliot Paris'e dönüp eşine bu karşılaşmayı anlattığında onun sinirlendiğini gördü. Dikkatli bir bilim insanı olan Irène Joliot-Curie deneyi tekrar etti, tam olarak aynı sonuçları elde etti ve bu sonuçları tekrar yayımladı. Bu arada Berlin'de Hahn bu sonuçların yanlış olduğunu kanıtlamak için daha büyük bir arzu duyar hale geldi. Çok kızmıştı, laboratuvarını düzenlerken homurdanarak Curie'ye sövüp saymaktaydı. Başka sorunları da vardı – ortağını yitirmek üzereydi. Adolf Hitler ve nasyonal sosyalistlerin Yahudi karşıtı kampanyalarının egemenliği koşullarında Lise Meitner'in daha uzun bir süre Berlin'de kalması pek mümkün gözükmüyordu.

1938'de Naziler anavatanı Avusturya'yı topraklarına kattıklarında yürürlüğe giren yeni ırkçı yasalar Avusturya Yahudilerinin vatandaşlığını kaldırdı. Şimdi Meitner yasal olarak Alman uyruğundaydı. Ancak yasada yazan ne olursa olsun, fiilen yurtdışına çıkış yolları kapanmıştı. Meitner kaçacak olursa, bu gizli yollardan olmak zorundaydı. Hahn tehlikede değildi ve Almanya'yı terk etmek için ne gerek ne de istek duyuyordu; dolayısıyla da ekipleri ortak liderini yitirmek üzereydi. Lise Berlin'i gece karanlığında tren yoluyla terk etmek için hazırlanırken, Hahn da laboratuvara ona veda etmek üzere geldi.

Meitner'in Berlin'den ayrılışı, sadece onun kişisel yaşantısına değil (savaş boyunca mülteci olarak kalacaktı), bilime de büyük etki edecekti. Berlin'deki laboratuvarından uzakta uranyum bulmacası üzerine çalışmasını devam ettirmek için bundan sonra Hahn'ın yolladığı mektuplarla kendisine ulaşan laboratuvar sonuçlarını yorumlama ve sadece kuramsal çıkarımlarda bulunmaya mahkûm olacaktı. Ayrıca Almanya'dan sürgün edilmesi, yapabileceği çalışmalarla hak edeceği kesin olan Nobel Ödülünden mahrum kalmasına da sebep olmuştur.

7

1938 OLAYLARI

14 Temmuz 1938'de İtalya'da Manifesto della Razza adı verilen Yahudi karşıtı yasalar kabul edildi. Nazilerin utanç verici Nuremberg yasalarının taklidi olan bu yasalar, Yahudilerin Aryan İtalyanlardan farklı bir ırktan geldiklerini kanıtlamak üzere düzmece bilime başvurmaktaydı. Yasa Yahudileri sivil ve askeri hizmetlerden men ediyor, sağlığa bağlı mesleklerde çalışmalarını yasaklıyor ve ülkenin ekonomik yaşamından dışlıyordu. Takdir edilecek biçimde çok sayıda İtalyan Mussolini'nin bu yasasına karşı koydu; bu utanç verici belgeyi imzalamaya gönüllü çok az sayıda bilim insanı vardı.

İtalya'daki Yahudiler nesiller boyunca nüfusun geri kalanıyla uyum içinde yaşamış, büyük oranda asimile olmuş ve Hıristiyan komşularıyla gayet iyi ilişkiler içinde keyifle yaşamışlardı. Güney İtalya'nın kimi bölgelerinde Yahudiler toplumla öyle iyi bütünleşmişlerdi ki, Yahudi olmayanların pek azı aralarında Yahudilerin yaşadığını bilirdi, zaten dış görünümlerinde herhangi bir farklılık yoktu; bazı bölgelerde ise pratikte artık Yahudi bile değillerdi. Günün birinde Sicilya'daki küçük bir kentin belediye

başkanına, diğer yerlerde olduğu gibi, bir telgraf gelir. Telgrafta Yahudileri diğerlerinden ayıracak yeni yasaların uygulanması emri vardır. Cevap telgrafında Roma'ya "Anlaşıldı. Ancak Yahudi nedir? Lütfen bir numune yollayınız" denir.[1]

Laura Fermi Yahudi bir aileden gelmekteydi, ancak Enrico'yla çocuklarını eşinin dinine uygun birer Katolik olarak vaftiz ederek büyüttüler. Enrico ve çocuklar için bir tehlike yoktu, ancak aynısı Laura için söylenemezdi. Gerçekten de Naziler İtalya'yı Eylül 1943'te işgal ettiklerinde tehcirler başladı ve binden fazla Romalı Yahudi Ekim 1943'te Auschwitz'e gönderildi.[2] Fermi, hükümetinin 1938'de yaptıklarından büyük bir üzüntü ve öfke duymuştu. Ailesinin güvenliği ve esenliğini riske etmeye hiç niyeti yoktu. Başka ülkelerde, özellikle Birleşik Devletler'de çalışma koşullarını araştırmaya başladı.

Fermi'ler önceki yıllarda çeşitli vesilelerle ABD'yi ziyaret etmişlerdi. İngilizcesi mükemmelden çok uzak olmasına ve bu durum ders vermesini oldukça zor ve öğrencilerin anlamasını daha da zor kılmasına rağmen Fermi Amerika'yı sevmişti.[3] İronik biçimde, Yahudi karşıtı Temmuz emirleri karşısında Fermi'nin ayrılmaya arzulu haline aksine Laura en azından güvenlikli durum sürdüğü sürece Roma'da kalmayı tercih etti. Geçmiş yıllarda Fermi'ye İtalya dışından çok sayıda iyi iş önerileri gelmişti. Bunların içerisinde Zürich'te Erwin Schrödinger'in boşalttığı kuramsal fizik başkanlığı ve Albert Einstein'ın olduğu Princeton'daki İleri Araştırmalar Enstitüsü'nde bir pozisyon da yer almaktaydı. Fermi tüm bu teklifleri geri çevirmiş ve Roma'da ekibiyle kalmayı tercih etmişti. Şimdi 1938'deyse Roma'da durum daha kasvetliydi ve yakın gelecekte her şey daha da kötü olacak

1 Laura Fermi, *Atoms in the Family: My Life with Enrico Fermi* (Chicago: University of Chicago Press, 1954), s. 118.

2 Lucy Dawidowicz, *The War Against the Jews, 1933-1945* (New York: Bantam Books, 1986) s. 370.

3 Emilio Segrè'ye göre Fermi İngilizcede "r" harfini telaffuz ederken özellikle zorlanıyordu. Ann Arbor'daki Michigan Üniversitesi'nde yaz okulunda ders verirken, genç bir Amerikalı fizikçi bu harfin telaffuzuna ilişkin pratik yapması için ona yardım etmeye gönüllü olmuş, içinde bolca "r" geçen şu cümleyi tekrarlamasını salık vermişti: "Rear Admiral Byrd wrote a report concerning his travels in the southern part of the earth." Emilio Segrè, *Enrico Fermi, Physicist* (Chicago: University of Chicago Press, 1970), s. 104.

gibi görünüyordu. Fermi kendisine daha önce yapılmış iyi teklifleri reddettiğine pişman olmuştu. Nihayet aile olarak ayrılmak üzere gerekli adımları atmak için geç olmadığı sonucuna vardılar. Fermi daha önce kendisine öneride bulunmuş olan dört Amerikan kurumuyla yazışarak halen ellerinde kendisi için uygun bir akademik mevki olup olmadığını sordu.

Bu dönemde Fermi, "Ekselansları Fermi" olarak kendisinin hareketlerinin dikkatle izleneceğinin farkına vardı. Mussolini yönetiminin politik çizgisine onay vermeyen biri olmasına karşın, İtalyan toplumunun büyük saygı gören üyelerinden biriydi. Onun konumundaki bir bilim insanının başka bir ülkeye göç etmesi İtalya'nın uluslararası itibarını sarsıcı sonuçlar doğurabilirdi. Bu yüzden Fermi'ler adımlarını büyük bir dikkat ve gizlilikle attılar. Fermi dört Amerikan üniversitesine yazdığı ve durumunun değiştiğini, şimdi gelecek bir teklifi mutlulukla kabul edeceğini belirten mektuplarını düzenlediği kısa Alpler seyahati sırasında postaya verdi. Ek güvenlik önlemi olarak sansür veya doğabilecek kuşkulu bir durumu engellemek için dört mektup birbirine birkaç kilometre uzaklıktaki dört ayrı ilçeden ayrı ayrı postaya verildi. Fermi Columbia Üniversitesi'nden bir davet aldı ve böylece ailenin gizli planları başarıyla sonuçlanmış oldu. Önceleri İsviçre'ye uzun bir aile ziyareti yapmayı planlamışlardı; yeni gelişmeler olunca oradan Roma'ya dönmek yerine Birleşik Devletler'e göç etmeye karar verdiler. Ancak beklenmedik bir olay durumu karmaşıklaştırdı.

1938 sonbaharında Fermi, Bohr'un enstitüsündeki bir kuramsal fizik toplantısı için Kopenhag'taydı. Orada Bohr bir kenara çektiği Fermi'ye isminin gelecek yıl verilecek Nobel Fizik Ödülü için son eleme listesinde olduğunu fısıldadı. Ödülün paylaşılma olasılığı da söz konusuydu; iki, hatta üç fizikçiye birlikte verilebilirdi. Fermi Roma'ya, duyduğu heyecanın yanı sıra umut ve kendisinin ve ailesinin İtalya'dan nasıl kaçacağına dair büyüyen kaygılarıyla döndü.

10 Kasım günü telefon sabahın erken saatlerinde çaldı ve uyku mahmuru Laura'ya şu sözler söylendi: "Stockholm'den aramaktayız, acaba Profesör Fermi'yle bu akşam saat 6'da bir konuşma yapmamız mümkün olabilir mi?" Gün büyük bir beklenti

içerisinde geçti. Telefon beklenen saatten biraz daha geç geldi ve ardından tansiyon düştü: Enrico Fermi nötron yağmuru üzerine çalışması ve uranyum ötesi radyoaktif elementlerin keşfi için 1938 yılında verilen tek Nobel Fizik Ödülüne layık görülmüştü. Nobel Fizik Komitesi başkanının sunum konuşmasında dikkatle özetlediği gibi, Fermi ödülü "elementler alanında yeni radyoaktif maddelerin ve yavaş nötronların ayrıksı güçlerinin keşfi için" almıştı.[4] Tarih nötron ışınlaması sonucu üretilen elementlerin tam olarak Fermi ekibinin inandığı gibi olmadığını gösterecekti.

Fermi'ler Amerika'ya kaçışlarını Stockholm'den yapmayı kararlaştırdılar. Nobel Ödülünü aldıktan hemen sonra Fermi, eşi Laura ve çocukları New York'a giden bir gemiye bindiler. İtalya'dan kısa bir süre için İsveç'e, Nobel Ödülünü almak üzere ayrılmışlardı ve sadece yakın dostları ve aileleri gerçek niyetlerinden haberdardı. Arkadaşlarından biri daireleriyle dışarıdan her şeyin normal gözükmesi için ilgilenecekti.

II. Dünya Savaşı boyunca tarafsız kalacak olan İsveç, Hitler'in kırımından kaçan çok sayıda bilim insanı için alevler içerisindeki kıtadan kaçış yolunda ilk durak oldu. İronik biçimde Niels Bohr ise işgal altındaki ülkesinde kalmak için elinden gelen her şeyi yapmasına karşın önce İsveç'e, oradan 1942 yılında askeri bir uçağın kargo bölümünde saklanarak İngiltere'ye ve en sonunda da Amerika'ya kaçmak zorunda kalacaktı. O ve Fermi gezegenimizin geleceğini sonsuza dek değiştirecek, tarihin gördüğü bir savaş dönemindeki en büyük bilimsel girişimde yer alacaklardı. Avrupa'daki durum kötüleşince, bir dönemin mağrur Roma ekibinin diğer üyeleri de nihayetinde İtalya'yı terk edeceklerdi. Emilio Segrè Berkeley'e, Franco Rasetti Kanada'ya gitti. İtalyan başkentindeki çığır açıcı fizik çalışması sona ermişti.

Fermi 10 Aralık 1938'de Stockholm'de Nobel Fizik Ödülünü aldı. Törenin ardından o ve ailesi önce Kopenhag'taki Bohr'u ziyaret ettiler ve oradan da İngiltere'ye geçtiler. Southampton'da *Franconia* gemisine binerek New York'a doğru yola çıktılar.

4 Nobel Lectures, *Physics 1922-1941* (Amsterdam, Netherlands: Elsevier Publishing, 1965).

Fermi'nin radyasyon sonucunda elde edilebilecek olan uranyum ötesi elementlerden bahsettiği esnada, Berlin'deyse çok farklı ve tamamıyla beklenmedik sonuçlar elde edilmekteydi.



Almanya'da Otto Hahn Irène Curie'nin yanlışlığını kanıtlamaya kararlıydı. Kendisine yardım etmesi için umut vaat eden genç kimyacı Fritz Strassmann'ı ekibine dahil etti. Meitner kısa bir süre önce, 12 Temmuz gecesinde Berlin'i terk ederek Hollanda sınırına ulaşmıştı. Yanında Viyanalı genç bir fizikçi olarak kendisine büyük bir hayranlık duyan yeğeni Otto Frisch (1904-1979) de bulunmaktaydı. Ünlü teyzesinin peşinden Berlin'e gelmiş ve araştırmasında ona yardımcı olmuştu. Sınırda Nazi görevliler Frisch'i teyzesinden ayırarak Meitner'in Avusturya pasaportunu aldılar. Tren sınırda Alman toprağında dururken Meitner taş kesilmiş biçimde beklemeye başladı.

On dakika boyunca korku içinde bekledi. Sonra bir SS subayı geldi ve tek kelime etmeksizin Meitner'e pasaportunu iade etti; tren yoluna devam etti ve Hollanda'ya girdi. Ancak orada kalmak imkânsızdı. Çok sayıda göçmen kaçıyordu, Hollanda sınırları kaçan Yahudilere kapalıydı ve ülkeye girenler başka ülkelere geçiş yapmak zorundaydı. Meitner gibi çok tanınmış bir bilim insanın bile başvurusu geri çevriliyordu; girmesine izin verilmiş, ancak üçüncü bir ülkeye geçiş yapması emredilmişti. Böylece teyze-yeğen beraberce Kopenhag'a geçtiler; Niels Bohr her ikisini de seçkin kuantum ve atom fiziği ekibine davet etmişti.

Berlin'de Hahn ve Strassmann uranyum radyasyonu üzerine deneylerine devam ettiler. Hahn her gün Kopenhag'taki Meitner'e mektup yazarak gelişmelerden haberdar ediyor ve sonuçları yorumlamada yardımını istiyordu. Hahn, Fermi'nin haklı, Curie'nin ise haksız olduğunu kanıtlayacağından emindi. Ancak kader tam tersini gösterecekti.



Danimarka kraliyet ailesi fiziğe büyük yatırım yapmıştı. Bohr'un enstitüsünde çalışanlara ilaveten, buraya dünyanın dört bir ya-

nından çeşitli süreler için gelen çok sayıda fizikçiye de maaş ödemesi yapılmaktaydı. Bunların içinde Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg, Paul Dirac, Wolfgang Pauli ve şimdi Otto Frisch vardı.

Frisch teyzesi, Hahn ve son dönem için de Strassmann'ın çalışmalarını destekleyici deneyler yürütmekteydi. Birleşik Devletler'deki kütle spektrometresi çalışmaları biri 238 ağırlığında, diğeri de 235 atom ağırlığında nadir bir izotop olmak üzere iki çeşit uranyum olduğunu açığa çıkarmıştı. Bu daha hafif uranyumun varlığı 1935 yılında Arthur Jeffrey Dempster (1886-1950) tarafından ortaya çıkarılmıştı. Chicago Üniversitesi'nde çalışan bir Kanadalı fizikçi olan Dempster mesleki yaşantısını kimyasal elementlerin kararlı izotoplarını keşfetmek için kütle spektrometresi tekniklerini uygulamaya adadı. Alman araştırmacı Ernest Niehr araştırması sonucunda bu U-235 izotopunun tam oranının % 0,7 olduğunu buldu. Frisch uranyumun her iki çeşidinin diğer özelliklerini tespit etmeyi hedefleyen araştırma çalışmalarına da katıldı.

Bu esnada Meitner etrafında bu kadar çok sayıda iyi araştırmacının canlandırıcı varlığına karşın Kopenhag'ta kendisini huzursuz hissetmekteydi. Hahn'a ve ortak çalışmalarına büyük bir özlem duymaktaydı. Daha önemlisi, yeğeninin büyük bir gelişme gösterdiğini görüyor ve herhangi bir şekilde onun başarısının ışığını kesmek istemiyordu. O atom araştırmalarında bir dünya lideriydi, yeğeni ise ayağını henüz yeni sağlam basmaya başlıyordu. İsveç'e gitmeye karar verdi.

Meitner Almanya'yı cebindeki 10 markla terk etmişti. Üzerine yazlık bir giysi geçirmiş ve yanına başka hiçbir şey almamıştı. Hahn onun ayrılışını bildirir bildirmez, Naziler dairesindeki en küçük şeye kadar tüm mülkünü kamulaştırmış, banka hesabını ve emeklilik gelirini dondurmuşlardı. Kuzey Avrupa'da beş parasız ve üşümüş halde dostlarından borç almak zorunda kalmış, ümitsizlik ve depresyona düşmüştü. Tek tesellisi, her gün Otto Hahn'dan gelen ve ona yolladığı mektuplardı. Ancak bu mektuplar da sıklıkla Berlin'de sahip olduklarına dair kötü haberler iletiyordu. Tüm laboratuvar raporları ve kitaplarına el konmuş ve Hahn'ın ona herhangi bir şey yollaması yasak-

lanmıştı. Ailesinin bazı üyelerinin daha önce göç etmiş olduğu İngiltere'ye gitmeyi düşünmüştü, ancak bu planı da suya düştü. Hollanda gibi İngiltere de mülteciler konusunda aşırı temkinli davranıyor ve kabul sayısını ciddi biçimde aşağıya çekiyordu.

Lise Meitner, İsveç'in en etkili fizikçisi olan Manne Siegbahn tarafından Stockholm'de kurulmuş araştırma enstitüsüne, soğuk bir biçimde de olsa, bir katılım daveti aldı. Ancak Stockholm'de de morali bozuk ve etrafında olan bitene ilgisiz hali devam etti. Tek ilgilendiği, Otto Hahn'la olan mektuplaşmasıydı. 1938'in sonunda bir gün Halın garip bulgular elde ettikleri haberini ulaştırdı. Uranyumun nötron yağmuruna tutulması baryum oluşumuna (kalsiyuma benzer bir element, atom numarası 56, uranyumun yaklaşık yarısı ağırlığında), dolayısıyla Fermi'nin kendi laboratuvarında imal ettiği uranyum ötesi üründen çok farklı bir şeyin oluşumuna yol açmıştı. Bu Irène Joliot-Curie'nin Hahn'ın ṭiksinti duyduğu sonuçlarıyla uyumluydu. Uzaktaki meslektaşından bu bulguları yorumlamasını istiyordu: Bu tepkimenin sonucunda nasıl baryum (ve lantan) oluşabilirdi? Meitner'in yanıtı, bu yüzyılda nükleer fizik alanındaki en önemli (ve ona rahatlıkla Nobel kazandırması gereken) gelişme olacaktı.

8

1938 NOELİ

Bilim hemen göze çarpmayan, kurnazca biçimler kullanarak ilerler. Doğa sırlarını yavaşça açığa vurur ve gizemlerini sadece kabul görmüş inanış ve yanlış kanılardan kendilerini özgürleştirebilen açık fikirlilere gösterir. Sınır tanımaz bir hayal gücünün de faydası olur. Aklımıza hemen Isaac Newton ve Albert Einstein geliyor. Newton görünmeyen bir kuvvetin, kütleçekim kuvvetinin farkına vardı ve bu kuvvetin sadece elmaların yere düşmesini değil, aynı zamanda ayın sürekli olarak bize doğru "düşmemesini," dünya etrafında dönmesini sağladığını da kavradı. Ve Einstein ondan iki yüzyıl sonra derin "düşünce deneylerini" gerçekleştirerek, zamanın kendisinin insanların çok eski zamanlardan bu yana varsaydıkları üzere sabit olmadığı tuhaf ve enfes gerçeğine ulaştı. Kalıpları kıran bir dâhiden başka kim böylesi mantığa aykırı doğruları hayal edebilirdi?

1938 yılının Noel günü Lise Meitner memleketinden, dostları ve çalışma arkadaşlarının çoğundan uzakta İsveç'in taşrasındaki Kungälv köyünün dışındaki terk edilmiş karlı bir yolda yürürken, Einstein ve Newton'a rakip olacak derecede sağduyuya

aykırı, devrimci ve güçlü bir esin ânı yaşadı. O zamana kadar radyasyon üzerine çalışan bilim insanlarının tümü ellerinde kanıt olmaksızın, eksik verilere dayanarak nötronların saldırısına uğrayan uranyum atomunun daha ağır uranyum ötesi elementlere sebebiyet vereceğini varsaymışlardı. Şimdi Meitner'e gerçeklik daha farklı görünmekteydi. Kapıldığı ani içgörüyle bu kez bilimsel problemi daha farklı kurmuş ve böyle yaparak dünyayı kelimenin gerçek anlamıyla değiştirecek bütünsel bir fikre ulaşmıştı.



Noelden birkaç gün önce Berlin'deki Otto Hahn'dan bir mektup aldı. Açtı ve okudu:

> 19.12.38 Pazartesi sabahı. Laboratuvar.
>
> Sevgili Lise! Saat şu an gece 11:00; 11.45'te tekrar Strassmann gelecek ve ben nihayet eve gidebileceğim. Aslına bakarsan "radyum izotoplarında" öyle dikkat çekici bir şey var ki, şimdilik sadece sana söylüyoruz. Üç izotopun yarı-ömrünün tam olarak aynı olduğunu tespit ettik, baryum hariç tüm elementlerden ayrıştırılabiliyorlar, tüm tepkimeler radyumla uyumlu. Sadece biri değil – eğer çok olağandışı rastlantılar söz konusu değilse: Kesirleme işe yaramıyor. Bizim Ra(dyum) izotopları Ba(ryum) gibi davranıyorlar.[1]

Hahn ulaştığı bu tamamıyla beklenmedik sonuçları Marie Curie'nin keşfettiği bir analiz yöntemi kullanarak betimliyordu. Bu yöntem "kesirli billurlaşma" veya Hahn'ın mektubunda dediği üzere "kesirleme" olarak tanımlanırdı. Hahn ile Fritz Strassmann'ın yaptıkları nötronlar ve uranyumun nükleer tepkimesinin sonuçlarını içeren solüsyona yavaşça ve dört adımda brom (klora benzeyen, ancak daha radyoaktif bir element) eklemekti. Her bir adımda sıvı karışımın bir *kesri* billurlaşıyordu (kesirli billurlaşma ismi buradan gelmektedir). İkili, solüsyonda baryum ve radyumla çalışmıştı, çünkü bu elementler bromla farklı şiddetlerde reaktif olma özelliğine sahipti.

1 Otto Hahn'dan Lise Meitner'e, 19 Aralık 1938, Meitner Collection, Churchill College Archives Centre, Cambridge, İngiltere. Baryum kalsiyuma benzer bir metaldir, atom numarası 56, atom ağırlığı 137'dir, radyoaktif değildir.

Radyum baryuma göre daha reaktif olduğu (daha hızlı hareket ettiği) için karışımın alt tarafına çöken brom kristallerinin ilk adımının (ilk kesrinin) radyum zengini olmasını ve ikinci miktara göre daha az baryum içermesini ve yine kalan iki kesirli çökeltinin her birinin azalan oranda baryum içermesini bekliyorlardı. Ama buldukları tam bir sürpriz oldu: Baryum olmasını bekledikleri şey her dört kesirde eşit ve çok yüksek miktarda bulunmaktaydı. Deneyin varsayımları açısından bu tamamen açıklanamaz bir durumdu.

Uranyum araştırması yapan bilim insanları uranyum ötesi elementlerin oluşacağına inanmış durumdaydılar; kesinlikle baryum kadar küçük (ağırlık ve proton ve elektron sayısı olarak) elementler beklemiyorlardı. Hahn ölçümlerinde bir hata olduğunu düşündü. Deneyi tekrar yaptı ve yine aynı sonuçlara ulaştı. Meitner'e hayal kırıklığı içerisinde yazdığı 19 Aralık tarihli mektubu şöyle bitiyordu:

> ... tüm bu karmaşık deneyler! Ama bir şekilde bir çözüm bulmamız lazım. Şimdi Noel tatili başlıyor ve yarın geleneksel Noel partisi verilecek. Senden bu kadar ayrı kaldıktan sonra, bunu nasıl dört gözle beklediğimi hayal edebilirsin... O yüzden lütfen bir olasılık var mı diye düşün; belki de 137 atom ağırlığından çok daha büyük olan bir Ba izotopu, ne dersin? Ben bunu yayımlarım deyip önereceğin bir şey olursa, bu yine bir şekilde üçümüzün çalışması olacak![2]

Hahn'ın son cümleleri nükleer tepkime sonucu sadece uranyumdan büyük bir şey oluşabileceğine dair genel inancın derinliğini sergilemektedir. Ayrıca Enrico Fermi daha yeni uranyumdan daha büyük olduğu varsayılan elementler bulduğu için bir Nobel ödülü almışken... Hahn rapor edilen bu bulgudan öylesine emindir ki, kendi deneyinin sonucu gerçekten baryumsa, bu ucube, daha önce hiç kimsenin karşılaşmadığı doğal olmayan büyüklükteki baryum izotopu, uranyumdan daha büyük olması gerektiği için atom ağırlığı çok büyük, garip bir nesne olmalıydı, çünkü normal baryumun atom ağırlığı sadece 137'ydi.

Ancak Meitner ileri görüşlü biriydi. Genel kabul gören bilimsel bilginin sınırlarına tutsak kalmaksızın düşünebiliyor-

2 Hahn'dan Meitner'e, 19 Aralık 1938, Meitner Collection.

du. Meitner Hahn'ın rahatsız edici mektubunu cebine koydu ve suyun diğer tarafındaki Göteborg kentinin kuzeyinde kalan Kungälv köyüne gitmek üzere bavulunu hazırladı. Oradaki tatili esnasında görmeyi umduğu birkaç arkadaşı vardı.

Hahn'ın mektubu eline ulaştığında Meitner zor zamanlarından birini yaşıyordu. İsveç'e geldiğinden beri daha derin bir moral bozukluğu içerisindeydi. 1878 Kasım'ında doğmuş biri olarak bir ay önce 60 yaşına basmıştı ve artık aniden yaşlandığını hissetmekteydi. Berlin'de Kaiser Wilhelm Enstitüsü'nde sadece laboratuvarda çalışan bir kadın değil, ciddi bir bilim insanı olarak görülebilmek için otuz yılını harcamıştı. Şimdi atom fiziği alanında önde gelen isimlerden biri olsa da, bir fizikçiye Nobel Ödülünü kazandıracak büyüklükte bir başarıya imza atmamıştı.

II. Dünya Savaşı öncesinde dünya bilim merkezlerinden biri olan Berlin'de tam araştırması yol almaya başladığı sırada ekibinden ayrı düşürülmüştü. Nazizmin yükselişi onu geçim kaynaklarından, işinden, hayatındaki bu tek mutluluk ve haz kaynağından ayrılmak zorunda bırakmıştı. Meitner on yıllar boyunca önde gelen bir bilim insanı olarak toplumsal kabul ve saygı görmek için çalışmıştı. Tam emeği sonuçlarını vermeye başlamışken, gecenin bir karanlığında yanına hiçbir şey, hatta Kuzey Avrupa'nın soğuk kışında kendisini sıcak tutacak uygun giysiler bile alamadan Berlin'i terk etmek zorunda kalmıştı. Saygın bir kurumdaki en üst düzey bilim insanı konumundayken bir gece içinde evsiz ve uyruksuz fakir bir mülteciye dönüşmüştü. Yeni ülkesi de onu bağrına basmakta gönülsüzdü. İsveç hiçbir zaman bir göçmen ülkesi olmamıştı, mültecileri içerisinde eritecek bir yapıya sahip değildi, bu kişi ünlü bir fizikçi olsa bile...[3]

Kariyeri, geçici bir sığınak olarak kısmi zamanlı bir iş bulduğu Manne Siegbahn'ın Stockholm'deki fizik enstitüsünde bir çıkmaz sokağa sapmıştı. Buraya sıcak sayılamayacak sözlerle, bir iyilik olsun diye davet edilmişti. Yıllardır alıştığı Berlin'deki laboratuvarı, deneyleri ve güvendiği çalışma arkadaşları olmaksızın kendisini boşlukta hissediyordu.

3 Ruth Lewin Sime, *Lise Meitner: A Life in Physics* (Berkeley: University of California Press, 1996), s. 234.

Ümitsiz bir halde Kopenhag'taki yeğeni Otto Frisch'e yazarak Kungälv'de buluşmayı önerdi. Frisch eşlik etmekten zevk duyacağı yanıtını verdi. Teyzesini son birkaç aydır, Kopenhag'tan ayrıldığından beri görmemişti ve mektuplarından onun depresyonda olduğunu biliyordu. Önce Kopenhag'tan Danimarka kıyılarına iki saatlik bir tren yolculuğu yapacak, ardından İsveç'e bir gemi yolculuğu ve nihayet Kungälv'e doğru tekrar trenle devam edecekti.

Duygusal bir buluşma oldu. Frisch gecenin geç bir saatinde, Meitner'in otel odasında uyuduğu vakitte geldi ve onu uyandırmak istemedi. Oysa görmeyi çok istiyordu, özlemişti. Niels Bohr'un Kopenhag'taki güçlü fizik enstitüsünde radyasyon konusunda yapmayı planladığı yeni deneyi anlatmak için de sabırsızlanıyor, bu konuda teyzesinin görüşünü almak istiyordu. Radyasyon çalışmalarında dünyanın en deneyimli bilim insanlarından biri olduğu için, teyzesinin düşüncesi onun için çok önemliydi. O gece çok az uyudu. Geceleyin kapı altından bıraktığı notu okuduktan sonra Meitner'in kahvaltı için aşağıya ineceğini biliyordu, o yüzden sabah erkenden yemek odasına indi. Anılarında onu "Hahn'dan gelen bir mektuptan dolayı kaygılı" bir dalgınlık içerisinde bulduğunu anlatır.[4]

Meitner trans halindedir. "Baryum ..." diye durmaksızın tekrarlamaktadır Frisch'e, "Baryum ... İnanmıyorum ..." Onun canını sıkan, atom ağırlığı 137 olan bu baryumun uranyumdan bu kadar daha hafif olmasıdır. "[Uranyumun atom ağırlığı 238 olduğu için] Uranyum çekirdeğindeki 100 parçacığı birden nasıl tuzla buz edebilirsin?" diye sorar Frisch'in gözlerine dikkatle bakarak, "Baryum ...?" Frisch'le beraber oturur ve derin düşünceler içerisinde kahvaltılarını ederler. Sonunda Frisch, "Belki de bir hatadır" deyince, "Hayır, hayır," karşılığını verir, "Hahn böyle bir hata için fazlasıyla iyi bir kimyacıdır."[5]

Kuşku duymak için nedenler vardır. Hahn, Strassmann, Joliot-Curie'ler ve Fermi, hepsi de harika bilim insanlarıdır. Bu kadar iyi oldukları içindir ki, diğerleri bu öncülerin ortaya

4 Otto Frisch, *What Little I Remember* (New York: Cambridge University Press, 1979), s. 115.

5 Frisch, *What Little I Remember*, s. 115.

attığı kuramla mantıksal açıdan çelişen hipotezlerle eğlenerek vakit harcamaya isteksizdirler. Bir uranyum çekirdeği rastgele bir nötronla karşılaştığında uranyumdan daha küçük bir elementin oluşabileceği yönündeki basit görüş, kesin kabul edilen veya bilim insanlarının böyle kabul ettiği fiziksel kısıtlamalara meydan okumaktaydı. Herkese ayak bağı olan enerji üzerine bir varsayımdı.

O güne kadar nükleer tepkimelerde sadece nötronlar, elektronlar, helyum çekirdekleri (alfa parçacıkları) gibi küçük parçacıkların ortaya çıkışı gözlemlenmişti; bunların tümü baryum çekirdeğine oranla çok çok küçüktü. Baryumun yan ürün olabilmesi için uranyum çekirdeğinin bölünmesi gerekirdi. Bir dizi fizikçinin yaptığı hesaplamalara göre, bir çekirdeği büyük parçalara bölmek için gereken enerji miktarı olağanüstü büyüktü. Baryumun uranyumun bir nötronla etkileşiminin sonucu olduğunu kabul etmek, bir tavuk yumurtasından dinozor çıkarmaya benzetilebilirdi. Bu tuhaf, beklenmedik ve görünüş itibariyle olanaksızdı. Ancak Meitner, Hahn'ın bir kimyacı olarak yetisine mevcut fizik kuramına duyduğundan daha büyük bir inanç duymaktaydı ve bu yüzden konuyu bir türlü aklından çıkaramıyordu.

Frisch kros kayaklarını da yanında getirmişti. İsveç kırsalına yaptığı bu seyahat, açık alan egzersizleri için de kaçırmak istemediği bir fırsattı. Bu yüzden kahvaltının ardından Meitner'e beraber ormana doğru bir keşif gezisine çıkmayı önerdi. İsterse kendisine kayak kiralayabileceğini de ekledi. Meitner "Hayır, hayır," yanıtını verdi, "Senin kayak yapışın kadar hızlı yürüyebilirim." Otelden çıkıp batı yönünde ormana doğru uzanan bir yola saptılar. Ve gerçekten Meitner onu hayal kırıklığına uğratmadı, belli bir mesafeden izleyerek yeğeninin hızına ayak uydurdu. Yan yana geldikçe Hahn'ın şaşırtıcı sonuçlarını konuşmaya devam ettiler.

O dönemde merkezindeki çekirdeğiyle birlikte atomu tarif eden iki kuram vardı. Ernest Rutherford'un kuramı, atomu içinde daha da sert bir nesne (çekirdek) olan katı bir top olarak yorumluyordu. Ancak Bohr'un daha yeni ve tartışmalı kuramına göre atom daha yumuşak ve esnekti ve merkezindeki çekirdek

bir su damlası gibiydi: Yüzey gerilimi onu yekpare tutuyordu, ancak tıpkı bir yağmur damlası gibi gerektiğinde biçim değiştirebilirdi. Her iki kuram da atomun nötron gibi küçük bir nesne tarafından vurulduğunda tam ortadan ikiye bölünebileceğine ihtimal vermiyordu, çünkü bunun için gereken enerjinin çok büyük olması gerektiği düşünülüyordu.

Frisch onun yanında kayarken Meitner hızlı adımlarla yürüyor ve ikili bu modelleri tartışırken, mevcut atom kavrayışlarından birinin Hahn'ın rapor ettiği garip davranışa izin verip vermeyeceğini tartışıyorlardı. Durdular ve yolları üzerinde kendilerini çevreleyen sessiz ve yüce güzelliğe hayranlıkla, devrilmiş bir ağacın üzerine oturdular. Karla kaplı ağaçlar derin bir gizemi tartışmak için sakin bir yer sunmaktaydı. Birkaç dakikalık bir dinlenmenin ardından Meitner cebinden bir kalem ve kâğıt çıkardı. Rutherford'un modelinin işe yaramayacağını biliyordu; katı bir uranyum çekirdeğinin baryum büyüklüğünde ürünler oluşturacak şekilde ikiye ayrılmasına imkân yoktu. Bohr'un modeli çok az bir umut içeriyor diye düşündü, tek şart (çekirdeği bir arada tutan kuvvetlerin varsayımsal etkileşimlerine dayalı) geleneksel enerji hesaplamalarının yanlış olduğunun kanıtlanmasıydı. Dikkatle Bohr'un varsayımlarına uygun olarak uranyum çekirdeğini temsilen bir yağmur damlası resmi çizdi, sonra bunu küçülen, küre şeklini daha uzamış, eliptik bir biçime doğru yitiren şekilde resmetti. Sonra bunu tekrar yay biçiminde genişleyen şekilde ve en nihayetinde iki daha küçük damlacık halini almış biçimde çizdi. Resim ikiye bölünen atomun görsel tasviriydi. Şimdi sıra enerji gerekliliklerini karşılamaktaydı.

Meitner sadece fiziksel açıdan mükemmel bir form tutmamıştı, hafızası da fevkaladeydi. Uranyum çekirdeğini bir arada tutan kuvvetlerin etkileşimlerini hesaplamak için kullanılan karmaşık formülün tamamını bir çırpıda hatırladı. Bir diyagram şeklinde kâğıda döktü ve formülün bileşenlerini atom hakkındaki yeni varsayımlarına uyacak şekilde yönlendirerek işlemeye başladı. Çekirdeğin biçimi değiştirilince, bu kuvvetler de buna uygun karşılık veriyorlardı (bu bilim insanlarının daha önce düşünmedikleri bir şeydi) ve böylece çekirdeğin bölünmesi için gereken enerji ortaya çıkıyordu. "Bulduğumuz uranyum çe-

kirdeğinin yükü" diye hatırlıyor Frisch, "yüzey geriliminin etkisinin üstesinden gelmeye tamamen ve rahatlıkla yetecek kadar büyüktü; dolayısıyla uranyum çekirdeği çok oynak ve kararsız bir damla olarak düşünülebilirdi, bir tek nötronun etkisi gibi, en küçük provokasyonda bile bölünmeye hazırdı."[6]

Ardından Meitner formüllerini enerjiyi hesaplamak için kullandı. Hesabına göre uranyum atomunun her biri ilk boyutun yarısı olacak şekilde daha küçük iki atoma bölünmesi, bir protonun kütlesinin beşte birine denk bir kütle kaybına yol açacaktı. Einstein'ın formülü $E=mc^2$'ye göre kayıp kütle enerjiye dönüştürülecek, bu enerji de hesaplamalarına göre 200 mega elektron volt (MeV) olacaktı.[7] Bu enerji tam olarak ortaya çıkan iki çekirdeğin ayrı varlıklar olarak var olabilmelerine izin verecek miktardı. Birdenbire yapbozun tüm parçaları yerine oturmaya başlamıştı. Ulaştıkları sonuçtan buz kesilmiş biçimde, ikili hesaplamalarına inanmaz halde, yıkılmış ağacın üzerinde uzunca bir süre oturdular. Gizem Meitner'in matematiği sayesinde çözülmüştü.

Frisch ve Meitner bir süre daha karda ilerlediler. Meitner koşmaya çalıştı. Ardından durdu ve "Bohr haklıydı!" dedi. "Bu sürecin işlemesi için atomun sert olmaması lazım. Sıvı bir damla gibi olması gerekiyor." Ulaştığı bu sonuç, buna bağlı olarak yaptığı çizimler ve hesaplamaları sonunda uranyumdan baryum yaratan sürece açıklık getirmişti. Ve her şey Hahn'ın deneysel sonuçlarıyla da uyumluydu. Bunun ardından teyze-yeğen arkadaşlarıyla yiyecekleri Noel yemeğinin tadını çıkarmaya gittiler ve konuşmalarının sonuçlarını ortak bir bilimsel makale olarak kaleme almaya karar verdiler. Bunu Stockholm ve Kopenhag arası uzun mesafe telefon bağlantısıyla yapacaklardı, tarihteki ilk uzun bilimsel telekonferansla...



6 Frisch, *What Little I Remember*, s. 115.

7 Bir milyon elektron volt, bu da yaklaşık $1,6 \times 10^{-13}$ joule eşittir. Bu bir elektrik alanda hız kazanan elektronun bir volttan potansiyel farkının bir milyonla çarpılmasıyla kazandığı enerji miktarıdır. Tekil uranyum çekirdeğinin bölünmesi için verilen bu enerji miktarı bugünkü bilgimizle çok yakından örtüşmektedir.

İki gün sonra Frisch Kopenhag'a kendi ifadesiyle "hatırı sayılır bir heyecanla" döndü. Sonuçlarını yayımlamak ve ondan da önce onları Birleşik Devletler'e doğru bir gemi yolculuğuna çıkmak üzere olan Bohr'a göstermek için sabırsızlanıyordu. Bohr Frisch'le New York'a gidecek gemisi limandan ayrılmadan önce sadece birkaç dakika geçirebildi. Frisch'in aktarımına göre Bohr'a Lise Meitner ve kendisinin ulaştığı yeni sonuçları söylediğinde, "[Bohr] eliyle alnına vurdu ve feryat ederek şöyle dedi: 'Ya, hepimiz nasıl bu kadar aptal olabildik! Ama bu harika! Bu tam olması gerektiği gibi! Sen ve Lise Meitner bunun hakkında makalenizi yazdınız mı?' Henüz değil, ama hemen yazacağız dedim, Bohr makale yayımlanmadan bunun üzerine konuşmayacağının sözünü verdi. Ardından gemisine yetişmeye gitti."[8]

Ardından Frisch enstitüde Amerikalı bir biyologun çalıştığı başka bir laboratuvara gitti. Amerikalıya, "Bir hücrenin ikiye bölündüğü sürece ne isim veriyorsunuz?" diye sordu. "Fisyon" yanıtını aldı. "İyi" dedi Frisch, "teyzem ve ben *nükleer fisyonu* keşfettik o zaman." Frisch'in o gün ortaya attığı kavram beş hafta sonra *Nature* dergisinde çıkan Meitner'le ortak makalesinde kullanıldı. Nükleer fisyon, nihayetinde atom bombasının patlamasına yol açan ve uranyum yakıttan barışçıl elektrik enerjisi elde edilmesine imkân sağlayan mekanizmanın adıdır. Bu yüzden Meitner, Frisch'in yardımıyla ve Hahn ve Strassmann'ınkiler dahil daha önce elde ettiği tüm sonuçları kullanarak, uranyumun nötron yağmuruna tutulduğu uç durumlarda hareketine hükmeden en önemli ilkeye ulaşmıştır.

Fisyon atomun derinliklerinde, onun çekirdeğinde parçacıkların yaptığı anlaşılması güç ve çok hassas bir dans sayesinde mümkündür. Bildiğimiz gibi çekirdek atomun pozitif bileşenleri olan protonları içermektedir. Bu protonlar (pozitif veya negatif yüklü bir iyonda değil ama) yüksüz bir atomda, çekirdeğin etrafında yörüngede olan elektronlarla aynı sayıdadır. Her ne kadar kısa mesafede yeğin nükleer kuvvet hâkim olsa da, protonlar "birbirlerini sevmezler" ve birbirlerine karşı bir elektriksel itme kuvveti uygularlar. Hidrojenden büyük (hidrojende sadece bir

8 Frisch, *What Little I Remember*, s. 116-117.

proton vardır, bu yüzden itecek başka bir şey yoktur) tüm atomların çekirdeklerinde yer alan nötronlar, aynı yüklerin itici etkisini azaltır. Protonlar arasında bir çeşit tampon işlevi görürler. Bu nötronlar aslında birçok yönden protonlarla benzeşmektedir, ancak "nötralize" olmuşlardır; (çekirdek içerisinde) herhangi bir itici pozitif yük taşımamaktadırlar.

Çekirdeğin içerisindeki nötron ve protonları bir arada tutan yeğin kuvvettir; Meitner ve Frisch'in bir su damlasının yüzey gerilimi gibi davrandığını düşündükleri budur. Ancak uranyuma doğru yaklaştıkça çekirdeğin ağırlık ve boyutları büyüdüğü için çekirdeğin içerisindeki itici kuvvet büyür, neredeyse tahammül edilemez hale gelir. Uranyum çekirdeğinin boyutlarına ulaştığımızda kararsızlık öyle bir düzeye gelir ki, çekirdeğin yeni büyüklüğü onu bir arada tutan çekim gücüyle karşılaştırıldığında zayıf kalır.

Uranyum çekirdeği Lise Meitner'in hayal ettiği gibi sallanan bir damlaya benzer. Öyle kararsızdır ki, bir nötron daha çarptığında (zaten o kadar çok nötronu vardır ki!), nötronun etkisi ve emilimi, uranyum çekirdeğini bir arada tutan kuvveti alt eder ve çekirdek ortadan ikiye ayrılır. Bu olurken Einstein'ın ünlü formülü E=mc2'nin emrettiği üzere küçük miktarda bir kütle enerjiye çevrilir. Işık hızı c büyük bir rakam olduğu ve karesini almak onu daha da büyüttüğü için küçük bir kütle kaybının (göreli olarak) dev bir enerjinin açığa çıkmasına sebep olabildiğini görürüz. Bilim insanlarının daha sonrasında soracağı soru şudur: Bu tepkimenin (uranyumun bölünmesi) devam ettirilerek çok sayıda uranyum atomuna (veya doğrusu çekirdeğine) uygulanması sağlanabilir mi?



Irène Joliot-Curie Meitner, Frisch, Hahn ve Strassmann'ın sonuçlarını bir fizik dergisinde okuduğunda, ne kadar geride kalmış olduğuna dair bir üzüntü hissetti. Uranyumun nötron yağmuruna tutulmasının ürünü olarak lantanı keşfettiğinde, bu onu fisyon fikrine götürebilmeliydi; aslında bir biçimde kendi deneyinde bunu gözlemlemişti. Şimdi bu olağanüstü önemdeki bulgu rakiplerine aitti, onun itibarına sarsmaya çalışmış olan

da aynı gruptu. Lantanın tespit edildiği o tek deneyde eşinin kendisine eşlik etmemiş oluşuna çok üzülmüştü. İkisi birlikteyken onlar da fisyon açıklamasına ulaşabilirlerdi. Genellikle oldukça içine kapanık (ve nazik) birisi olan Joliot-Curie, kocasına Frisch-Meitner makalesini gösterirken ağzını bozarak patladı: "Ne kalın kafalı salaklarız biz ya!" diye bağırdı.[9]

Meitner ve Joliot-Curie ekipleri Enrico Fermi'nin düşündüğünün aksine uranyum ötesi değil, uranyumdan daha küçük elementler bulmuşlardı. Kaderin ironik bir oyunuyla keşif sürecinde bir sonraki adım, yanlışlığı kanıtlanan bu adam tarafından atılacaktı.



Meitner savaş yılları boyunca İsveç'te kaldı. 1947 yılında Berlin'deki pozisyonuna geri dönmesi teklif edildi. Hahn ve Strassmann'ın çağrılarına rağmen bu teklifi reddetti. (Strassmann daha sonra Nazi takibinden kaçırarak barındırdığı ve hayatlarını kurtardığı Yahudiler için İsrail'de Yad Vashem Ödülüne layık görüldü.) Meitner Almanya'yı ziyaret etmeye ikna oldu, ancak daha sonra İngiltere'ye göç etti. Cambridge'de yaşarken o da savaş sonrasında İngiltere'ye göç etmiş olan yeğeniyle yakınlığını sürdürdü. Hiç Nobel Ödülü almadı; öte yandan Hahn, Joliot-Curie ve Fermi'nin belki de bunu ondan çok daha az hak eden çalışmaları Nobel'le ödüllendirildi. Nedeni Yahudi karşıtlığı mıydı? Kadınlara dönük ayrımcılık mı? Bir devletin uyruğunda olmaması gerçeği mi?

Toplumun bir bilim insanına bahşedebileceği en büyük payeyi hiç alamamasına karşın, fizikçilerin çoğu Lise Meitner'in bilime yaptığı büyük katkının bilincinde oldu. 1960'ların başında bir fizik toplantısında her ikisi de seksenlerine varmış Meitner ve Hahn'a ödül verilecektir. Eski ortağıyla beraber sahneye yürürlerken Meitner Hahn'a döner ve Almanca fısıldar: "Dik yürü Hahn'cığım, yoksa bizim yaşlandığımızı düşünecekler!"

9 Olga S. Opfell, *The Lady Laureates: Women Who Have Won the Nobel Prize* (Metuchen, NJ: Scarecrow Press, 1978), s. 109.

9

HEİSENBERG TEHDİDİ

Werner Heisenberg (1901-1976) yirminci yüzyılın en önemli fizikçilerinden biriydi. Ancak kuantum kuramının gelişiminde oynadığı büyük rolün yanı sıra, aynı zamanda Nazilerin atom bombası araştırmalarında yer alan temel bir figürdü.

Enrico Fermi ve Werner Heisenberg aynı yaştaydılar. Her ikisi de 1901'de, biri İtalya'nın Roma, diğeri Almanya'nın Würzburg kentinde doğdu. Heisenberg soyağacı 1700'lerin başlarına kadar uzanan köklü bir Alman ailesinden geliyordu. Babası August Heisenberg, Westphalia'da bir lisede Yunanca, Latince ve filoloji dersleri veren bir eğitmendi. 1909 yılında August Heisenberg'e Münih Üniversitesi'nde Ortaçağ Yunan ve Bizans tarihi profesörlüğü teklif edilince aile oraya taşındı.[1] Yaşamı boyunca Werner Heisenberg Almanya'nın güneyinde yer alan Bavyera eyaletindeki bu önemli kente büyük bir sevgi besledi. Gençliğinde Münih'teki Royal Maximilian Gymnasium'a devam etti, yüksek performansı, yeteneği ve tutkusuyla buradaki tüm öğretmenlerinin beğenisini topladı.[2]

---

1 Werner Heisenberg'le AIP Sözlü Tarih Görüşmesi, gerçekleştiren Thomas S. Kuhn, Max Planck Institute, Münih, 30 Kasım 1962, Kaset no. 39, 1. yüz.

2 Armin Hermann, *Werner Heisenberg, 1901-1976* (Bonn: Inter Nationes, 1976), s. 7.

Delikanlılık döneminde Werner'in matematiğe güçlü bir ilgisi ve yeteneği oldu. Henüz 12 veya 13 gibi erken bir yaşta calculus dersi almış ve ağabeyine matematik derslerinde yardım eder olmuştu.[3] Matematik onu öylesine büyülemişti ki, babasından üniversite kütüphanesinden matematik kitapları getirmesini istemişti. August Heisenberg matematik konusunda kara cahil sayılırdı, bu yüzden oğluna bulduğu her kitabı getirdi, ancak getirdiği matematik kitaplarının kendi uzmanlığı olan Latin dilinde olmasına dikkat etti, böylelikle en azından oğlunun matematik kadar dil de öğreneceği umudundaydı.[4]

August Heisenberg I. Dünya Savaşı'na katıldı, yaralanmasıyla birlikte 1916 yılında eve döndü. Babası tekrar üniversiteye dönecek kadar iyileştikten sonra, Werner ondan kendisine yeni matematik kitapları getirmesini istedi. Şans eseri eve Leopold Kronecker'in Latince kaleme alınmış sayılar kuramı hakkındaki doktora tezini getirdi. Bu, oğlanın sayılar kuramına dönük ilgisini arttırdı ve o alanda önemli bir formül olan Pell Denklemi üzerine bir yazı kaleme aldı. Her ne kadar yolladığı dergi makalesini reddetse de, Werner matematiğe, özellikle de sayılar kuramına olan ilgisini kaybetmedi. Matematikte öylesine ilerlemişti ki, henüz 16 yaşındayken doktora sınavını kazanmak için matematik sınavlarını vermek zorunda olan kimya mezunu bir öğrenciye Calculus dersi verecekti.[5]

Okulu katı biçimde klasik eğitim veren bir okul olmasına karşın, Heisenberg'in iyi bir matematik öğretmeni vardı. Werner'in zekâsının farkında olan hocası ondan fizik kökenli, bir su kabında ışığın kırınımı üzerine bir problemi çözmesini istedi. Heisenberg problemi matematiksel olarak eliptik fonksiyonlar yardımıyla çözmeye çalıştı ve bu konu üzerinde uzun ve basılmamış bir makaleye vesile oldu. Görünüşe göre çalışması öğretmeninin düzeyinin üstündeydi, çünkü Heisenberg'in aktarımına göre: "Ne yazık ki bunun doğru veya yanlış olduğu-

3 Werner Heisenberg'le AIP Sözlü Tarih Görüşmesi, 30 Kasım 1962, Kaset no. 39, 1. yüz.

4 Werner Heisenberg'le AIP Sözlü Tarih Görüşmesi, 30 Kasım 1962, Kaset no. 39, 1. yüz.

5 Hermann, *Werner Heisenberg, 1901-1976*, s. 9.

nu söyleyemedi, çünkü eliptik fonksiyonlar hakkında bir şey bilmiyordu. Ancak çok nazik bir adamdı ve bana çok yardımı dokundu."[6]

Soyut matematik problemleri Heisenberg'i büyülemekteydi, kanıtlamaya giriştiği, ancak başarılı olamadığı Fermat'ın son teoremi de bunlar içerisindeydi. Bir gün birisi ona Herman Weyl'in Einstein'ın görelilik kuramı üzerine kaleme aldığı kitabını verdi. Kitap üzerine çalışarak kuramda kullanılan Lorentz dönüşümleri adı verilen özel matematiksel araçları anlamaya çalıştı. Yine de fiziği meslek olarak düşünmüyordu, onu büyüleyen fiziğin arkasındaki matematikti. Bu ilgisi ileride onun bir fizikçi olarak düşünüşünü de etkileyecekti; çünkü bu ona kuramsal fizikte olanaksız görülen problemleri çözmek için (Einstein gibi) ileri düzeyde matematik kullanma ayrıcalığını tanıyacaktı.

1918'in başında Werner Heisenberg yedek askerlik görevine çağrıldı ve askeri disiplinle yönetilen bir çiftlikte çalışmaya gönderildi. Sabah 3:30'da kalkıyor ve tüm gün boyunca akşamları bitap düşecek şekilde fiziksel olarak çalışıyordu. Yine de kendisini güçlendirdiği için çiftlik hizmetinin iyi bir deneyim olduğu düşüncesindeydi. Savaş Kasım 1918'de sona erdiğinde gymnasium'a geri döndü ve okulda geçirdiği saatlerin ardından hayran olduğu Kant, Platon ve birçok başka felsefeciyi okudu. Sonraki yıllarda ünlü bir fizikçi olduktan sonra atom fikrini ilk kez Platon'un *Timaeus*'undan öğrendiğini öne sürecekti.[7]

Heisenberg lise mezuniyet sınavlarında matematikte olağanüstü bir başarı gösterdi ve soyut matematik okumak üzere Münih Üniversitesi'ne kaydoldu. Tanınmış profesör Ferdinand Lindemann'ın derslerine girdiğinde hocası onun hakkında "zaten çok fazla şey bildiği" ve bu yüzden "matematik için fazla şımarık" olduğu yönünde ender rastlanır anlayışsızlıkta aptalca bir değerlendirmede bulundu. Heisenberg'in hâlâ aynı üniversitede ders vermekte olan babası, Lindemann'ın değerlendirmesini duyunca oğluna ünlü kuramsal fizikçi Arnold Sommerfeld'in derslerini almasını tavsiye etti. Sommerfeld, Niels Bohr'un

6 Werner Heisenberg'le AIP Sözlü Tarih Görüşmesi, 30 Kasım 1962, Kaset no. 39, 1. yüz.

7 Hermann, *Werner Heisenberg, 1901-1976*, s. 10, 11.

atom üzerine ilk fikirlerini geliştiren ve onları bugün Bohr-Sommerfeld atom modeli olarak bilinen haline getirmiş kişiydi.

Sommerfeld ne kadar parlak bir öğrenciye sahip olduğunu derhal anladı ve Heisenberg'e üniversitedeki daha ilk döneminde uğraşması için fizikte henüz çözüme kavuşturulmamış, anormal Zeeman etkisi denilen bir problemi verdi. Adını Hollandalı fizikçi Pieter Zeeman'dan alan bu etki, manyetik bir alanın varlığı koşullarında spektral çizgilerin kırılmasıdır. Heisenberg profesörünü şaşkınlığa sürükleyerek iki hafta içerisinde problemde bir ilerleme sağladı. "Klasik biçimde" düşünme eğitimi almış eski fizikçilerin aksine Heisenberg, fizikteki iki yeni kuramsal yaklaşımdan biri olan (diğeri Einstein'ın göreliliği) kuantum mekaniği alanında hızlıca düşünebilme ve meseleleri kavrayabilme yetisine sahipti. Bu "yeni fizik" alanında demlenen bir problemle işe başlamış olmak, onun sonraki yıllarda en büyük kuantum öncülerinden biri olmasının yolunu açacaktı.

Aynı üniversitede okuyan ve ileride kuantum kuramına önemli katkılar yapacak olan başka bir öğrenci de Wolfgang Pauli'ydi. Heisenberg'le ikisi yakın dosttu. Genç Heisenberg Zeeman etkisine ilişkin ulaştığı sonucu hemen doktora tezi olarak kullanmadı, çünkü daha üniversite yaşantısında çok yeniydi ve böylesi büyük bir sorumluluğu almak için henüz yeterli özelliklere sahip olmadığını hissediyordu. Çalışmasını birkaç yıl sonra Göttingen'de ders olarak verecekti.

1922 Haziran'ında Göttingen'deki saygın Alman üniversitesinde Niels Bohr'un bir hafta boyunca konuşmalar yapacağı bir "Bohr Festivali" düzenlendi. Onun konferansları uzaktan yakından birçok fizikçinin ilgisini çekmekteydi; bunlara o dönem Hamburg'da profesör olan Pauli'nin yanı sıra, Sommerfeld ve öğrencisi Heisenberg de dahildi. Konuşmalarının birinde Heisenberg Bohr'un öne sürdüğü fikirlerden bazılarını sorgulayarak canlı bir tartışma başlattı. Katılımcılardan biri olan Friedrich Hund, herkesin gözlerinin bu "Münih'ten gelen sarışın genç adama..." döndüğünü, "Ona şaşkınlıkla bakıyorduk," diyerek anlatacaktır.[8]

8 Hermann, *Werner Heisenberg, 1901-1976*, s. 19.

Ancak Bohr ne darılmış ne de bozulmuştu, çünkü kuantum kuramını gerçekten derinden ve seyircilerin hepsinin ötesinde (tarihin göstereceği üzere Pauli hariç) bir düzeyde kavrayabilen, keskin zekâlı bir genç bulmuştu. Bohr genç öğrenciyi Göttingen dışındaki Hain Dağında bir yürüyüşe davet etti. Saatlerce yürüdüler. Heisenberg bu günü daha sonra şöyle anlatacaktır: "Hain Dağı'nın yüksek ormanları boyunca dalıp gittiğimiz konuşmamız, modern atom kuramı kapsamındaki temel fiziksel ve felsefi konulara dair benim hatırladığım ilk yoğun sohbettir ve yaşamımın sonradan alacağı yöne dair belirleyici bir etkide bulunmuştur."[9] Bu aynı zamanda yaşam boyu süren bir dostluğun başlangıcı olur. Heisenberg atom kuramının kurucusunun cazibesine kapılmıştır. Sonrasında Bohr da arkadaşlarına genç adamın "her şeyi" anlıyor görünmesinin kendisini şaşırttığını söyleyecektir. İkili yakın bir zamanda tekrar buluşacaktır.

Sommerfeld ders vermek üzere bir dönemliğine Wisconsin Üniversitesi'ne gidince, Heisenberg Göttingen'de bu süreyi Max Born'la çalışarak geçirdi. Sommerfeld döndüğünde Heisenberg kiminin dâhice kimininse ortalama bulduğu tartışmalı bitirme teziyle Münih'teki doktorasını tamamlamıştı. İzleyen ders dönemini Born'la birlikte Göttingen'de, Münih Üniversitesi'ndeki ilk döneminde çözdüğü Zeeman etkisi üzerine bir ders vererek geçirdi.

1924 yılının Eylül ayında Heisenberg, Bohr'un Kopenhag'taki enstitüsünde çalışmak üzere Göttingen'den ayrıldı. Orada kuantum kuramına en büyük katkısı olacak olan çalışmasına, matris mekaniğini formüle etmeye başladı. 1925 yılı Temmuz ayında tamamladığı formülü, atomun sabit durumlarının hesaplanmasını sağlıyordu. Wolfgang Pauli yeni yöntemi hidrojen atomunun durumlarını çözmek için kullandı. Einstein'ın görelilik kuramının yanı sıra, kuantum mekaniği yirminci yüzyıl fiziğinin temel kuramlarından biri haline gelirken, 24 yaşındaki Heisenberg de onun önde gelen temsilcilerinden biri olmaya doğru ilerliyordu.

Başarılarını taçlandıracak şekilde 1927 yılında Heisenberg atom fiziğine olağanüstü bir katkı sunacaktı. Ona göre bir par-

9 Heisenberg'in hatıratı; Hermann, *Werner Heisenberg, 1901-1976*, s. 19'dan alınmıştır.

çacığın hem momentumu hem de konumu *aynı anda* kesin biçimde ölçülemezdi ve bu kullanılan aletin yeterliliğinden bağımsız bir doğruydu. Eğer biri tam olarak biliniyorsa, diğeri ister istemez bir belirsizlik içerecekti. Bu durum "Heisenberg belirsizlik ilkesi" olarak adlandırıldı. Heisenberg bu özelliğin atomlar, moleküller, elektronlar, protonlar, nötronlar vb olmak üzere atom-altı parçacıkların mikro dünyasının tümü için geçerli olduğunu iddia etti.

O dönem Göttingen'deki fizik bölümünde tartışılan tek gündem yeni kuantum kuramıydı. Herkes bu konuya aşırı derecede ilgi duyuyordu; hatta fizik bölümündeki öğrenci ve öğretim üyelerinin yemeklerini yedikleri yerel lokantanın sahibesinin bir gün bundan sonra eğer kuantum üzerine hararetli tartışmalarını sürdürmeye devam edeceklerse artık lokantaya gelmemelerini, diğer müşterilerin bundan rahatsız olduklarını söylediği rivayet edilir. Oldukça geleneksel yapıya sahip bir Alman akademisyen olan Münih'teki yaşlı profesörü Sommerfeld'in bir zaman kaybı olduğunu söylemesine karşın Heisenberg sıkça satranç oynardı. Gençliğinde Harz Dağları'nda kayak seyahatlerine çıkar ve fizik bölümünde deneyler için kullanılan süreölçerle zaman tutarak kendi kendisiyle yarışırdı. Bir keresinde Heisenberg kayak yaparken saatte 80 km'ye kadar çıkmıştı.[10]

1926 yılının Mayıs ayında Heisenberg, fizik alanında ileri gelen bir otorite olan ve kendisinden on beş yaş büyük Bohr'la çalışmak üzere Kopenhag'a döndü. Yirminci yüzyıl fizik tarihinin merkezinde Heisenberg ile Bohr arasındaki karmaşık ilişkinin yer aldığı söylenir. Heisenberg belirsizlik ilkesini Kopenhag'ta formüle etti. Bohr'la yürüttüğü, genellikle enstitüde başlayan ve akşam yemeği sonrası içkilerin ardından Bohr'un evinde ancak gece yarısına doğru sonlanan çok sayıda tartışmanın sonucunda kuantum kuramının "Kopenhag yorumu" yine burada ortaya çıktı. Bu iki adam nedensellik ve devamlılığın eski kavranışlarını ve bilimin doğayı tam bir kesinlikle bilebilme yeteneğini gölgeleyen kuramı geliştirdiler. Ancak tartışmaları genellikle çekişmeli, zor, ağır ve sert geçiyordu. Şubat 1927'de Bohr Kopenhag'tan ayrılarak Norveç'e kayak yapmaya gitti.

10 Hermann, *Werner Heisenberg, 1901-1976*, s. 33.

Heisenberg'in beklentisinin aksine genç meslektaşını yanına almadı, çünkü anlaşılan sonu gelmeyen tartışmalardan bıkmış usanmıştı. Martın ortasında geri döndüğünde artık münakaşaları bir sonuca bağlanmış ve fiziksel dünyamıza dair yeni bir yorum ortaya çıkmıştı.



Bir önceki yıl, 1926'da Avusturyalı fizikçi Erwin Schrödinger (1887-1961) kuantum kuramında, kendi adı verilen dalga fonksiyonunu kullanılarak alternatif bir yaklaşım geliştirmişti. Schrödinger parçacıkların belli koşullar altında dalgalar gibi davrandıklarını ve parçacıkların hareketinin bir sicimin dalga titreşimlerine benzetilerek analiz edilebileceğini göstermişti. Önerdiği denklem, gözlemlerle uyumlu matematiksel çözümler sağlayacak şekilde çözülebiliyordu. Bu kuantum mekaniğine dair ikinci bir yaklaşımı ifade etmekteydi. Bu yaklaşım ilkiyle aynı derecede geçerli olmasının yanı sıra, genellikle hesaplanması da daha kolaydı – halen bugün de Heisenberg'in matris kuramını kullanarak yaptığı kuantum mekaniği formülasyonuyla rekabet edebilmektedir. 1927 Eylül ayında içlerinde Bohr, Heisenberg, Fermi, Schrödinger ve Pauli'nin yer aldığı kuantum fizikçileri yeni fizik üzerine tartışma amacıyla İsviçre-İtalya sınırındaki Como Gölü kıyısında bir konferansta bir araya geldiler. Ardından birçoğu Brüksel'e geçerek o yılki gündemi kuantum fiziğine ayrılan Solvay Konferansı'na katıldı.

Bundan kısa bir süre sonra Heisenberg'e Leipzig Üniversitesi'nce kuramsal fizik profesörlüğü unvanı verildi. Orada ders vermesi gerekiyordu ve bundan pek hoşlandığı söylenemezdi; ancak birkaç yıl içerisinde orada kurduğu fizik bölümü yurtdışından çeşitli sürelerle kalmak için gelen ziyaretçiler de dahil, çok sayıda iyi genç fizikçinin yetiştiği bir yer haline geldi. İçlerinde Ettore Majorana ve Enrico Fermi'nin Roma grubunun başka üyeleri, Kopenhag, Göttingen ve Zürich'ten fizikçiler vardı. Heisenberg kuantum mekaniği üzerine çalışmaları nedeniyle 1932 yılında Nobel Fizik Ödülünü aldı. Ödül fizik dalında 1933 yılı Nobel ödülleriyle birlikte açıklandı, o yılın ödülü de yine

kuantum kuramı üzerine çalışmaları nedeniyle Schrödinger ile İngiliz fizikçi Paul A. M. Dirac (1902-1984) arasında paylaştırıldı.

1933 yılına damgasını vuran bir diğer gelişme Almanya'da Hitler'in iktidara gelişiydi. Kısa süre içerisinde üniversite ortamı büyük değişimlere sahne oldu. Hitler Yahudi bilim insanlarına dönük bir saldırı kampanyasına başladı ve kısa bir zaman içinde Leipzig fizik bölümünde ve Almanya'daki tüm üniversitelerde bir tek Yahudi bilim insanı bırakılmadı, hepsi işleri ellerinden alınarak işsiz bırakılmış ve zulme uğramış bir şekilde başka ülkelere göç etmek zorunda kaldılar. Heisenberg Nazilerce o yıl Leipzig'de düzenlenen bir toplantıya katılmayı reddetti ve bu yüzden kuramsal fiziği bir "Yahudi bilimi" olarak gören Nazi taraftarı meslektaşlarınca saldırılara uğradı. Bu saldırılara karşı kendisini savundu ve 75 profesörle beraber yeni fizik kuramlarının geçerliliğini ortaya koyan ve bilimin politikleştirilmesine karşı çıkan bir açıklama yayımladı. Sıklıkla Kopenhag'a Bohr'u ziyarete gidiyor ve bu ziyaretleri ona Almanya'da giderek kötüleşen durumdan uzaklaşmak için bir fırsat sunuyordu. Bu arada 1936 yılı başında çekirdek teorisi üzerine dersler vermeye başladı.

Heisenberg'in Nazizme ve savaşa ilişkin takındığı tutum on yıllar boyunca yoğun bir merak ve tartışma konusu oldu. Mektup ve notlarından onun Almanya'daki gelişmelerden dolayı üzüntü duyduğunu biliyoruz. 11 Ocak 1937'de Bohr'a Japonya yolculuğu arifesinde yazdığı bir mektupta şöyle diyordu: "Sen dönene kadar dünyanın durumunda çok büyük değişiklikler olabilir ve ben bu koşullar altında güç bela birkaç haftalık planlar yapmaya cesaret edebiliyorum."[11]

Aynı ay 35 yaşındaki Heisenberg bir arkadaşının evinde düzenlenen müzikli bir partide kendisinden on üç yaş daha küçük Elisabeth Schumacher'le karşılaşır. Heisenberg piyanoda, Schumacher söyler şekilde, ikili beraber müzik yapmaktan keyif alırlar. Birkaç ay içerisinde evlenirler ve bir yıl sonra önce ikizleri, ardından bir üçüncü çocukları olur.

Alman üniversite sistemindeki Nazi unsurların Heisenberg'e sözlü saldırıları sürmektedir. Hitler'in ilk Yahudi karşıtı yasala-

11 Heisenberg'den Bohr'a mektup, 11 Ocak 1937; Hermann, *Werner Heisenberg, 1901-1976*, s. 56'dan alınmıştır.

rı ve onu izleyen eziyetler sonucunda üniversitelerden uzaklaştırılmış olmalarına rağmen Yahudilerle arkadaşlık yapma suçlamasıyla karşı karşıya kalır. Heisenberg'in aldığı Nobel Ödülüne dair Nobel komitesinin "Yahudi etkisi" altında olduğu ve ödülü "Einstein'ın öğrencileri" Schrödinger ve Dirac'la beraber aldığı yönünde başka mantıkdışı suçlamalar da yapılır (Einstein'a bağlı çalıştıkları doğru olmadığı gibi, Yahudi oldukları da doğru değildir). Basına yansıyan ifadeler Alman yaşantısı ve biliminde "etkilerinin sürdüğü" söylenen Yahudilere yönelik çok sayıda nefret dolu yaklaşımı yansıtmaktadır.

Heisenberg'e dönük kin saçan saldırıların bazıları SS kontrolünde olan bir gazetede yayımlanmaktadır ve Heisenberg artık bunun kariyeri üzerindeki kötü etkisini hissetmeye başlamıştır. Hatta istifa edip Almanya'yı terk etmesine yönelik baskılar da söz konusudur. Bu durum Nazizmin yükselişi sırasında Alman ulusunu pençesine alan çılgınlığın boyutlarına örnek teşkil etmektedir. Aryan görünümü (sarı saçlar, mavi gözler, açık ten rengi) ve aile kökeni itibariyle Nazilerin Heisenberg'ten daha "Alman" birisini bulmaları neredeyse imkânsızdır. Ayrıca olağanüstü bilimsel başarıları ve 31 yaşında Nobel Ödülüne layık görülmesiyle Almanya'ya büyük onur kazandırmış olan, varlığından gurur duymaları gereken bir kişiden söz ediyoruz. Yine de Almanya'daki kuramsal fizikçilerin çoğunun (Hitler'in temizlik harekâtı öncesinde) Yahudi olmasına dayanılarak, Heisenberg onlarla ilişkilendiriliyor ve bu yüzden Nazilerin gözünde lekeleniyordu.

Heisenberg adının ve itibarının lekelendiği koşullarda artık daha fazla sessiz kalamayacağına karar verir. Tesadüf eseri büyükbabasının SS lideri Heinrich Himmler'in ailesiyle bir dostluğu vardır. Heisenberg Himmler'e kendisine karşı basın yoluyla yapılan saldırıları protesto eden bir mektup yazar. Himmler 21 Temmuz 1938'de, tam bir yıl sonra, yanıt vererek Heisenberg'in durumunu incelettirdiğini ve aile tavsiyelerini de göz önüne alarak onu üzerine atılı tüm iddialardan suçsuz bulduğunu ve bundan sonra gelebilecek küfür ve çirkin sözleri önleyeceğini yazar.[12] Heisenberg'in itibarı sonunda iade edilmiştir. Muhtemelen yaşadığı bu olay ve koşullar, dünya sonraki

12 Hermann, *Werner Heisenberg, 1901-1976*, s. 61.

aylar içerisinde acımasız bir savaşa doğru ilerlerken onun inatçı bir kararlılıkla Almanya'da kalmasını açıklar. Bunu, "Yeni bir aile kurmuştum ve kalmak istiyordum," diye belirtir.



1938'in sonunda Berlin'de Hahn ve Strassmann'ın gerçekleştirdiği çığır açıcı fisyon keşfi ve İskandinavya'da Meitner ve Frisch'in bu konu üzerindeki yorum ve açıklaması sadece Almanya'daki fizik topluluğunun değil, Alman ordusunun da dikkatini çeker. Naziler uranyum kullanılarak patlayıcı imal edilmesi olasılığından 1938 ilkbaharından beri haberdardır. O yılın 30 Mayıs'ında Leipzig Üniversitesinde Heisenberg'in asistanı olarak döteryum üzerine ders vermekte olan genç fizikçi Erich Bagge'nin yanına Ordu Donatım Malzemeleri Araştırma Bölümü'nden iki adam gelir.

Bagge'ye kendisiyle "nükleer işlemler" üzerine konuşmak istediklerini ve bu konuda bir iş teklifini kabul edip etmeyeceğini sorarlar. Bagge reddeder.[13] Fazla zaman geçmeden Alman savaş departmanı bu kez daha büyük balık için şansını denemeye karar verir: Heisenberg. Bir yılı geçmeden Berlin'deki Ordu Donatım (Savaş Gereçleri) Ofisi deneysel meselelere dair pek bir ilgisi ve deneyimi olmayan bir kuramsal fizikçiyi, Heisenberg'i işe almış durumdadır. Onun atom bombası üretmek için atom çekirdeğinin içerisindeki saklı gücü kullanmayı bir an önce öğrenmesini umut etmektedirler.

13 Thomas Powers, *Heisenberg's War: The Secret History of the German Bomb* (New York: Knopf, 1993), s. 14.

10

ZİNCİRLEME TEPKİME

Denizde fırtına hiç eksik olmamış olsa da, *Franconia* gemisiyle Atlantik'i geçen Fermi'ler yolculuklarından memnun kalmışlardı. New York'a 1939 yılı Ocak ayında vardılar ve ilk elde Columbia Üniversitesi'nden fazla uzak olmayan King's Crown Oteli'ne yerleştiler. Ardından önce üniversite yakınlarında bir daireye geçecekler, en sonunda da New Jersey'deki Leonia semtinde bir ev tutacaklardı. Aktarılana göre, bu evin Fermi'nin ilgilenmeyi pek sevmediği, ancak dedikodulara göre en son geçici olarak, bu parayla ne yapacağına karar vermeden önce Nobel Ödülünün önemli bir bölümünü toprağına gömdüğü bir bahçesi vardı. Amerika'ya yerleşmek kolay değildi. Her zamanki dil, yaşam, davranış biçimi ve gelenek farklılıklarından doğan sorunlar söz konusuydu. Bir yıldan az bir süre içerisinde Avrupa'nın tarihindeki en büyük çatışmanın patlak vereceği göz önüne alındığında bu zorluklar önemsiz sayılırdı.

Fermi New York'a varır varmaz Columbia Üniversitesi'nde kendisine ayrılan pozisyonda çalışmaya başladı. Henüz Fermi'lerin Avrupa'dan temelli ayrılmalarının üzerinden çok fazla zaman geçmemişken, Bohr Kopenhag'tan (Otto Frisch'le

Meitner-Frisch bulgularına ilişkin kısa konuşmasının hemen ardından) ayrılarak bir ziyaret için Birleşik Devletler'e geldi. New York'a 16 Ocak günü vardığında, gemisi limana demir atarken Fermi'nin kendisini iskelede beklediğini gördü. Fermi Bohr'un yapmış olabileceği başka planlara hiç kulak asmadan derhal koluna girerek onu Columbia'daki laboratuvarına sürükledi. Aynı gün Kopenhag'ta Otto Frisch *Nature* dergisine teyzesi Lise Meitner'le birlikte kaleme aldığı ve Bohr'un atom modeline dayalı olarak uranyum çekirdeğinin nasıl ikiye bölündüğünü açıklayan iki makale yolluyordu.

Fermi kendi ulaştığı sonuçla çelişen bu sıradışı kuramsal keşiften kısmen haberdardı. Bohr'un Columbia'daki laboratuvarında kendisine katılıp fisyon işlemini gözleme açısından çok önemli bir deneme olabilecek bir çalışmaya başlaması için sabırsızlanıyordu. Deney Columbia siklotronunda (elektronlar ve protonlar gibi yüklü parçacıklara yüksek hızlar kazandırmak ve ardından bunları başka parçacıklarla çarpıştırmak için güçlü elektromanyetik alanlar kullanan dairesel bir parçacık hızlandırıcısı) başladı. Nötronlarla neredeyse özdeş, ancak pozitif elektrik yüklü olan protonlar önce siklotron içerisindeki manyetik alanda hızlandırıldılar, ardından da uranyum bu protonların yağmuruna tutuldu. Fisyonu tespit etmek amacıyla teçhizata bir osiloskop (ekranı olan elektriksel bir ölçüm cihazı) eklenmişti. Deney başladıktan kısa bir süre sonra osiloskop eğrisi düzenli aralıklarla, kabaca dakikada bir doruğa ulaşmaya başladı; bu uranyum atomunun fisyon geçirdiğini göstermekteydi. Bu olağanüstü heyecanlı bir andı: Fisyon ilk kez gözlemlenebiliyordu.

Ne yazık ki bu sonuçların görünür olduğu anda gözlem için sadece bir master öğrencisi, Herbert Anderson hazır bulunmaktaydı. Ancak Anderson büyük önem taşıyan deney sonuçlarını oldukça dikkatli bir biçimde not etti. Fermi ve Bohr aynı anda birlikte Washington, D.C.'deki bir fizik toplantısına gitmişlerdi. Orada Bohr'un öğrencisi, Princeton'da çalışan Amerikalı fizikçi John Archibald Wheeler'le (1911-2008) karşılaştılar. Ardından üçü birlikte tekrar New York'a döndüler ve orada yağmura tutulan uranyum çekirdeğinin fisyon işlemiyle nasıl ikiye bölündüğü hakkındaki Meitner-Frisch düşüncesini kullanarak,

deneyin arkaplanında yatan kuramın kâğıda dökülmesi üzerinde çalıştılar. Artık iki kıtada birden çok sayıda bilim insanının yapmış olduğu yoğun araştırmalar son noktalarına erişmek üzereydi. Avrupalı meslektaşlarına sadık kalarak Bohr, Fermi ve Wheeler'le birlikte ulaştıkları sonucun Meitner ve Frisch'in çalışması *Nature*'da yayımlanmadan açıklanmaması konusunda ısrarcı oldu.

Columbia'da Bohr, Wheeler ve Fermi'ye Meitner'le çalışmış Macar bir göçmen ve gelecekte Nobel Ödülü alacak olan Leo Szilard (1898-1964) katıldı. Columbia fakülte kulübünde yedikleri bir akşam yemeği esnasında tartışma konuları Bohr'un Princeton'daki bir konuşmasında öne sürdüğü bir fikir oldu: Uranyum çekirdeği bir nötron soğurduktan sonra fisyonla ikiye parçalanıyorsa, bu işlem esnasında *başka nötronlar* da ortaya çıkabilir miydi? Bu sorunun yanıtı insanlığı, söz konusu yeni nötronlarla yakıt kazanmış olan uranyum fisyonunun zincirleme tepkimesinin keşfedilmesine taşıyabilirdi.

Bu varsayımın arkasında sağlam bir mantık dizgesi vardı. Uranyum atomu 146 nötron ve 92 proton içerdiği için çekirdek bir kez (başka bir çekirdeğin dağılmasıyla ortaya çıkan) bir nötronla vurulduğunda, ikiye ayrılır. Ancak uranyum çekirdeğinde bu kadar çok sayıda nötron olduğu için bir kez dağıldığında bazı nötronların da bu parçalanma sonucunda zorla serbest kalacağını düşünmek akla yatkındır.

Bu gerçekten olursa, fisyon sonucunda ortaya çıkan nötronlar dönüp başka uranyum çekirdeklerine de çarpabilirler, o çekirdekler de kendi fisyonlarını yaşar ve kendi nötronlarını serbest bırakırlar, onlar da başka uranyum çekirdeklerine çarparlar ve böylece bir zincirsel tepkime oluşur. Ve bu nükleer tepkime sonucunda (Einstein'ın ünlü formülü gereğince) enerji serbest kaldığı için mantıksal olarak –başka uranyum atomlarına çarpacak yeni nötronlar üretmek için yeterli uranyum atomu olduğu sürece– kendi kendisini besleyen, tükenmez bir enerji makinesi inşa edilebilir. İşlem büyük bir uranyum miktarıyla (düzeyi karmaşık hesaplamalarla belirlenecek *kritik bir kütle*) yapılırsa tepkimenin sonucu muazzam bir patlama olur. Daha makul bir miktar bir araya getirilirse, bu kez büyük enerji mik-

tarları zamana yayılır ve bu durum kontrollü bir şekilde patlama olmaksızın elde edilebilir.

Zincirleme tepkime bir gerçeklikse, bu gerçekliğin hem nükleer reaktörler hem de atom bombaları şeklinde fiilleşebileceği anlaşılmıştı. Szilard meslektaşlarına böyle bir zincirleme tepkime olasılığının yıllardır aklında olan bir şey olduğunu söyledi. Fermi araştırmasının bir sonraki aşamasında bu önemli konu üzerine çalışacaktı.



Leo Szilard kendi yaşamı için ulvi amaçlar beslerdi. Bilim insanı olmak ve dünyayı kurtarmak için doğduğuna inanırdı. Bilimsel gelişmesi esasında gayet yolunda gidiyordu, ancak kargaşanın hüküm sürdüğü bir çağda yaşadığı için kesintiye uğradı. 1938 yılında Birleşik Devletler'e göç etti ve burada atom bombasını Almanlar yapmadan önce yapması için hükümeti sıkıştırdı.[1]

Anılarına göre Szilard'ın keskin adalet ve ahlak duygusu çocukken Budapeşte'de annesinin kendisine anlattığı hikâyelere dayanır. Bu hikâyelerden biri 1848 Macar Devrimi'nde lise öğrencisi olan büyükbabası hakkındadır. Okulda her gün öğretmen gelene kadar yaramazlık yapanları saptayarak cezalandırılmalarını sağlayan bir öğrenci seçilir. Sıra Szilard'ın dedesine geldiğinde, devrim günleri yaşandığı için sokaklarda büyük bir heyecan vardır ve bu yüzden o ve arkadaşları okuldan ayrılıp eylemlere katılmaya gitmişlerdir. Sonradan öğretmenine eylemlere katılan öğrencilerin isimlerini bildirir. Listede kendi ismi de vardır.[2]

Szilard Avusturya-Macaristan ordusunda I. Dünya Savaşı'na katılır ve cephede İspanyol gribine yakalanarak ölümden döner. Bunun ardından ünlü fizikçi Max von Laue'nin hocalığında üniversite eğitimi almak üzere Berlin'e gider. Termodinamik hakkındaki teziyle Einstein'ın övgüsünü kazanır.

Szilard Berlin'de akademik kariyerinin başlangıcındayken 1933 yılında Hitler iktidara gelir. Almanya'daki diğer Yahudi

1 Spencer R. Weart ve Gertrud Weiss Szilard (ed.), *Leo Szilard: His Version of the Facts* (Cambridge: MIT Press, 1978), s. xvii.

2 Weart ve Szilard (ed.), *Leo Szilard: His Version of the Facts*, s. 3.

akademisyenlerden farklı olarak Szilard yaklaşan kötü günlerin bilincindedir. Bavullarını toplar. Durum kötüleşmeye başlar başlamaz İngiltere'ye kaçar. 1933 yılının 11 Eylül günü çıkan *Nature* dergisinde Ernest Rutherford'un İngiliz Bilimsel İlerleme Derneği'nde yaptığı bir konuşmada "atomik değişimlerde güç kaynakları arayışına çıkanlar, bu tip beklentiler en hafifinden saçmalıktır" dediği görülür.[3]

Szilard ilginç bulduğu bu ifadenin tam aksi yönünde düşünmeye çalışır. Günün birinde Londra sokaklarını arşınladığı sırada karşıya geçmeden önce kırmızı ışıkta durur ve o anda aklına bir düşünce gelir: "Nötronların ikiye bölebildiği ve *bir* nötron soğurduğunda *iki* nötron yayacak bir element bulabilsek, böyle bir elementten yeterli büyüklükte bir kütle bir araya getirilirse nükleer zincirleme tepkime oluşabilir."[4]

Fermi, Meitner, Hahn ve Strassmann'ın gerçekleştiği somut çalışmalardan önce, Szilard zincirleme tepkime fikrini soyut kuramsal düşünüşten gelerek öngörmüştü. Ancak ne bu konuyu ayrıntılandırdı, ne de bununla ilişkili herhangi bir şey yayımladı. Yine de, sonradan dediği üzere, böylesi bir zincirleme tepkime sonucu hem güç kaynağı hem de bomba olarak kullanılabilecek bir enerjinin açığa çıkarılabileceği genel düşüncesi onun "hep takıntısı olmaya devam etti."[5]

Hatta bu düşünceyi, berilyumun bu tip bir element olup olmayacağından şüphelenecek kadar ileriye götürdü. Ona göre berilyum fisyona uğrarsa soğurduğundan daha fazla nötronu dışarı bırakabilir ve bu sayede zincirleme tepkimeye neden olabilirdi. Elbette birkaç yıl sonra Meitner-Hahn-Strassmann ekibi tarafından berilyumun nükleer reaksiyonun başlangıcı değil, sürecin *ürünü* olduğu bulunacaktır. Ne olursa olsun, zamanının ötesinde düşünen ve ahlaki açıdan tedbirli davranan (hatıratında nükleer bir savaştan her zaman kaygı duyduğunu belirtir) Szilard 1934 yılında gider ve İngiliz Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'na tahsis edilmek üzere zincirleme tepkime patenti için başvuruda bulunur (Britanya patent no. 440.023, başvuru

3 Weart ve Szilard (ed.), *Leo Szilard: His Version of the Facts*, s. 15-17 ve s. 17, n. 23.

4 Weart ve Szilard (ed.), *Leo Szilard: His Version of the Facts*, s. 17.

5 Weart ve Szilard (ed.), *Leo Szilard: His Version of the Facts*, s. 17.

tarihi 12 Mart 1934; ayrıca no. 630.726, başvuru tarihi 28 Haziran 1934).[6]

Böylelikle işlemin yapılabileceği ne kuramsal açıdan ne de laboratuvarda kanıtlanmadan çok önce zincirleme tepkime için İngiltere'de patent alınmış olur.



Bilim dünyasında bazen farklı yerlerde çalışan araştırmacılar aynı sonuçlara birbirine yakın zamanlarda ulaşırlar. 1939'un başında yaşanan da buydu. Fermi, Bohr, Wheeler ve Szilard New York'ta uranyum bölünmesinin zincirleme tepkimeye yol açabileceği sonucuna vardıkları esnada, Paris'te Irène Joliot-Curie ve eşi Frédéric Joliot de aynı fikre ulaşmışlardı. Kimi bilim insanlarını kaygılandıran konu, eğer Nazi kontrolündeki Almanya'da Otto Hahn da bu durumu anlamışsa, Nazilerin onu zincirleme tepkime fikrini bomba üretiminde kullanmaya zorlamaları olasılığıydı.

Leo Szilard New York'taki gruptan ayrılarak, şimdi oradaki İleri Araştırmalar Enstitüsü'nde bulunan Einstein'ın yanına, Princeton'a gitti. Zincirleme tepkime yoluyla enerji açığa çıkarabilmesine kuramsal zemin sunan Einstein'ın ünlü $E=mc^2$ denklemiydi. 1932 yılında Birleşik Devletler'e göç etmiş olan Einstein aynı zamanda dünyanın en çok tanınan bilim insanıydı. Szilard Columbia deneylerini Einstein'a açtı ve o da bir zincirleme reaksiyonun mümkün olabileceğine onay verdi. Bunun ardından Szilard Einstein'a Franklin Delano Roosevelt'e bir mektup yazması, bu mektupta Nazilerin böyle bir kıyamet silahı yapabileceklerini vurgulayarak başkandan onlardan önce ABD'nin böyle bir projeye başlamasını istemesi için ısrarcı oldu. Einstein 2 Ağustos 1939 tarihinde sonradan ün kazanan bu mektubu kaleme aldı. Mektubun etkisi iki yıl sonra görülecekti.



Atlantik'in öte yakasında, İngiltere'de uranyum süreçlerini anlama amacıyla yapılan çalışmalar hızla ilerliyordu. 1940 yılının

6 Weart ve Szilard (ed.), *Leo Szilard: His Version of the Facts*, s. 18 ve n. 28.

başında Birmingham Üniversitesi'nde Otto Frisch ile Rudolph Peierls atom bombası yapmak için 235 ağırlığındaki hafif uranyum izotopundan ne kadar gerekeceği üzerine çalışıyorlardı.

Peierls Almandı; Arnold Sommerfeld'in öğrencilerindendi ve Roma'da Enrico Fermi'yle çalışması için Rockefeller Vakfı bursu kazanmıştı. Oradayken Hamburg'da, kendisi için profesörlüğe atlama noktası olabilecek, dolayısıyla oldukça çekici bir kadro önerisi aldı. Ancak Hitler'in iktidara yükselişinin hemen öncesinde Almanya'daki koşullar giderek kötüleşmekteydi ve Peierls bu yüzden o dönemde fazla akademik araştırma kadrosu olanağı sunmayan İngiltere'ye gitme kararı aldı. Üniversite bursu sağlayarak Alman göçmenleri destekleme amacıyla kurulmuş bir fonun bulunduğu Manchester Üniversitesi'nde iki yıllık bir kadroya girdi.[7] Birkaç yıl sonra da Frisch'le çalışmaya başladı.

Bu iki bilim insanı ürkütücü bir sonuca vardılar: Kuramsal hesaplamalarına göre bomba için gereken uranyum-235 miktarı tonlarla değil, kilolarla ölçülebilir düzeydeydi. Tam değere ulaşmasalar da, Frisch-Peierls bildirisi adı verilen Nisan 1940'ta yazdıkları açıklama, atom bombasının yapımının mümkün olduğuna işaret eden ilk belgedir. İkili atom bombasının iki ayrı parçadan oluşması gerektiği, birleşik kütleleri kritik düzeye ulaşacak olan bu iki parçanın bir araya getirildiğinde patlayacağı, ayrı kaldıklarında ise her birisinin kritik düzeyin altında kalacağı, dolayısıyla istenen zamandan önce bombanın patlamadan idare edilebileceği sonucuna vardılar. Bu sonuçlar İngiltere'de atom araştırmalarına ayrılmış resmi bir komitenin derhal kurulmasına sebep oldu. Aynı dönemde Niels Bohr Otto Frisch'e "Maud Ray Kent'e söyle" kelimeleriyle biten bir telgraf yolladı. Frisch ve meslektaşları bunun bir şifreli mesaj olduğunu düşündüler, ancak mesajı çözemediler. Tüm projenin Bohr'un atom çalışmasıyla bağlantılı olmasından dolayı Britanyalı devlet görevlileri atom komitelerinin isminin Maud Komitesi olmasına karar vermişlerdi. Savaştan sonra Maud Ray'in Bohr'un çocuklarının mürebbiyesi olduğu ve 1940 yılında Kent'te ya-

7 Rudolph Ernst Peierls'le AIP Sözlü Tarih Görüşmesi, gerçekleştirilme tarihi 17 ve 18 Haziran 1963, konuşan: John L. Heilbron, American Institute of Physics, Center for the History of Physics, s. 37-38.

şadığı açığa çıktı; Bohr aslında savaş zamanı koşullarındaki Kopenhag'tan ona selamlarını yollamak istemişti.[8] Maud Komitesi Britanya'daki atom araştırmalarından sorumlu olacaktı.[9] 1940'ın sonlarına doğru ABD ile Britanya arasındaki bilimsel savaş işbirliği yoğunluk kazandı ve Amerikalı fizikçiler de Maud toplantılarına davet edildiler.

14 Aralık 1940'ta Glenn T. Seaborg liderliğinde Berkeley'deki California Üniversitesi'nde 60 inçlik siklotronla çalışan bir ekip, uranyumun siklotron içerisinde parçacık yağmuruna tutulması sonucu ilk plütonyum-239 zerresini üretti. Elemente Plüton gezegeninden yola çıkarak bu isim verildi (daha öncesinde Neptün gezegeninden yola çıkarak adı koyulmuş neptünyum elementi keşfedilmişti). 24100 yıllık yarı-ömrü olan bu element doğada bulunmuyordu; ancak plütonyumun 244 atom ağırlığı ve 80 milyon yıl yarı-ömrü olan başka bir izotopu çok küçük miktarlar halinde doğada bulunabiliyordu.

Maud Komitesi 1941 yılının yaz aylarında Britanyalı ve Amerikalı fizikçilerle çalışması sonucunda kaleme aldığı raporda şu tespiti yapıyordu: "Savaşın gidişatında belirleyici bir rol oynayabilecek olan etkide bir uranyum bombası yapılabileceği sonucuna ulaşmış bulunmaktayız."[10] Rapor ayrıca yapay yolla üretilen yeni radyoaktif elementten de bahsederek plütonyumun da atom bombası için olası bir kaynak özelliği taşıdığını belirtiyordu. Amerikalılar Maud Komitesi'nin raporunu 3 Ekim tarihinde aldılar. Bir elektrik mühendisi olan Vannevar Bush, 1940 Haziran'ında Başkan Roosevelt tarafından kurulmuş olan Ulusal Savunma Araştırma Komitesi'nin başkanıydı. Britanya'dan gelen raporu alır almaz doğrudan başkana çıkmaya karar verdi.

Atlantik'in iki yakasındaki bu gelişmeler ve Maud raporunun pekiştirici etkisiyle Başkan Roosevelt 9 Ekim 1941'de Beyaz Saray'da bir toplantı düzenleme kararı aldı. Trajik karar bu toplantıda verilecekti: ABD atom bombası yapmak için büyük bir

8 Otto Frisch, *What Little I Remember* (New York: Cambridge University Press, 1979), s. 131.

9 Abraham Pais, *Niels Bohr's Times: In Physics, Philosophy, and Polity* (New York: Oxford University Press, 1991), s. 493.

10 Pais, *Niels Bohr's Times: In Physics, Philosophy, and Polity*, s. 494.

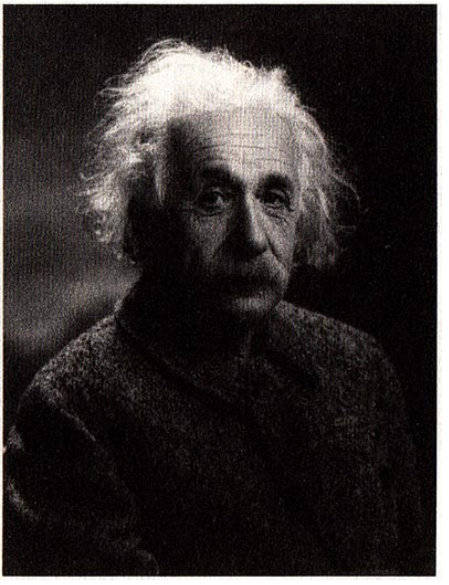
bilimsel-endüstriyel-askeri çabaya girişecekti. Tahsis edilen ilk 6000 dolar Fermi'nin Columbia'daki grubuna yollandı.

Amerikalılar kararını verdikten sonra, nükleer süreçler kuramında ciddi ilerlemeler kaydetmiş olan Britanyalılara projedeki rollerini belirlemek kaldı. İngiltere her gece Alman hava kuvvetleri tarafından bombalanıyordu, gereken büyük ölçekli araştırma projesinin bu ülkede yapılması riskli olurdu. 31 Temmuz 1942'de Churchill son kararını verdi: Britanya Amerika'nın kontrolünde, ABD topraklarında yürütülecek atom bombası yapım çalışmasına destek verecekti.

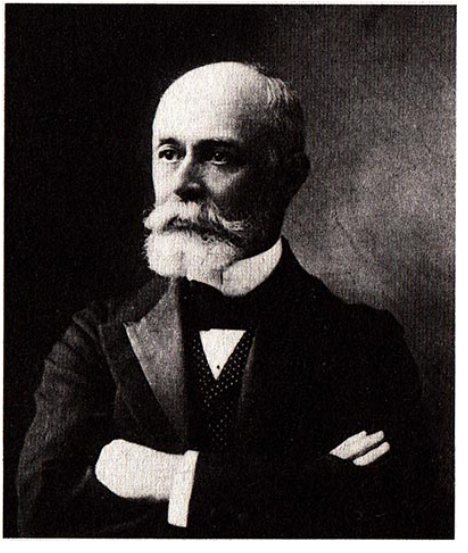
ABD'de projeyi kontrol ve koordine etmek üzere Amerikan ordusunda özel bir birim oluşturuldu. Başlangıçta bu birim New York kentindeydi ve Manhattan Mühendislik Bölgesi adını almıştı. Çalışmanın kumanda merkezi daha sonra New Mexico çölündeki Los Alamos'a taşındı, ancak atom bombası geliştirilmek üzere sürdürülen tüm operasyonun adı Manhattan Projesi olmaya devam etti. Eylül 1942'de operasyonun kumanda komutanlığına General Leslie Groves atandı.[11]

Ancak Amerikalılar ve İngilizlerin karşı karşıya oldukları tehlike neydi? Düşman tarafta atom bombası üretmek üzere başlamış ve yürütülen ciddi bir çalışma var mıydı? Bu II. Dünya Savaşı'ndaki en sıkıntılı sorulardan biridir ve tam olarak asla cevaplanmamıştır. Bir dizi kritik nedenle, doğru yanıt bir adamın savaş zamanındaki davranış ve tutumlarını anlamaktan geçer: Werner Heisenberg.

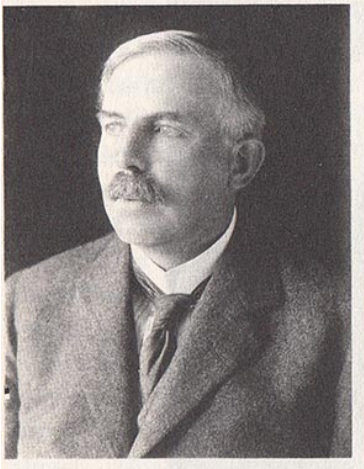
11 Pais, *Niels Bohr's Times: In Physics, Philosophy, and Polity*, s. 494.



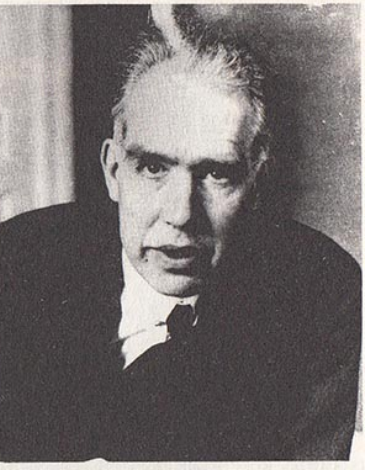
Albert Einstein'ın görelilik kuramları evrene ilişkin düşünüşümüzü değiştirmiştir. (Kongre Kütüphanesi'nden)



Doğal radyoaktiviteyi keşfeden Henri Becquerel 1903 Nobel Fizik Ödülünü aldı. (Kongre Kütüphanesi'nden)



Sir Ernest Rutherford atomun merkezinde yüklü bir çekirdek olduğunu keşfetti. (Kongre Kütüphanesi'nden)



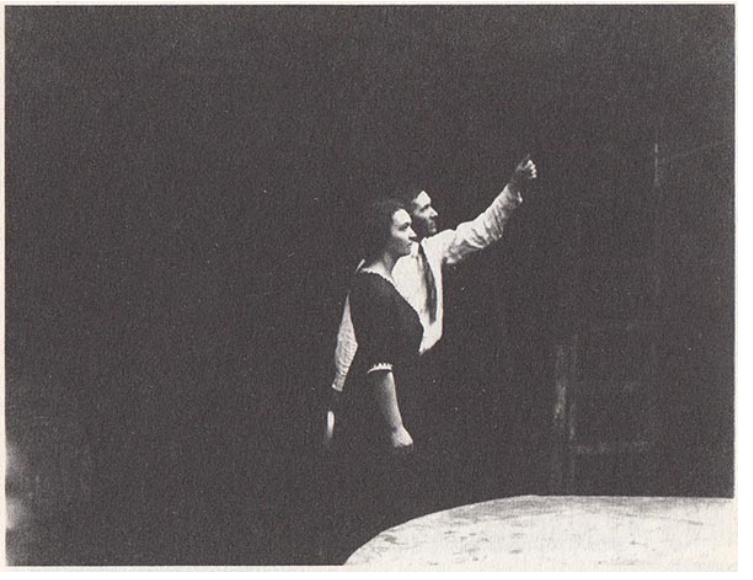
Danimarkalı fizikçi Nobel Ödüllü Niels Bohr yirminci yüzyıl fiziğinin temel figürlerinden biriydi. (ABD Enerji Bakanlığı arşivi)



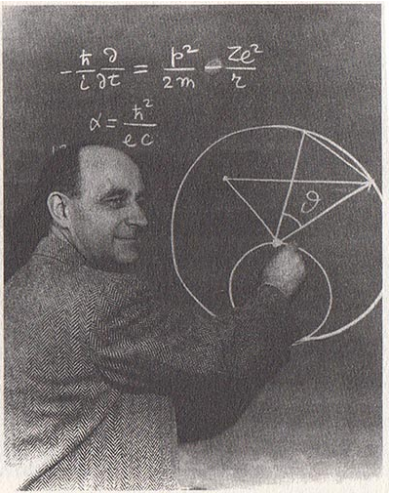
Lise Meitner ve Otto Hahn Berlin'deki Kaiser Wilhelm Enstitüsü'nde bulunan laboratuvarlarında. (ABD Enerji Bakanlığı arşivi)



Marie Curie, soldan dördüncü, Başkan Warren Harding'le beraber.
(National Photo Company Collection, Kongre Kütüphanesi)



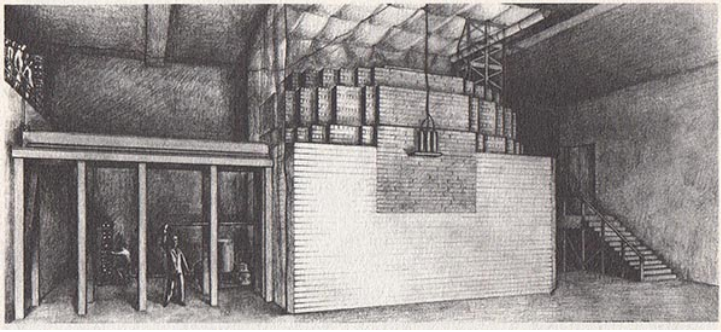
Irène Joliot-Curie uranyum atomunun nasıl hareket ettiği konusunda kendisini Lise Meitner ve Otto Hahn'la rekabet ederken buldu.
(Kongre Kütüphanesi'nden)



Enrico Fermi kuramsal çalışmasını tahtada açıklarken.
(ABD Enerji Bakanlığı arşivi)



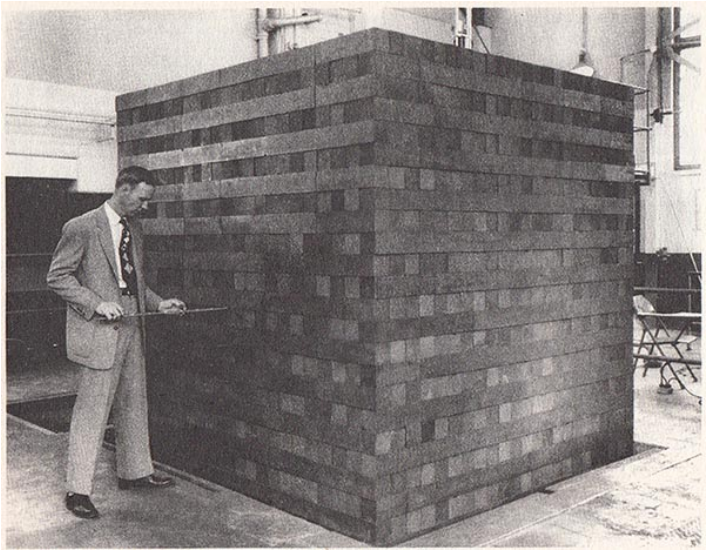
Chicago Üniversitesi, Stagg Field; altında Enrico Fermi ilk nükleer zincirleme tepkimeyi yarattı. (ABD Enerji Bakanlığı arşivi)



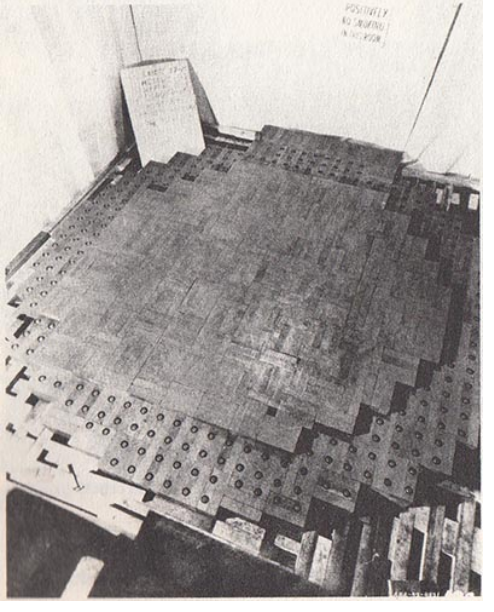
Chicago Pile 1, ilk nükleer reaktörün çizimi, Chicago Üniversitesi futbol sahasının altında inşa edilmişti. (ABD Enerji Bakanlığı arşivi)



1942 yılında Chicago Pile 1 reaktörü dünyanın ilk zincirleme tepkimesini üretirken Fermi ve diğer bilim insanlarını gösteren çizim. (ABD Enerji Bakanlığı arşivi)



Bir uranyum deneyi. (ABD Enerji Bakanlığı arşivi)



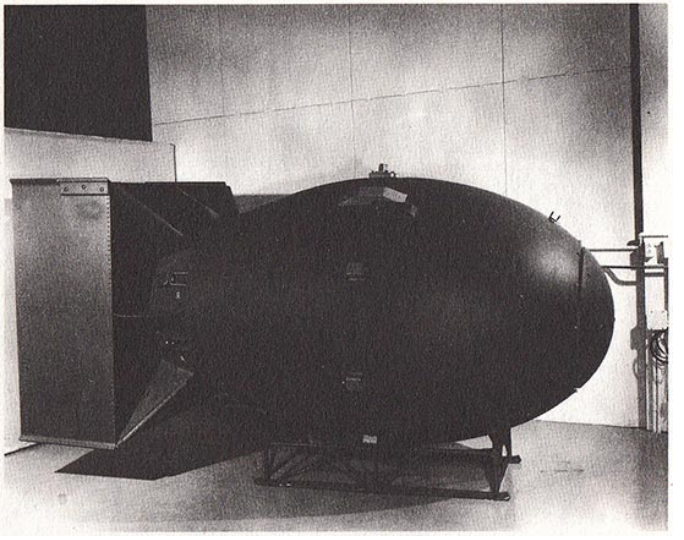
Chicago Pile 1 reaktörünün yapısı. (ABD Enerji Bakanlığı arşivi)



Macaristan doğumlu fizikçi Leo Szilard yaptığı nükleer araştırmaların yanı sıra, atom bombası kullanımını engelleme çabalarında da rol oynadı. (ABD Enerji Bakanlığı arşivi)



Pasifik Okyanusu'nda deneme amaçlı gerçekleştirilen atom bombası patlamasının sonucu oluşan mantar şeklindeki bulut. (Farm Security Administration – Office of War Information Photograph Collection, Kongre Kütüphanesi'nden)



Nagasaki'ye atılan Şişman Adam adlı atom bombası modelinin bir müze gösterimi. (ABD Enerji Bakanlığı arşivi)



J. Robert Oppenheimer ve Leslie Groves, Trinity adı verilen nükleer denemenin sıfır noktasında beraberler, Eylül 1945. (ABD Enerji Bakanlığı arşivi)

11

NAZİLERİN NÜKLEER MAKİNESİ

İnsanlık çılgınca atom bombası yapma yarışından kaçınarak önce yüz binlerce masum insanın ölümünü ve savaş sonrasında da silahlanma yarışını engellemek için önemli bir fırsatı Werner Heisenberg'in inatçılığı yüzünden yitirdi.

Nazilerin böyle bir alet yapmaları olasılığına karşılık olarak ABD ve Britanya'nın atomun gücünü bir kıyamet günü bombasında kullanma imkânı için hazırlandığı sıralarda Heisenberg Amerika'da bir seyahatteydi. Çok sayıda üniversitede birçok fizikçiyle görüştü, bunların içerisinde Avrupa'dan yeni göçmüş olanlar da bulunmaktaydı. Berkeley, California'da Robert Oppenheimer'le buluştu; Chicago ve Michigan üniversitelerinde başka fizikçilerle karşılaştı ve konuştu; Fermi'yle Roma'da çalışmış ve Amerika'ya yeni göç etmiş Alman doğumlu fizikçi Hans Bethe'yle görüştü; her ikisi de önemli Avrupa kökenli Amerikalı fizikçiler olan Victor Weisskopf ve Eugene Wigner'le konuştu; Columbia Üniversitesi'nden İsidor Rabi'yle görüştü. Ve elbette Enrico Fermi'yle buluştu.

Tüm bu bilim insanları Heisenberg'e ailesini getirerek Amerika'da kalması için ısrarcı oldular. Princeton, Columbia,

Chicago Üniversiteleri veya diğer saygın Amerikan üniversitelerinde çok iyi çalışma koşulları olan bir kadro edinmesi onun için işten bile değildi. Dünyanın en iyi fizikçilerinin çoğunluğu o dönem ABD veya Britanya'ya yerleşmişti; Hitler'in temizlik harekâtının yarattığı beyin göçü Üçüncü Reich'ın bilimsel çabalarını bile sekteye uğratır hale gelmişti. Heisenberg'in birlikte çalışarak fikir alışverişinde bulunabileceği müthiş çalışma arkadaşları olabilirdi. Nobel Ödüllü parlak fizikçiyi fakültelerinde tutmak için yüklü bir maaşı gözden çıkarabilecek üniversiteler vardı, Nobel Ödülünden gelen para da Heisenberg'in ailesinin Amerika'da yerleşimi için yeterli olurdu. Ayrıca buluştuğu herkes için son derece açık olan durum onun için de açık olmalıydı, Avrupa korkunç bir savaşın eşiğindeydi.

Ama yine de Heisenberg her öneriye hayır diyerek, ailesinin Almanya'da olduğunu, kendisinin bir Alman olduğunu ve ülkesinin kendisine ihtiyacı olduğunu söyledi. Amerika'daki dostlarının akla yatkın ve mantıklı rica ve ısrarlarına karşı adeta sağırdı. Nazilerle yaşadığı acı kişisel deneyimine, Yahudi meslektaşlarına yapılanları görmüş olmasına karşın, Almanya'dan ayrılmayı reddetti. Ağustos ortasında *Europa*'ya binerek, kimse savaşın patlayacağı bir kıtaya geri dönmek istemediği için, hemen hiç yolcusu olmayan bu gemiyle evine döndü.[1]

1 Eylül 1939'da Almanya Polonya'yı işgal edince uzun zamandır beklenen savaş başladı. Heisenberg Dağ Tümeni'nde ordu yedeği olarak her yıl birliğine teslim olmuş ve dağ tırmanma ve hedef talimleri yapmıştı, bu yüzden fazla gecikmeksizin cepheye çağrılmayı bekliyordu. Bilmediği, eski asistanı Erich Bagge'nin fikrini değiştirerek (veya etkili bir baskıya uğraması sonucu) şimdi uranyum fisyon üzerinde çalışmak için işe alınmış bir grup fizikçiyle beraber Ordu Donatım Araştırma Bölümü'nde çalıştığıydı. Gayriresmi olarak "uranyum kulübü" (veya "uranyum topluluğu," Almancası *Uranverein* ya da *Uranium Verein*) olarak adlandırılan gruba fisyonun kâşiflerinden biri olan Otto Hahn da katılmıştı.

Uranverein Nazi hükümeti tarafından atom bombası üretme amacıyla savaş başlamadan önce kurulmuştu. Başlangıçta

1 Thomas Powers, *Heisenberg's War: The Secret History of the German Bomb* (New York: Knopf, 1993), s. 12-13.

ağırlıklı olarak Berlin-Dahlen'deki fizik araştırma enstitüsü merkezli başlayan proje, Almanya topraklarına dağıtılmış bir düzine farklı yerde yürütüldü. Bagge Berlin biriminin yöneticisine Heisenberg'in de projeye dahil edilmesini önerdi, niyeti ordu yedeklerinde olduğunu ve cepheye çağrılmaktan korktuğunu bildiği profesörüne bir iyilik yapmaktı. Ancak Bagge dirençle karşılaştı; eski akademik tartışma nedeniyle halen Heisenberg karşıtı duygulara sahip olanlar olduğu gibi, uranyum araştırmasını tamamen deneysel bir iş olarak değerlendiren katılımcıların karşı çıkışında bir neden de kuramsal bir fizikçi olarak ün kazanmış Heisenberg'in faydalı olamayacağıydı.

Ancak Donatım Araştırma Bölümü'nün askeri yöneticileri bilim insanlarını bir an önce fisyon bombası yapmanın bir yolunu bulmaları için sıkıştırırken, Otto Hahn sürekli engeller çıkartıyordu. Fisyonun keşfinde çok önemli bir rol oynamış biri olduğu için önce söyledikleri nazikçe dinleniyordu. Ancak yeni işverenler artık söylediklerini dinleyecek tahammüle sahip değillerdi. Hahn çabalarının neden sonuca ulaşamadığına dair gerekçeler getirmeye devam etti.

Hahn'ın ağırdan almasının bir nedeni, okuduğu Niels Bohr ve John Archibald Wheeler tarafından kaleme alınmış bir yazıydı. Yazıda aktarılan deney sonuçlarına göre U-235 ve U-238 içeren saf uranyum örneklerinde görülen fisyonu sadece uranyumun nadir bulunan izotopu U-235 gerçekleştirmekteydi. Almanya her ne kadar Joachimsthal madenlerinde büyük uranyum rezervlerine sahip olsa da, Hahn karışık filizlerden çok nadir bulunan U-235 izotopunu ayrıştırmanın kolay bir yolu olmadığı konusunda ısrar etmekteydi.

Ancak yetkililer "hayır"ı cevap olarak kabul etmiyorlardı ve ordu tarafından işletilen Berlin tesislerinde kendi araştırmalarını yapmaya devam ederek ön cephe görevlerinden kaçınmanın kolay bir yolunu bulmuş olabilecek bilim insanlarına baskı yapmayı sürdürdüler. Bagge tekrar Heisenberg çapında bir kuramcının sorunlarını aşmakta kendilerine yardımcı olarak nükleer silah yapımını mümkün kılabileceği önerisini getirdi. Heisenberg'e çağrı 20 Eylül'de yapıldı, 26 Eylül 1939'da Berlin'e gelerek Nazi ordusunun atom araştırma projesinde kuramsal fizikçi olarak silah altına alındı.

Heisenberg güneybatı Almanya'nın Kara Orman bölgesindeki Haigerloch kentinde kurulmuş olan başka bir tesiste çalışmaya başladı. Almanca *Loch* kelimesi "delik" anlamına gelir, kentin kuruluş tarihi on birinci yüzyıla kadar uzansa da, ismindeki *loch* burada savaş yıllarında olanları anlatmak için biçilmiş kaftandır. Bu ilginç kentte bir kayanın üzerine inşa edilmiş bir kilisenin altında, Alman işçiler ve bilim insanları Heisenberg'in liderliğinde derin bir çukur kazdılar ve buraya ilkel bir nükleer reaktör inşa ettiler. Reaktörde güvenlik önlemleri oldukça zayıf olmasına karşın Heisenberg atom araştırmasını burada yürüttü. Uranyumun yanı sıra reaktörde nükleer tepkimeleri hafifletmek için ağır suya gereksinim duyuluyordu. (Ağır sudaki hidrojen alışıldık hidrojen değildir, daha ağır bir izotop olan ve çekirdeğinde ek nötronlar bulunan deteryumdur.) Ağır suyun kaynağı da Norveç'te bir fabrikaydı. Müttefikler daha sonra hem yerden hem de havadan bir dizi bombalamayla bu fabrikayı işlemez hale getirdiler. Sonrasında bazı Alman bilim insanları Norveç'ten gelen ağır su arzının kesilmesinin Almanya'nın atom bombası projesinin erken sonlandırılmasında etkisi olduğunu söyledi.

Almanya teslim olduktan sonra, Nazilerin atom bombası yapım çalışmalarına katılan Alman bilim insanları elbette Hitler'in savaş gücüne yapmış oldukları bu tatsız katkıyla kendi aralarına bir mesafe koymaya çalıştılar. Otto Hahn 1968'de basılan *My Life* [*Hayatım*] adlı biyografisinde Müttefikler tarafından tutuklanması ve Cambridge dışında yer alan bakımlı bir İngiliz bahçesiyle çevrili büyük bir konak olan Farm Hall'de tutulmasından bahsetmesine karşın, kendisinin Hitler için atom bombası çalışmasına katılmasından hiç söz etmez.

Nazilerin atom bombası çabaları hakkındaki bilgilerimizin çoğu Farm Hall'de tutulan Alman bilim insanlarının kendi aralarında yaptıkları konuşmaların gizli dinleme yoluyla kayıtlarına ve 1945'te Avrupa'da Alsos Mission'ın keşfettiği kimi belgelere dayanmaktadır.

Alsos Mission 1945'te Nazilerin teslim olmasından sonra Müttefiklerce kurulan gizli birimin kod adıdır. Görevi Nazi atom projesiyle ilgili tüm belgelerin toplanmasının yanı sıra, Alman atom bilim insanlarının tespit edilerek gözaltına alınmasıdır.

Operasyonun başında savaştan önce Avrupa'da yaptıkları ortak çalışmalardan dolayı Alman bilim insanlarının çoğunu şahsen tanıyan Hollanda doğumlu Amerikalı Yahudi fizikçi Sam Goudsmith vardır. Ekip Haigerloch'taki Nazi nükleer reaktörünün yerini tespit etmiş ve söktürmüş, bunun yanı sıra Güney Almanya'daki kır evinde saklanan Heisenberg'i tutuklamıştır. Ayrıca Hitler'in atom bombası projesinde yer alan (biri çevre ilişkisi düzeyindeki) dokuz başka bilim insanını daha tespit ederek tutuklamıştır.

Heisenberg'e ek olarak, tutuklananlar arasında Otto Hahn da vardır. Bu bilim insanları kısa bir süreliğine Fransa'da bir şatoda tutulup ardından gizlice İngiltere'ye uçurularak Farm Hall'ın geniş ve havadar konağında hapsedilirler.

İngiltere'den kaçmaları hemen hemen imkânsızdır, ayrıca köşkte nöbetçiler de bulunmaktadır. Ancak bu kısıtlamalar dışında geniş arazide dolaşma özgürlüğüne sahiptirler, hatta bazen yanlarında nöbetçilerle bilimsel konferanslara ve başka etkinliklere katılmalarına izin verilir. Ancak elbette hayale kapılmaları da söz konusu değildir: Esasen savaş esirleridirler ve mahkemede İngiliz hâkimlerin de yüzlerine okuduğu karar gereği burada "Majestelerinin inayetine bağlı olarak" kalmaktadırlar. Uluslararası hukuk doğrudan ordu ya da politik sistemle ilişkisi olmayan, çarpışmalara katılmamış bilim insanlarının tutuklanmasına izin vermemektedir. Bu yüzden Müttefikler herhangi bir kişiyi "Majestelerinin inayetine bağlı olarak" kısıtlı, altı aylık bir süre için tutmaya izin veren İngiliz yasalarını dayanak olarak kullandılar.

On Alman bilim insanı Farm Hall'de altı ay geçirdiler. Bilmedikleri –her ne kadar içlerinden biri şüphelense de kanıt bulamamıştır– Farm Hall'ın her tarafının İngiliz gizli servisinin dinleme aletleriyle donatıldığıdır. Evin her tarafına mikrofonlar gizlenmiştir ve kendi aralarında yaptıkları konuşmaların hepsi, Nazilerin atom bombası yapımına ne kadar yaklaşmış olduklarının ve kimin ne şekilde projede yer aldığının tespiti için dinlenmiş ve kaydedilmiştir.

İngiliz hükümeti nihayet 24 Şubat 1992'de dünya basını ve bilimsel topluluğundan gelen baskılara dayanamayarak bu ka-

yıtların çözümünü kamuoyuna açıkladı. Bilim insanları neden tutuklu bulunduklarını anlamaya çalışmış, kaçış planlarıyla eğlenmiş ve merak edilen çeşitli konular hakkında konuşmuşlardı.

Farm Hall tutuklularından sorumlu ekibin İngiliz komutanı Binbaşı T. H. Rittner, raporunda gözetimi altında bulunan on Alman bilim insanının karakterleri hakkındaki gözlemlerini de özetler. Bu değerlendirmeler bilim insanlarının Mayıs 1945'te tutuklanmalarının hemen ardından başlamış, altı aylık tutukluluk süreleri esnasında gerçekleşen tayin edici olay olan 6 Ağustosta Hiroşima'ya atom bombasının atıldığını duymalarının ardından güncellenmiştir. Rittner'in Alman bilim insanlarına dair karakter analizi özet bir aktarımla şu şekildedir:[2]

Profesör Max von Laue
Yumuşak huylu, utangaç bir adam. Uranyumla veya Kaiser Wilhelm Enstitüsü'nde yapılan deneylerle hiçbir ilgisi olmadığını iddia ettiği için tutuklanma nedenini anlayamadı. Hatta kendisini hiçbir biçimde alakalı görmediği için diğerlerinin rahatsızlığı hoşuna bile gitti. Takip ettiğimiz konuşmalara göre meslektaşları tarafından sevilmediği görülüyor. Son derece dostça ve İngiltere ve Amerika'ya yardıma hazır davrandı.

Profesör Otto Hahn
Görmüş geçirmiş bir adam. Profesörlerin içerisinde en az sorun çıkaran kişi oldu. Onun davranışlarını diktatörce bulan grubun genç üyeleri tarafından pek sevilmiyor. Gelişkin bir mizah anlayışına ve sağduyuya sahipti. İngiltere ve Amerika'ya karşı kesinlikle dostça bir yaklaşıma sahip. Atom bombasının kullanıldığının açıklanması onu harap etti, çünkü ilk keşfi yapan olmasından dolayı bu kadar insanın ölmüş olmasının sorumluğunu taşıyordu. Sıklıkla, Profesör Meitner'in basın tarafından kâşif olarak öne çıkarıldığını, oysa onun sadece kendisinin asistanlarından biri olduğunu ve keşif zamanında Berlin'i çoktan terk etmiş olduğunu vurguluyordu.

Profesör Walter Gerlach
Her zaman oldukça güler yüzlü ve nazik davrandı, ancak dinlemeye takılan konuşmaları Gestapo'yla ilişkilerinden dolayı şüphe uyandırdı. Alman hükümeti tarafından uranyum araştırmaları

2 Farm Hall, Operation Epsilon Transcripts, "Copy 1," AIP'te, ilgili tarihlerdeki enformasyon: 14 ve 19 Temmuz 1945 ve 6 Ağustos 1945 sonrası gözden geçirildi; s. 11 ve s. XI ve XII.

çalışmasına atanmış olduğu için kendisini mağlup olmuş bir general gibi görüyor; bombanın atıldığı duyurusu yapıldığında intiharı düşündüğü görüldü.

Profesör W. Heisenberg
Hep çok dostça davrandı ve yardımcı oldu. Ruslara geçmekten bahsetmiş olmasına karşın, bana göre İngiliz ve Amerikalı bilim insanlarıyla çalışmak için gerçekten çok istekli. Grubun genç üyeleri tarafından deneylerinin bilgisini kendisine saklamaya çalışmakla suçlandı. Atom bombasının atılması haberini de gayet olumlu karşıladı.

Profesör P. Harteck

Çok tatlı bir kişilik ve asla herhangi bir sorun çıkarmadı. Tek isteği tekrar çalışmalarına dönebilmek. Bekâr olduğu için Almanya'daki koşullar hakkında diğerlerine oranla daha az kaygılı. Atom bombasının atılması haberini felsefi yönden ele aldı ve bunun nasıl başarılmış olabileceğine dair bir dizi teori ortaya attı.

Profesör C. F. von Weizsacker
Dış görünüm itibariyle oldukça dostane davranıyor ve gerçekten işbirliğine hazır görünüyor. Hem doğrudan konuşmalarda hem de dinleme kayıtlarında, Nazi rejimine içtenlikle muhalif olduğunu ve atom bombasında çalışmak istemediğini söyledi. Wirtz'e nazik İngilizlerle beraber çalışmaya karşı olmadığını, ancak "bu kadar çok kadın ve çocuğumuzun öldürüldüğü bu yıl" bunu yapmak için belli bir isteksizlik duyduğunu ifade etti. Bir diplomatın oğlu olarak kendisinin de bu özellikleri edinmiş olduğu söylenebilir. İngiltere ve Amerika'yla birlikte çalışmaya gerçekten hazır olduğunu söylemek zor.

Doktor H. Korsching
Tam bir bilmece. Atom bombasının atıldığı haberi alındığında Gerlach'ı neredeyse intihara sürükleyecek olan meslektaşlarındaki cesaret yoksunluğu üzerine herhangi bir görüş bildirmedi.

Doktor K. Diebner
Dışardan bakıldığında dostça davranışları söz konusu, ancak hoş olmayan bir karakter yapısı var ve güvenilmez. Bagge hariç hiçbiri onu sevmiyor... Geleceği hakkında çok kaygılı ve Bagge'ye kamu görevlisi olarak haklarının iadesi için resmi bir başvuru yapmayı düşündüğünü söyledi. Onun Nazi Partisi'nin üyesi olduğunu unutmamızı ümit ediyor. Partide kalmasının tek nedeninin, eğer Almanya savaşı kazansaydı, iyi işlerin sadece parti üyelerine verilecek olması olduğunu söylüyor.

Doktor K. Wirtz
Zeki bir egoist. Yüzeyde çok dost canlısı, ancak kendisine güvenilemez. İşbirliği yapması ancak harcadığı zamanın karşılığını alırsa mümkün.

Doktor E. Bagge
Ciddi ve çok çalışkan bir genç adam. Tamamıyla Alman ve işbirliğinden uzak. Diebner'le dostluğu onu şüpheli hale getiriyor.



Bu karakter izlenimleri, Hitler'in bomba yapım sürecine katılan bilim insanlarının kimler olduğuna dair bir fikir veriyor. Ancak gerçekte ne yapmışlardı? Savaştan bu yana altmış yıl geçmiş olmasına karşın, bu sorunun kesin yanıtı tam olarak bilinmemektedir.

Bildiğimiz kadarıyla Max von Laue Nazilerin atom projesine katılmamıştı. Altmış altı yaşındaydı ve Farm Hall'deki diğer bilim insanlarından daha yaşlıydı. On yıllar öncesinde (bugün halen kristalografide kullanılan) X-ışını kırınımını keşfederek çığır açan bir fizik başarısına imza atmış ve bu sayede Nobel Ödülüne layık görülmüştü. Görelilik kuramına dönük Yahudi karşıtı saldırılarda Einstein'ı desteklemiş ve genel olarak açıkça Nazizm karşıtı görüşlerini ifade etmişti. Savaş sonrasında Berlin'deydi, ancak eldeki kaynaklara göre bomba yapım çalışmalarına katılmamıştı.

Otto Hahn'ın esas suçu, savaş sırasında Berlin'de kalarak Lise Meitner'le birlikte yıllar önce başladığı uranyum fisyonu üzerine laboratuvar çalışmalarına devam etmesiydi. Savaş zamanında Berlin'deki çalışmasının Nazilerce önem taşıyan bir biçimde doğrudan kullanılıp kullanılmadığı net değildir, ancak *Uranverein*'ın üyesiydi ve bu yüzden Hitler'in atom bombası yapılması girişimine resmi olarak dahil olmuştu. Daha sonraları Hahn laboratuvarında kalması sayesinde, işten çıkartılacak ve savaş zamanı Almanya'sının sert koşullarından olumsuz etkilenebilecek birçok bilim insanına iş olanağı yarattığını iddia etti.

Walter Gerlach, kuantum kuramında öncü çalışmalar yapmış ve 1922 yılında Otto Stern'le birlikte gümüş atomlarının manyetik momenti üzerine çalışırken Stern-Gerlach etkisini

keşfetmiş ünlü bir Alman fizikçiydi. Keşfettikleri etki, türdeş olmayan bir manyetik alanda parçacıkların yön değiştiriyor olmasıydı ve bunu sağlayan deneysel düzenek bugün halen kuantum alanındaki çalışmalarda kullanılmaktadır. Gerlach atom enerjisi ve bu enerjinin elde edilmesi konusunda *Uranverein*'ın en etkili üyelerinden biri oldu. 1943'te Gerlach projede yönetici bir rol üstlendi.

Paul Harteck Berlin'de fiziksel kimya alanında çalışan bir kimyacıydı ve Hitler'in Almanya'da iktidara geldiği 1933 yılında Ernest Rutherford'la çalışmak üzere İngiltere'ye gitti. Daha sonra Hamburg Üniversitesi'nde fiziksel kimya bölümünün başkanı oldu. Nazi *Uranverein*'ın bir üyesi olarak Harteck iki önemli konu üzerinde çalışmakla görevliydi: Nükleer tepkimelerin kontrol altında tutulmasında kullanılan ağır suyun üretimi ve tüm işlemin en önemli bölümü olan, atom bombasında kullanılmak üzere bölünebilir malzeme üretmek anlamına gelen, nadir bulunan uranyum-235 izotopunun uranyum filizinden ayrıştırılması görevi.

Harteck uranyumun olası askeri uygulamaları konusunda ordunun Donanım Araştırma Bölümü'nde çalışmaya 1937 gibi erken bir tarihte başladı ve bundan iki yıl sonra Nazi Savaş Bakanlığı'yla atom bombası üretiminde fisyon kullanılması üzerine görüşmelerde bulundu. Savaşın ilk birkaç yılını nükleer araştırma ve geliştirme için, işgal edilen Norveç'teki fabrikada ağır su üretiminin idaresi dahil, ağır su üretimini hedefleyen projeler geliştirmekle geçirdi. 1943 yılında Harteck, maden filizinden uranyum-235 elde etmek için yeni bir yöntem buldu (Ondan altmış beş yıl sonra bugün İranlıların azimle yürüttükleri nükleer çalışmalarında kullandıkları yöntem de bu yöntemdir). Harteck, Nazileri amaçlarına tüm diğer bilim insanlarından daha fazla yakınlaştıran kişidir. Neyse ki, atom bombasının yapımı savaş zamanı Almanya'sı koşullarında aktarılabilenden daha geniş kaynakları gerektirmiştir.

Nazilerin Harteck'in santrifüjlerini kullanarak bomba yapımına yetecek ölçüde uranyum-235 ayrıştırmayı başaramadıklarını biliyoruz. Keza Haigerloch tesislerinde olası ikinci türde bir atom bombası yapımı için gereken plütonyumu da hazır edeme-

diler. Savaş sonrasında çeşitli zamanlarda kimi Alman bilim insanları aslında bir bomba yapma peşinde olmadıklarını, sadece enerji elde etmek için bir nükleer reaktör yapılmasının hedeflendiğini iddia ettiler.

Uranverein'ın örgütleyicisi, Nazi partisinin bir üyesi olan Kurt Diebner'di. 1939 yılında kuramsal olarak ulaşılan uranyumdaki zincirleme tepkime olasılığı ve bunun askeri uygulama potansiyelinden Nazi yetkilileri haberdar eden oydu. Almanya'da atom bombası geliştirilmesi konusundaki hevesi yüzünden Diebner, o dönem Almanya'da çalışan bilim insanlarının bazıları tarafından sevilmezdi. 1942 yılından itibaren Diebner Berlin-Dahlen ve Almanya'daki diğer üniversitelerde fisyon deneyleri yürütmeye başladı.

Erich Bagge, Diebner'le çalışmaktaydı ve uranyum filizinden uranyum-235 arıtmanın bir yolunu keşfetti. 1944 yılında, Nazilerin savaşı kaybedeceklerinin görüldüğü bir dönemde bulduğu bu yöntem, bölünmeye uygun uranyum izotopunu ayırmak için elektromanyetik alanlarla santrifüj tekniklerinin birleştirilmesinden oluşan bir ısıl yayınım biçimiydi ve daha önceki denemelerden de daha etkiliydi. Bu gelişme savaşın bu derece geç bir evresinde yaşandığı için tam olarak sonuca götürülemedi. Eğer bu aşamaya daha önce gelinmiş olsaydı, Nazilerin nükleer hırslarına ulaşmaları olasılığı daha yüksek olacaktı.

Uranyum izotoplarını ayrıştırmada kullanılan ısıl yayınım işleminde görev alanlardan biri de Horst Korsching'ti. *Uranverein*'ın üyesi olarak Berlin'de resmi görevli olan Korsching çeşitli uranyum zenginleştirme deneyleri gerçekleştirdi ve ısıl yayınım üzerine ulaştığı sonuçları makale haline getirdi. Bagge uranyum zenginleştirme çalışmalarında onun sonuçlarından faydalandı.

Savaştan önce Leipzig Üniversitesi'nde profesörlük yapan Karl Wirtz de Nazilerin bazı örgütlerinin üyesiydi ve *Uranverein*'da görevliydi. Daha çok ağır su üretimi araştırmalarında yoğunlaştı ve süreçte diğer bazı Alman bilim insanlarına oranla daha küçük bir rol üstlendi.

Nazi atom projesinde çalışan en önemli bilim insanlarından biri Heisenberg'in yakın arkadaşı Carl Friedrich von

Weizsäcker'di. Hitler'in en önemli diplomatlarından biri olarak Yahudilerin Auschwitz'e taşınması emrini verdiği için Nuremberg'te savaş suçlusu olarak yargılanan dışişleri görevlilerinden Ernst von Weizsäcker'in oğluydu. (Ernst von Weizsäcker suçlu bulunarak hüküm giydi, ancak 1950 yılında salıverildi.)

Carl Friedrich von Weizsäcker *Uranverein* için çalışırken önemli bir bilimsel keşifte bulundu. U-235'in (Bohr ve Wheeler'in gösterdiği üzere işlem sırasında bölünmeye uğrayan ve nötron serbest bırakan bu izotoptu) bölünmeye uğradığında bazı nötronlarının daha ağır izotop U-238 tarafından soğurulduğu sonucuna ulaştı. Weizsäcker, Fermi'nin uranyum ötesi elementlere ilişkin çıkarımında yaptığına benzer biçimde, bu soğurmanın sonucunun U-239 izotopu olacağı tahmininde bulundu; artık kararlı olmayacak olan U-238, bu yüzden atom ağırlığı 239 olacak olan başka bir elemente bozunacaktı. Daha önce belirttiğimiz gibi, bu element 1940 yılında deneysel olarak Berkeley-California Üniversitesi'ndeki bir laboratuvarda yaratılacak, adına plütonyum denecek ve U-235 gibi atom bombası yapımında kullanılabilir bir özellik taşıyacaktı. Ancak doğal uranyum filizinin sadece % 0,7'sini oluşturan U-235'in (geri kalanı U-238'dir) ayrıştırılması oldukça pahalı bir girişim olduğu için bir reaktörde bu yeni elementin yapılması Nazi bombası için daha uygun bir yol olabilirdi. Weizsäcker ulaştığı sonuçları Ordu Donanım bölümündeki üstlerine Temmuz 1940'ta kaleme aldığı bir raporla bildirdi.[3]



Naziler atom bombası üretimi için her olasılığın peşinden azimle gitmeye devam ettiler. Gruptaki açık ara en seçkin bilim insanı olan Heisenberg'e proje ayrıntılarını vermesi için baskı yaptılar. Heisenberg'in çalışması hakkında çelişik duygular taşıdığı görülüyor. Bombanın kuramsal bir olasılık olduğunu kabul etmişti (o dönemde bilimsel literatürde fisyon ve uranyumun bağımsız zincirleme tepkimesinin gerçekleşebilme olası-

3 Powers, *Heisenberg's War*, s. 20.

lığı hakkında yüzden fazla makale yayımlanmıştı), ancak durmaksızın U-235'i çoğunlukla U-238 içeren bir karışımdan ayrıştırmanın milyonlarca deutchmark ve yüz binlerce işçi daha gerektirdiğini söyleyip duruyordu.

Yeni ortaya çıkan olasılıklardan biri de, Alman bilim insanlarının "makine" dedikleri, bir nükleer reaktör inşa etmekti. Bunun yapılması da pahalıya mal olacaktı, ancak mümkündü. Böyle bir reaktör sayesinde yeni element (plütonyum, Almanlar savaş sonrasına kadar onun ayrıştırılmasının yanı sıra adlandırmasına da erişemediler) elde edilebilir ve ileride bomba yapımında kullanılabilirdi. Hiç olmazsa bilim insanları "makine"nin içerisinde gerçekleşen nükleer tepkimeler üzerinde çalışmalar yürütebilir ve belki de boyutu uçağa yüklemeye veya büyük bir topla ateşlenmeye uygun bir bomba yapmak için başka bir yol bulabilirlerdi. Heisenberg'in gözetimi altında Leipzig Üniversitesi'nin fizik bölümünde küçük ve ilkel bir reaktör inşa edildi. Daha büyük ve çok gizli reaktörün yapımı ise daha sonra Haigerloch Kilisesi'nin altında gerçekleştirilecekti.

Sonuç olarak, Hitler için çalışan bilim insanlarının yaptıkları iş hakkındaki tereddütleri ne olursa olsun, Almanya geneline yayılmış çeşitli yerlerde (ABD'deki Manhattan Projesi'nde de benzer bir coğrafi dağılım gözetilmiştir) yürütülen araştırmalar sayesinde Naziler atom bombası yapımı için gerekli olan proje adımlarının çoğunda iyi bir ilerleme sağladılar. Bunun da beklenen bir sonuç olduğunu söylememiz, uranyum ve özellikleri hakkındaki ilk araştırmaların çoğunun Almanya topraklarında yapıldığını ve Hahn gibi birçok fizikçinin de çalışmalarını ilerletmek için kendi laboratuvarlarında kalmaya devam ettiklerini vurgulamamız yanlış olmaz.

Almanlar fisyon sürecini kavramış ve laboratuvarda yapabilir hale gelmişlerdi; zincirleme tepkimeleri anlamışlardı; hangi uranyum izotopunun kullanılmasının doğru olduğunu bulmuş ve izotop yalıtımı için yöntemler geliştirmişlerdi. Nükleer bir reaktörde tepkime yavaşlatıcısı olarak ağır su kullanımını öğrenmişlerdi ve Haigerloch'ta bir reaktör inşa etmişlerdi. Nükleer reaktörde plütonyum yapılabileceğini ve bunun bombada uranyum-235'e alternatif olarak kullanılabileceğini biliyorlar-

dı. Atom bombasıyla aralarında duran engel sadece zaman, bütçe ve işgücüydü. Tüm dünyanın şansına, gereken bu üç şeyi asla edinemediler.

İki önemli soru var: Werner Heisenberg Nazi atom bombası projesine hangi ölçüde müdahil olmuştu? Bu çabayı ne ölçüde destekledi ve gerçek duyguları neydi?

12

KOPENHAG

1941 yılında Kopenhag'ta iki bilim devi Werner Heisenberg ve Niels Bohr arasında gerçekleşen ünlü toplantı bilim tarihi açısından büyük bir olaydır, ancak hakkında fazla şey bilinmemektedir. Bir tarafta Heisenberg; Nazilerin görevlendirdiği en kıdemli bilim insanı ve bilimsel bilgisi amaçladıkları silahı onlara sunabilecek adam. Diğer tarafta Bohr; eşit derecede büyük bir bilim insanı, Heisenberg'in eski hocası, Müttefikler ile Heisenberg ve beraberinde çalışanlar arasında arabuluculuk yaparak etki yaratabilecek bir adam. Kimileri bu toplantının savaşın sonucunu etkilemiş olabileceğine bile inanmaktadır.

Naziler 1938 gibi erken bir tarihte bile atom bombası projesine girişmeye hazırlardı, ancak Hitler'in Yahudi karşıtı yasalarının çok sayıda bilim insanını sürgüne mahkûm etmesinden dolayı, ihtiyaç duyulan çapta zekâlara sahip değillerdi. Büyük yıldızlar içerisinde Almanya'da kalmış bir tek Werner Heisenberg vardı (Otto Hahn ve Carl Friedrich von Weizsäcker gibileri bu araştırma alanında ikincil dereceden figürlerdi). Dolayısıyla Nazilerin tarafında bir tek Heisenberg varken, Müttefiklerin tarafında tüm diğer seçkin bilim insanları yer almaktaydı.

Heisenberg kendisini alışılmadık ölçüde yalnızlaşmış buldu. Önceden, sıkça seyahat eden ve serbestçe düşüncelerini paylaşan, içlerinde Einstein, Bohr, Schrödinger, Fermi ve Meitner'in yer aldığı uluslararası fizikçiler takımının bir parçasıydı. Şimdi içerisinde yaşanan gelişmeleri onayladığı veya onaylamadığı ülkesine sadık ve ama beraberinde yalnız kalmıştı. Savaş bilgi akışını kestiği için Amerika ya da İngiltere'de hangi gelişmelerin yaşandığından habersizdi. Bu nedenle veya Nazilerle işbirliği yaptığı için 1941'in son aylarında Nazi işgali altındaki Danimarka'daki eski hocası Niels Bohr'u ziyarete gitti.

Heisenberg'in Bohr'la savaş zamanında gerçekleştirdiği bu görüşmenin üzerindeki gizem perdesi hiçbir zaman kalkmadı. Ne konuşmalarının içeriğini ne de tam olarak hangi tarihte gerçekleştiğini bilmiyoruz: Sadece Heisenberg'in ziyaretinin 1941 sonbaharında olduğunu biliyoruz.

O sonbahar günü hakkındaki söylentiler farklılıklar gösteriyor. Heisenberg'in kendisi de ekimin sonu olarak hatırladığını söylese de, Amerikalı tarihçi Thomas Powers'a göre Werner Heisenberg'in Berlin'den kalkan treni Kopenhag'a 15 Eylül 1941 günü saat 18:15'te vardı.[1]

Yaptıkları görüşmelerin birinde Bohr'un eşi Margrethe'nin, bazı görüşmelerde de Heisenberg'in çalışma arkadaşı Carl Friedrich von Weizsäcker'in yer aldığı biliniyor. Bu görüşmeler hakkındaki kaynakların uyuşmazlığı ve belirsizlik, İngiliz oyun yazarı Michael Frayn'ın çok başarılı oyunu *Copenhagen* aracılığıyla popüler kültüre de sıçrayarak konuşmaların doğası üzerine olan spekülasyonların büyümesine sebep oldu.

Yakın zamana kadar Heisenberg-Bohr görüşmesinin akla yatkın bir tasviri için kullanılan bilgilerin çoğu Alman veya Alman taraftarı kaynaklardan edinildi. 1956 yılında Robert Jungk tarafından Almanca yayımlanan Nazilerin II. Dünya Savaşı sırasında atom bombası yapımı çabaları üzerine bir kitap, Heisenberg'in Bohr'la 1941 yılı görüşmelerinin anılarını da içeriyordu. Kitap 1958 yılında *Brighter Than a Thousand Suns* adıyla İngilizceye çevrilerek basıldı.

1 Thomas Powers, *Heisenberg's War: The Secret History of the German Bomb* (New York: Knopf, 1993), s. 121.

Jungk, Heisenberg'in anlatımlarını güçlü bir biçimde destekleyen bir yaklaşım sergiledi. Ona göre Alman bilim insanları Bohr'un isterse kendileri ile Müttefiklerin cephesinde uranyum üzerine çalışan bilim insanları arasında ilişkiler kurabileceğini bilmekteydiler.[2] Bu yaklaşıma göre (Bohr konu üzerine kamuoyuna açıklama yapıncaya dek doğruluğu kabul edilen açıklama bu oldu) Heisenberg Kopenhag'a, savaşın iki ayrı cephesinde atom bombası üzerine çalışan bilim insanları arasındaki nükleer yarışı önlemek amacıyla gizli bir anlaşmaya aracılık etmek için gitmişti.

Ancak Heisenberg'in görüşüne göre Bohr ne dinlemeye ne de yardımcı olmaya istekliydi. Jungk'un tespitine göre Bohr temasa açık değildi ve "bu yüzden Heisenberg onu görmeye geldiğinde bir dönem gözbebeği olan öğrencisine karşı aşırı kapalı, hatta soğuk bir yaklaşım sergiledi."[3]

Bu bilgi 1967'de Yahudi soykırımını inkâr eden İngiliz tarihçi David Irving tarafından kaleme alınan ve İngiltere'de basılan *The Virus House* adlı (ABD baskısında *The German Atomic Bomb* adı verilen) kitapta da yinelendi.[4] Frayn'ın kendisini ödüllü oyununu yazmaya heveslendirdiğini söylediği Thomas Powers'ın 1993 yılındaki kitabı, *Heisenberg's War: The Secret History of the German Bomb* da kısmen Irving ve Jungk'a dayanmaktadır. Bu kaynaklarda Kopenhag görüşmesine dair aktarılanlar temelde aynıdır.

Irving Heisenberg'in Kopenhag'a Bohr'u görmeye gelmesinin nedeninin "insani sorunlar hakkında tavsiyesini almak" olduğunu yazar. Irving'e göre Heisenberg, Alman kuramsal fiziğinin "başrahibi"dir ve Bohr'a bir fizikçinin "ahlaki olarak savaş zamanı atom bombasının sorunları üzerine çalışma hakkı" olup olmadığını sorarak "Papa'dan günah çıkarma arayışı içerisine

2 Robert Jungk, *Brighter Than a Thousand Suns: A Personal History of the Atomic Scientists* (New York: Harcourt, Brace & World, 1958), s. 100.

3 Jungk, *Brighter Than a Thousand Suns*, s. 100-101.

4 *Virüs Evi* başlığının nedeni, Nazilerin nükleer araştırma merkezlerinden birini, Berlin-Dahlen'de Kaiser Wilhelm Enstitüsü'nde olanını, içeride ne olduğunu gizlemek ve herhangi bir kimsenin içeri girmesini engellemek için "Virüs Evi" adını verdikleri bir binada gizlemiş olmalarıydı. Powers, *Heisenberg's War: The Secret History of the German Bomb*, s. 121.

girmiştir." Bohr yanıt olarak Heisenberg'e atomun parçalanmasının askeri açıdan kötüye kullanımının mümkün olup olmadığı hakkındaki görüşünü sorar ve Heisenberg "üzgün bir biçimde bunun şu an mümkün olduğu yanıtını verir."[5]

Bu kaynaklarda propagandası yapılan ana fikir, sevilen eski öğrencinin ustasına insani ve ahlaki konuları tartışmak için geldiği, Naziler için bir bomba yapımında çalışma suçunun bir biçimde bağışlanması arayışı içerisinde olduğu ve belki de Müttefiklere her iki tarafın da atom bombası araştırmalarına son vermeleri antlaşması önerdiği ve hükümetlerin planlarını sabotaj çabasında olduğudur. Bu, savaş zamanı koşullarında, amaçlarını onaylamadığı hükümet için çalışan, ama kendi takdire değer amaçlarının sahibi idealist bir Heisenberg portresidir. Ancak tarih bu spekülasyonun yanlış olduğunu gösterecektir.



Jungk'un kitabı basıldıktan hemen sonra Werner Heisenberg, Kopenhag'ta olanlara dair hatırladıklarını daha kesin biçimde ifade etmek amacıyla yazara uzun bir mektup yazar. Kitabın bir sonraki baskısında Jungk bu mektubu Kopenhag buluşmasıyla ilgili bölümün sonuna ekler. Mektubunda Heisenberg uranyum ve ağır suyla yaptıkları deneylerin sonuçlarının onu enerji üretimi amaçlı bir reaktör yapılmasının kesinlikle mümkün olduğu düşüncesine ulaştırdığını yazar. Bu reaktörde üretilecek uranyum-239'un bozunum ürününün "en az uranyum-235 kadar atom bombası yapımına uygun bir patlayıcı sonucunu verme" potansiyeline sahip olduğunu belirtir. Kendisi ve çalışma arkadaşlarının savaş zamanı koşullarındaki Almanya'da var olan kaynakları kullanarak nasıl gerekli miktarda uranyum-235 elde edebileceklerini bilemediklerini vurgular. Ona göre atom bombasının yapılabileceğinden kesin olarak emindirler, ancak hesaplamalarında gerekli olan teknik ihtiyaçları gözlerinde olduğundan fazla büyütmüşlerdir.

Heisenberg Almanya'daki bu durumun kendisi ve arkadaşları için olumlu bir fırsat yarattığını ve "bu koşullar altında Bohr'la

5 David Irving, *The Virus House: Germany's Atomic Research and Allied Counter-Measures*, London: Parforce UK Ltd., electronic version, 2002, s. 115.

konuşmanın değer taşıyacağını düşündüklerini" iddia eder. Bu konuşmanın Ny-Carlsberg civarında bir akşam yürüyüşünde gerçekleştiğini belirterek, "Bohr'un Alman politik otoritelerinin takibi altında olduğunun ve onun bana ilişkin tespitlerinin belki de Almanya'ya rapor edilebileceğinin bilincinde olarak, bu konuşmayı yaşamımı tehlikeye atmayacak şekilde yapmaya özen gösterdim," der. Heisenberg'in aktarımına göre Bohr'la konuşması Bohr'a savaş zamanında fizikçilerin kendilerini uranyum araştırmalarına adamalarının doğru olup olmadığını sormasıyla başlar, çünkü ilerlemenin bugün "savaş teknolojisinde ciddi sonuçlara" neden olması olasılığı vardır. Heisenberg Bohr'un bu sorunun anlamını hemen anladığını "belli belirsiz bir korku yaşamasından hareketle" iddia eder.

Heisenberg'in aktarıma göre Bohr bir karşı soruyla yanıt verir: "Uranyum fisyonunun gerçekten silah yapımı için kullanılabileceğini düşünüyor musun?" Heisenberg şöyle bir yanıt verdiğini hatırlamaktadır: "Bunun ilkesel olarak mümkün olduğunu biliyorum, ancak gerçekleşmesi büyük bir teknik çaba gerektirecek ve bu savaşa yetişemeyeceğini umut etmekten başka şansımız yok." Heisenberg Bohr'un "yanıtı sonrası şok olduğunu" fark ettiğini ve "benim ona Almanya'nın atom bombası yapımında çok büyük ilerleme kaydettiğini nakletme amacı taşıdığımı" zannettiğini vurgular. Heisenberg "bu yanlış izlenimi düzeltmeye çalıştığını," ancak Bohr'un tam olarak güvenini kazanamadığını, bunda da ancak "üstü kapalı konuşmaya" cesaret edebildiğini, çünkü şu veya bu ifadesinin daha sonra Nazilerce kendisine karşı kullanılmasından korktuğunu ifade etmesinin rol oynadığını belirtir. Sonuç olarak "bu konuşmanın sonucundan çok mutsuz olduğunu" belirtir.[6]

Bohr 1957'de Heisenberg'in Jungk'a yolladığı mektubu okuduğunda çok sinirlenir. Görüşmenin bilgisine sahip olan Bohr'un oğlu Aage ve başkalarının sonraki açıklamalarında Bohr'un mektubuna ve 1941 yılındaki görüşmenin resmedilmesini nasıl karşıladığına ilişkin kimi imalar söz konusudur.[7]

6 Heisenberg'den Robert Jungk'a mektup; Jungk, *Brighter Than a Thousand Suns*, s. 102-104'ten alınmıştır.

7 Powers, *Heisenberg's War: The Secret History of the German Bomb*, s. 122-123.

Ancak yine de son âna kadar Bohr'un Jungk'un iddialarına ve Heisenberg'in mektubuna nasıl bir reaksiyon gösterdiği tam olarak bilinmiyordu.

Copenhagen isimli tiyatro oyununun başarısının olaya ilişkin kamuoyu ilgisini arttırması üzerine, 2002 yılında Kopenhag'taki Niels Bohr Arşivi harekete geçmek zorunda kaldı. Bohr'un özel mektupları ölümünden sonraki elli yıl boyunca gizli tutulmak zorundaydı; dolayısıyla konuyla ilgili araştırmacılar ve kamuoyu aslında 2012 yılına kadar beklemek durumundaydılar. Ancak Heisenberg'in görüşmeye dair aktarımlarını Bohr'un nasıl karşıladığının tespiti için yazı ve mektuplarına bakılması yönündeki çeşitli baskılar sonucunda, arşiv yöneticileri insafa geldiler. Hedeflenen tarihten on yıl önce arşivleri kamuoyuna açtılar.

Bohr'un Heisenberg'e, Jungk'a yaptığı açıklamaların doğruluğunu tartıştığı çok sayıda mektup kaleme aldığı, ancak bunları göndermemiş olduğu ortaya çıktı. Bohr, eski dostu ve öğrencisiyle açıkça tartışmaya girmekten kaçınıyordu. İkili arasındaki sıcak ilişki, aslında Almanya'nın Danimarka'yı işgal etmesinin öncesinde bozulmaya başlamıştı. Heisenberg'in Nazilerin Polonya'yı işgal etmesine onay verdiği ve Avrupa'da Alman yayılmasını sevinçle karşıladığı dedikodusu Bohr'a ulaşmıştı.[8] Söylentiye göre 1941 yılındaki buluşmaları, ikisi arasındaki ilişki asla eskisi gibi olmayacak şekilde kavgalı biçimde sona ermişti. Dolayısıyla 1956 yılında Bohr, ikisi arasında zaten var olan olumsuz duyguları iyice alevlendirmek istememiş ve mektupları kendisine saklamayı tercih etmişti.

Bu mektuplara Bohr'un el yazısıyla (ya da bazen Bohr için kopyasını çıkartan kişinin, asistanı Klackar, eşi Margrethe veya oğlu Aage'nin el yazısıyla) tıpkıbasım olarak, ayrıca basılı biçimde Danca ve İngilizceye çevrilmiş olarak ulaşılabilmektedir.[9]

Bohr'un yollanmamış mektuplar koleksiyonundaki ilk mektuptan bazı bölümleri aktaralım. Tarih belirtilmemiş, ancak Bohr arşivine göre 1957 yılında kaleme alınmış:

8 Powers, *Heisenberg's War: The Secret History of the German Bomb*, s. 121.

9 Bkz. http://nba.nbi.dk/papers/docs/cover.html.

> Kişisel olarak konuşmamızın her bir kelimesini hatırlıyorum... Sen ve Weizsäcker Almanya'nın savaşı kazanacağına dair kesin inancınızı belirttiniz ve bu yüzden savaşın farklı bir şekilde sonuçlanacağına dair herhangi bir umut beslememizin ve Almanlardan gelen işbirliği yapma önerilerini yanıtsız bırakmamızın aptalca olacağını vurguladınız. Enstitüdeki odamda yapmış olduğumuz konuşmayı da gayet net olarak hatırlıyorum. Orada üstü kapalı ifadelerle, ancak bende kesin bir izlenim bırakacak şekilde, senin liderliğin altında Almanya'da atom silahları geliştirilmesi için her şeyin yapıldığını ve ayrıntılar hakkında konuşmanın gerekli olmadığını, çünkü bunlara tamamıyla hâkim olduğunu, son iki yılını özellikle bu hazırlıklar üzerinde çalışarak geçirdiğini söyledin... Davranışımda şok olarak yorumlanabilecek herhangi bir şey varsa, bunun nedeni Almanya'nın atom silahı geliştirme yarışında birinci gelmek için arzuyla çalıştığı haberini almamdı, başka bir şey değil.[10]

Bohr'un Heisenberg'e yazdığı diğer gönderilmemiş mektuplarda daha açık vurgular görülmektedir. Niels Bohr Arşivi'nde yer alan, yine tarihi belirsiz "Belge 11a" başlıklı mektupta şunlar yazılıdır:

> ... Özellikle aklıma takılan Enstitü'deki ofisimde yaptığımız konuşmadır. Bu konuşmada açtığın konudan dolayı söylenen her bir kelimeyi dikkatle zihnime kaydettim. Bende büyük bir etki yarattı, çünkü konuşmanın hemen başlangıcında, eğer yeterince uzayacak olursa, savaşın kaderinin atom silahlarıyla çizileceğinden emin olduğunu belirttin.[11]

Bohr Heisenberg'in duruşunu açıkça "akıl almaz" olarak nitelendirmiştir. Bohr'un söyledikleri, Heisenberg'in Bohr'la görüşmelerine dair aktardıklarıyla, o tarihe kadar bu konu hakkında kitaplarda resmedilen olay çözümlemeleriyle, keza Frayn'ın oyunuyla taban tabana zıttır. Bohr mektubunda başka bir konuyu daha gündeme getirir: Heisenberg Nazi otoritelerinden aldığı hangi yetki sonucu işgal altındaki Danimarka'da bulunan Bohr'u ziyarete gelmiştir? İma edilen, Heisenberg'in Nazi yöneticileriyle Bohr'u manipüle etmek için anlaştığı, Müttefik-

10 Bu mektup Kopenhag'taki Niels Bohr Arşivi'nin izniyle basılmıştır. Belge 1, çeviri için bkz. http://nba.nbi.dk/papers/docs/d01tra.htm.

11 Bu mektup Kopenhag'taki Niels Bohr Arşivi'nin izniyle basılmıştır. Belge 11a, çeviri için bkz. http://nba.nbi.dk/papers/docs/d11atra.htm.

lerin yürütüyor olabileceği bir bomba projesinin, bilim insanları arasında yapılacak bir hükümetlerine boyun eğmeme anlaşması önerisiyle engellenme amacı güdüldüğüdür.

Olaya ilişkin daha önce basılan açıklamalar, Bohr'un mektuplarıyla ortaya çıkan hikâyeyle uzaktan yakından ilgisi yoktur. Alman bilim insanlarının aslında Almanya'nın nükleer hevesini "sabote ettikleri" iddiası, David Irving'in yazdıklarına dayanılarak genel kabul görmüştü. Powers'ın kitabının Heisenberg-Bohr görüşmesine ilişkin 11. bölümünde, bu Nazilere yakınlık duyan tarihçiden yedi alıntı yapılmıştı.[12]

Powers'ın aktarımına göre savaştan sonra Heisenberg "1939 yılının yaz aylarında on iki kişi ile ortak bir anlaşmaya vararak atom bombalarının yapımına engel olabilme şansına sahipti," demişti. (Ancak Kopenhag ziyareti 1941 yılında Naziler Avrupa'nın büyük bir bölümü işgal ettikten sonra gerçekleşti; her iki tarafta da açıkça koşulların değiştiği bilinmekteydi.) Yine de Powers kesin biçimde Heisenberg'in "Bohr'u görmeye gittiğinde aklında böyle bir 'karşılıklı mutabakat' oluşturma amacı olduğunu" ve "çok sonraları Heisenberg'in Irving'e ondan böyle zor konularda bir yanıt ve yardım beklemenin 'aptalca' olduğunu söylediğini" aktarır.[13]

Heisenberg elbette karşısındakinin düşüncelerine katılmaya hazır Irving'e kendisi ve savaş döneminde yaptıklarına dair bu soylu duruşunu kanıtlama çabasını sürdürür. Haigerloch Kilisesi'nin altına Heisenberg'in inşa ettirdiği nükleer reaktörün anısına kurulmuş Almanya'daki Haigerloch Müzesi'nin web sitesinde halen Heisenberg'le yapılmış bir söyleşide şu ifadelere rastlanabilir: "Olaydan hemen sonra Berlin'de tüm hikâyeyi yetkililere aktarmamızın gerektiği bir toplantı yapıldı. Irving bunu *The Virus House* adlı kitabında anlatır. Irving'in kitabını biliyorsunuz, değil mi? Bence çok özenli bir biçimde hazırlanmış bir kitap. Her türlü kaynaktan, belgelerden vs faydalanmış. Bence işini oldukça başarılı bir biçimde yapmış."[14]

---

12 *Bkz.* dipnotlar, Bölüm 11, Powers, *Heisenberg's War: The Secret History of the German Bomb*, s. 506-508.

13 Powers, *Heisenberg's War: The Secret History of the German Bomb*, s. 118.

14 Almanya'daki Haigerloch Müzesi'nin web sitesinden: http://www.haigerloch.de/ceasy/modules/cms/main.php5?cPageId=95.



Farm Hall'da kaydedilen konuşmaların dökümleri Bohr'la yapılan görüşmeyi doğrudan aydınlatmasa da, Heisenberg'in kendisi ve çalışma arkadaşlarının Hitler'in atom bombası tutkusunu sabote etmeyi denedikleri iddiasına gölge düşürmektedir. 6 Ağustos 1945'te bilim insanlarının Hiroşima'nın bombalandığı haberinin ardından kendi aralarında yaptıkları konuşmanın bir bölümü şöyledir:

HEISENBERG: Öte yandan, ilerletmek için elimden geleni yaptığım tüm ağır su çalışması bir patlayıcı üretemedi.
HARTECK: Makine [nükleer reaktör] çalışmaya başlayıncaya dek.
HAHN: Makineyi yapmadan önce patlayıcı yaptıkları görülüyor ve şimdi "gelecekte makineler inşa edeceğiz" diyorlar.
HARTECK: Patlayıcının ancak kütle spektrografı aracılığıyla üretilebildiği doğruysa, zaten bunu bizim yapmamız mümkün olamazdı, çünkü asla 56.000 işçi istihdam edemezdik...
VON WEIZSÄCKER: V-1 ve V-2 roketlerinde kaç kişi çalışıyordu?
DIEBNER: Binlerce kişi vardı.
HEISENBERG: 1942 baharında hükümete bunu kurmak için 120.000 kişiyi işe koşması gerektiğini tavsiye edecek ahlaki cesareti kendimizde bulamazdık.[15]

Buna Weizsäcker'in yanıtı, "İlkesel olarak tüm fizikçiler bunu yapmak istemiyordu," olur; eğer istemiş olsalardı, başarılı olurlardı. Ancak kanımca esas Heisenberg'in son paragrafta söyledikleri açıklayıcıdır: O ve diğer fizikçiler Nazi hükümetinden bomba yapımı için 120.000 işçi isteme *ahlaki cesaretine* sahip değillerdi. Bu ne demektir? Nazi liderliğinden bu işçileri istemelerinin "ahlaki" olmayacağını düşünmelerinin nedeni, yaptıklarının (atom bombası) gayriahlaki olmasından kaynaklı değil, daha çok Heisenberg ve çalışma arkadaşlarının görüşü uyarınca, insanları işlerinden (cepheden veya belki de ölüm kamplarından) alıkoymanın ahlakdışı olacağıdır. Heisenberg Nazi vahşetinin ayrıntılarından haberdar olmasa dahi, yukarıdaki konuşmada söylenenler, Kopenhag'a Bohr aracılığıyla projenin ahlakdışılığını öne sürerek, Müttefiklere bomba yapımını

15 AIP, *Farm Hall Transcripts*, Operation Epsilon, 8 Ağustos 1945, ayrıca http://www.aip.org/history/heisenberg/p11a.htm.

durdurma anlaşması önerme amacıyla, gittiğini iddia eden bir adamın sözleri olamaz.

Hiroşima haberini aldıktan hemen sonra Alman bilim insanları 8 Ağustos 1945'te yayımlanan ortak bir açıklamayı kaleme almaya girişirler. Nazilerin bomba projesinden kaynaklı kendilerine yöneltilebilecek herhangi bir sorumluluktan kaçınma fırsatını kullanmak isterler. Bu açıklamada "uranyum atomu çekirdeğindeki fisyonun 1938 Aralığında Berlin'deki Kaiser Wilhelm Kimya Enstitüsü'nde Hahn ve Strassmann tarafından keşfedildiğini," Meitner (ve Frisch'in) katkılarını tamamen göz ardı ederek söylerler. Ardından bu başarıyı "pratik uygulamayla hiçbir ilgisi olmayan saf bilimsel araştırmanın bir sonucu" olarak nitelendirirler. Açıklamada, Alman bilim insanlarının bomba yapımıyla ilgilenmedikleri, çünkü "o dönemki teknik olanaklarla Almanya'da bomba yapımının mümkün görünmediği" ve çalışmalarının tamamen reaktörden enerji kaynağı elde etmeye yönelik olduğu ifade edilir.

8 Ağustos tarihli açıklama aynı zamanda, Alman bilim insanlarının atom bombasının yapımı için gereken bilgi ve beceriye sahip oldukları, ancak bedeli aşırı yüksek ve tamamlanması zor olacağı için Nazilere bomba yapımında yardım etmedikleri izlenimini yaratmaya çalışır. Başka bir deyişle, Amerikalılar ve İngilizler atom bombasını ilk yapmış olanlar olabilir (hatta Farm Hall'dekilerin bazıları Hiroşima'ya çok büyük bir konvansiyonel bombayla saldırılmış olabileceğine inanıyorlardı), ancak onlar, "üstün Almanlar", eğer olanakları olsaydı daha iyisini yapabilecek durumdaydılar.

İkinci atom bombasının atıldığı haberinin ardından kaydedilen Farm Hall konuşmalarının birinde Heisenberg şöyle der: "Nasıl yaptıklarını tüm ayrıntılarıyla kafamda canlandırabiliyorum. Aslına bakarsanız bunun fiziği çok basit, tüm mesele tamamen endüstriyel." Devamında Almanya'da atom bombası yapımının mümkün olmamasının tek nedeninin projenin büyük ölçekli olması olduğunu söyler. "Ağır su üreten tüm fabrikalar R.A.F. tarafından tahrip edilmişti ve projenin tamamlanmamasının gerçek nedeni buydu. Ancak her şeye rağmen bilimsel açıdan her şey biliniyordu. Hatta kesinlikle Rus-

lar da, Kapitza ve Landau da [Rus fizikçiler] biliyordu."[16] Artık dünyadaki birçok gözlemci gibi Heisenberg'in gözü de tehlikeli atom savaşında esas oyuncu olarak sırasını bekleyen Rusya'nın üzerindeydi.



1972 yılında fizik ve matematik öğrencisi olduğum California Berkeley Üniversitesi'nde Werner Heisenberg'le karşılaştığımda 71 yaşındaki fizikçi, yaşına rağmen halen yakışıklılığını koruyor, canlı mavi gözleri parıltısını muhafaza ediyor ve uzun boyuyla dimdik yürüyordu. Kuantum fiziği konusunda olağanüstü bir sunum yaparak, bilime kuantum mekaniğinin temellerini armağan eden ve kendisine de Nobel Ödülü kazandıran, kuantum durumlarını tanımlamak için (matrislere dair matematiksel teknikleri bile bilmemesine karşın) matris kullanımı fikrine nasıl ulaştığını anlattı. Hepimiz anlattıklarından büyülenmiş gibiydik ve hiçbirimiz Nazi atom bombası projesindeki rolünü ve Hitler'e bir kıyamet günü silahı armağan etmeyi isteyip istemediğini sormaya cesaret edemedik.

Anlaşılan bu derin ve rahatsız edici soruların yanıtlarını hiçbir zaman tam olarak bilemeyeceğiz. Ancak Bohr'un son açıklanan mektupları ve Farm Hall kayıtları Heisenberg'in masumiyet iddiasına koyu bir gölge düşürmeye yetiyor.[17]

16 AIP, *Farm Hall Transcripts*, Operation Epsilon, "Copy 1," 7-13 Eylül 1945, Kısım I, par. 2.

17 Kaygı verici bir şekilde, bugünkü geniş görüş açımla geriye dönüp baktığımda, Berkeley'de o dönem (1970'lerin başında Amerikan üniversitelerinde çok sayıda İranlı öğrenci vardı) İranlı öğrenciler içerisinde nükleer mühendislik bölümünde okuyanların sayısının oldukça fazla olduğunu hatırlıyorum.

13

KRİTİK AŞAMA

Kasım 1941'de, Heisenberg'in Kopenhag'ta Bohr'u ziyaretinden bir ya da iki ay sonra, Atlantik'in öte yakasında Amerikan Ulusal Bilimler Akademisi atom bombası üretiminin koşullarını gözden geçirmek üzere özel bir komiteyi toplantıya çağırdı. Bu komitenin kuruluşunu hızlandıran gelişme, İngiliz ve Amerikalı bilim insanlarının nükleer bir silahın yapılabilirliği konusunda anlaşmış olmalarıydı. Dahası Atlantik'in her iki yakasındaki bilim insanları Almanların bu amaç doğrultusunda ilerleme sağladığı korkusunu taşıyorlardı.[1]

Ardından 7 Aralık 1941'te (Franklin Delano Roosevelt'in deyişiyle "adı alçaklıkla anılacak bir tarihte") Japonlar Hawaii'nin Pearl Harbor limanında demirlemiş Amerikan 7. Filosuna sürpriz bir saldırı gerçekleştirdiler ve ABD II. Dünya Savaşı'na girdi.

Chicago Üniversitesi profesörlerinden Arthur Compton, nükleer bombanın uygulanabilirliği üzerine çalışacak araştırma grubuna başkan olarak atandı. Projeye Metalürji Labora-

1 Emilio Segrè, *Enrico Fermi, Physicist* (Chicago: University of Chicago Press, 1970), s. 120.

tuvarı adı verildi ve merkez olarak Chicago Üniversitesi belirlendi. Fermi ABD'ye gelişinden bu yana son üç yıldır Columbia Üniversitesi'nde küçük bir uranyum yığınıyla nötronların üretimi ve soğurulması üzerine araştırmalar yürütüyordu. Onu New York ile Chicago arasında gidip gelmek zorunda bıraktığı için hükümetin projeyi Chicago Üniversitesi'ne taşıma kararından memnun değildi. Bir bölümü Columbia, bir bölümü Chicago Üniversitesinden oluşturulan yeni bilim grubu uranyumun "ara yığınını" üretmekten sorumluydu, başka bir deyişle, daha fazla uranyum içeren, daha çok nötron üreten ve yine de kritik düzeyin altında kalan (zincirleme tepkime başlatmak için gereken miktardan az) bir element oluşturulmalıydı.

Hükümet politikaları doğrusu Fermi'nin durumunu oldukça tuhaf bir hale getirmişti. Pearl Harbor ve ABD'nin Mihver (Eksen) ülkelerine karşı savaş ilanı sonrasında Amerika'da yaşayan tüm İtalyanlar düşman yabancılar olarak görüldü ve hareketleri kısıtlandı. Fermi henüz ABD vatandaşı olmadığı için Chicago'ya gitmesi gerektiğinde yetkililerden özel izin alması gerekiyordu. Ancak Chicago'da yaptığı iş "çok gizli" statüsündeydi ve bu yüzden de yetkililere yolculuk isteminin gerekçelerini açıklayamazdı. Birçok başka göçmen de kendilerini aynı paradoksal durumda buldular: Zulümden kaçmak için Mihver ülkelerinden ayrılmışlardı ve ama şimdi bu kez Amerika'da yakın gözlem altındaydılar.

Fermi 1942 Mayısında Chicago'ya taşındı ve çok geçmeden ailesi onu izledi (Savaştan sonra da Chicago Üniversitesinde kalarak nükleer araştırma alanındaki kariyerini devam ettirecekti). Sıkı hükümet kontrolü altındaki yolculukları sona ererken, Fermi Amerika'ya düşman bir ülkeden göçmüş bir nükleer fizikçi olduğu için başka sorunlar da yaşadı. Tüm mektuplarının açıldığını ve tekrar kapatıldığını fark etti. Bu sansürcülük onu kızdırdı ve onuru zedelendi. Amerika'ya samimiyetle göç etmişti ve şimdi savaşında yeni anavatanına yardımcı oluyordu, ancak yine de kendisine tam olarak güvenilmiyordu.

Yetkililere yaptığı çok sayıda şikâyetin ardından Fermi'ye sansürün sonlanacağı sözü verildi. Ancak ardından posta kutusunda (oraya yanlışlıkla koyulduğu apaçık biçimde belli olan)

postane memuruna yazılmış, Fermi'nin tüm mektuplarını açması ve içeriklerini rapor etmesi bildirilen bir kart buldu. Bu Fermi'yi daha da kızdırdı ve postane yöneticisine şikâyete gitti. Amir önce emir hakkında hiçbir şey bilmediğini iddia edip ardından Fermi'nin mektuplarının bir casus tarafından açıldığı açıklamasına sarıldı. Fermi bu özrü öylesine aptalca buldu ki, kahkahayla gülmeye başladı. Bu olayın ardından da postane mektuplarını okumaya son verdi.[2]

Fermi Chicago'ya gelmesiyle birlikte yaşamında yoğun gizlilikle geçen bir döneme adım atmış oldu. Bir üniversitenin fizik bölümünde çalışmaktan Amerikan hükümetinin kontrolündeki (o ve arkadaşlarının kısaca "Met Lab" dediği) çok gizli bir kurumda çalışmaya geçiş yaptı. Fermi'nin eşi Laura'nın başlangıçta bildiği tek şey, Metalürji Laboratuvarında bir tek metalürji uzmanının bile çalışmadığıydı.[3]

Bilim insanları ve ailelerinin sosyal ilişkileri "metalürji araştırmasında" yer alan grupla sınırlanmıştı. Hepsine gizlilik konusunda ABD hükümetince çekilen bir film gösterildi; "En Yakın Akraba" adlı bu filmde bir bilim insanı elindeki belgeleri dikkatsizce bir casusun bulabileceği bir yere bırakırsa nelerin olabileceği dramatik bir kurguyla anlatılıyordu. Sonucun Londra'nın Nazilerce bombalanması olabileceği ima ediliyordu. Fermi, çalışma arkadaşları ve tüm aile üyeleri sosyal yaşamları ve gündelik aktivitelerinde bu sıkı kısıtlamalara özen gösterme kararı aldılar. Zorlanma ve gerilimleri, bilim grubu ve bununla birlikte sosyal grupları genişledikçe hafifledi.[4]

Amerika'daki atom araştırması kritik bir aşamaya gelmişti. Çalışmadaki tüm fizikçilerin görüşü, ordu ve hükümet görevlilerine de bildirildiği üzere, nükleer bir silahın üretiminin gayet mümkün olduğu yönündeydi. Her ne kadar Columbia'da bu konu üzerine kimi çalışmalar yapılmış olsa da, henüz kimse bir bombanın veya güç kaynağı reaktörün işlemesini sağlamak için gereken fiziksel mekanizma olan bağımsız bir biçimde, kendi

2 Segrè, *Enrico Fermi, Physicist*, s. 123.

3 Laura Fermi, *Atoms in the Family: My Life with Enrico Fermi* (Chicago: University of Chicago Press, 1954), s. 176.

4 Fermi, *Atoms in the Family*, s. 176.

kendine ilerleyen bir zincirleme tepkimeyi yaratabilmiş değildi. Ancak böylesi bir zincirleme tepkimenin başlatılmasının mümkün olduğu bilinmekteydi. Bomba için gereken tepkime hızlı işlemeliydi ve bu uranyum-235 veya plütonyum kullanılarak başarılabilirdi. Ancak o dönemde bu izotoplardan çok az bir miktar üretilebilmiş (plütonyum) veya ayrıştırılabilmişti (U-235). Öte yandan etkili bir bomba yapımı için gerekecek malzemenin birkaç kilogram olması gerektiğine inanılıyordu.[5] Bu gizemli ve can alıcı rakama dair tahminler, Atlantik'in ve cephenin her iki yakasında farklılık gösteriyordu. Almanların tahminleri "bir ananas boyutundan" birkaç bin kilograma dek değişiyordu, İngiliz ve Amerikalılar ise birkaç kilogramın yeterli olacağını düşünüyorlardı. Manhattan Projesi'ndeki araştırmanın kilit meselelerinden birini, atom bombası yapımı için gereken fisyona uygun malzemenin tam miktarını belirlemek oluşturuyordu.

Diğer bir önemli sorun, fisyona uygun malzemeyi saf maden cevherinden ayırmak için kullanılacak işlemdi. Amerikalılar U-235'i ayrıştırmak için üç teknik düşünmüşlerdi: Elektromanyetik ayrıştırma, difüzyon ve santrifüj yöntemleri.[6] ABD Başkanı için tüm bu seçenekler hakkında bilgi içeren bir bilimsel rapor hazırlanmıştı. Raporda uranyum yerine plütonyum kullanılması ve plütonyumu nükleer bir reaktörde ürettikten sonra bomba için ayırma konusunda bir öneri de yer alıyordu. Bu büyük proje için gerekecek toplam tahmini harcama 100 milyon doları aşacak düzeydeydi.[7]

Nükleer reaktör çalışmasının yöneticisi olarak Fermi seçildi. Bunun nedeni Amerika Birleşik Devletleri'nde nötronlar ve uranyum süreçleri konusunda çalışan kuşkusuz en iyi uzman olmasıydı. Aynı derecede önemli bir diğer faktör, onun nükleer fizik araştırmaları alanında hem kuramsal hem de deneysel yönden uzmanlığa sahip olmasıydı. O dönemde nötron çalışmaları henüz yeniydi. Fermi'nin yanı sıra Almanya'da Werner Heisenberg ve Otto Hahn, yine o dönemde İsveç'te ikamet eden Lise Meitner ve toplamda sayıları iki elin parmağını geçmeyen az

5 Segrè, *Enrico Fermi, Physicist*, s. 123.
6 Segrè, *Enrico Fermi, Physicist*, s. 123.
7 Segrè, *Enrico Fermi, Physicist*, s. 124.

sayıda bilim insanı henüz sadece birkaç yıldır nötron radyasyonu üzerine çalışmaktaydı ve bu parçacıkların hareketine dair toplam bilgi pek fazla sayılmazdı.

Fermi nötronların hareketine ilişkin eşsiz ve neredeyse doğaüstü bir "his" sahibiydi. Bir şekilde hem hızlı (kozmik radyasyon altındaki parçacıklara yakın hızda hareket edenler) hem de yavaş (ısıtılmış maddelerdeki moleküllerin hızlarına yakın hızda hareket edenler) nötronlarla olağandışı bir bağa sahipti; öyle ki, herhangi bir deneyde istatiksel sapmasına kadar ne olacağını öngörebiliyordu. Öngörülerini her zaman yaptığı ayrıntılı hesaplamalar izler ve sonuçlar neredeyse her zaman içgüdülerini doğrulardı.

Roma yıllarından edindiği araştırma takımı yönetme tecrübesi, müthiş çalışma şevki ve içten kişiliğiyle Fermi Chicago'da kusursuz bir lider haline geldi. Etrafı sürekli deney sonuçlarını okuyan, hesaplamalar yapan ve sonuçlarını bildiren bir araştırmacı topluluğuyla çevrili olurdu. Doğru sonuç olduğunu düşündüğü verileri aldığında Fermi'nin gözleri parlardı.[8]

Chicago Üniversitesinde nötronlar üzerine çalışmalar ilerlerken, hükümet ülke genelinde atom araştırması yürütülecek çeşitli tesislerin yapımına hazırlanmaya karar verdi. "Pile" (yığın) adı verilen ilk nükleer reaktör Fermi ve arkadaşları tarafından Metalürji Laboratuvarı'nda kurulacaktı. Diğerleri Hanford, Washington'da; Oak Ridge, Tennessee'de ve daha sonra Manhattan Projesi'nin merkezi olacak olan Los Alamos, New Mexico'da inşa edilecekti. Bu reaktörlerin tasarım ve kurulumu, Chicago Üniversitesinde Fermi ve ekibinin yürüttüğü araştırmadan öğrenilenler temel alınarak gerçekleştirilecekti.

Fermi ekibi fisyona uğrayan her bir uranyum atomunun ürettiği nötronların karşılaştıkları başka uranyum çekirdeklerinin tetiklemesiyle ortaya çıkan zincirleme uranyum tepkimesinin nasıl sağlanabileceğini tespit etme görevini üstlendi. Her bir tek-çekirdek bölünmesinde gerekenden az sayıda nötron üretilirse, sürecin devam etmesi için yeterli sayıda nötron kalmaz. Böyle bir durumda vurulan çekirdekler fisyona uğradıktan sonra yeni serbest bırakılan nötronlar kaybolur ve tepkime du-

8 Segrè, *Enrico Fermi, Physicist*, s. 109.

rur. Dolayısıyla Chicago grubunun amacı, tepkimenin kendisini en azından bir süre boyunca devam ettirebilmesi için yeteri kadar uranyumun dar bir alana yerleştirilip yerleştirilemeyeceğini bulmaktı.

Dünyanın ilk nükleer reaktörü Chicago Pile'ın inşasına 1942 yılının Ekim ayında başlandı. Fermi'ye bağlı çalışan bilim insanları günde 24 saat, iki vardiya çalışarak elips biçiminde, 3 metre 9 santim çapında bir kapsama alanına sahip reaktörü, Chicago Üniversitesinin futbol stadyumu Stagg Field'in açık tribünlerinin aşağısındaki sert kortların altında yer alan gizli bir odada inşa ettiler. Tahtadan yapılmış geniş, kalın bir çerçeve reaktöre destek oluyor, geniş kauçuk bir balon da reaktörü çevreliyordu. Fermi havadaki nitrojenin nükleer tepkime için gereken nötronları emebileceğinden korkmuştu; balonun amacı, atom reaktöründeki tüm havanın çıkartılarak, reaktörün içinde sadece uranyum ve onu işleyecek maddelerin kalmasını sağlamaktı. Daha sonra balonun gerekli olmadığı ortaya çıktı ve kaldırıldı.

Reaktörün içinde esasen yaklaşık altı ton ağırlığında uranyum oksit, bir diğer ifadeyle yüksek derecede saflaştırılmış doğal uranyum öbekleri vardı. En saf uranyum reaktörün tam merkezine, daha fazla karışım özelliği taşıyanlarsa onun çevresine yerleştirilmişti. Böylelikle reaktörün merkezinde üretilen nötronlar, parçalanacak uranyum çekirdeklerine rast gelme olasılığı en yüksek olanlardı.

Uranyum, artan başıboş nötronları emerek işlemi kontrol altında tutmaya yarayan grafit tuğlalarla korunuyordu. Bunlar olmasa, reaktöre haddinden fazla uranyum yüklendiğinde tüm reaktör dizginsiz bir nükleer patlamaya maruz kalabilir veya ortaya çıkan ısı tüm yapıyı eritecek yükseklikte bir düzeye çıkabilirdi. (Bundan 44 yıl sonra Çernobil'de olan buydu. Daha alt düzeyde benzer bir durum, 1979 yılında Pennsylvania'daki Three Mile Island enerji santralinde gerçekleşmişti.)

Uranyum ve grafitle katmanlanmış reaktörün içerisine ayrıca kadmiyum çubuklar yerleştirilmişti. Güçlü bir nötron emicisi olan kadmiyum, nötron soğurulmalarını kontrol altında tutmak için kullanılmıştı. Kadmiyum çubuklar alçaltılıp yükseltilebiliyordu, böylece reaktör içerisindeki düzeyleri değişkenlik kaza-

nabiliyor ve bu bilim insanlarına yayınım sürecini elle kontrol olanağı sağlıyordu. Fermi malzemenin artan yığınına her yeni katman eklenmeden önce gerekli hesaplamaları yapıyordu. Kadmiyum çubuklara, aşırı radyasyona maruz kalmadan reaktörün içerisine girip çıkabilen tahta saplar eklenmişti. Kadmiyum çubuklara eklenmiş bu kollar her gece yerlerine kilitlenir ve anahtarları sadece Fermi'nin iki asistanı Herbert Anderson ve Walter Zinn'de bulunurdu. Bilim insanları her gün radyasyon düzeyini, özelikle de reaktörün içindeki nötron akışını ölçerler ve hesaplamaları tamamladıktan sonra çubukları ve bu yolla reaktörün içerisindeki hareket eden nötron sayısını arttırıp arttırmayacaklarına karar verirlerdi. Bu esas itibariyle bir deneme-yanılma yöntemiydi: Kuram üzerine etraflıca çalışıldıktan sonra, iş gerçekten ham deney sürecine kalıyordu.

Bir uranyum yığını (veya fisyona uğrayabilen başka bir malzeme) kritik noktasına kütledeki nötron sayısının üssel olarak arttığı noktada ulaşır. Başlangıçta tepkimeyi (nötron soğurarak) ılımlılaştıran çubuklar yükseltildikçe, reaktör içerisinde uçuşan nötron sayısı yavaş ve doğrusal biçimde artar. Sonra sayının dramatik biçimde artmaya başladığı bir noktaya ulaşılır. Bu, zincirleme tepkimenin dışarıdan bir yardım almadan kendisini devam ettirdiği aşamadır. Bu noktadan sonra kadmiyum çubuklar birdenbire yükseltilirse zincirleme tepkime şiddetli bir hale gelebilir (çünkü haddinden fazla hızlanmıştır, çok sayıda uranyum atomu birden aynı anda bölünmektedir) ve bu şekilde ısı ve diğer enerjilerin dev bir miktara ulaşması patlama veya erimeye yol açar. Püf noktası, çubukları günden güne, yavaşça arttırmakta ve kritik noktayı tespit etmek için radyasyon miktarını kesintisiz bir şekilde ölçmekte yatar.

Fermi deneyin tüm aşamalarını kişisel olarak gözlemleme konusunda oldukça titiz davranıyordu. Columbia'daki eski ekibinin çalışmasından ve Avrupa'daki meslektaşlarının elde ettiği sonuçlardan yola çıkarak zincirleme tepkimenin oluşturulabileceğinden hiçbir kuşku duymuyordu. Ancak o ve ekibi, reaktöre zincirleme tepkime üretmek için sadece gerekli olan miktarı koymayı -daha fazla miktarı değil, yoksa Chicago bir nükleer patlamayla haritadan silinebilirdi- başarabilecekler miydi?

Deney ilerledikçe, hesaplama yeteneği efsanevi düzeyde olan Fermi, kritik âna yüksek bir olasılıkla 1 Aralık gecesi ulaşılacağını öngördü. O gece reaktörü kontrol sırası Anderson'da olacaktı; Fermi ona reaktörün kritik aşamaya geçmesine izin vermemesini, bunun için kendisini beklemesini söyledi. Sabah olunca Fermi reaktörün kritik aşamaya ulaşmaya hazır olduğunu gördü. Şimdi çubuklar çok yavaş ve çok dikkatli yükseltilmeliydi. Bu, tarihteki en tehlikeli deney olacaktı.

2 Aralık 1942 sabahında Anderson reaktörün üzerindeki kontrol bölmesinde Fermi'yle buluştu ve ona deneyin hangi noktaya geldiğini gösterdi. Çubukları çok yavaş biçimde, her seferinde birer milimetre yükselterek gerekli ölçüm ve hesaplamaları yaptılar. Fermi hesap cetveli, kalem ve kâğıt kullanarak nötron akışını hızlıca hesaplıyordu. Kritik noktaya çok yakındılar, ancak henüz ulaşmamışlardı. Heyecanları elle tutulur düzeydeydi. Metalürji Laboratuvarı projesinde çalışan kırk bilim insanı reaktör çevresinde toplanmış, nefeslerini tutarak ne olacağını izliyorlardı.

Fermi dikkatli bir adamdı. İşlerin kötüye gittiği, reaktörün aşırı ısındığı veya erimeye başladığı ya da patlamak üzere olduğu durumlar için acil durum hazırlığı yapmıştı. Nötron akışı çok şiddetli bir hal alırsa devreye sokulacak, reaktörün üzerindeki deliklerden bağlanarak içeriye sarkıtılarak eklenmiş Fermi'nin hazırlattığı özel kadmiyum çubukları vardı. İşler herhangi bir biçimde kötüye giderse ipler derhal kesilecek, çubuklar aşağıya düşecek ve tepkimeyi hızla yavaşlatarak felaketi önleyeceklerdi. İkinci bir acil durum önlemi olarak, nötron akışını durdurmak için kadmiyum tuzu solüsyonuyla doldurulmuş kovalarla reaktörün etrafında, gerektiğinde reaktöre boşaltmak için hazır bekleyen işçiler vardı.

Tepkime beklendiği gibi düzen içerisinde ilerledi. Nötron akışı ve atom bölünmeleri kritik düzeye doğru herhangi bir aksama göstermeksizin artmaya devam ediyordu. Yine de öğle yemeği vaktinde halen çubukları yükseltiyor ve beklemeye devam ediyorlardı. Fermi asla öğle yemeklerini kaçırmazdı; meslek yaşantısının en önemli deneyinin ortasında da bu kuralını bozmadı.[9]

---

9 Segrè, *Enrico Fermi, Physicist*, s. 128.

Saat 14.20'de nihayet büyük an geldi. Fermi'yle en yakın çalışma arkadaşları nötron ışınımının yoğunluğunu ölçen aletlerin başında toplandılar. Bilim tarihinin bu en dramatik anlarından birinde, kadmiyum çubuklar son birkaç milimetreye getirildi. Ardından radyasyon sayaçlarının sesleri ve osiloskop göstergeleri aşağıda açıkça bir zincirleme tepkimenin gerçekleşmekte olduğunu duyurdu. Herhangi bir patlama olmadı. Fermi derin bir nefes aldı ve yüzünü geniş bir gülümseme kapladı. Bilim insanları, teknik elemanlar ve işçilerden toplu bir alkış sesi yükseldi.

Chicago reaktöründe yaratılan enerji yarım watt'tan daha az, çok küçük bir enerjiydi (Küçük bir ampul bile altmış watt elektrik kullanır). Tehlikeli radyoaktivite üretimini minimize etmek için zincirleme tepkimenin sürmesine sadece 28 dakika izin verildi. Reaktör kapatıldı ve herkes dışarıya deneyin başarılı bir biçimde tamamlanmasını kutlamaya çıktı. İleride Nobel Ödülü kazanacak olan Eugene Wigner bu başarının şerefine bir şişe Chianti açtı. Bu tarihsel olayda rol alan bilim insanları, devletteki nükleer çalışma birimi yöneticilerinden birine görevin başarıldığını haber veren şifreli bir mesaj yolladılar. Mesajda "İtalyan pilot az önce yeni dünyaya indi" yazıyordu.[10]

Fermi ilk uranyum zincirleme tepkimesini hayata geçirmişti. Böylelikle nükleer fisyonun, büyük sayılarda uranyum atomunun ani bölünmesi ve bağlı nötronların serbest kalması yoluyla, devasa miktarda enerji üretme potansiyeli taşıdığı kesin bir biçimde gösterilmiş oldu. O gün Chicago'daki futbol stadyumunun altında, bilimde büyük bir ilerleme gerçekleşmişti.



Atlantik'in öte yakasında ise hayati bir karar veriliyordu. Almanlar, İngiliz ve Amerikalıların atom bombası hazırlığından habersizdi ve Hitler kendi atom projeleri için gereken dev finansal destekten vazgeçmiş ve kaynaklarını Londra'ya saldırıda kullanılacak roketlerin geliştirilmesine yoğunlaştırmaya karar vermişti.

10 Segrè, *Enrico Fermi, Physicist*, s. 129.

İngiltere'yi yerle bir edecek korkunç V-2 roketlerini geliştirme projesine Peenemünde adı verilmiş ve başına General Walter Dornberger getirilmişti. Teknik yönetici olarak Alman roket bilimcisi Werner von Braun seçilmişti; Braun daha sonra Amerika'ya gelecek ve Amerikan uzay teknolojisinin gelişiminin başlangıç aşamasında önemli bir rol üstlenecekti.[11]

Bu yüzden Müttefiklerin karşısında, bu yeni durumdan haberdar olmamalarına rağmen, artık atom bombası yarışında ciddi bir rakip kalmamıştı. Her ne kadar Heisenberg ve arkadaşlarının Haigerloch'taki çalışmaları sürüyor olsa da, Manhattan Projesi'nin büyük finansal kaynağı gibi bir destekten yoksundular.

Chicago'daki bilim insanlarının yapacağı çok şey vardı daha. Bir reaktör bir bomba demek değildi. Reaktör, kontrollü zincirleme tepkimeye uğrayan bir uranyum yığınından ibaretti. Bomba yapmak ise, bundan çok daha karmaşık ve büyük çaba gerektiren bir çalışmaydı.

11 AIP, Klasör 23, Kutu 26, Samuel A. Goudsmit Papers, Niels Bohr Library, American Institute of Physics, College Park, MD.

14

BOMBANIN YAPILMASI

Zincirleme tepkimenin başarıyla tamamlanmasının ardından bilim dünyası artık Hitler'in küresel özgürlüğe meydan okuyuşuna bir yanıt vermeye hazırdı. Ancak bilimin gücünü korku duyulan bir düşmanı püskürtmek için kullanma projesi, nihayetinde bizi atom silahlarının zulüm ve dehşetine de taşıyacaktı.

Nükleer savaş tehdidi, ABD'nin dünyanın ilk atom bombalarını üretmek için büyük ölçekli, bilimsel-teknolojik-endüstriyel çalışması olan Manhattan Projesi'yle birlikte gerçek oldu. Hükümet, araştırma laboratuvarının yönetimi için Berkeley'de fizik profesörü olan J. Robert Oppenheimer'ı (1904-1967) seçti. Oppenheimer Harvard kimya bölümünden mezun olduktan sonra, İngiltere'de Cambridge'de araştırma görevlisi olarak çalışmış ve fizik doktorasını da Almanya'daki Göttingen Üniversitesinden almıştı.

1942 yılının Haziran ayında Oppenheimer Berkeley'de içlerinde ünlü fizikçiler Edward Teller (1908-2003) ve Hans Bethe'nin de (1906-2005) yer aldığı bir dizi kilit bilim insanıyla, atom bombası yapımının kuramsal ve teknik yönlerini tartış-

mak ve üretimi için gereken çalışmaları planlamak üzere bir araya geldi.

Tartışmaya önce Teller'in döteryum kullanarak bir termonükleer patlama yaratma fikri konu oldu. Zincirleme tepkimenin sarsıntı dalgaları yaratacağı ve ortaya çıkacak enerjinin konvansiyonel aletlerle dış değerlendirme yöntemi kullanılarak niceliksel olarak tahmin edilebileceği düşünüldü. Diğer fikirler de ele alındı; bunlara Britanya'da ağırlıklı olarak Otto Frisch ve Rudolph Peierls tarafından yapılan kuramsal çalışmanın ve Maud Komitesi'nin koordine ettiği çalışmaların sonuçları da dahil edildi.

Kısa zamanda bomba çalışmasının gerektirdiği çabanın devasa ölçülerde olduğu ve gerekli araştırmanın gerçekleştirilmesi için içerisinde çeşitli örgütlenmelerin yer aldığı bir konsorsiyumun oluşturulması gerektiği açığa çıktı. Konsorsiyuma ilk zincirleme tepkimenin gerçekleştirildiği Chicago Üniversitesinin yanı sıra, Carnegie Vakfı'nın Karasal Manyetizma Bölümü, Stanford, Minnesota, Purdue, Cornell, Wisconsin üniversiteleri ve Berkeley/California Üniversitesi dahil olacaktı. Manhattan Projesi için özel bir merkez belirlenmeliydi ve bu merkez yalıtım, lojistik ve güvenlik açısından belli askeri gereklilikleri karşılamalıydı. Oppenheimer bunun için Santa Fe'nin 40 mil kuzeybatısında, New Mexico çölündeki Pajarito platosunda kurulu Los Alamos Çiftlik Okulu'nu seçti. Bu yere "Y Projesi Bölgesi" kod adı verildi.[1]

Manhattan Projesi'nde bir veya daha fazla atom bombasının yapımına başlanmasını sağlayacak büyük ölçekli sınai süreçlere girişmeden önce bir dizi bilimsel sorunun yanıtlanması gerekiyordu.

Bilim insanları uranyum-235'e ihtiyaç duyulacağını belirlemişlerdi, ancak her ne kadar kesin olmayan bazı tahminler yapılsa da, bir uranyum-235 atomunun fisyonu sonucunda ortaya çıkan ortalama nötron sayısı bilinmiyordu. Kesin bir rakama ulaşmak, nükleer patlamanın olasılık halini aldığı ânı saptamak için can alıcı önemde bir parametreydi. Plütonyum alternatif

1 David Hawkins, Edith C. Truslow ve Ralph Carlisle Smith, *Project Y: The Los Alamos Story* (Los Angeles: Tomash Publishers, 1983), s. 3-4.

bir çözüm sunuyordu, ancak serbest kalan nötron sayısı plütonyum için de bilinmiyordu. Bu yüzden Manhattan Projesi'nin kuram ve deney bölümünün öncelikli işlerinden birini, hem uranyum-235 ve hem de plütonyum için bu sayının kesin bir bilimsel saptamasını gerçekleştirebilmek oluşturuyordu.

Kilit önem taşıyan ikinci bir bilimsel amaç da fisyon sürecini, bir diğer deyişle uranyum ve plütonyumun zincirleme tepkimeleri sonucu ortaya çıkan nötronların enerji aralığını saptamaktı. Bu çalışma uranyumun zenginleştirilmesiyle bağlantılıydı. Uranyum zenginleştirme çalışması Minnesota Üniversitesinde çoktandır yapılıyordu; nötron enerji aralıkları üzerine ise Wisconsin Üniversitesinde ve Emilio Segrè'nin başını çektiği Berkeley'de çalışılmaktaydı. Fiziği uygulanabilir kılmak için kimya ve metalürji araştırmaları birbirine bağlanmalıydı. Uranyumun kimyası daha iyi anlaşıldığı gibi, metalürjik özelliklerine de hâkim olunmalıydı.

Son olarak, belirli bir zamanda patlamayı yaratabilmek için uranyum veya plütonyumun kritik kütlesinin bir alete yerleştirilmesi için bir yol bulunmalıydı.[2] Projenin bu aşamasında Birleşik Devletler ordusunun Donatım Bölümü devreye giriyordu. Her ne kadar operasyonun yoğun karmaşıklığı ABD topraklarında birçok farklı yere yayılan bir çalışmayı gerektiriyorsa da, Los Alamos yerleşimi her şeyin sinir merkezinde yer alıyordu.

Atom bombasının yapımı için Manhattan Projesi'nde Amerikan ulusunun en parlak bilimsel dehaları Oppenheimer'in yönetiminde geriye kalan çok sayıda bilimsel ve teknik problemi çözmek için bir araya geldiler. Ülkenin iki cephede birden savaştığı ve askeri malzeme ihtiyacının en yüksek düzeyde olduğu koşullarda büyük bir çaba ve büyük bir para harcandı. Manhattan Projesi'nde sonuç itibariyle 130.000 insan istihdam edildi ve 2 milyar dolar (bugünün parasıyla 27 milyar dolar) harcandı.



Los Alamos'ta oldukça karmaşık bir emir komuta yapısı vardı. Projeyi ordu yürüttü ve projenin başında da General Lesley Gro-

2 Hawkins, Truslow ve Smith, *Project Y: The Los Alamos Stqry*, s. 20-22

ves (1896-1970) yer aldı. Ancak projede çalışan bilim insanları baş bilim insanı olan J. Robert Oppenheimer'e rapor verdiler.

Fizikçi Norman F. Ramsey Teslimat Grubu'nun başıydı ve deneysel bir aleti kullanılabilir durumdaki bir atom bombasına çevirme işinden sorumluydu. Ramsey şöyle aktarır: "Los Alamos'ta işlerin kötüye gittiği görülüyorsa, [bunu] Savaş Bakanlığı'na bildirmek benim sorumluluğumdaydı. Pratikte buna gerek olmadığı sonucu ortaya çıktı. Yine de Oppie [Oppenheimer] bunu [General Lesley] Groves'a karşı Los Alamos'ta çok ihtiyacı duyulan bir şeyin gereği yerine getirilmediği durumda ince bir tehdit olarak kullanmayı tercih etti."[3] Ramsey'e göre "Groves bir ordu görevlisi olmasına rağmen kendi şovunu da gözetmekteydi."

Atom bombası projesi gerçekten kendisine özgü bir girişimdi. Amerikan ordusunun tarihinde buna benzer bir durum olmadığı gibi, başka ordularla karşılaştırıldığında da tektir. Kontrolü ordunun farklı bölümleri arasında dağıtılan bir görev olmaktan ziyade, bireysel bir proje olarak yürütüldü. Bir ordu geliştirme projesinin alışılmış yönteminde, ordu donatım bölümü görevin donatım bölümünü yerine getirir; nakliyat bölümü kendi işini, mühendislik bölümü mühendislik bölümünü yapar ve bunların ardından her şey bir araya getirilir. Bu atom projesinin radikal biçimde farklı örgütlenmesi kararını verirken Başkan Roosevelt ve Savaş Bakanı Henry L. Stimson zamanın kritik önem taşıdığı koşullarda görevlerin normal dağılımının süreci yavaşlatmakla sonuçlanacağını görmüşlerdi. Manhattan Projesi özel bir biçimde, tüm kararların Groves'ın başında bulunduğu "Manhattan Mühendislik Bölümü"nce verildiği tek bir bütün olarak örgütlendi. Ramsey'in aktarımına göre Manhattan Mühendislik Bölümü "büyük oranda doğrudan Savaş Bakanı'na rapor veriyordu. Birçok yönden ordu örgütlenmesinin dışındaydı."[4]

Atom bombası tüm projeleri sonlandıracak projeydi. Doğası gereği askeriydi, ancak statüsü açısından savaşın ötesinde, ordu-

3 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), gerçekleştiren: Joan Stafford, s. 64, Columbia University Oral History Research Office Collection (bundan sonra CUOHROC). Columbia Üniversitesinin izniyle alıntılanmıştır.

4 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 64-65, CUOHROC.

ların ötesinde, bilim insanlarının ötesindeydi. Atom bombasını ilk elde eden küresel mücadeleyi kazanacaktı. Düşmanın ne yaptığı, güçlerinin ne kadar gelişkin olduğu, kontrolü altında kaç ülke olduğu, konvansiyonel güçlerinin büyüklüğü ne olursa olsun, küresel güç üstünlüğü yer değiştirecekti. Bu yüzden General Groves bu yüksek öncelik taşıyan ve tamamen gizli projede ihtiyaç duyduğu tüm kaynaklara erişebiliyordu.

Ordu Donanım Bölümü'nün sadece Manhattan Projesi için atanmış özel bir bağlantı subayı vardı ve Groves onu çağırarak istediği her şeye, uçaklar, pratik amaçlı bombalar, kamyonetler, trenler ve her çeşit donanıma ulaşabiliyordu. Atom bombasının yapımı o derece farklı çeşitlilikte yetenek, donanım, uzmanlık ve makineler gerektiriyordu ki, bu kesinlikle tarihin gördüğü en karmaşık askeri üretim projesiydi. Projede çalışan insanlar işlerine kendilerini adamışlardı; yoğun zaman ve üretkenlik sınırlamaları altında çalışıyorlar ve birçok şeyin kendilerine bağlı olduğunu duyumsuyorlardı. Katılımcılar ortak bir amaç duygusunu paylaşıyor, Nazilerin öldürücü silahını yenmek için saate karşı yarışıyorlardı.

Groves ile Oppenheimer arasındaki ilişki de oldukça karmaşık sayılırdı. Askeri üs olmasına karşın emir komuta zinciri yoktu; bir tarafta bilim insanları vardı, diğer tarafta ordu üyeleri. Bilim insanları Oppenheimer'in adamlarıydı, askeri personel ise Groves'un komutası altındaydı. Oppenheimer Groves'a ayrıca rapor veriyordu.[5]

Günlük yaşamlarında askeri düzene alışabilmek bilim insanları açısından zor oluyordu. Eskiden üniversitelerde ve araştırma kurumlarında çalışırken neredeyse istedikleri her şeyi yapmaya alışkındılar, ancak şimdi ise çok gizli bir askeri projede çalışıyorlardı. Artık otoriteye rapor vermek ve mutlak gizlilik içinde sıkı kısıtlamalar altında çalışmak zorundaydılar.

Bilim insanlarının (ve hatta bölgede yaşayan yurttaşların) Los Alamos'ta yaşadıklarını herhangi bir kimseye söylemeleri yasaktı. Zorunlu durumlarda New Mexico'da yaşadıklarını söylemeye izinleri vardı, ancak bu bilgiye ayrıntı eklememe yönünde uyarılmışlardı. Laboratuvarlarda çalıştıklarını veya kendile-

5 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 65, CUOHROC.

riyle birlikte çalışanların isimlerini söylemeleri yasaktı. Ve elbette kimyacı veya fizikçi olduklarından bahsetmeleri kesinlikle yasaklanmıştı.[6]

Los Alamos'ta ordunun varlığı açıktı: Her tarafı güvenlik görevlileriyle çevrili bir askeri tesis, değişik sorumlulukları olan korumalar ve askerler. Bir askeri üssün doğal faydaları yok değildi; yemek boldu, özellikle de et gibi kaliteli ürünler yenebiliyordu. Yiyecek ve malların çoğu hükümet sübvansiyonu sayesinde her yerden daha ucuzdu. Ancak dezavantajlar da vardı. Bilim insanları, eşleri ve çocukları evlerin tek biçimli görünümlerinden hoşnutsuzdular. Barakalara benzer şekilde aynı tekdüze, yavan askeri renkle boyanmışlardı ve mimarileri standart ve çekicilikten uzaktı. Askeri kurallar yaşamın her alanına yansımıştı; buna evlerdeki merkezi ısıtma da dahildi ve bu genellikle evlerin haddinden fazla ısıtılması anlamına geliyordu. Üstüne üstlük Los Alamos'taki bilim insanları sıkça bombaların farklı hava ve basınç koşullarında nasıl patladığını test etmek için konvansiyonel bombalar patlatıyorlar ve bu koşulların bombaların güzergâhlarını, patlama biçimlerini ve artıklarını nasıl etkilediğini gözlemliyorlardı. Kısa zamanda Los Alamos "Yangın Şehri" olarak tanınmaya başladı. Bombalar bölgede o kadar sık biçimde yangına sebep oluyordu ki, askeri otoriteler kaza yangınlarını en aza indirmek için üssün etrafındaki geniş orman sahasını bilerek yakma kararı aldılar.

Bilim insanları ve aileleri için bir başka sıkıntı kaynağı da askeri sansürdü. Ramsey'in anlatımına göre Los Alamos'tan yollanan her bir mektup parçası baştan aşağı sansürleniyordu. Açıktır ki, bu durum tüm bilim insanlarını ve eşlerini, özellikle de içlerinden fotoğraf çekmekten hoşlanan ve çektiklerini bastırmak isteyenleri rahatsız ediyordu. "Fotoğraflarınızı bastırmaya yollayacaksanız, bu işin sansürcüler tarafından yapılacağını bilmeniz ve sonucun hiç de iyi olmamasına şaşırmamanız gerekiyordu. Sonuç olarak çoğumuz, daha önce bu işi hiç yapmamış olmamıza rağmen, fotoğrafların tamamen mahvolmaması düşüncesiyle Los Alamos'ta kendimiz basmaya giriştik."[7]

---

6 James W. Kunetka, *City of Fire: Los Alamos and the Birth of the Atomic Age, 1943-1945* (Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1978), s. 99.

7 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 71, CUOHROC.

Nihayetinde orduda oturmuş kırmızı çizgiler söz konusuydu ve yerleşik askeri yaklaşım toplulukla çelişiyor, özgür düşünceye sahip bilim insanlarına boğucu geliyordu. Kimi problemler çıkması kaçınılmazdı. Manhattan Projesi'nin bölmeli yapısı ciddi bir zaman kaybına sebep oluyordu, çünkü bir alanda çalışan insanların diğer alanlarda çalışanlardan bilgi alması, projelerinde ne kadar ilerledikleri, karşılaştıkları özel sorunların neler olduğu vs yasaklanmıştı. Dolayısıyla Manhattan Projesi'nin bir kolunda çalışan bilim insanları farklı bir kolda çalışanlara yardım edebilecek durumdaysalar bile, bu deneyimlerini aktaramıyorlardı.

Ramsey, projede iç bölümlenme ve gizliliğin daha düşük düzeyde olması koşullarında büyük bir zaman kazanımına yol açacak bir örnek hatırlıyor. Konu, projenin temel sorunu olan izotop ayrıştırılması, uranyum cevherinden ihtiyaç duyulan uranyum-235'i elde etmektir. Uranyumun rafine edilmesinde Los Alamos'un dışındaki bazı bilim insanlarının bildiği farklı bir işlem daha söz konusudur. İşlem, bilinen uranyum cevheriyle işe başlanır ve ondan büyük miktarlarda uranyum-235 ayrıştırma çabasıyla devam edilirse, verimsizdir. Ancak karışımda yaklaşık % 50 uranyum-235 saflaştırma düzeyine ulaşılmışsa, bu Manhattan Projesi'nde kullanılan difüzyon donanımı yöntemine göre daha verimlidir. İşlemde en etkili verimlilik, başlangıç aşamalarında olağan difüzyon süreçleriyle işe başlayıp sonraki aşamalarda alternatif işlemin uygulanmasıyla sağlanabilir.[8] Kuramsal olarak, bu tip zaman kazandırıcı adımların atılmasının, projenin Nazilerin teslim olmasından önce tamamlanmasını ve böylece Almanların ABD'nin elinde nihai silahın olduğunu öğrenmesi sonucu daha fazla insanın kurtarılmasını sağlayacağı düşünülebilir.

Ramsey aslında sadece bir bölümdeki bilim insanlarının diğer bölümleri ziyaret edebilmesini sağlayacak iznin verilmesinin bile, büyük bir verimlilik artışı sağlamak için yeterli olacağını savunur. Ancak sıkı askeri kurallar çok daha hızlı aşılabilecek süreçleri göz göre göre yavaşlattı düşüncesindedir.

---

8 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 67, CUOHROC.

Ayrıca Ramsey'in aktardığına göre General Groves, dev girişimin her bir parça ve yönüne komuta etme sevdasına düşmüştür. Oppenheimer Groves'un "laboratuvarın her bir bölüm yürütücüsüne karşı yeterli açıklık ve samimiyette bir ilişki kurmama eğiliminde" olduğunu fark eder. "Çalışmaların bazıları uzun dönem için faydalı olacak hedeflerdi. Genellikle Groves, Oak Ridge'de yapılanlarla ilgili Los Alamos'a verdiği raporlarda bilinçli olarak aşırı iyimser bir tutum sergiledi." Groves'un Los Alamos'takilerin Oak Ridge'e gidişine izin vermemesinin bir nedeni de, diğer laboratuvarın üretim hedeflerinde ne kadar geri kaldığını göstermeme çabası olabilir. Benzer şekilde Groves Oak Ridge'dekilere de "Los Alamos'ta işlerin gidişatına dair aşırı iyimser raporlar vermekteydi; bunun övgüye değer nedeni bence her grubun geride kaldığını ve daha hızlı çalışması gerektiğini düşünmesi ve bu şekilde her iki grubu da gerçekten çok sıkı çalıştırabilmekti."[9]

Komutanlarının onlardan önemli bilgileri sakladığı düşüncesi bilim insanlarının canını sıkıyordu. Zaman içerisinde bilim insanları kendilerine açıklanan bilgilerin tam anlamıyla dürüst ve bütünsel bir nitelik taşımadığını öğrendiler.[10]

Groves'un bu olağanüstü karmaşık operasyonda bir lider olarak belli iyi özellikleri vardı; örneğin bilim insanları test bombaları atmak istediklerinde en kısa sürede, savaşta her bomba uçağının hayati bir önem taşıdığı koşullar altında, gerekli uçakları tedarik edebiliyordu. Ancak eksiklikleri de bilim insanları için ciddi bir sorun teşkil ediyordu. Ramsey "onun en kötü özelliği" diye şikâyet ediyor, "altında çalışan bilim insanlarını sinir etmesiydi. Bence barış koşullarında bu çok kötü bir durum olurdu; ancak savaş koşullarında bu durum, her ne kadar bilim insanları içerisinde onun hakkında iyi fikirler besleyen pek kimse çıkmasa da, çok kötü sonuçlar doğurmadı."[11]



Manhattan Projesi bilim insanları kendilerinin "füze montaj tasarımı" adını verdikleri bir bomba tasarımı üzerine çalışmaya

9 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 68, CUOHROC.
10 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 68, CUOHROC.
11 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 70, CUOHROC.

başladılar. Uzun boru şeklinde bir ateşli silahtı bu ve bombayı hedefine taşıyacak B-29 Superfortress ağır bombalama uçaklarında esaslı değişiklikler yapılmasını gerektiriyordu. B-29'lar biri diğerinin arkasında iki bomba yuvasına sahipti; dolayısıyla "silahın" arkadaki bomba yuvasından öndeki bomba yuvasına uzatılması gerekiyordu. Planlanan, B-29 Superfortress'ın iki bomba yuvası yerine tek bir bomba yuvasına sahip yeni bir versiyonunu tasarlayarak hazır hale getirmekti.

Ancak çalışma ilerlerken tasarımı yapan bilim insanları başka bir alternatifin daha olduğunu fark ettiler. Silah tasarımında, silahın diğer parçasının uzunluğunca ayrılmış ve silahın "namlusuna" yerleştirilmiş bir parça daha vardı. Silah ateşlendiğinde arkadaki parça namludaki parçaya doğru hareket ediyor ve uranyum-235 külçesinin toplam kütlesini kritik düzeyin üzerine taşıyordu. Böylece zincirleme tepkime yaratmak için gerekenden daha büyük bir ağırlığa ulaşılıyor ve dolayısıyla atom bombası patlıyordu. Ancak matematikçi John von Neumann bilim insanlarına ikinci bir tasarımın mümkün olabileceğini gösterdi. Eğer kritik düzeyin altındaki bölüme girecek malzemenin bir bölümü içe doğru patlatılabilirse, bir başka deyişle, dikkatle çevresine yerleştirilmiş patlayıcılar kullanılarak kendi üzerine doğru çökertilirse, bu şekilde kritik düzeye gelerek patlayabilirdi.[12]

1945'in başında Washington'daki nükleer tesis Hanford bombada kullanılacak kalitede plütonyum, Tennessee'deki nükleer tesis Oak Ridge ise toplu miktarlarda yüksek saflıkta uranyum-235 üretmeye başlamıştı. Her iki tesis ürünlerini Los Alamos'a yolluyor ve burada iki farklı malzeme, uranyum-235 füze tasarımlı bombada, plütonyumsa içe patlama tasarımlı bombada olmak üzere iki farklı tipte bombanın bileşenleri olarak kullanılıyordu.[13]

Los Alamos'taki çalışma şimdi, biri tabanca tasarımlı bomba, diğeri içe patlama tasarımlı bomba üretmek için olmak üzere, iki ayrı yönde birden gelişmekteydi. Her iki tasarıma kod isimleri verilerek, bilim insanlarının B-29 uçaklarını farklı bo-

12 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 80, CUOHROC.

13 Daniel J. Kevles, *The Physicists: The History of a Scientific Community in America* (New York: Knopf, 1978), s. 329.

yutları ve farklı özellikleri gerektiren iki atom silahını taşıyacak şekilde modifiye edecek olan hava kuvvetleriyle iletişimi sağlanmıştı.

Bilim insanları kendilerini gizlice dinleyenlerin, aralarındaki haberleşmenin Amerikan başkanı ile İngiliz başbakanının bir toplantıya uçak yoluyla taşınması hazırlıkları üzerine olduğunu zannetmesine uygun takma isimler seçtiler. Ramsey'in aktardığı üzere "bombalardan birine Mr. Roosevelt'i kastettiğimizi sanmaları düşüncesiyle "tall man" [uzun adam], diğerine de Mr. Churchill'e atfen "fat man" [şişman adam] denmesi kararlaştırıldı, iki bomba için aramızda bu kod isimleri kullanacaktık."[14]

Böylelikle "şişman adam" ve "uzun adam" Hava Kuvvetleri içerisinde de standart terminoloji özelliği kazandı.

Uzun Adam'ın tasarımında çalışan bilim insanları, bombayı daha kısa yapmanın bir yolunu buldular. Araştırmaları sırasında bombanın kritik düzeyin altındaki iki parçasının birbirlerinden öyle çok uzağa yerleştirilmesinin gerekmediğini keşfettiler. Füze tasarımlı bombayı geliştirerek boru şeklindeki bölümü kısalttılar ve Superfortress'ın tek bir bomba yuvasına sığacak duruma getirdiler. Bu B-29 bomba uçağında yapılması zorunlu uyarlamaları önemli ölçüde azalttığı için büyük bir ilerlemeydi, artık sadece küçük değişiklikler gerekiyordu.

Ancak artık "uzun adam" kavramı durumu betimlemekten uzaktı. Bu yüzden Los Alamos'taki bilim insanları füze tasarımlı bombaya yeni bir takma isim yakıştırdılar: Küçük Çocuk [Little Boy]. Manhattan Projesinde geliştirilen iki atom bombasına artık Fat Man ve Little Boy adları verilecek, kısaltma olarak da FM modeli ve LB modeli denecekti.[15] Daha önce yapılmış birkaç düzine modası geçmiş Uzun Adam tasarımına ek olarak, şimdi her bir modelden, FM ve LB tipinde 50'şerden fazla bomba üretilecek ve özellikleri test edilecekti. Bunlardan bazıları içerisinde nükleer malzeme olmayan içi boş örnek, diğerleri ise konvansiyonel patlayıcılar taşıyan denemelerdi. Değişik yüksekliklerden uçaklarca aşağıya bırakılıyor ve balistik özellikleri inceleniyordu.

14 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 83, CUOHROC.
15 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 84, CUOHROC.

İki bomba tasarımı da tamamlanıp uçaklarda test edildikten ve Hanford ve Oak Ridge'de birden fazla fisyon bombası üretmeye yetecek kadar nükleer materyal elde edildikten sonra, artık Los Alamos'taki bilim insanları bir deneme yapmak için hazırdı. Kısa zamanda bilim insanlarının bir bölümü Japonya'ya nükleer silahlarla saldıracak uçakların kalkacağı Güney Pasifik'in Mariana adalar zincirindeki Tinian Adası'na gitmek için toparlandı.

Japonya'ya gerçekleştirilecek olan atom saldırısında üs olarak kullanılacak Tinian Adası, Şubat 1945'te, atom bombası hazır olmadan aylar önce seçildi. Gizlilik kararı kaldırılmış, 24 Şubat tarihli çok gizli bir yazışmada ABD Donanması Komutanı F.L. Ashworth, General Leslie Groves'a Japonya'ya atom saldırısını gerçekleştirmekle görevlendirilmiş birim olan 509. Karma Birliğin neden Guam veya ABD'nin elindeki başka bir yere değil de, Tinian Adası'na üslenmesi kararı alındığıyla ilgili şöyle yazmıştır:

> Tinian adası Guam'ın 125 mil kuzeyinde, Tokyo'nun yaklaşık 1450 mil güneydoğusundadır. Yaklaşık 10 mil uzunluğunda, 3 mil genişliğinde ve uygun bir arazi yapısına sahiptir. Biz işgal etmeden önce topraklarının yaklaşık % 95'inde şeker kamışı ekiliydi. Tinian'da Kuzey Havaalanı ve Güney Havaalanı olmak üzere iki büyük havaalanı vardır, Kuzey Havaalanı daha büyüktür ve doğu rüzgârları yönünde dört adet 2800 metre uzunluğunda kalkış sahasına sahiptir... Daha önce alınmış kararların burası lehine değiştirilerek inşaata başlanması ve Tinian Adasının 1945 Haziranı esnasında 509. Karma Birliğin üslenmesine hazır hale getirilmesi öngörülmektedir.[16]

San Francisco'daki XXI. Bombardıman Komutanlığı'na gönderilmiş 29 Mayıs 1945 tarihli çok gizli hüviyetindeki (1974'te açıklanan) diğer bir yazışmaya göre 509. Karma Birlik Aralık

16 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Archive Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr, Document 2: Commander F. L. Ashworth to Major General L. R. Groves, "The Base of Operations of the 509th Composite Group," 24 Şubat 1945, Top Secret. Kaynak: RG 77, MED Records, Top Secret Documents, Dosya no. 5g (mikrofilmden kopyalanmıştır). The National Security Archive, George Washington University (Şifre çözüm Arşiv tarafından sağlanmıştır). Bu belgeler Ulusal Güvenlik Arşivi izniyle www.nsarchive.org'dan edinilmiştir.

1944'te kurularak etkin hale getirilmiştir: "[Birliğin kuruluşu] General Arnold'un emriyle, kullanılır hale geldiklerinde belli özel nitelikleri haiz bombaların taşınması özgül amacına dönüktür. Şu an itibariyle bu bombaların ilkinin Ağustos 1945'te taşınmaya hazır olacağı tahmin edilmektedir."[17]

Bomba hazır hale geldikten sonra Los Alamos grubu ikiye ayrılarak zaman kazanmak için iki paralel yoldan birden ilerledi. Bazı bilim insanları atom bombası uzmanı olarak teknik ayrıntıları ve askeri hazırlıkları yerine getirmek üzere Tinian'a gittiler, diğerleriyse ilk bomba denemesini izlemek ve yürütmek için yerlerinde kaldılar. Deneme başarılı olursa Japonya'ya en kısa zamanda atom bombası ile saldırılacaktı. Trinity'de (New Mexico'daki ilk atom bombası denemesinin yapılacağı yerin takma ismi) problem çıkarsa, aynı türden problemlerle Japonya'ya hava saldırısı gerçekleşmeden hemen önce deniz ve hava yoluyla taşınacak malzemelerin bomba haline getirileceği Tinian'da da karşılaşılabilirdi. Bu durumda bilimsel ekip saldırıyı ertelemeden sorunları yerinde giderebilecekti.

Bu tip bir büyük problem Trinity yerleşkesinde ortaya çıktı. Bomba ön ısınma yüzünden mermisine sığmayacak kadar büyüdü. Isınma doğal yoldan bir yığının içerisinde (her ne kadar halen kritik düzeyin altında olsa da) bu kadar büyük ölçekte radyoaktif malzemenin bir araya getirilmiş olmasından dolayı gerçekleşiyordu. Radyasyon nükleer reaktörde olduğundan daha fazla ısıya neden oluyordu. Bilim insanları bombanın merkezini soğuttular ve böylece mahfazasına kusursuzca sığdı. Bu tip problemlerin hepsi hızla çözüldü ve bomba kısa zamanda kullanıma hazır hale geldi.[18]

Trinity'de ilk atom bombası denemesi için her şey hazır edilmişti. Ancak doğa işbirliği yapmıyordu. Ülkenin en iyi ha-

17 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Archive Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr, Document 10: General Lauris Norstad to Commanding General, XXI Bomber Command, "509th Composite Group; Special Functions," 29 Mayıs 1945, Top Secret. Kaynak: RG 77, MED Records, Top Secret Documents, Dosya no. 5g (mikrofilmden kopyalanmıştır), National Security Archive, George Washington University (Şifre çözüm Arşiv tarafından sağlanmıştır). Bu belgeler Ulusal Güvenlik Arşivi izniyle www.nsarchive.org'dan edinilmiştir.

18 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 121, CUOHROC.

va tahmincileri Manhattan Projesi'nde görevliydi ve yaptıkları tahminlere göre New Mexico'nun Alamogordo ("iri kavak") kasabasının yaklaşık 50 mil kuzeyindeki çölde yer alan Trinity'de hava açık olmalıydı.[19] Ancak hava 15 Temmuz günü, gecesi ve atom testi için belirlenen tarih olan 16 Temmuzun ilk saatlerine kadar bulutlu ve yağışlıydı. Bilim insanları bulutlar dağılana kadar beklemek zorundaydılar, aksi halde patlamayı göremezlerdi. Ayrıca bir pilot bombanın atıldığı anda test yerine yakın uçuş yaparak fotoğraf çekecek ve ölçümler yapacaktı. Sabah saat 4'te yağmur durdu ve gökyüzü açılmaya başladı.

Hava denemeyi gerçekleştirmek için artık uygundu, ancak Yüzbaşı W. S. Parsons için sorun yarattı. B-29'a pilotluk yapan Parsons'un görevi sadece denemeyi havadan izlemek ve fotoğraflamak değil, aynı zamanda uçağın atom patlamasından nasıl etkilendiğini de değerlendirmekti. Bu bilgiyi kendisiyle beraber Tinian ve Hiroşima'ya götürecekti. Yavaş hareket eden üst atmosfer bulutlarının bu planı boşa çıkardığı görüldü; denemeyi görebilmek için 200 mil uzaklaşarak bulut örtüsünü aşmak zorunda kaldı ve bu yüzden patlamanın B-29'a etkilerini tespit edemedi. Yine de kısa birkaç ötelemenin ardından Trinity denemesi hayata geçti.

Fat Man (FM) tipinde, içe patlamalı plütonyum bombası, "Ground Zero" adı verilen, bombanın düşeceği sıfır noktasından göğe doğru uzanan bir kulenin tepesine yerleştirildi. Askeri personel ve bilim insanlarından oluşan gruplar denemeyi sıfır noktasından çeşitli uzaklıklardaki farklı yerlerden izlediler. Oppenheimer ve en iyi bilim insanlarından oluşan grup bombadan on mil uzaklıktaki komuta merkezindeydi, General Groves ve başka askeri gözlemciler ise 15 mil uzaktaki başka bir yerdeydiler. Norman Ramsey denemeyi bir yanında Enrico Fermi, diğer yanında Isidor Rabi'yle izledi: "Bizden bir düzine veya daha fazla insan vardı, her birimize verilmiş kaynakçı gözlükleriy-

19 Çöldeki deneme alanı 1944 yılının sonlarında belirlendi ve bu yer için *Trinity* ismi Robert Oppenheimer tarafından seçildi. Neden bu ismi seçtiğini açıklamadı, ancak okuduğu bir şiirden aklına gelmiş olabileceğini söyledi, belki de okuduğu Hint mitolojisinden esinlenmişti. "Teslis veya üçleme" anlamına gelen trinity her durumda üç tanrıyı imler.

le bir bankonun karşısına sıralanmıştık. Bomba patladığında kaynakçı gözlükleriyle tam tersi yöne bakmamız gerekiyordu. Bunun aşırı abartıldığını düşündüğümü itiraf etmeliyim," diye aktarır Ramsey, "o sırada hiçbir şey göremeyeceğim korkusunu duyuyordum, ancak daha sonra epey bir aydınlık olduğu ortaya çıktı."[20]

16 Temmuz 1945 günü sabah 5:29'da Amerika Birleşik Devletleri ilk atom bombasını patlattı. Oppenheimer sıfır noktasındaki mantar bulutunun görünümünün kendisine Hint destanı *Bhagavad-Gita*'yı hatırlattığını söyler; çok sayıda silaha sahip tanrı Vishnu şöyle der: "Şimdi ben Ölüm oldum, dünyaları yok eden." Oppenheimer artık dünyanın asla aynı kalmayacak şekilde değiştiğini biliyordu. Operasyonun kontrol odasından ayrılırken Kenneth Bainbridge, Harvard Üniversitesi'nden bir fizikçi ona seslendi: "Hep beraber alçaklığımızı yaptık."[21]

Ancak bu duygu evrensel değildi. Savaş zamanında, baskı altında bomba üzerine çalışan farklı bilim insanları yaptıkları ve yaptıklarının olası sonuçları hakkında farklı tepkilere sahiptiler. Tarihteki ilk nükleer patlamayı gözlerini korumak için kaynak gözlükleri takarak izleyen bilim insanları korkunç bir şeye tanık olmuşlardı.

İlk nükleer patlamayı izleyenlerin çoğu için, infilakın sesi veya diğer tesirleri değil, görsel etkisi çarpıcı oldu. Ramsey'e göre, "Onu ters yönde olmanıza karşın ışıl ışıl görebiliyordunuz, kaynak gözlükleriniz olmasına rağmen doğrudan bakabilmek için ağır ağır dönmeniz gerekiyordu." Devam eder:

> Özellikle patlamanın görsel yönü hafızama kazınmış. Beni en çok şaşırtan, ters yöne kaynak gözlükleriyle bakarken millerce ötedeki dağların ışıl ışıl aydınlanması oldu. Bomba yönüne ancak kademeli biçimde bakabiliyordunuz, hızlıca dönme cesareti bulamıyordunuz, çünkü ışığın parlaklığı öyle büyüktü ki, daha hızlı dönmek güvenli değildi. Bana bakıncaya dek uzun bir zaman geçmiş gibi geldi, gördüğüm o anda bile bir ateş topu oldu. Belleğimde rengi çok yoğun bir beyaz ışık olarak kalmış.

---

20 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 122, CUOHROC.

21 Kai Bird ve Martin J. Sherwin, *American Prometheus: The Triumph and Tragedy of J. Robert Oppenheimer* (New York: Knopf, 2005), s. 309.

Ramsey'in tasvirine göre bu korkunç deneyim şöyle devam ediyor:

> Ardından [ateş topu] kırmızıya döndü. Gözlükleri çıkartıp daha doğrudan baktığımızda da karşımızdaki berbat bir şeydi, filmlerde gördüğünüz alışılmış ateş toplarından daha da berbat bir görüntü. Ardından bu ateş topundan bir mantar bulutu yükseldi. Önceden böyle büyük bir bulut etkisi olacağını bekliyor muyduk, bilmiyorum. Bunun ardından bulutun nereye sürükleneceği kaygısı doğdu.[22]

Sarsıntı dalgası sıfır noktasından o kadar uzakta bulunan kendilerine dek ulaşınca ve gökyüzü yoğun radyasyon nedeniyle hava moleküllerinin iyonlaşması sonucunda mora kesince gözlemciler panikledi. Sarsıntı dalgasını izleyen, patlama sesi ve şiddetli rüzgâr ise ateş topunu gördükten dakikalar sonra geldi; ışık ve radyasyon, ses ve havadan daha hızlı hareket ediyordu.

Denemeden önceki gergin dakikalarda bilim insanları çoğunlukla denemenin başarılı olup olmayacağı hakkındaki görüşlerini paylaşıyorlardı. Daha önce hiç kimse böyle bir bombayı patlatmayı denememişti; dolayısıyla tüm yapmaları gereken, daha düşük yoğunlukta yapılan deneylere dayanarak kuramsal hesaplamalarına ve bombanın çekirdeği içerisindeki nötron akışı yoğunluğuna dair çıkarımlarına göre davranmaktı.

Enrico Fermi deney konusunda dışarıdan bakıldığında soğukkanlı görünmesine karşın esasen çok heyecanlıydı. Patlamanın ateş topu gökyüzünü öğle güneşinden daha yoğun biçimde aydınlattığında Fermi elinden aşağı küçük kâğıt parçaları bırakmaya başladı. Onun çalışma tarzı için tipik nitelikte, basit, ancak oldukça etkili ve yaratıcı bir deney yapıyordu. Hava yeteri derecede sakindi ve kâğıt parçaları doğrudan yere düşüyordu. Ancak Fermi kendisinin ve diğer bilim insanlarının durduğu yere, sıfır noktasından on mil uzağa, büyük bir şok dalgasının ulaşacağını biliyordu ve büyüklüğünü tahmin etmek istiyordu. Elinden aşağıya küçük kâğıt parçalarını bırakmaya devam etti ve belli bir süre sonra güçlü rüzgâr ve patlama sesi kendilerine ulaştığında Fermi şok dalgasının büyüklüğünü kâğıtların ne

22 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 124, 125, CUOHROC.

kadar uzağa indiğine dayanarak şaşırtıcı bir kesinlikle tahmin etti.[23] Bu tip şık deneyler, bize sade bir yolla fiziksel ve matematiksel problemlerin ruhunu yakalayarak karmaşık sorulara sağlam yanıtlar sunan sıradışı hesaplamalar için kullanılan "Fermi tahminleri" deyimini armağan etti.

Şiddetli rüzgâr sona erdikten sonra, patlamayı sıfır noktasına en yakın yerden izlemiş olan Oppenheimer'in grubu, General Groves dahil, diğerleriyle bir araya geldi. Hepsi bombadan yere yağacak artıklar konusunda endişeliydi. Bulutun nereye sürüklendiğini tahmin ettikten sonra, sürüklenme yönüne doğru, radyasyondan korunmak için altı özenli bir şekilde kurşunla kaplanmış bir ordu tankı, radyoaktif hale gelmiş toprak örneklerini toplamak üzere gönderildi.[24] Haftalar sonra patlama yerini inceleyen bilim insanları, patlamanın ısısıyla biçim değiştirmiş ve önemli miktarda radyoaktivite içeren cam parçaları buldular. Nihayetinde atom patlamasından kalan toz ve camları içeren bu geniş kraterin üzerinden radyoaktif enkazı toprakla örtmek için buldozerlerle geçilecekti.

Sonuçları dahil olmak üzere operasyonun tümünden sorumlu olan Oppenheimer'in meslektaşları onun araba kullanmak için fazlasıyla gergin olduğunu düşündüler. Hepsi bir önceki geceden başlayıp şafak vakti öncesindeki patlama ve sonrası boyunca deneme alanında kalmışlardı. Öğle vaktine doğru Norman Ramsey arabasıyla (oraya kendi arabasıyla gelmiş) Oppenheimer ve Isidor Rabi'yi Los Alamos'a geri getirdi. Hepsi gergin ve bitkindi; dolayısıyla dönüş yolunda yeni tanık oldukları şey hakkında konuşmadılar, bunun yerine çöl manzarasına yoğunlaştılar.[25]

17 Temmuzda, Manhattan Projesi'yle ilgili konularda Savaş Bakanı Henry Stimson'ın yardımcılığını yapan George L. Harrison patronuna Çok Gizli olarak sınıflandırılmış bir şifreli telgraf çekti:

23 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 122-125, CUOHROC.

24 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 126, CUOHROC.

25 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 127, CUOHROC.

Savaş 33556
Harrison'dan Savaş Bakanı'na

Az önce doktor çok coşkulu ve emin biçimde küçük çocuğun büyük ağabeyi gibi dinç olduğunu bildirdi. Gözlerindeki ışık buradan yüksek ambara dek görülebiliyor, çığlıkları buradan çiftliğime kadar duyulabiliyordu.

Son

Telgraf Trinity denemesinin başarısını bildiriyordu. "Küçük çocuk" denenmemiş tabanca tipindeki uranyum bombasıydı; "büyük ağabey" ise Şişman Adam'dı (içe patlamalı plütonyum bombası) ve patlatılmıştı. Patlamanın ışığı "buradan" (Washington, D.C. kastediliyordu) "yüksek ambara" (Stimson'ın Long Island'daki mülküydü) dek görülebiliyordu, bu deneme alanından 250 millik bir uzaklığa dek demekti. "Çiftliğim," Harrison'ın Upperville/Virginia'daki çiftliğiydi ve Washington'dan 50 mil uzaktaydı. Bu, patlama sesinin ("çığlıkları") 50 mil uzağa ulaştığını belirtiyordu.[26] Bu şifreli mesaj, Harrison tarafından, kendisine Washington'da tahminen General Groves tarafından nakledilen bilgiden yola çıkarak ve kişisel ayrıntılar şifre olarak kullanılarak yazılmıştı.

Ertesi gün, 18 Temmuzda Groves savaş bakanına kendi çok gizli bilgi notunu iletti. Belge üzerindeki gizlilik 2005 yılında kaldırıldı, ama kimi bölümleri karartılarak bu bölümlerin yirmi birinci yüzyılda bile gizli tutulması gerektiği düşünüldü. Aşağıda bu upuzun bilgi notundan kimi parçalar alıntılanmıştır:

SAVAŞ BAKANLIĞI
WASHINGTON
ÇOK GİZLİ

SAVAŞ BAKANI İÇİN BİLGİ NOTU.
KONU: Deneme.

1. Bu özlü, resmi bir askeri rapor değil; New Mexico'dan dönüşümde burada olmuş olsaydınız size yüz yüze anlatacaklarımın kâğıda dökümüdür.

26 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Archive Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr. Document 35: Cable War 33556 from Harrison to Secretary of War, 17 Temmuz 1945, Secret, Kaynak: RG 77, MED Records, Top Secret Documents, Dosya 5e (mikrofilmden kopyalanmıştır), George Washington Üniversitesi, National Security Arşivi (Şifre çözüm arşiv tarafından sağlanmıştır). Bu belgeler Ulusal Güvenlik Arşivi izniyle www.nsarchive.org'dan edinilmiştir.

2. 16 Temmuz 1945, saat 05:30'da Alamogordo Hava Üssü'nün ücra bir bölgesinde içe patlamalı tipte atom fisyon bombasının ilk tam ölçekli denemesi yapıldı. Tarihte ilk defa nükleer bir patlama gerçekleşti. Ama ne patlama! [Bilgi notunun sonraki 2 ½ satırı sansürlüdür] Bomba bir uçaktan aşağıya atılmadı, ancak 33 m yükseklikteki çelik bir kulenin üzerindeki platformda patlatıldı.
3. Deneme herkesin en iyimser beklentilerinin ötesinde bir başarıya ulaştı. Şu âna kadar üzerinde çalışılabilen verilere dayanarak, ortaya çıkan enerjinin 15.000 ila 20.000 ton TNT'ye denk bir güçten fazla olduğunu tahmin ediyorum ve bu ihtiyatlı bir tahmindir. Henüz üzerinde tam olarak uzlaşma fırsatı bulamadığımız ölçümlere dayalı veriler enerjinin aktardığım abartısız rakamın kat kat üzerinde olduğunu gösterecektir. Patlamanın etkisi muazzamdı. Kısa bir süre için 20 mil çapına yayılacak şekilde, öğlen saatinde birkaç güneşe denk gelecek bir ışık etkisi oldu; birkaç saniye süren dev bir ateş topu oluştu. Bu ateş topu mantar şeklini aldı ve sönmeden önce üç kilometre gibi bir yüksekliği aştı. Patlamanın ışığı Albuquerque, Santa Fe, Silver City, El Paso ve yaklaşık 100 [evet!] mil uzaklıktaki yerlerden açık bir biçimde görüldü.[27]

Bilgi notu 13 sayfa boyunca patlama hakkındaki teknik ayrıntılar ve gözlemlerle sürüyor: ses düzeyi ve ne kadar uzaklığa ulaştığı, patlamanın ışığının bugüne dek görülmüş hiçbir şeyle karşılaştırılamayacak olması, üç farklı parlama (daha sonra Hiroşima'da da bildirilecektir), havaya yükselen nükleer bulut, farklı yerlerde gözlemlenen zararlar. Groves belgede Tuğgeneral Thomas Farrell'ın bilim insanlarının tepkilerini ve ruh hallerini anlattığı bir bilgi notundan da alıntı yapar. Farrell atom bombasının artık sadece kuramsal bir yapı değil, bir gerçeklik olduğunu ve Amerika'nın "şimdi [savaşı] hızla sona erdirecek ve binlerce Amerikalının hayatını koruyacak yönteme sahip oldu-

27 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Archive Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr. Belge 36: Memorandum from General L. R. Groves to Secretary of War, "The Test," 18 Temmuz 1945, Top Secret, Excised Copy. Kaynak: RG 77, MED Records, Top Secret Documents, File no. 4 (mikrofilmden kopyalanmıştır), s. 1-2, George Washington Üniversitesi, National Security Arşivi. Bu belgeler Ulusal Güvenlik Arşivi izniyle www.nsarchive.org'dan edinilmiştir.

ğunu" yazar.[28] Bu son ifade, New Mexico çölünde hayati deneme yapıldıktan hemen sonra olanları kayıtsız şartsız destekleyen herkesin savaş sloganı halini alacaktı.

28 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Archive Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr, Belge 36, s. 8.

15

BOMBAYI KULLANMA KARARI

II. Dünya Savaşı'nın sonunda Amerika Birleşik Devletleri'nin Hiroşima ve Nagasaki'ye atom bombası atma kararı, kuşkusuz tarihte bir hükümet tarafından alınan en tartışmalı kararlardan biridir. Los Alamos'ta çalışan bilim insanları 6 Ağustos 1945'te gerçekleşen Hiroşima saldırısından önceden haberdar olmuşlardı, ancak sadece üç gün sonra Nagasaki'ye ikinci bir bombanın atılması içlerinden bazıları için sürpriz oldu. Kocası Eric Jette Los Alamos'taki Manhattan Projesi'nde çalışan Eleanor Jette'nin aktarımıyla: "İkinci bombanın atıldığından geç haberimiz oldu. Gelen çelişkili açıklamalar kafamızı karıştırmıştı."[1]

Manhattan Projesi'nde yer alan bilim insanlarının çoğu sonradan, atom bombası felaketine yol açan cini şişeden çıkardıkları için pişman olduklarını değişik şekillerde ifade ettiler. Ünlü formülü tüm bu olanları (hem nükleer silahları hem de sivil nükleer güç üretimini) mümkün kılan Einstein, bizzat

1 Eleanor Jette, *Inside Box 1663* (Los Alamos, NM: Los Alamos Historical Society, 1977), s. 109.

Başkan Roosevelt'e Alman atom geliştirme çalışmalarına karşılık nükleer araştırmalara girişmenin aciliyeti üzerine mektup yazan kişi olmasına karşın, nükleer geliştirme çalışmaları ve Manhattan Projesi'yle arasına mesafe koydu.

Trinity denemesi yapıldığı esnada, Nazi tehdidinin sona ermesinin üzerinden iki ay geçmişti. Einstein'ın savaş sonrasında sıklıkla şöyle söylediği ifade edilir: "Almanların atom bombası üretmeyi başaramayacağını bilseydim, parmağımı bile kıpırdatmazdım."[2]

Neden bombanın kullanılabileceğine dair zararsız bir gösteri yerine, Japonya'ya üç gün içinde ardı ardına iki atom bombası atıldı? Çok sayıda insan Japonların zaten Trinity gibi bir şeyi gördüklerinde teslim olabilecekleri düşüncesindeydi. Başkaları da Japonya'nın eğer 1945 Nisan ile Haziran ayları arasında süren ve her iki tarafta da büyük kayıplara sebep olan acımasız Okinawa Savaşı sonrasında teslim olmamışsa, daha büyük bir kayba uğramaksızın hiç teslim olmayacağı düşüncesindeydi.

Hitler'den kaçarak ABD'ye gelmiş Almanyalı Yahudi fizikçi James Franck ve Chicago'daki Met Lab'da onunla çalışan bir grup bilim insanı, Hiroşima bombası atılmadan önce, Temmuz 1945'te ABD hükümetine ulaştırılmak üzere kısa bir yazı kaleme aldılar. Söz konusu raporda bombanın Japonya'ya karşı kullanılmaması konusunda ısrarcı olduklarını, bunun yerine Japon liderliğine bombanın büyük gücünü göstermek için bir çölde veya ıssız bir adada patlatılmasının yeterli olacağını belirttiler. Franck Raporu adı verilen bu belge 11 Temmuz 1945'te tamamlandı. 12 Temmuzda Met Lab yöneticisi Arthur Compton laboratuvarının "en önemli çalışanlarının" görüşlerini temsil eden bu raporu Savaş Bakanı Henry Stimson'a gönderdi. Compton "Bu bilgi notundaki en önemli nokta"yı özetleyerek, "nükleer bombaların kullanımını bu savaştaki askeri avantajından ziyade uzun dönemli bir politika sorunu olarak düşünmenin öneminin vurgulanmasıdır. Bu yüzden bomba kullanımı, öncelikle nükleer savaş araçlarının kullanımına belli bir uluslararası denetim sağlamayı gözetecek şekilde olmalıdır. Birleşik Devletler açısın-

2 Abraham Pais, *Niels Bohr's Times: In Physics, Philosophy, and Polity* (New York: Oxford University Press, 1991), s. 492.

dan ileride atom patlayıcılarının askeri kullanımının sıkı bir uluslararası mutabakatla yasaklanmasının yolunu açmak için öneri askeri değil, teknik bir gösteri yapılmasıdır" der ve devam eder: "Bahsedilmeyen iki önemli husus olduğunu düşünüyorum: (1) Yeni bombaların başarısının askeri yönden kanıtlanmaması savaşı uzatacak, insan hayatı açısından bedeli yükseltecektir. Ve (2) askeri bir kanıtlama olmaksızın, kalıcı bir güvenliğin sağlanması için ulusal özveri gerekliliği yönünde dünyayı etkilemek olanaksız olabilir."[3]



Leo Szilard uranyum fisyonunun zincirleme tepkimesinin mümkün olduğunu anlayan ilk bilim insanlarından biriydi ve Nazilerin bir bomba yapabilecekleri korkusu onu Manhattan Projesi'ne katılma yönünde harekete geçirmişti.

1945'in ilkbaharına gelindiğinde artık Avrupa'daki savaşın Nazilerin yenilgisiyle sonuçlanacağı anlaşılmıştı. Szilard o dönemde sorgulamaya başladığını aktarıyor: "Bombayı geliştirmeye devam etmenin amacı nedir ve eğer biz ilk bombalara sahip olduğumuzda Japonya'yla savaş sona ermemiş olursa, bomba nasıl kullanılacak?"[4]

Szilard bilim insanlarının arkasından çevriliyor olabileceğini hissettiği politik oyuna müdahale etmeye karar verdi ve Başkan Roosevelt'ten atom bombasının kullanılmaması yönünde talepte bulunan bir imza dilekçesi hazırlığına girişti. Albert Einstein bu yönde bir tavsiye mektubu kaleme alarak Szilard'a gönderdi, Szilard da bu mektubu eşi Eleanor Roosevelt aracılığıyla başkana iletecekti. Bayan Roosevelt ona 8 Mayıs 1945 günü için bir randevu verdi, o gün mektubu ona vererek eşine

3 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Arşivi, Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr, Belge 16: Memorandum from Arthur B. Compton to the Secretary of War; şunu içerir: "Memorandum on 'Political and Social Problems,' from Members of the 'Metallurgical Laboratory' of the University of Chicago," 12 Haziran 1945, Gizli Kaynak: RG 77, MED Kayıtları, H-B dosyaları, klasör no. 76 (mikrofilmden kopyalanmıştır), National Security Arşivi, George Washington Üniversitesi. Bu belgeler Ulusal Güvenlik Arşivi izniyle www.nsarchive.org'dan edinilmiştir.

4 Spencer R. Weart ve Gertrud Weiss Szilard (ed.), *Leo Szilard: His Version of the Facts* (Cambridge: MIT Press, 1978), s. 181.

iletmesini rica edecekti. Ancak buluşma gerçekleşmeden önce, 12 Nisan 1945'te Başkan Roosevelt öldü ve Szilard bombanın kullanımına gerekçeleriyle karşı çıktığı mektubu kendisine yollayamadı.[5]

Szilard, Truman başa geçince daha büyük zorluklarla karşı karşıya kaldı, artık onu başkana ulaştıracak bağlantılara sahip değildi. Yine de Beyaz Saray'a gitti. Truman'ın sekreteri Matt Connelly yakında Dışişleri Bakanı olarak atanacak, ancak o dönem Güney Carolina'da olan James Byrnes'tan randevu alması gerektiğini söyledi. Szilard Washington'dan Spartanburg, Güney Carolina trenine bindi. Byrnes, Truman görmeden önce dilekçeyi inceleyecek kişiydi. Szilard ona mektubu neden kaleme aldığının yanı sıra, ek olarak eğer Japonya'ya bomba atılırsa, Rusların Amerika'yla bir nükleer yarışa sürüklenebileceğini açıkladı.

Byrnes ona Manhattan Projesi'nin başı General Leslie Groves'un kendisine "Rusya'da uranyum yok" dediği yanıtını verdi.[6] Bu elbette tam anlamıyla saçmalıktı. Byrnes Birleşik Devletler Japonya'ya karşı atom bombası kullanırsa, bunun Sovyetler üzerinde ordularını savaş biter bitmez Doğu Avrupa'dan çekme baskısını arttıracağı düşüncesinde olduğunu söyledi. Szilard bundan kuşkuluydu. Bunun üzerine Byrnes ona Macaristan'dan gelen biri olarak Szilard'ın Rusların kendi anavatanını sonsuza dek işgal etmesini istemeyeceğinden emin olduğunu söyledi. Byrnes, Amerikan hükümetinin Sovyetlere ilişkin soğuk savaşın yaklaşık elli yılı boyunca değişmeden kalacak olan görüşlerinin sıkı bir savunucusuydu. Szilard Japonya'ya karşı bomba kullanılmasını engelleme çabasında Byrnes'ın ardından Robert Oppenheimer'e gittiğinde, ondan da aynı terslenmeyi gördü. Oppenheimer bomba kullanımının kaçınılmaz olduğu düşüncesindeydi, ancak kullanmadan önce ABD bundan Rus devlet görevlilerini (İngiliz, Fransız ve Çinlileri de) haberdar etmeliydi.[7]

Groves, Szilard'ın kendisinin gizli saydığı bir belgeyi Byrnes'a verdiğini öğrenince öfkeden çılgına döndü. Onu sakin-

5 Weart ve Szilard (ed.), *Leo Szilard: His Version of the Facts*, s. 181-182.

6 Weart ve Szilard (ed.), *Leo Szilard: His Version of the Facts*, s. 183.

7 Kai Bird ve Martin J. Sherwin, *American Prometheus: The Triumph and Tragedy of J. Robert Oppenheimer* (New York: Knopf, 2005), s. 292.

leştirmek için Manhattan Projesi'nin Chicago'daki Met Lab'ında çalışan bilim insanları Szilard'ın bilgi notunda ele alınan konuları tartışmak üzere bir komite kurmaya karar verdiler ve böylelikle James Franck'in başkanlığındaki komite kurulmuş oldu.[8] Bahsettiğimiz üzere, bu komite Japonlara karşı atom bombasının doğrudan kullanılmaması, bunun yerine gücünün sergilenmesi önerisini geliştirdi.

Franck Raporu'nun ardından Szilard imza dilekçesini gözden geçirerek yeniledi. İlk versiyonu Chicago'da çalışan 53 bilim insanı imzalamıştı, ikinci taslağa 15 yeni imza daha eklendi. Szilard bunu 1945 Temmuzunda Başkan Harry Truman'a iletme düşüncesindeydi. Dilekçe, bunun Japonya'yı teslim olmaya ikna edeceği ve bombanın askeri kullanımını gereksiz kılacağı umuduyla, bir kanıt gösterisi yapılmadan başkanın atom bombasını insanlar üzerinde kullanmamasını istiyordu. İmza atanlardan bazıları dilekçenin bürokraside herhangi bir atlama yapıp doğrudan başkana verilmeden, resmi kanallar işletilerek iletilmesi gerektiği düşüncesiydi. Szilard bu fikri kabul etti ve dilekçe başkana sunulmak üzere General Groves'un asistanı, Albay Nichols aracılığıyla yollandı. Ancak Truman o sırada Potsdam'daydı ve Japonya'ya kesin bir ültimatomla koşulsuz ve derhal teslim olma çağrısı yapmaktaydı. Muhtemelen dilekçe eline hiç ulaşmadı. Hiroşima bombası atıldığında, 6 Ağustosta Truman henüz Washington'a dönmemişti.[9]

Szilard Dilekçesi Birleşik Devletler başkanına ulaşmamış olabilir, ancak öte yandan dilekçenin bir dizi başka versiyonu da söz konusuydu ve bunlar birkaç kez gönderilmişti. Dolayısıyla başkanın çok sayıda bilim insanının, ülkemizin savunması için yapımına yardım ettikleri bombanın, hiçbir uyarı olmadan masum sivillere karşı kullanılmaması yönündeki arzusundan habersiz olduğunu söylemek mümkün değildir. Nasıl olursa olsun, ABD hükümeti Szilard Dilekçesi'ni gizli tuttu ve ancak 1961 yılında kamuoyuna açıkladı. O yıl Mike Wallace'la yaptığı bir televizyon röportajında Leo Szilard, atom bombasının güçlü potansiyelinin bilincinde olduğunu ve bu yüzden

8 Weart ve Szilard (ed.), *Leo Szilard: His Version of the Facts*, s. 183.

9 Weart ve Szilard (ed.), Leo Szilard: *His Version of the Facts*, s. 187, 188 ve n. 16, s. 188.

Einstein'a Roosevelt'e Birleşik Devletler'in derhal kendi atom bombası projesine başlamasını öneren bir mektup yazması için ısrar ettiğini söyledi. Szilard Wallace'ın sorusuna "Hitler bizi onlarda atom bombası olsa bizde olmasa teslim olmaya zorlardı," yanıtını verdi. 2 Aralık 1941'de Chicago'da Fermi'nin ekibi ilk zincirleme tepkime deneyini başarıyla sonuçlandırdığında Szilard Fermi'ye, "Bence bugün insanlık tarihine kara bir gün olarak geçecek," demişti. Naziler atom bombası çalışması yürüttükleri için ABD'nin başka bir seçeneği olmadığını biliyordu. "Bombayı yapmak zorundaydık" dedi Szilard, "ve Almanların teslim oluşuna dek çalışmanın sonuçlarına dair hiçbir tartışma yürütmüyorduk. Daha sonra bilim insanı olmanın sorumluluğunun gereğini yapmaya çalıştık ve hükümeti bombayı Japonya'ya karşı kullanmamaya ikna etmeye uğraştık. 1945 baharına dek [bomba yapmanın sonuçlarına ilişkin] çok az, hatta hiç tartışma yoktu." Szilard Birleşik Devletler bombayı Almanya'ya atsa da aynı duygulara sahip olacağını ifade etti. "İçimizden kimsenin Almanlardan nefret ettiğini düşünmüyorum," dedi, "elbette çoğumuz Nazizmi doğru bulmuyordu, ancak birçok Alman arkadaşımız vardı."

Szilard kendi bakış açısına göre ne Japonya'yı işgal etmek ne de kentlerine atom bombalarıyla saldırmak için kesinlikle bir neden olmadığını ileri sürdü. Onun değerlendirmesine göre Japonya'nın karşılaştığı problem, Amerika'nın *koşulsuz* teslim olmasını istemesiydi. İki ulus arasında teslim koşulları görüşmelerinin ("koşulsuz" dayatması olmasa) başlamaması için hiçbir neden yoktu. Wallace'a, "Japonların barış istediklerini biliyorduk" dedi. "Bombayı yapan, benimle çalışan insanların % 95'inin benimle aynı fikirde olduğuna inanıyorum. Yapmam gereken, bu konuyla ilgili Roosevelt'e ulaşmaktı, ancak tam o esnada Roosevelt öldü..." Szilard kendisi ve meslektaşlarının doğrudan yeni başkana ulaşmalarını sağlayacak uygun bir aracıyı bulamamalarının acısını çektiğini ifade etti. Szilard'ın tahminine göre Truman kendisi ve diğerlerinin ona niçin ulaşmak istediklerini sezmiş ve bu yüzden Dışişleri Bakanı olarak atanmak üzere olan Byrnes'a yönlendirmiş olabilir. Ancak Byrnes'la görüşme bir sonuca ulaşmamıştı. "Tüm çabalar başarısız olduktan sonra bir dilekçe taslağı kaleme alarak 60 meslektaşımın

imzasını aldım. Bunu resmi kanallardan yolladık ve ulaştırılıp ulaştırılmadığını bilmiyoruz. Byrnes meseleyi anlamadı. [Atom bombasının] herhangi bir silah olduğunu düşündü."[10]

Szilard'ın Mike Wallace'a söylediğine göre Truman yönetimi bombayı kullanmaya istekliydi, çünkü bu projeye çok para harcanmıştı. Ona göre ordu "bombayı atmaya kararlıydı." Bombanın gösteri amaçlı kullanımına karşı çıkma gerekçeleri de temelsizdi. "Elimizde sadece iki bomba olduğu doğruydu, ancak elimizdekilerin çalışmayıp işin tam bir fiyaskoya dönüşmesi riskini ortadan kaldırmak üzere yeni bombalar yapmamız fazla zamanımızı almazdı." Szilard'a göre Oppenheimer, bomba bir kez yapılmışsa ordunun bunu kullanmak istemesini çok doğal buluyordu ve Oppenheimer'in kendisi de böylesi bu olasılığa karşı şartını ifade etmişti. "Önceleri Ruslara söylemeden bombayı atmamamız gerektiğini düşündüğünü biliyorum, ancak bana kalırsa bombayı atmamayı önermiş olsa bundan fazla bir sonuç alamayacağını biliyordu." Televizyon röportajının sonunda Szilard, Hiroşima ve Nagasaki'ye bomba atılması kararına dair vurgusunu daha kesin ifade eder: "[Bomba atarak] bir şey başardığımızı düşünmedim; hiçbir şey başarmadık!"[11]



Bomba yapımında çalışmış bir Berkeley fizikçisi ve J. Robert Oppenheimer'in ardından Los Alamos'u yöneten kişi olan Norris Edwin Bradbury, o dönemde kendisi ve arkadaşlarının bir "tünel görüşüne" sahip olduğunu hatırlıyor. Yapmaları gereken bir iş vardı ve bunu en iyi şekilde yapmaya odaklanmışlardı. Bradbury'nin esas ilgilendiği, Trinity denemesinin başarılı olmasıydı. 1976 yılındaki bir röportajında "Trinity denemesi işe yaradı. Tepki neydi? Erkek kardeşin dahil herkes sana 'Bomba patladığında ne düşündün?' diye soruyor, sen de büyük bir şeyle cevap vermelisin. Oysa sadece 'Kahretsin' diyorsun, 'Tanrı'ya şükür lanet şey çalıştı!' ya da buna yakın sözler söylüyorsun."[12]

10 Mike Wallace'ın Leo Szilard'la televizyon röportajı, 1961, AV 7-74-18, AIP, Niels Bohr Kütüphanesi ve Arşivi.

11 Mike Wallace'ın Leo Szilard'la televizyon röportajı.

12 Norris Edwin Bradbury'yle AIP Sözlü Tarih Görüşmesi, gerçekleştiren Arthur

Los Alamos'taki bilim insanlarından Clyde Wiegand'a bir röportajda Trinity denemesinden sonra ne düşündüğü sorulduğunda şöyle yanıtlar: "Özel bir duygu hissettiğimi hatırlamıyorum. Sanırım ne beklediğimizi bildiğimiz için olsa gerek. Buna rağmen yine de elbette korku uyandıran veya korkutucu bir his." Ardından Hiroşima ve Nagasaki'ye bomba atılması kararı hakkında ne hissettiği sorulduğunda yanıtı: "Birçok kez bize böyle alçakça bir şeye ortak olduktan sonra bu duyguyla nasıl baş ettiğimiz soruldu. Ancak bence bu öyle veya böyle olacaktı. Bir miktar uranyum veya plütonyumu bir araya getirir ve bunu belli bir şekilde işlersen... Bu olacaktır. Bunu kontrol edemeyiz veya bunun hakkında bir fikre sahip olamayız." Japonya'nın bombalanmasının gerekçelerinin doğruluğu ve Manhattan Projesi'ndeki bilim insanlarının bunun hakkında ne hissettikleri konusunda sıkıştırıldığında konuşmasına devam eder: "Los Alamos'taki birçok insanın savaşta kaybettiği veya Doğu'da ya da Avrupa'da tutsak düşmüş akrabaları olduğunu da unutmamak gerekir; dolayısıyla barış zamanı hissedeceğinizden tamamen farklı duygular da vardı. Bence bu silah sivil nüfus üzerinde kullanılmamalıydı. Bunu mazur görmüyorum. Belki buna girmemeliydik [röportajda]. Ancak bu silahı elde eder etmez birkaç gün içerisinde ilk yaptığımız bunu sivillerin üzerine atmak olunca, Birleşik Devletler dünyada nasıl ahlak ve erdem hakkında konuşabilir."[13]

Bunun kendisi için sürpriz olup olmadığı sorulduğunda: "Hayır, ne olacağını biliyorduk. Ya da bildiğimizi düşünüyorduk, diyelim. Nasıl ifade edebilirim? Buna inandık ve kabullendik sadece. Son âna kadar tehdit etmek, ama kullanmamak hakkında muhabbetler oldu. Hatırladığım kadarıyla, ilişki halinde olduğum kişiler ve işlerin gidişatı açısından kendi içimizde ne olacağı hakkında yanılsamalar yoktu." Wiegand, tüm bilim insanlarının ordu tarafından yapılan ayarlamaların zamanından önce, hatta bomba Trinity'de test edilmeden önce yapılmış

Lawrence Norberg, 11 Şubat 1976, s. 37, AIP, Niels Bohr Kütüphanesi ve Arşivi. Bancroft Library, University of California, Berkeley'in izniyle alıntılanmıştır.

13 Clyde Wiegand'la AIP Sözlü Tarih Görüşmesi, gerçekleştiren: Bruce Wheaton, 26 Eylül 1977, s. 26, 27, AIP, Niels Bohr Kütüphanesi ve Arşivi.

olduğunu bildiğini açıkladı. Birleşik Devletler atom bombasını Japonya'ya atmaya kararlıydı: Görevi yerine getirecek uçaklar Tinian Adası'na yollanmış, bombanın bileşenleri oraya hava ve deniz yoluyla gizlice taşınmış ve düğmeye basılmıştı. Trinity sadece makinenin çalıştığından emin olmak için yapılmıştı. Mesele bombanın test edilmesinden ziyade, onun canlı bir hedef üzerinde kullanılıp kullanılmayacağında düğümleniyordu. Japonya'yı bombalama kararı kesindi, bunun için aylar öncesinden harekete geçilmişti ve onu hiçbir şey durduramazdı.

Wiegand'ın aktarımıyla: "Bomba test edildikten sonraki sabah Oppenheimer'le ana kampta karşılaştım. Gittiğim yola ters bir yönde yürüyordu, ancak benimle konuşmak için durdu ve 'Clyde, bunlardan Japon kentlerine atmamız gerek' dedi.[14]

Röportajı yapan kişi Wiegand'a Japon generallerin de gözlem amaçlı katıldığı, okyanustaki bir savaş gemisinin atom bombasıyla yok edildiği bir açık deneme yapılması yönündeki önerileri hatırlattı. Wiegand şu yanıtı verdi: "Evet; ancak zaten aylar boyunca aynı tipte uçakları, belki de aynı uçağı kullanarak, sahte bombalar atacak şekilde bir bomba mürettebatını eğitmişsiniz. Bence yapılacak şey kaçınılmazdı. Truman hayır demedikçe elbette..."[15]

Ancak başkan Truman hayır demedi ve Hiroşima ve Nagasaki tamamen yerle bir edildi. Bomba yapımında çalışan bilim insanlarının bazılarının bombanın sivillere kullanılmasına karşı oldukları görülüyor. Ancak onların itirazları önemsenmedi.



Norris Bradbury bu tip duyguları paylaşmayan bilim insanlarından biriydi. 1976 yılındaki bir röportajında Hiroşima ve Nagasaki'nin bombalanmasının bomba hakkındaki duygularını değiştirip değiştirmediği sorulduğunda, şöyle yanıtladı: "Muhtemelen değiştirmezdi demeliyim. Yine, görüyorsunuz, parçası olduğum işi göz önüne almalısınız. Doğrudan olmasa da, buna oldukça yakın bir biçimde, orada bu şeylerin [Hiroşima ve Nagasaki'ye atılan atom bombalarının] çalışması ve işe yara-

14 AIP Clyde Wiegand'la Sözlü Tarih Görüşmesi, s. 27.
15 AIP Clyde Wiegand'la Sözlü Tarih Görüşmesi, s. 28.

ması benim sorumluluğumdaydı. Arıza çıksa benden bilirlerdi demeyeceğim, ama emin olmak için aklımıza gelen her şeyi yaptık, ancak elbette bu şeyleri uçuş sırasında test etmemiştik." Vurgusu, bilim insanlarının hepsinin işlerini iyi yapmaya odaklandıkları ve yaptıkları bombaların başarısız olmayacağından emin olmaya çalıştıklarıydı. Belki de yüz binlerce sivili öldürmenin ahlaki sorunlarıyla uğraşmanın kendilerine düşmediğini düşündüler veya buna vakit bulamadılar. Ayrıca bilim insanları Japon birliklerinin manevraları, Japon hükümetinin kararları ve Pasifik'teki savaş durumu hakkında hükümetin bildiği bilgilere sahip değillerdi.

Bradbury devam etti: "Kaç kişinin oturup ölü Japonların ardından ağladığını bilmiyorum; zaten işgalin planlandığına, donanmanın Pasifik savaşında önemli bir darbe aldığına ve Japonların gaddarlığına vb ilişkin eskiden beri bazı dedikodular vardı. Sanırım o noktada Japonlara zalimce davranmama diye bir kaygımız yoktu; onlar da bize zalimce davranmıştı. Honolulu, Pearl Harbor. Sempati zamanı değildi."[16]

Bradbury'ye Trinity'den önce bombayı kullanmanın iyi bir fikir olmadığını düşünen Los Alamos bilim insanlarının olup olmadığı soruldu. Bradbury bu tip beyanların samimiyetinden kuşku duyduğunu ifade etti. "Ya, evet. Açıkçası bunların ne kadarının sonradan uydurulduğundan emin değilim. Doğrusu bu konunun orada konuşulduğunu ben hiç duymadım." Röportajcı, aynı dönemde bomba kullanımına karşı çıkan belgelere imza atmış olan grubun kendisiyle temasa geçip geçmediğini sorarak sıkıştırmaya devam edince, Bradbury şu yanıtı verdi: "Hatırladığım kadarıyla, hayır. Muhtemelen üniformalı insanlara yanaşmıyorlardı zaten. İddiaya girerim, o listede üniforma giyen herhangi bir kişiyi bulamazsınız."[17]

John H. Manley, Fermi'yle önce Chicago'da Met Lab'da, ardından Los Alamos'ta beraber çalışmış fizikçilerden biriydi. O dönemde Japonya'ya atom bombaları atılmasına katkıda bulunmuş olması konusunda tepki gösterip göstermediği sorulduğunda şöyle yanıt verdi: "Sanırım tepki verdim diyebilirim. Geçmişi

16 AIP Norris Edwin Bradbury'yle Sözlü Tarih Görüşmesi, s. 38-39.
17 AIP Norris Edwin Bradbury'yle Sözlü Tarih Görüşmesi, s. 39.

düşünürken tam emin olamıyorsunuz. Burada bazı tartışmalarımız olmuştu, ama fazla da değil. Benim izlenimime göre burada [röportajın yapıldığı Los Alamos'ta] çoğumuzun esas umudu, bunun savaşı öylesine korkunç kılmasıydı ki, birileri bunun hakkında bir şey yapmak zorunda kalsın. Bilmem, anlatabildim mi? Galiba bu bizi devam ettirdi. Bana kalırsa bu önerilen diğer şeyleri, Franck Raporu ve Chicago grubu [Szilard dilekçesi] vs'yi gerçekdışı kıldı. Bunun [bombanın] savaşta kullanılması gerektiğini hissettim ve hâlâ bunun birçok hayatı kurtardığını düşünüyorum, hem Amerikalı hem Japon – şu bildiğimiz gerekçe. Ancak yaptığımızı bilerek yaptığımız düşüncesindeyim, ben kesinlikle bilinçliydim. Bunun savaşta devrim yaratacağından en ufak bir kuşku duyulmuyordu."[18]

Japonya'ya bomba kararı hakkında Manhattan Projesi'nde yer alan bilim insanları arasında yaygın ve ciddi tartışmaların yapılıp yapılmadığı konusu, bugün de bilim tarihinin ilgi gören konularından biri olmaya devam ediyor. Konuyla ilgili Tinian'da bombaların montajını gerçekleştiren ekibin yöneticisi Norman F. Ramsey'in aktarımı: "Tartışma vardı, ama ne kadar, orası tartışılır. Fazla su üstüne çıktığı söylenemez. Los Alamos'ta aslında bugünden geçmişe bakınca düşündüğünüzden, muhtemelen bugün birçok insanın düşüneceğinden daha az tartışıldı bu konu." Manhattan Projesi'ndeki bilim insanlarının konum ve görevlerine göre bombanın kullanılması kararının tartışılma düzeyinin farklılaştığı görülüyor. Ramsey bir dizi şeyin Los Alamos'taki sorgulamayı azalttığı düşüncesinde. "Los Alamos bir tek şeye odaklanmış durumda ve tamamıyla bunun yerine getirilmesiyle meşguldü. Bence bununla ilgili tartışma daha çok Los Alamos dışında ve özellikle kendi işini daha önce tamamlamış yerlerde döndü. Onlar beklerken işin sonuçları hakkında düşünmeye vakit bulabildiler." Los Alamos'ta ancak Trinity denemesinden sonra tartışma başladı, diyor Ramsey. "Ben ondan [Trinity'den] sonra Los Alamos'tan ayrılarak Tinian'a gittim ve anladığım kadarıyla Trinity denemesini izleyen haftalarda, başka bazı görev-

18 AIP John H. Manley'le Sözlü Tarih Görüşmesi, gerçekleştiren Arthur Lawrence Norberg, 9 ve 11 Temmuz 1976, s. 53-54, AIP, Niels Bohr Kütüphanesi ve Arşivi. Bancroft Kütüphanesi, California Üniversitesi, Berkeley izniyle alıntılanmıştır.

ler de yerine getirildikten sonra, bu konu Los Alamos'ta ciddi bir gündem olmuş."[19]

Hiroşima'nın bombalanmasından önce ABD, Japonya'ya çok yoğun bir konvansiyonel bombalama gerçekleştirdi. Öyle ki ardı ardına her hafta yaklaşık 20.000 ton bomba atıldı.[20] Los Alamos'ta atom bombasının etkisi hakkında yapılan tahmin (sonradan bunun makul bir tahmin olduğu açığa çıktı), 18.000 ila 20.000 ton TNT'ye denk bir tahrip gücünde olacağıydı. Bilim insanlarından bazıları, yarattıkları atom bombasının gücünün Japonya'yla savaşta zaten kullanılmış olandan farklı olmayacağı düşüncesindeydi. Atom bombası, Amerikan ordusunun bir haftada kullandığı patlayıcı miktarını bir seferde atabilmesi için bir araç olacaktı. Durum basitçe normal bombalama operasyonlarının verimliliğini arttırma problemi olarak ele alınabilirdi.[21] O dönemde insanlar bir nükleer silahın basit TNT tonaj hesabının çok ötesine geçen uçsuz bucaksız gücünü anlamamış olabilirler.

Ramsey'in anılarına göre, Los Alamos bilim insanları arasındaki tartışmalar genellikle bombayı savaşı durdurmanın en etkili yolu olarak kullanmanın bir yolunu bulmak üzerineydi. Meslektaşlarından birinin ciddi bir biçimde ABD'nin *on* atom bombasına ulaşıncaya kadar beklemesini, ardından daha büyük bir ateş gücü yaratmak için hepsini birden aynı anda Japonya'ya atmasını önerdiğini hatırlıyor. Bunun ardından da Japonlar teslim olmazsa, bu kez 100 atom bombasıyla saldırılır vs: "Büyüklük farkı olarak onun katlarıyla devam edersek, bu savaşı sona erdirmeye yetecek büyüklükte bir etki yaratırdı. Eminim bugün o [öneriyi getiren bilim insanı] aynı şekilde düşünmüyordur, ancak bu örnek, bakış açısını sergiliyor." Bu korkunç bir fikir olarak görünebilir, ancak savaşın son haftalarında kullanılan konvansiyonel patlayıcıların miktarı göz önüne alındığında Ramsey'e göre "Nesnel bir yaklaşımla, bombanın dramatik

19 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), gerçekleştiren: Joan Stafford, s. 72-74, Columbia University of Oral History Research Office Collection içerisinde (bundan böyle CUOHROC). Columbia Üniversitesinin izniyle alıntılanmıştır.

20 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 72, CUOHROC.

21 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 73, CUOHROC.

etkisi ve sonradan ortaya çıkan propaganda göz ardı edilirse, öldürülecek insanların sayısı o dönem diğer bombalamalarda ölenlerden daha fazla değildi."[22]

Ne yazık ki, adı verilmeyen bu Manhattan Projesi bilim insanının önerisi, aslında savaş bittikten sonra Birleşik Devletler tarafından benimsendi. II. Dünya Savaşı'nın bitişinin ardından on yıl geçmeden ABD, Hiroşima'yı yerle bir eden bombadan kat kat büyüklükte bir güce sahip olan hidrojen bombalarını geliştirdi ve üretti.



Manhattan Projesi'nde yer alan bilim insanları ve ordu donatım mühendisleri bombanın karakteristik özelliklerine ilişkin çeşitli tahminler geliştirdiler ve bunların çoğu doğru çıktı. Belirttiğimiz üzere bombanın etkisinin 18.000 ila 20.000 ton TNT'ye denk olacağını öngördüler; bugün Hiroşima bombasının etki gücüne ilişkin tahminler ortalama değer 15.000 ton olmak üzere, 10.000 ila 20.000 ton arasında değişkenlik gösteriyor. Patlamanın merkezi olan sıfır noktasından çevreye doğru uzanan etki alanını da hesapladılar. Bu tahminlerin de genel itibariyle doğru olduğu görüldü.[23] Yanlış tahminlerden biri, atom bombası nedeniyle ortaya çıkacak alev fırtınasının ne ölçüde harap edici olacağıydı. Patlamayla birlikte Hiroşima itfaiyesinin boyunu çok aşan, şaşkına dönerek karşılık veremediği çok sayıda yangın tetiklendi. Bunun sonucunda normalde söndürülebilecek yangınların başladığı binalar da kül oldu. Hiroşima ve Nagasaki beklenenden çok daha ağır bir zarara uğradı.

Amerikan hükümeti, Hiroşima ve Nagasaki bombalamalarından en az bir yıl öncesinde, Japon şehirlerine gerçekleştirilecek nükleer saldırıyı titizlikle planlamaya başlamıştı. "Washington'da verilen karar doğrultusunda, atom bombası için hedefler bir yıl veya daha öncesinden belirlenmiş durumdaydı" diye aktarıyor Ramsey, "İkinci kez, fazladan bombalama olmaması için, savaş sırasında hava ve deniz kuvvetlerinin bu hedefleri bombalaması yasaklanmıştı." ABD, belli Japon şehir-

22 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 75-76, CUOHROC.
23 Norman F. Ramsey'in Anıları (19 Temmuz-4 Ağustos 1960), s. 76, CUOHROC.

lerini ancak atom bombasıyla sağlanabilecek cehennem gibi bir yıkım için "saklamak" istemişti. Şehirlerin orijinal listesi Hiroşima, Nagasaki, Kyoto ve Kokura'dan oluşuyordu. Sonradan anlaşıldığı üzere, Savaş Bakanı Henry Stimson içinde eski tapınaklar ve bir shogun sarayı bulunan tarihi kent Kyoto'ya özel hisler beslemekteydi ve Kyoto'yu ölüme mahkûm edilmiş kentler listesinden çıkardı.

Bombalamalardan sonra Amerikalı bilim insanları zararı değerlendirerek iki bombanın etki gücünü öğrenme çabasına girdiler. Amerikalı bir fizikçi, Robert Serber Hiroşima ve Nagasaki'ye gönderildi. 1967 yılındaki bir röportajında şöyle der: "Bill Penney ve ben hasarın ilk hızlı analizini yapmak üzere Nagasaki ve Hiroşima'ya gittik. Yanımızda ayrıca Los Alamos'tan bir tıp ekibi vardı, onlar hastanelere gidip çalışarak radyoaktivite artıkları üzerine araştırmalar yürüttüler." İki bilim insanı oraya öncelikle iki kentte meydana gelen hasar düzeyini olabilecek en kesin biçimde ölçmek amacıyla gitmişlerdi. Serber açıklıyor: "Benzin tenekesi numuneleri toplamaya çalışıp bunların kaç mil ötede düzleştiklerine bakmak gibi şeyler yapıyorduk. Beton numuneleri topladık ve bunların dayanıklılıklarını ölçtük. Duvarlarda siluetler bulduk, gölgenin uzunluğundan hesaplamayla geriye bakıp patladığında bombanın hangi yükseklikte olduğunu bulduk. Ne olduğunu kafanızda canlandırmak için yaratıcılığınızı kullanmanız ve bombanın radyasyon zararının yanı sıra diğer fiziksel etkilerini ölçmeniz gerekiyordu."[24]

Japonya'da iki ay kalan Serber'in tahribata ilişkin değerlendirmesi şöyle: "Çok büyüktü. İnsanların kendilerini korumak için örgütlenme becerileri çok dikkat çekici; bu kadar kısa zamanda neredeyse her duruma uyum sağlamamız inanılmaz. Tam manasıyla bir yıkım ve çöküntü ortamına girdiğinizde, iki gün içinde buna alışıp işinize bakıyor ve yaşananların insani yönünü neredeyse tamamen unutuyorsunuz... Her iki yerde de [Hiroşima ve Nagasaki] şehirler Amerikalılar tarafından işgal edilmeden önce oradaydık." Japonya'dayken kendisinin tehlike

24 Robert Serber'le AIP Sözlü Tarih Görüşmesi, gerçekleştiren Charles Weiner ve Gloria Lubkin, 10 Şubat 1967, s. 50, AIP, Niels Bohr Kütüphanesi ve Arşivi.

altında olmadığını hissetmiş: "... bu çok dikkat çekiciydi. Japonlar çok iyi disipline olmuş insanlar. İmparator Amerikalılarla işbirliği yapmaları gerektiğini söylemiş ve Penney ve ben bundan sonra iki veya üç hafta kentin her yerinde dolaştık. Herkes işimizi kolaylaştırdı... Kimse bizi tehdit etmedi. İnsanlar gayet dostça davrandılar. Bu ülkede böyle bir şeyle karşılaşmayı beklemiyorduk."[25] Serber'e göre Amerikalılar sivil giysi yerine üniforma giydikleri için, Japon siviller tarafından düşman ordusunun üyeleri olarak görülebilirlerdi. Serber daha önce pilotların eğitimine katılarak atom bombası patladığında ne kadar uzaklıkta olmaları gerektiğini ve patlamanın şok dalgasının nasıl bir şey olacağını anlatmış biriydi. Normalde bomba atılırken de Hiroşima'ya gitmesi ve bomba uçağına eşlik eden bir B-29'dan fotoğraflar çekmesi gerekiyordu, ancak gitmedi, çünkü paraşütü yoktu ve o esnada onun için bir paraşüt bulunamadı.[26]



Nagasaki gerekli miydi? Anlaşılan Truman yönetiminin hevesi Japonlara sadece bir nükleer felaket yaşatmakla dinmedi, hemen ikincisini yapmak istediler. Hiroşima'ya Küçük Çocuk'un atılmasından sadece üç gün sonra, Japonlara bu kez Nagasaki üzerinden Şişman Adam'ın yollanmasının nedeni neydi? Kimse Japonlara yıllardır süren bir savaşa dair üç gün içinde karar vermeleri *gerektiğini* söylememişti. İkinci bomba, Hiroşima'dan sonra Japonya'nın teslim olmaya hazır olup olmadığı belli olmadan atıldı.

Bu görüşe karşılık olarak, bombanın gösteri amaçlı kullanımının "sürpriz etkisini ortadan kaldıracağı" yönünde ifade edilen inanç öne sürülmektedir.[27] Ancak böylesi güçlü silahlara sahip olan bir tarafın, diğer taraf her an yenilmek veya teslim olmak üzereyken, neden "sürpriz etkisi"ne ihtiyaç duyduğunu ister istemez merak ediyoruz.

---

25 Robert Serber'le AIP Sözlü Tarih Görüşmesi, s. 50-51.

26 Robert Serber'le AIP Sözlü Tarih Görüşmesi, s. 51-52.

27 Robert P. Newman, *Truman and the Hiroshima Cult* (East Lansing, MI: Michigan State University Press, 1995), s. 103.

Nagasaki şart mıydı? Japonlar daha yeni, bir kentin başına gelecek en korkunç felaketle vurulmuştu. İkinci bombaya gerek var mıydı? Kimi yazarlar, "Bir şokun yeterli olacağını düşünmek için neden yok; Japon ordusu sadece bir bombanın olduğunu ve bunun çok da korkunç olmadığını iddia ettiler veya edebilirlerdi" düşüncesini ileri sürüyorlar.[28] Bu elbette oldukça zayıf bir gerekçelendirme. Japonlar bombanın Hiroşima'ya ne yaptığının farkındaydılar ve bir iki hafta içerisinde hasarın gerçek büyüklüğünü kavrayabilirlerdi. Ancak onlara yıkımın büyüklüğünü değerlendirme zamanı verilmedi. Neredeyse hemen tekrar bombalandılar. ABD'nin Japonya'ya ikinci atom bombasını atmak için ancak üç gün bekleyebildiği gerçeği, sonsuza dek Amerika'nın yakasını bırakmayacaktır.

Görünüşe göre Japonya'nın 26 Temmuz 1945'te ABD, Büyük Britanya ve Çin'in teslim olmasını istediği Potsdam Deklarasyonu'nu reddetmesiyle birlikte, Truman yönetimindeki ortak düşünce Japonya'nın teslim olmayacağı yönündeydi.

Fizikçi Norman F. Ramsey Hiroşima hazırlıkları için Tinian Adasına ilk gittiğinde, ona resmi kanallardan "Japonları teslim olmaya zorlamak ve II. Dünya Savaşı'nı sona erdirmek için elli nükleer bombanın gerekli olabileceği" söylenmişti.[29]

Ancak bu kararları bilim insanları vermiyordu. Onlar devlet ve hükümet için çalışmalarını yerine getirmişler, kararları hükümet ve ordu vermişti. Sonuç itibariyle iki Japon kentinin atom bombalarıyla yıkımından sorumlu olanlar ABD başkanı ve danışmanlarıydı. Ancak, Hiroşima ve Nagasaki'ye götüren politik süreç hakkında neler biliyoruz?

28 Newman, *Truman and the Hiroshima Cult*, s. 105.

29 Peter Wyden, *Day One* (New York: Simon & Schuster, 1984), s. 15.

16

CASUSLUK OPERASYONUNDAN GELEN KANIT

II. Dünya Savaşı sonunda Hiroşima ve Nagasaki'nin bombalanması kararına ilişkin kamuoyuna açıklanan yeni bilgilerin çoğu, Müttefiklerce Japon diplomatik iletişimine yönelik yürütülmüş özel bir casusluk operasyonunun sonucu olarak "Ultra Top Secret" (olağanüstü derecede gizli) belgeler biçiminde elimize ulaştı. Bu belgeler altmış yıllık soruya açıklık getirdi: Hiroşima ve Nagasaki'ye atom bombası atılması gerekiyor muydu?

Ancak hükümetin çalışmaları ve atom bombası geliştirilmesine ilişkin yaklaşımına dair bilgi veren ilk belge, ABD savaş bakanınca Nisan 1945'te, Japonya'ya atom bombalarının atılmasından dört ay önce yapılan bir iç yazışmadır. Bugün üzerindeki gizlilik kararı kaldırılmış 25 Nisan 1945 tarihli bu bilgi notunda Henry Stimson, Başkan Harry Truman'a hitaben şöyle yazmaktadır:

1. Çok büyük bir olasılıkla dört ay içerisinde, insanlık tarihinde bilinen en korkunç silahı, tüm bir kenti yıkabilecek bir bombayı tamamlamış olacağız.

2. Bombayı geliştirdiğimizin bilgisini İngiltere'yle paylaşmış olmamıza karşın, ABD şu anda yapım ve kullanım kaynaklarını denetleme pozisyonundadır ve başka bir ulus bu pozisyonu önümüzdeki yıllarda belli bir süre boyunca elde edemeyecektir.
3. Yine de pratik açıdan bu pozisyonu sonsuza dek koruyamayacağımız kesindir.[1]

Bu bilgi notu, Nisan 1945 gibi erken bir tarihte Truman ve Stimson'un kafasında ne olduğunu açıklıkla sergilemektedir. Bu ikisi arasındaki toplantıya, basının meraklı gözlerinden kaçınmak için Beyaz Saray'a girişinde arka kapıyı kullanmak zorunda olan General Groves da katılmıştı. Bu, Franklin Delano Roosevelt'in ölümüyle henüz iki hafta önce başkan olmuş olan Truman'ın Manhattan Projesi'nden ve onun tamamlanmak üzere olan ürününden ilk kez tam anlamıyla haberdar edilmesiydi. Başkan ile savaş bakanı toplantının ortasındayken verilen bu bilgi notu, doğrudan Japonya'dan veya savaşın sona erdirilmesinden bahsetmese de, bunu izleyen başka notlar ilk atom bombalarının hedefinin Japonya olacağını gösteriyordu.[2]

Bahsedilen şahsiyetler şimdiden savaş sonrasını düşünmekte kararlıydılar. Burada düşüncelerinde yeni bir anlayışın oluştuğu görülebilir: Amerikan politika yürütücülerinin zihninde Japonya'ya ne olacağı, savaş bittiğinde dünyadaki devletlerarası ilişkilerin genel durumuyla karşılaştırıldığında önemsizdi. Nükleer potansiyele tek başına sahip olmaya çalışmanın gerekliliğine vurgu yapılıyordu.

25 Nisan tarihinde, aynı günün devamında, General Groves yazdığı bilgi notunda başkanla "Manhattan Mühendislik Bölgesi'yle ilgili tüm gerçekleri açıklamak üzere" görüştüğünü

1 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Arşivi, Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr, Belge 3a: Memorandum Discussed with the President, 25 Nisan 1945, Kaynak: Henry Stimson Diary, Manuscripts and Archives, Yale Üniversitesi kütüphanesi, Henry Lewis Stimson Papers (mikrofilm Library of Congress'de). Bu belgeler Ulusal Güvenlik Arşivi izniyle www.nsarchive.org'dan dan alınmıştır.

2 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Arşivi, Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr. Ayrıca bkz. Belge 3a-d, National Security Archive, George Washington University, www.nsarchive.org.

bildirdi. Bilgi notuna göre başkan projeyle ilgili birçok soru sordu ve bunlar Groves'un fazla katkısı olmadan savaş bakanı tarafından yanıtlandı. Not devam ediyor: "Başkan doğru bulmadığı için not tutmadı. Dış ilişkilere ve özellikle Rusya'nın durumuna büyük bir vurgu yapıldı. Başkan harcama miktarlarına ilişkin herhangi bir endişe duymuyordu, ancak projenin gerekliliğiyle tam bir mutabakat içerisinde olduğunu kesin biçimde belirtti."[3]

Bu durum kimi uzmanların Hiroşima'ya reva görülenin -en azından kısmen- Sovyetler Birliği'ne bir mesaj olduğunu düşünmelerine neden oldu.

Truman'ın başkan olmasıyla birlikte General Groves'un atom bombası projesini koz olarak kullanarak politik etkisini arttırmayı denediği görülüyor. Sonraki belgeden gördüğümüz üzere, ordu adamı Groves bir devlet adamı ve politika yapıcı olmaya çalışıyordu. Başkanla buluşmasından iki gün önce, 23 Nisan'da Groves savaş bakanına "Çok Gizli" 24 sayfalık bir not kaleme aldı. Groves'tan Stimson'a gönderilen bilgi notunda şunlar yazılıydı: "Atom fisyonu bombasının başarıyla gerçekleştirilmesi Birleşik Devletler'e şu anki savaşı Amerikan hazinesi ve insan hayatlarından tasarruf ederek daha hızlı kazanmak için belirleyici bir faktör olacak müthiş bir silah sağlayacak. Birleşik Devletler atom enerji silahlarında liderliğini devam ettirirse geleceği daha güvenli olacak ve dünya barışını koruma olasılığı önemli ölçüde artacak."[4] Bunun çok sınırlı ve özel bir yük üstlenmiş hevesli bir askerden gelen, diğer ulusların nasıl

3 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Archive Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr, Belge 3c, General L. R. Groves'un 25 Nisan 1945 tarihli başlıksız memorandumu. Kaynak: Record Group 200, Papers of General Leslie R. Groves, Correspondence 1941-1970, kutu 3, "F," National Security Arşivi, George Washington Üniversitesi. Bu belgeler Ulusal Güvenlik Arşivi izniyle www.nsarchive.org'dan alınmıştır.

4 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Arşivi Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr, Belge 3b: Memorandum for the Secretary of War from General L. R. Groves, "Atomic Fission Bombs," 23 Nisan 1945. Kaynak: RG 77, Commanding General's file no. 24, tab D, National Security Arşivi, George Washington Üniversitesi. Bu belgeler Ulusal Güvenlik Arşivi izniyle www.nsarchive.org'dan alınmıştır.

tutum alacağına dair bilinmeyen varsayımlara dayanan politik bir ifade olduğu görülüyor.

Stimson'un 14 Mayıs 1945'te günlüğüne yazdıkları, o dönem son derece zayıflatılmış olan Japonya'dan ziyade Rusya'yla uğraşan Truman yönetiminin düşünüşünü yansıtıyor. Savaş bakanı, dışişleri bakanlığı görevlilerinin yanı sıra Britanya Dışişleri Bakanı Anthony Eden'la yapılan çeşitli toplantıları aktarıyor: "... benim görüşüme göre şimdi Rusya'yla çenelerimizi kapatmanın ve eylemlerimizle konuşmanın zamanı gelmişti. Ruslar daha çok bundan anlayacaklar. Liderliği tekrar ele geçirmemiz ve muhtemelen bunu sert ve gerçekçi biçimde yapmamız gereken bir durumdayız."[5] Atom bombası sözü Stimson'un (devlet gizliliği taşımayan) kişisel günlüğünde açıkça geçmese de, ima edilenin bu olduğu açık. Bu da Amerika'nın Hiroşima ve Nagasaki'yi bombalama kararı almasında, Ruslara yönelik yürütülen politikanın önemli bir rol oynadığı yönündeki değerlendirmeyi kuvvetlendiriyor.

Truman yönetiminin en üst yöneticilerinin ve başkanın kendisiyle yapılan görüşmelerin kayıtlarında Rusya saplantısı açıkça görülüyor. Başkan Truman'la yaptığı 6 Haziran 1945 tarihli toplantının notlarında Henry Stimson bir hafta önceki Geçici Komite* toplantısında şu konularda anlaşıldığını yazar:

> a. Rusya'ya veya başkasına S-1 [atom bombası için kullanılan kod isim] çalışmamızın varlığı hakkında, ilk bomba başarıyla Japonya'ya bırakılmadan önce, herhangi bir sızma olmamalı. b. En büyük zorluk Büyük Üçlü [yapılması planlanan Potsdam Konferansı] toplantısında yaşanabilir. O [Truman] bana, bize zaman

5 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Archive Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr, Belge 7: Diary Entries, 14 ve 15 Mayıs 1945. Kaynak: Henry Stimson Diary, Manuscripts and Archives, Yale Üniversitesi Kütüphanesi, Henry Lewis Stimson Papers (mikrofilm Library of Congress'de). Bu belgeler Ulusal Güvenlik Arşivi izniyle www.nsarchive.org'dan alınmıştır.

* Geçici Komite Truman'ın onayıyla Mayıs 1945'te, atom bombasının yapımında karşılaşılacak sorunları ele almak üzere Henry L. Stimson'un başkanlığında kuruldu. Stimson'un başkanlığını yürüttüğü komitenin diğer üyeleri James F. Byrnes, Ralph A. Bard, William L. Clayton, Vannevar Bush, Karl T. Compton, James B. Conant, George L. Harrison'du. Stimson'un yokluğunda Harrison toplantıya başkanlık etse de, Başkan Truman'ın temsilcisi olan Byrnes komitenin en etkili üyesiydi –yn.

kazandırmak amacıyla, bunu 15 Temmuz'a ertelediğini söyledi. Ben yine de gecikme olabileceğini vurguladım ve eğer bu olursa ve Ruslar konuyu açar, kendilerini ortaklığa katmamızı isterlerse, bizim davranışımızın Rusların bize yaptığının aynısı olacağını, şöyle ki, kısa bir açıklamayla şu âna kadar bunu yapmaya hazır olmadığımızı söylemek gerektiğini düşündüğümü söyledim.[6]

Amerikan politikası kesin bir biçimde Rusya odaklıydı. O dönemde Japonya teslim olmak üzereydi. Ve Birleşik Devletler politikalarını oluştururken, çok gizli bir kaynak sayesinde Japon hükümetinin en üst düzey görevlilerinin son durum ve görüşlerine ilişkin bolca kanıta sahipti.



Amerikalı ve İngiliz kriptocular, düşmanlarının gizli iletişimde kullandıkları şifreleri kırmak için savaş öncesinden başlayarak II. Dünya Savaşı boyunca yoğun bir çalışma yürüttüler. Japon şifreleri renklerle anılırdı; bunlardan ilki "Kırmızı Kod" fazla zaman geçmeden çözüldü. İngilizler Enigma adı verilen Nazi şifre makinesinin gizini "Ultra" adı verilen ünlü bir operasyonla açığa çıkardılar. Savaş sırasında Naziler Enigma'nın bazı sırlarını Japonlarla paylaştılar ve bu Japonların daha gelişmiş bir şifre olan "Mor Kod"u geliştirmelerine yol açtı. Amerikalı uzmanlar İngilizlerin yardımıyla bu kez bu kodu çözmek için uğraştılar. Sonunda bu şifre de kırıldı ve böylece ABD Ordu ve Deniz Kuvvetleri İstihbaratı rutin biçimde Japon askeri ve diplomatik iletişimini tespit ederek çözmeye ve kendi dillerine çevirmeye, ulaştıkları bilgilerin özet analizlerini başkan dahil olmak üzere ABD hükümetinin seçkin üyelerine iletmeye başladılar. Gizli Japon diplomatik haberleşmesini çözme ve enformasyona çevirme amacıyla yürütülen bu "Ultra Top Secret" (bazen "Top Secret Ultra" diye de yazılan) operasyona "Magic" (Sihir) kod adı verilmişti. Magic iletilerinin bazıları üzerindeki gizlilik kararı 2005 yılın-

6 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Arşivi, Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr, Belge 15: Memorandum of Conference with the President, 6 Haziran 1945, Top Secret. Kaynak: Manuscripts and Archives, Yale Üniversitesi Kütüphanesi, Henry Lewis Stimson Papers (mikrofilm Library of Congress'de). Bu belgeler Ulusal Güvenlik Arşivi izniyle www.nsarchive.org'dan alınmıştır.

dan (II. Dünya Savaşı'nın sona erişinin altmışıncı yıldönümünden) bu yana kaldırılmış durumda. Bu çok gizli savaş iletileri, Hiroşima ve Nagasaki'ye atom bombası atılmasıyla sonuçlanan emir-komuta zinciri içerisindeki kararları aydınlatıyor. Bu belgeler ancak kısa bir süre önce herkes için ulaşılabilir hale geldi.

Magic üst makamlara, 12 Temmuz 1945 tarihinde Japon Dışişleri Bakanı Shigenori Togo tarafından Moskova Büyükelçisi Naotake Sato'ya yollanan gizli bir telgrafın analizini özetleyen Ultra Top Secret niteliğinde bir bilgi notu yolladı. Telgraf, Japon imparatorunun savaşı sona erdirmesi için Sovyetler'den yardım isteme kararı aldığını Sato'ya iletmekteydi. Elbette henüz Japonlar, Sovyetler'in dünya savaşının sonunu hızlandırma gayretiyle Müttefiklerle Japonya'ya karşı *savaş ilan etme* konusunda çoktan anlaştığının bilgisine sahip değillerdi.

Japonlar doğrudan Müttefiklere başvurmaksızın, Sovyetler veya başka aracılar üzerinden, sonuç vermeyecek olan bu barış girişimlerini sürdürdüler. Alttaki başkana iletilen Magic bilgi notu, Truman yönetiminin Temmuz 1945'te Japonya'nın barış istediğinin gayet bilincinde olduğunu gösteriyor. (30 Temmuz 2005'te 12 sayfası açıklanan) 15 sayfalık not şöyle başlıyor:

ULTRA
TOP SECRET

No. 1204-12 Temmuz 1945 — SAVAŞ BAKANLIĞI
S.nin A.C. Ofisi, G-2

"MAGIC" – DİPLOMATİK ÖZET

ORDU:

1. **Japon barış hamlesi:** 11 Temmuzda Dışişleri Bakanı Togo alttaki "son derece acil" mesajı Büyükelçi Sato'ya yolladı:

"Şu an için gizli bir biçimde, Japonya'yı ülkede ve ülke dışında baskı altında bırakan durumdan dolayı, savaşın sonlandırılması gerektiğini düşünüyoruz. Bu yüzden Molotov'la [Sovyet Dışişleri Bakanı] görüştüğünde önceki emirlerle uyumlu olarak Rusya ve Japonya arasındaki dostluğun yeniden tesisi amacıyla sınırlı kalmamalı, ondan Rusya'nın savaşı sona erdirmede hangi ölçüde fayda sağlayabileceğini öğrenmelisin."[7]

7 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Arşivi, Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr, Belge 29: "Magic"–Diplomatic Summary, War Department, Office of Assis-

Tokyo ile Moskova arasındaki Togo-Sato telgraf haberleşmesinin elde edildiği günden bir gün sonra, Amerikan genelkurmay ikinci başkanına ikinci bir Magic iletisi gönderildi. Konu "Japon Barış Önerisi"ydi. Analiz, ordu istihbarat daire başkanının Japonların Moskova'daki girişiminin olası nedenlerine ilişkin yorumunu içeriyordu:

> (1) İmparator kişisel olarak müdahale etmiş ve askerlerin muhalefetine rağmen barışı kabullenme isteğini hâkim kılmıştır.
>
> (2) İçlerinde yüksek düzeyde Ordu ve Donanma görevlilerinin de yer aldığı, tahta yakın muhafazakâr gruplar, uzun süreli gözü kara direniş yanlısı askeri unsurları devre dışı bırakmıştır.
>
> (3) Japon yönetici kliği iyi koordine edilmiş, birleşik bir çabayla yenilgiden bir süre için kurtulmak istemektedir: (a) Rusların aracılığının uygun bulunup kabullenilebileceği düşüncesiyle, (b) çekici Japon barış önerisinin ABD'de savaş yorgunluğuna hitap edeceği düşüncesiyle.

Bilgi notu, ordu istihbarat daire başkanının şu değerlendirmesiyle son bulur: "Japon hamlesinin arkasındaki olası faktörlerden (1) zor, (2) olası ve (3) yüksek ihtimaldir."[8]

Bu üçünden hangisi doğru olursa olsun, Japonlar açıkça savaşı sona erdirmeye çalışıyorlardı. Teslim olma koşullarını, bir barış antlaşmasıyla müzakere etmeyi umuyorlardı. 8 Mayıs 1945'te Potsdam Antlaşması Nazilerin teslim olmasıyla Avrupa'daki savaşı sona erdirmişti. Japonlar da sorunu benzer biçimde çözüme kavuşturma isteğindeydiler. Yenilirken onurlarını koruma çabasıyla "koşulsuz teslim olma" talebini reddettiler. Dolayısıyla 11 Temmuz 1945 gibi erken bir tarihte savaşı sona

---

tant Chief of Staff, G-2, No. 1204–12 Temmuz 1945, Top Secret Ultra. Kaynak: Record Group 457, Records of the National Security Agency/Central Security Service, "Magic" Diplomatic Summaries 1942-1945, kutu 18, National Security Arşivi, George Washington Üniversitesi. Bu belgeler Ulusal Güvenlik Arşivi izniyle www.nsarchive.org'dan alınmıştır.

8 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Arşivi, Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr, Belge 30: John Weckerling, Deputy Assistant Chief of Staff, G-2, Temmuz 12, 1945, Deputy Chief of Staff'a, "Japanese Peace Offer," 13 Temmuz 1945, Top Secret Ultra. Kaynak: RG 165, Army Operations OPD Executive File #17, Item 13 (J. Samuel Walker'ın izniyle kopyalanmıştır), National Security Arşivi, George Washington Üniversitesi. Bu belgeler Ulusal Güvenlik Arşivi izniyle www.nsarchive.org'dan dan alınmıştır.

erdirmeye açıkça hazırlarken, Birleşik Devletler'in Japonların koşulları kabul etmesi ve anlaşmasını kolaylaştırmak yerine, Japonya'ya atom saldırısı planlarını sürdürmesi merak uyandırmaktadır. Buna verilen alışageldiğimiz yanıt, Japonların "barış için hazır olmadığı" (Magic iletisiyle açıkça yanlışlığı kanıtlanmıştır) ve bu yüzden Kasım 1945'te ABD ordusunun tüm gücüyle Japonya'yı işgali ve atılan bombalar olmasaydı "binlerce Amerikalının hayatının kaybetmesinin" kaçınılmaz olacağıdır.

13 Temmuz tarihinde başka bir Magic bilgi notu gelir:

ORDU

1. **Japon barış hamlesiyle ilgili mesajın devamı:** 12 Temmuzda (Büyükelçi Sato'ya Japonya'nın "savaşın sona erdirilmesinde Rusya'dan faydalanma" isteği iletildikten sonraki gün) Dışişleri Bakanı Togo konuyla ilgili "çok acele" uyarılı şu ek mesajı yolladı: "Molotov'la konuşmanız üzerine henüz bir telgraf almadım. Bundan dolayı yeterli keşif yapılmadan yapılacak bir hamle olsa da, bir adım daha ileri gitmenin ve Üç Gücün Konferansı başlamadan önce Rusları savaşın sonlandırılmasına ilişkin imparatorluk iradesi hakkında bilgilendirmenin uygun olacağını düşündük. Bu yüzden konuyu Molotov'un gündemine şu ifadelerle taşıyalım:

"İmparator Hazretleri bugünkü savaşın, her geçen gün savaş halindeki güçlerin halklarına daha büyük kötülük ve fedakârlıklara mal olduğu gerçeğinin bilinciyle, hızlı bir biçimde sona ermesini kalpten arzulamaktadır. Ancak İngiltere ve Birleşik Devletler koşulsuz teslim olunmasında ısrar ettikleri sürece, Japon imparatorunun şerefi ve anavatanının varlığı için tüm gücüyle savaşmaktan başka alternatifi yoktur. Majesteleri, her iki taraftan insanların daha fazla kanının dökülmesi hususunda son derece isteksizdir ve arzusu insanlığı refahı için olası en hızlı biçimde barışı tesis etmektir."

"İmparatorun azmi, yukarıda belirtildiği gibi, sadece kendi kullarına karşı cömertliğinden değil, genel olarak insanlığın refahı için duyduğu kaygıdan kaynaklanmaktadır. Prens Konoye'nin yukarıda belirtilenleri içeren bir mektupla özel elçisi olarak Moskova'ya yollanması imparatorun özel isteğidir. Lütfen Molotov'u bunun hakkında bilgilendir ve prensin ülkeye girişi için Rusların onayını al."[9]

9 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Arşivi, Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr, Belge 31: "Magic"-Diplomatic Summary, War Department, Office of Assistant Chief of Staff, G-2, No. 1205-Temmuz 13, 1945, Top Secret Ultra. Kaynak:

Japon imparatoru bir barış antlaşmasının önündeki en büyük engelin kendisinin tahttan çekilme konusundaki isteksizliği olduğunun bilincindeydi ve ele geçirilen ileti de bunu doğrulamaktadır. Ancak elde edilen bilgi, daha önceki Magic notundaki (1) numaralı durumla, imparatorun barış istediği ve kendi ordusundaki daha dirençli unsurları alt ettiği yorumuyla uyuşmamaktadır. İleti Japonya'nın savaşı sona erdirmek istediği ve imzalanacak bir barış antlaşmasının koşullarını görüşme arayışında olduğu değerlendirmesini desteklemektedir. Ruslar Japon imparatorunun önerisini kabul etmeyecek ve aslında zaferle ellerine geçen savaş çıkarlarını sağlama almak için kendi çıkarları doğrultusunda bir hamleyle Hiroşima'nın ardından Japonya'ya savaş ilan edeceklerdi.

İstihbaratın ele geçirdiği diğer bilgiler, Japon hükümetinin "koşulsuz teslim olma" ve imparatorun devrilmesi konusunda istekli olmadığı; ancak yine de savaşı sona erdirecek bir antlaşma yapmayı umduğunu ve bunu en hızlı biçimde yapmak istediğini göstermektedir. Konuşmaya hazırlardı. Büyükelçi Sato'dan Dışişleri Bakanı Togo'ya gönderilen ve Magic tarafından çözülen 18 Temmuz tarihli bir mesajda Sato, Japon Hanedanlığı devam ettiği takdirde, Japon hükümetinin *koşulsuz* teslim olmayı kabul etmesini önerdi.[10] Bu kimi Japon görevlilerin savaşı sona erdirme ve bir barış antlaşması sağlama konusunda çaresizce her şeyi göze almiş olduklarının göstergesidir.

Japonlar umutla aracılık için Sovyetler'e bakmaya devam ettiler ve Rusların kendilerine yardım etme niyetinin olmadığı gerçeğine gözlerini kapamayı seçtiler. Muhtemelen bu yüzden

---

Record Group 457, Records of the National Security Agency/Central Security Service, "Magic" Diplomatic Summaries 1942-1945, kutu 18, National Security Arşivi, George Washington Üniversitesi. Bu belgeler Ulusal Güvenlik Arşivi izniyle www.nsarchive.org'dan alınmıştır.

10 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Arşivi, Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr, Belge 40, s. 2, altta. "Magic"–Diplomatic Summary, War Department, Office of Assistant Chief of Staff, G-2, No. 1214-Temmuz 22, 1945, Top Secret Ultra, Source: Record Group 457, Records of the National Security Agency/Central Security Service, "Magic" Diplomatic Summaries 1942-1945, kutu 18, National Security Arşivi, George Washington Üniversitesi. Bu belgeler Ulusal Güvenlik Arşivi izniyle www.nsarchive.org'dan alınmıştır.

barış hamleleri başarılı olamadı; ancak Magic operasyonu sayesinde emin olduğumuz gerçek şu ki, Amerikan hükümeti Japonların savaşı derhal sona erdirmek için bir yol ve (kültürlerinde çok büyük önem taşıyan) kendi yüzlerini en az kızartacak bir çözüm aradıklarının bilgisine tamamıyla sahipti. Japon Hanedanlığı bugün de varlığını sürdürmektedir, dolayısıyla ABD için aslında onun kaldırılması asla önemli bir hedef olmamıştır. Muhtemelen ABD Japonlara reddetmek zorunda kalacakları, yerine getirilemez bir ültimatom vermek istemişti. İmparator asla hiçbir biçimde denklemin önemli bir parçası olmamıştı ve sonuç itibariyle onun gerçekten barış yanlısı olduğuna dair önemli işaretler de ortaya çıktı.

Ardından 26 Temmuzda Truman, Churchill ve Çin'i temsilen Chiang Kai-Shek Japonya'nın koşulsuz teslim olmasını isteyen kesin taleplerini öne sürdüler; herhangi bir görüşme hiçbir biçimde olmayacaktı. Potsdam Deklarasyonu şu sözcüklerle başlar: "Şartlarımız şunlardır. Bunlardan sapmayacağız. Alternatif yoktur. Gecikme kabul etmeyeceğiz." Ve şöyle biter: "Japonya için alternatif, derhal ve mutlak yıkımdır."

29 Temmuz 1945 tarihli Magic bilgi notu, tarihte düşmandan ele geçirilen en ilginç iletilerden biridir. Karşı taraftan elde edilen bilgi, Potsdam Deklarasyonu'nun sert ve küstah doğasının Japon hükümetini ne kadar sarsmış olduğunu göstermektedir. Şartsız teslim olmaya yakın koşullarda bir çağrıyı beklemekteydiler; ancak bu beklemedikleri saldırganlıktaki üslup, Japonların Rusların, Amerikalılar ve İngilizlere Japonya'nın zayıf ve olabilecek her biçimde barış yapmak istediğini söyleyerek, kendilerini aldatmış olduklarından şüphelenmelerine neden oldu. Doğal olarak şüphelenmedikleri şeyse, Amerikalıların Japon iletişim şifresini kırdığı ve gizli yakarılarını öğrenmek için Ruslara ihtiyaç duymadığıydı. Magic iletisi şöyle başlar:

TOP SECRET
ULTRA

No. 1221-29 Temmuz 1945 — SAVAŞ BAKANLIĞI
S.'nin A.C. ofisi, G-2

"MAGİC" – DİPLOMATİK ÖZET

1. **Tokyo Müttefiklerin ültimatomunu "değerlendiriyor":** 28 Temmuzda Dışişleri Bakanı Togo Büyükelçi Sato'ya şu mesajı yolladı:

"No. 944'e Referansla.

"1. İngiltere, Amerika ve Chungking tarafından yapılan Potsdam Ortak Deklarasyonu'nda Rusların pozisyonu, gelecekteki karşı politikamızı geliştirmek için son derece önem taşıyan bir mesele. Üç Gücün Konferanslarında –Quebec, Kahire vd– [kelimeler belirsiz, muhtemelen "görünüşe göre daha önceki çeşitli bildirilerin" anlamında] [yayımlanmadan önce] Rusya'ya iletildiği gerçeği ışığında, bence Rusların şu anki Ortak Deklarasyon'dan önceden haberdar edilmediğine inanmak zor.

"2. Dahası bu esnada biz özel elçi gönderme konusunda Ruslardan gelecek yanıtı beklediğimize göre, bizim önerimizle bu Ortak Deklarasyon arasında bir bağlantı olup olmadığı sorusu ortaya çıkıyor. Açıkçası böylesi bir bağlantı olup olmadığı, şu anlama geliyor: Rus Hükümeti'nin önerimizi İngiliz ve Amerikalılara iletip iletmediği ve [ayrıca] gelecekte Rusların Japonya'ya karşı ne tutum alacağı konusunda büyük bir endişemiz var."[11]

(Köşeli parantezlerin tümü "Magic" iletisinde yer almaktadır.)

İngilizler ve "Chungking" (Çinliler) ile Potsdam'da bir araya gelen Amerikalılar, atom bombasının hazır olduğunu ve Japonya'ya her an atılabileceğini ve daha önceki gizli Magic operasyonlarından Japonya'nın aslında ne kadar zayıf ve çaresiz olduğunu bilmenin cesaretini taşıyorlardı. Truman'ın kati biçimde Japonya'yı koşulsuz teslim olmaya zorlamasına izin veren buydu.

20 Temmuzda Japon başbakanının ofisinde yapılan bir toplantının bilgi notu, bazı Japonların Amerikalıların Japonya'nın en önemli hedefinin Hanedanlığı korumak olduğunu düşündüğünü ve Amerikalıların Japon ulusunun lideri olarak imparatorun pozisyonunu yok etme niyetinde olmadığı düşüncesinde olduğunu gösteriyor. Bu yaklaşım bir Japon deniz ataşesinin Gero von Gävernitz'le İsviçre'de kurduğu bağlantıya dayanıyordu. Von Gävernitz, (o dönem ABD hükümetinde olmayan) John Fos-

11 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Archive Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr, Belge 44: "Magic"–Diplomatic Summary, War Department, Office of Assistant Chief of Staff, G-2, No. 1221–29Temmuz 1945, Top Secret Ultra. Kaynak: Record Group 457, Records of the National Security Agency/Central Security Service, "Magic" Diplomatic Summaries 1942-1945, kutu 18, National Security Arşivi, George Washington Üniversitesi. Bu belgeler Ulusal Güvenlik Arşivi izniyle www.nsarchive.org'dan alınmıştır.

ter Dulles'ın özel sekreteri olan Alman kökenli bir Amerikalıydı. Ataşenin bilgi notunda şu belirtiliyordu: "Japonya savaşa devam edecekse ülke korkunç bir duruma sürüklenecek, ulus bölünecek, yiyecek yetersizliği baş gösterecek vs ve Japon nüfusu neredeyse yarı yarıya azalacak." Bu yüzden "[Amerikalılarla] teması sürdürmeyi avantajlı" bulduğunu söyleyerek bitiriyordu.[12]

Ancak bu temaslar, Amerikalılar Japonların barış yapmak istediğini ve utanca düşmeksizin ulusal saygınlıklarını koruyarak bunun bir yolunu aradıklarını bilmelerine karşın, uzun ömürlü olmayacak ve herhangi bir sonuç vermeyecekti. Üç haftadan az bir süre sonra, Truman henüz Potsdam'dan ülkeye dönmemişken Hiroşima yerle bir edildi. Ondan üç gün sonra, Japonlar henüz Hiroşima'nın hasarını değerlendirememiş ve buna teslim olma yanıtını vermeye vakit bulamamışken, bu kez Nagasaki bombalandı. Bu görevde yer alan uçaklar Tinian Adası'ndan kalkarak Kokura kentine yöneldiler, ancak Kokura üzerindeki kötü hava koşulları hedeflerini korudu. Bu kez ikinci hedefleri Nagasaki'ye yöneldiler, orada da hava koşulları hedefi neredeyse görünmez hale getirmekteydi. Bulutlar aralandığında Mitsubishi çelik fabrikasının yerini tespit ettiler ve Şişman Adam bombasını aşağıya bıraktılar. Bomba bir hamlede ilk elde en az 75.000 insanı, gecikmeli radyasyon etkisiyle de bundan çok daha fazlasını öldürdü.

ABD uçaklarının Japonya'ya üç günde iki kez uçabilmesi, Japonların savaşın o kesitinde ne derece zayıf olduklarının göstergesidir. Sirenler haricinde hava savunma sistemini andıran hiçbir şeye sahip değillerdi ve zaten kentlerinin çoğu konvansiyonel bombalarla vurulmuş durumdaydı. Bu, silahlarını bırakması için önce büyük ölçekli bir işgalin gerektiği değil, teslim olmak üzere olan bir ulusun görüntüsüdür. Hiroşima ve Nagasaki bombalamalarının "binlerce Amerikalının hayatını kurtardığı" söylemi sorgulanmaya muhtaçtır.

---

12 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Arşivi, Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr, Belge 37: Diary Entry, 20 Temmuz 1945. Kaynak: Takashi Itoh (ed.), *Sokichi Takagi: Nikki to Joho* [*Sokichi Takagi: Diary and Documents*] (Tokyo, Japonya: Misuzu-Shobo, 2000), 916-917 [çev. Hikaru Tajima], National Security Arşivi, George Washington Üniversitesi. Bu belgeler Ulusal Güvenlik Arşivi izniyle www.nsarchive.org'dan alınmıştır.

Önüne çıkanı yıkan büyük Amerikan gücünü hiçbir şey durduramamıştır; ne Japonların teslim olma olasılığı, ne Amerikalı bilim insanlarının itirazları, ne de kan dökmenin bu tip kıyamet silahlarını kullanmadan sona erdirilmesinin bu derece mümkün olması. Bu benzersiz atom bombası geliştirme projesine olağanüstü kaynaklar harcanmıştı ve ordu tüm bu harcama ve çabanın karşılığını göstermeliydi. Bu yarışı başlatmış olan Naziler bile sahneden çekilmişken, Manhattan Projesi'nin sonucunda elde iki atom bombası kalmıştı ve bunların bir yerlere atılması gerekiyordu. Ve politikacılar bu bombaların Ruslara mesaj vermek için kullanılabileceğini gördüler.

17

SOĞUK SAVAŞ

Hiroşima ve Nagasaki'den sonra II. Dünya Savaşı sona ermeye yüz tutarken, bu kez de soğuk savaş başladı. Bazı olaylar henüz Japonlar 15 Ağustosta teslim olmadan ve aynı ay ABD kuvvetlerinin General Douglas MacArthur'un komutasındaki Japonya işgali başlamadan önce bile, yüzyılın ikinci yarısına damgasını vuracak bir uluslararası mücadelenin başlamış olduğuna işaret ediyordu.

8 Ağustosta, Hiroşima'ya atom bombası atıldıktan iki gün sonra, ikinci bomba Nagasaki'ye atılmadan bir gün önce, Ruslar Japonya'ya savaş ilan ederek Mançurya'ya saldırdılar. Geleceğe baktıkları, yaklaşan soğuk savaşa göre pozisyon aldıkları açıktı ve kendileri açısından mümkün olan en fazla bölgeyi güvenlikli kılma amacındaydılar.

Eğer Birleşik Devletler atom bombası kullanarak Sovyet yayılmasını engelleyebileceğini düşündüyse, bunda yanıldığı gayet açıktı. Tersine gayet akla yatkın biçimde aslında Hiroşima ve Nagasaki'nin soğuk savaşı başlattığı ve ABD atom bombasını hiç kullanmamış olsa, soğuk savaşın daha yavaş ilerleyeceği,

belki de hiç olmayacağı tartışma konusu edilebilir. Bombalar atılınca Sovyetler, kendi atom bombası projelerini başlatarak Amerikan silah geliştirme teknolojisine yetişme ihtiyacı duydu.

Oysa savaşın sona ermesinden bir yıl önce, ilk atom bombası henüz daha yapım aşamasındayken kimi bilim insanları bir silahlanma yarışının başlayacağını öngörmüş ve bunu engellemeye ya da en azından etkisini azaltmaya çalışmışlardı.

30 Eylül 1944'te, Hiroşima'dan on ay önce, ABD hükümetinin Bilimsel Araştırma ve Geliştirme Bakanlığı'na danışmanlık yapan Vannevar Bush ve James B. Conant (Harvard Üniversitesi rektörü), savaş bakanına iletilmek üzere "özel projelerde" (kastedilen Manhattan Projesi) geliştirilebilecek savaş sonrası planlara dair bir bilgi notu kaleme aldılar. Bu mektupta şu ana hususları vurguladılar:

1. Önümüzdeki yazdan başlayarak bu konu büyük bir askeri önem taşıyacak.
2. Savaştan sonra beceri hızla artacak, dolayısıyla askeri yön ağır basar hale gelebilir.
3. Bu ülkenin sahip olduğu avantaj geçicidir, kaybedilebilir, hatta eğer bu alanda gizli bir silahlanma yarışı varsa geri tepebilir.
4. Konuyu bilen çok sayıda insan var ve gizliliği sürdürerek güvenliğimizi korumaya çalışmak çok çılgınca.
5. Özellikle gelecekte durumun alacağı biçim düşünüldüğünde, kullanımını denetlemek için tek başına malzeme arzını denetlemeye güvenilemez.
6. Bu temelde bir silahlanma yarışının önlenmesi için ve hatta gelecekteki dünya barışına hizmet etmesi için umut vardır; ancak bu, konuyla ilgili uluslararası tam bir bilimsel/teknolojik alışverişin sağlanmasıyla ve bunun bir milletler birliğine bağlı olarak çalışan ve araştırma yetkesine sahip uluslararası bir komisyonla desteklenmesiyle mümkündür.[1]

---

1 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Archive Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr, Belge 1: Memorandum from Vannevar Bush and James B. Conant, Office of Scientific Research and Development, to Secretary of War, 30 Eylül 1944, Top Secret. Kaynak: Record Group 77, Records of the Army Corps of Engineers (bundan sonra RG 77), Manhattan Engineering District (MED), Harrison-Bundy Files (H-B dosyaları), klasör 69, National Security Arşivi, George Washington Üniversitesi. Bu belgeler Ulusal Güvenlik Arşivi izniyle www.nsarchive.org'dan alınmıştır.

Atom bombası hazır hale gelmeden neredeyse bir yıl önce, hem de savaşın ortasında, geleceği gören bilim insanları atom silahları artışının olası sonuçlarını kavramışlardı. Şimdiden bunun dünya barışını zehirleyecek etkilerini minimize etmenin yollarını araştırıyorlardı.

Ayrıntılı analizlerinde Bush ve Conant atom bombasını tüm ayrıntısıyla ele alıyorlardı:

> Mevcut Askeri İmkânları: 1 Ağustos 1945'ten önce atom bombalarının dünyaya gösterileceğine ve üretilen tipin genel patlama zararı göz önüne alındığında 1000 ila 10.000 ton yüksek nitelikte patlayıcıya denk olacağına inanmak için her türlü sebep vardır. Bu, böylesi bir bombanın yüklendiği tek bir B-29 uçağının zayıf endüstriyel ve sivil hedeflere yönelik olarak 100 ila 1000 arasında B-29 bombalama uçağıyla aynı zararı vermesi demektir.[2]

Notu kaleme alanlar, ABD'nin tek başına atom silahları tekelini elinde tutabileceğine yönelik görüşe muhalefet ederek, başkalarını kapsama ve uluslararası denetimlerin gerekliliğini vurgulayarak devam ediyorlar. En nihayetinde bu tip denetimlerin olmaması bizi ABD ile Sovyetler Birliği arasındaki soğuk savaşa götürdü.

Sovyetler kısa süre zarfında kendi atom bombasını yaptı ve iki süper güç karşılıklı olarak küresel düzeyde pahalı, yıkıcı ve insan sağlığına aykırı nükleer bomba geliştirme ve deneme programlarına başladılar. Amerikan denemeleri Pasifik'teki Bikini mercan adalarının mahvına sebep oldu ve radyoaktif kalıntılar sıklıkla Oregon ve Washington'a yağmur biçiminde serpildi. Daha sonra deneme alanı Nevada Çölüne kaydırıldı, radyoaktif kalıntıların da buradan kıta üzerindeki çoğu yere ulaşması mümkün oldu. Ruslar nükleer deneme programları için Kuzey Buz Denizi'ndeki Novaya Zemlia Adasını kullandılar. Ardından Fransızlar, İngilizler ve Çinliler de yarışa katıldılar. Britanyalılar denemelerini Avustralya'da gerçekleştirdi. Fransızlar 1970'lerdeki bomba denemeleriyle Polonezya adalarının el değ-

2 "The Atomic Bomb and the End of World War II: A Collection of Primary Sources," National Security Arşivi, Electronic Briefing Book No. 162, ed. William Burr, Belge 1. Bu belgeler Ulusal Güvenlik Arşivi izniyle www.nsarchive.org'dan alınmıştır.

memiş doğasını tamamen yok ettiler. Aynısını Çinliler Orta Asya çöllerinde Uygur bölgesindeki Lop Nor'da yaptı. Düşüncesizce gerçekleştirilen bu patlamaların doğal yaşama yaydığı radyasyon akıl almaz düzeydeydi ve bu denemelerin insan sağlığına olumsuz etkileri yüzyıllar boyunca peşimizi bırakmayacak.

1950'li yıllarda, Manhattan Projesi'nde Enrico Fermi'yle çalışmış bir nükleer fizikçi olan Edward Teller, ABD'ye göç etmiş bir Polonyalı matematikçi olan Stanislaw Ulam'la birlikte bir hidrojen bombası tasarlamaya girişti. Bombanın gücü füzyon sağlanmasından kaynaklanıyordu; yıldızların derinliklerinde yaşanana benzer biçimde, iki çekirdeğin birbirleriyle kaynaşarak tek bir varlık haline geldiği bir süreçti bu. Sürecin başlaması için devasa miktarda enerji gerekiyordu; yıldızların alev alev yanan merkezlerinde gerçekleşmesi de bu yüzdendi. Bir kez başladı mı, fisyon bombalarını yanında cüce bırakan muazzam bir enerji serbest kalıyordu. Ve yine burada uranyum kilit bir rol oynuyordu. Helyum çekirdekleri yaratmak üzere hidrojen çekirdeklerinin eriyerek birleştiği bir hidrojen bombasının ateşlenmesi için ilk önce bir uranyum veya plütonyum bombası patlatılmalıydı. Teller-Ulam tasarımı, füzyonun gerçekleşmesi için fisyon yoluyla yeterli ısı enerjisi üretilmesinin önündeki teknik engeli çözüme kavuşturuyordu.

1952 yılında Birleşik Devletler Pasifik'teki Eniwetok Mercanadası'nda ilk hidrojen bombası denemesini gerçekleştirdi. Sovyetler Birliği silahlanma yarışına hız vererek, bundan üç yıl sonra kendi hidrojen bombasını geliştirdi. Karşılaştırma açısından, bir fisyon bombası on binlerce ton (onlarca kiloton) TNT'ye denk bir tahrip gücündedir (Hiroşima'daki bomba 15 ila 20 kiloton veya 15.000 ila 20.000 ton güçlü patlayıcıya denk bir güçteydi); öte yandan tipik bir hidrojen bombası (füzyon bombası) ise megaton cinsinden hesaplanır (gücü *milyonlarca* ton güçlü patlayıcıya denktir). Soğuk savaş sırasında üretilen en korkunç güçte (örnek olarak 1961 yılındaki bir Sovyet nükleer denemesinde ölçülen) bombalar, kabaca 50 megaton TNT gücündeydi. Hiroşima'yı 15 ila 20 kilotonluk bir bomba imha etmişti; bundan 2500 kat daha güçlü bir bombanın yaratacağı hasarı siz tahmin etmeye çalışın.

Bir kez daha, çalışmaları bu gelişmelere yol açan kimi bilim insanları, keşiflerini istismar eden politikacılara karşı koymaya çalıştılar. Soğuk savaşın doruğa vardığı 1955 yılında dünyanın önde gelen fizikçileri, Russell-Einstein Manifestosu olarak bilinen bir açıklamaya imza attılar. Açıklama, dünya liderlerini nafile ve aşırı tehlikeli nükleer silahlanma yarışından vazgeçmeye ve uluslararası sorunları diplomasi yoluyla çözmeye çağırıyordu. Aynı yıl, bu mektubun en önemli imzacısı ve dünyanın en ünlü bilim insanı, pasifist ve hümanist Albert Einstein vefat etti.

Leo Szilard yaşamının son yıllarını Sovyetler Birliği'nin nükleer silahsızlanma kararı alması için çalışmakla geçirdi. Eylül 1959'ta, Birleşik Devletler'le masaya oturarak silahsızlanmayı ele alması için Sovyet lider Nikita S. Kruşçev'e bir mektup yazmakla işe başladı. Szilard Kruşçev'e yazdığı mektupların bazılarına yanıt aldı, hatta Ekim 1960'ta Sovyet lideriyle iki saatlik bir toplantı yapma ayrıcalığına ulaştı. Ayrıca Rus diplomatlarla toplantılar da yaptı. Szilard'ın çabaları sonucunda Amerikalı ve Rus bilim insanları arasında politik sorunlara olası çözümlerin tartışıldığı silahsızlanma ekseninde bazı toplantılar düzenlendi.[3] Daha öncesinde de, 1940'lı yılların sonunda Szilard, Truman'a ve Stalin'e yazdığı mektuplarla, bilim insanlarının ve bilimle uğraşmayanların kendi aralarında nükleer konuları ele aldıkları toplantıların düzenlenmesi için uğraşmıştı. Bu ilk denemeler Kruşçev'in dönemine dek Sovyetler yanıt vermediği için sonuca ulaşmamıştı.

12 Kasım 1960'ta Szilard, Edward Teller'le birlikte NBC kanalında yayınlanan "Ulusun Geleceği" adlı bir tartışma programına katıldı. Tartışma içerisinde şöyle dedi: "Amerika ve Rusya'nın çok büyük bir ortak noktası var. İkimiz de, iki tarafın da istemediği bir savaştan kaçınmak istiyoruz. Ruslar barışa giden yol için silahsızlanmanın önemini vurguluyorlar. Biz ise yakın zamana kadar silahsızlanmaya fazla ilgi göstermedik ve eğer dikkatle dinlerseniz tartışmamız sonucunda bu açığa çıka-

3 Helen S. Hawkins, G. Allen Gerb ve Gertrud Weiss Szilard (ed.), *Toward a Livable World: Leo Szilard and the Crusade for Nuclear Arms Control* (Cambridge: MIT Press, 1987), s. 253.

cak, biz ev ödevimizi yapmadık." Konuşmasını şöyle sürdürdü: "Silahsızlanma otomatik olarak barışı garanti altına almayacak. Gelin silahların olmadığı bir dünya hayal edelim. Amerika ve Rusya, böylesine silahsız bir dünyada bile askeri açıdan komşularına hükmetmek için yeterli güçte olacaklar."[4] Szilard her iki tarafın sahip olduğu bombaların toplam gücü ve sayısının aşırı büyük olduğunu, böyle güçlü bombalar istiflemeye devam etmek için hiçbir mantıklı gerekçe olmadığını ve bu çılgınlığın sona ermesi için Amerikalılar ile Sovyetler'in anlaşmak durumunda olduğunu vurguladı. Söyledikleri hemen bir etki yaratmadı, ancak Szilard 1964 yılında ölene dek dünya barışını ve Birleşik Devletler ile Sovyetler Birliği arasında nükleer silah azaltma görüşmeleri yapılmasını savunmaya devam etti.

II. Dünya Savaşı'nın sona ermesinin ardından ABD savunma stratejisinin ana hedefi "caydırıcılık" oldu.[5] Bu politikanın ana fikri, çok büyük sayıda ve çeşitlilikte nükleer silahın geliştirilmesi ve üretilmesi yoluyla Sovyetler Birliği'nin karşısında güçlü ve uzlaşmaz, sert bir duruş sergilemekti. Bu nükleer silahların bazıları toprak üzerinde füze biçiminde, bazıları dünya çevresinde 24 saat uçuş halinde tutulan stratejik bombardıman uçaklarında, bazıları da dünya okyanuslarının altında devriye gezen nükleer denizaltılarda konuşlandırılmıştı. Bu doktrine bağlı olarak Birleşik Devletler, Sovyetler Birliği'ne durmaksızın şu mesajı vermeye çalışıyordu: "Ne nükleer silahlarla ne de büyük konvansiyonel gücünle sakın bana veya müttefiklerime saldırmayı aklından geçirme. Bunu yaparsan sana nükleer bombayla saldıracağım."

Ancak Sovyetler kendi güçlü nükleer cephaneliğini inşa etmeye devam ediyor, hatta hidrojen bombalarının bazılarının menzilleri en büyük Amerikan bombalarından daha uzağa uzanabiliyordu. Dolayısıyla Birleşik Devletler'in caydırıcılık politikası simetrik bir gözden geçirmeye ihtiyaç duyuyordu: "Biz seni caydırıyoruz, ancak sen de bizi caydırıyorsun." Ve caydırıcılık

4 "The Nation's Future," NBC Televizyonu, 12 Kasım 1960; Hawkins, Gerb ve Szilard (ed.), *Toward a Livable World*, s. 239'dan alıntılanmıştır.

5 Frank L. Gertcher ve William J. Weida, *Beyond Deterrence: The Political Economy of Nuclear Weapons* (Boulder: Westview Press, 1990), s. 19.

felsefesi yerleşikleştikçe her iki taraf sürekli daha fazla bomba yapma yarışına hız veriyor, nihayetinde on yıllar boyunca ABD'nin (ve Sovyetler Birliği'nin) nükleer savunma politikasını belirleyen yeni ve korkunç bir görüş ortaya çıkıyordu: Dehşet dengesi doktrini (MAD).*

MAD doktrinine göre, Birleşik Devletler de, Sovyetler Birliği de öyle çok (her iki tarafta da on binlerce) nükleer silaha (ve bunları taşımak için gereken füze sistemlerine) sahipti ki, eğer bir nükleer savaş patlak verirse, *her iki taraf da tamamıyla imha olacaktı.* MAD modeline uyum sağlamış biçimde ABD, "bir Sovyet saldırısından önce, saldırı esnasında veya sonrasında Sovyetler Birliği'ni işlerliği olan bir toplum olmaktan çıkaracak biçimde imha edecek hazırlık ve kararlılığını" ilan etmişti.[6]

Peki, nükleer silahların ilk kullanımı nasıl olacaktı? ABD değerlendirmesinde düşmanın kendisine saldırı kabiliyetini etkisizleştirmek için Sovyetler Birliği'ne ilk saldıracak tarafın ABD olması olasılığını ele almıştı. Düşmanın tüm füzelerini etkisiz hale getirecek güçte bir ilk saldırı, böylelikle hasmının ABD saldırısına karşı misilleme yapmasını engellemek, Sovyetler'den gelecek tahrip edici bir saldırıyı önlemek için olası bir adım olarak görülüyordu. Bunu başarabilmek için nükleer başlıklı kıtalararası balistik saldırı füzelerinin geliştirilmesi ve bunların doğrudan balistik nükleer füzeler barındıran Sovyet silolarını hedef alması gerekiyordu.[7] Böylesi bir nükleer politikanın temel sorunu, ABD başkanının nasıl ve hangi koşullar altında büyük bir tehlike taşıyan bu Sovyetler Birliği'ni zorla silahsızlandırma (konuştuğumuz konu itibariyle yok etme) kararını vereceğiydi. Soğuk savaşın başka bir alternatif stratejisi de "düşmanı yıpratma yoluyla zayıflatmak"tı.[8]

---

* Dehşet dengesi kavramının İngilizcesi *mutually assured destruction* yıkımın karşılıklı olarak güvence altına alınması anlamındadır ve baş harflerinden oluşan kısaltma MAD ise aynı zamanda İngilizcede "çılgın" anlamına gelmektedir –çn.

6 Freeman Dyson, *Weapons and Hope* (New York: Harper & Row, 1984), s. 240.

7 David C. Hendrickson, *The Future of American Strategy* (New York: Holmes & Meier, 1987), s. 117.

8 Walter Lippman, *The Cold War: A Study of U.S. Foreign Policy* (New York: Harper & Row, 1947), s. 119.

ABD'ye karşı Sovyetler de yıpratma politikası izliyor ve iki blok arasında daha küçük bölgesel çatışmalar yürütüyordu. Yerel ve bölgesel çatışmalar, düşmanın küresel çatışmanın büyük resmine odaklanma becerisini azaltmak, kaynaklarını ve rezervlerini aşındırmanın yanı sıra küresel çatışmayı sürdürme amacı taşıyordu. Sovyetler ile Amerikalılar arasındaki yıpratma savaşı, Kore Savaşı'na, Küba Füze Krizi'ne, Berlin Duvarı'na, Vietnam Savaşı'na ve iki bloğu sürekli, nükleer silah kullanımını içermeyen bir karşıtlaşma içerisinde tutan bir dizi bölgesel çatışmaya sebep oldu. Ancak bu bölgesel çatışmaların tam bir nükleer savaşa dönüşme tehlikesi de kırk beş yıl boyunca gündemde oldu.

Bu politikanın mimarlarından biri Henry Kissinger'dı. Başkan Nixon'un ulusal güvenlik danışmanı ve sonrasında Dışişleri Bakanı olmasından çok önce, 1957 yılında, henüz Harvard'da profesörken *Nükleer Silahlar ve Dış Politika* adında çok satan bir kitap kaleme almış ve orada bu stratejiye açıklık getirmişti: "Amacımızın düşmanı imha etmek değil, onun iradesini etkilemek olduğu gerçeğini hiç aklımızdan çıkarmamalı ve savaşın sınırlandırılmasının yolunun düşmanı kaçınılmaz bir risk hesabına sürüklemekten geçtiğini bilmeliyiz... Her [askeri] kampanya, her biri politik bir amaç içeren ve aralarında politik ve psikolojik baskılar uygulamaya izin verecek yeterli zaman aralığı olan bir dizi bağımsız aşama olarak düşünülmelidir."[9] Kissinger'ın hesaplı stratejisi bağlamında ele alındığında 1961-1962 Küba Füze Krizi tamamen yeni ve çok meşum bir anlam kazanır. Hatırlanacağı üzere Başkan John F. Kennedy 1962 yılı Ekim ayının ortasında Sovyetler'e, geri adım atarak Küba topraklarında kurulu nükleer füzelerini kaldırmak veya termonükleer bir felaketle karşılaşmak ikilemini dayattığında, dünya nükleer bir felaketin eşiğinden kıl payı dönmüştü.

Daha sonraki yıllarda iki tarafın sahip olduğu nükleer silahların azaltılarak küresel çatışmanın soğutulması amacıyla bazı başarılı girişimler söz konusu oldu. Stratejik Silahlanmanın Sınırlandırılması Antlaşması (SALT: "Strategic Arms Limitation

9 Henry A. Kissinger, *Nuclear Weapons and Foreign Policy* (New York: Doubleday, 1957), s. 189.

Treaty") karşılıklı olarak her iki tarafın nükleer silahlanmasında etkili bir azalma sağladı. Ancak soğuk savaş yirminci yüzyılın son on yılına kadar devam etti.

1989'da Sovyetler Birliği çözülmeye başladı. 17 Haziran 1992'de başkanlar George H.W. Bush ve Boris Yeltsin ülkelerinin sahip olduğu nükleer silahlarda geniş çaplı bir indirim yapılmasında anlaştılar; her iki taraf on binlerce nükleer bombaya sahipken, bu sayı her biri için en fazla 3500 bombayla sınırlandırıldı.[10] Bombalarda kullanılan bölünebilir malzemenin üretimi de hemen hemen tamamıyla durduruldu. 1964'ten itibaren Birleşik Devletler bombalarında artık uranyum-235 kullanmıyordu, bunun nedeni temelde uranyum-235'in ham filizinden ayrıştırılmasının nükleer reaktörlerde çok büyük miktarlarda üretilebilen plütonyumun saflaştırılmasına göre daha zor olmasıydı. Ancak iki tarafın silah indirim antlaşmaları sayesinde, 1988'den bu yana plütonyum üretimi de durduruldu. (Elde bekleyen atom silahları zaman içerisinde bozularak kötüleşir, ancak bu çok yavaş bir hızda olur.)

1991-1992 arası, tek bir yıl içerisinde Poseidon (C-3) ve Trident I (C-4) kategorilerindeki Amerikan stratejik nükleer denizaltılarının taşıdığı nükleer başlıklı füze sayısı 352'den 176'ya düşürülerek yarı yarıya azaltıldı.[11] Her iki tarafın stratejik bombalama uçaklarında ve yerde kurulu füze rampalarındaki nükleer silah sayısında da benzer düşüşler gerçekleşti.



Ölüm, yıkım ve radyoaktif kalıntılar yetmezmiş gibi, 1982 yılında konuyla ilgili yazında nükleer silahların taşıdığı yeni bir tehlike üzerine makaleler çıktı. Bilim insanları (içlerinde en tanınanı Kimya Nobel Ödülü sahibi, Hollandalı Paul J. Crutzen, ardından Carl Sagan vd) dünya üzerinde herhangi bir yerde çok sayıda nükleer bomba patlatılırsa, bunun sonucunda bir "nükleer kış" yaşanacağını tespit ettiler. Bunun nedeni, yanmış parçacıklı maddeler ve isin atmosfere yükselmesi ve güneş ışınları-

10 Bart Brasher, *Implosion: Downsizing the U.S. Military, 1987-2015* (Westport, CT: Greenwood Press, 2000), s. 105.

11 Brasher, *Implosion: Downsizing the U.S. Military*, s. 105.

nı engellemesidir. Gezegenin sıcaklığı aniden düşer ve ekinlerin tümü harap olur. Nükleer kış her şeyi dondurur, yiyecek kalmaz, insanlar ve hayvanlar ölür. Gezegenimizde yaşamın sonu gelir.

Bu kez bilim, politikayı etkilemeyi başarmış göründü. ABD ve SSCB nükleer bir savaşın kazanılmasının mümkün olmadığını ve bir kez bombalar patlamaya başlayınca hepimizin kaybedeceğini gördüler. Politikacıların düşünüşü farklılaşmaya başladı. Bilimsel bulgular nükleer savaşı düşünülemez kıldı ve siyasal rakipleri dünyadaki savaş başlıklarının sayısının sınırlandırılması sürecini başlatmaya itti. Ancak yakın zamanda yapılan bir tahmin, Ortadoğu'da bölgesel bir çatışma veya Hindistan ile Pakistan arasındaki bir savaşta, Hiroşima boyutunda elli bombanın atılmasının nükleer kışa ve sonuç olarak gezegenin ölümüne sebep olmaya yeterli olacağını gösteriyor. Bu nedenle Batı ile Ruslar arasındaki cepheleşme büyük oranda sona ermiş olsa da, halen bölgesel nükleer güçlerden gelecek bir tehlikeyle karşı karşıyayız.

18

URANYUMUN GELECEĞİ

Silah geliştirme, nükleer enerji veya tıbbi araştırma ve tedavide yan ürünlerini kullanma, her ne biçimde olursa olsun uranyumdan faydalanan büyük küçük tüm devletler, özgün bir kâr-zarar hesabı yapmak ve zor kararlar vermekle karşı karşıya kalıyorlar.

Yirmi birinci yüzyılda artık nükleer silahlanma tarihe karışmak zorunda. Bugün doğadaki en düşük radyasyon düzeylerini ölçebilen araçlara sahibiz. Hükümetler bir araya gelerek nükleer malzemelerin yasadışı ticaretine temelli son vermek zorundalar. Haydut devletlerin nükleer hareketliliğini tespit etmek için yeni yollar geliştirmek amacıyla çalışmalar yapılmalı.

Her ulusun nükleer atık konusuna da samimiyetle yaklaşması gerekiyor. Sivil amaçlı nükleer güç santrallerinde uranyumdan elde edilen enerjinin temiz ve güvenli olduğundan emin olmalı, bir yandan uzun vadeli sürdürülebilir enerji alternatifleri üzerinde çalışmaya devam ederken, kazalar ve terörizm açısından mutlak güvenlikli koşullara yakınsayan yeni tipte nükleer güç santralleri geliştirmeliyiz.



Atom çağı, savaş koşulları altında bir atom bombası yapma dürtüsüyle başladı. Ancak bir yan kazanım olarak (bu yönden bakmayı tercih ederseniz), bilimsel açıdan elektrik enerjisi üretmek için nükleer malzemelerin nasıl kullanılacağı anlaşıldı. Enrico Fermi'nin Chicago Üniversitesinde 1942'de gerçekleştirdiği deney, (saf 235 izotopu olması zorunlu olmayan) uranyumun zincirleme tepkimesinin sağlanabileceğini gösterdi. Enerji elde etmek için bomba yapımında gereken karmaşık adımların çoğuna ihtiyaç duyulmaz. Enerji üretiminde zincirleme tepkime süreci kabaca şöyle işler:

Uranyumun rafine hale getirilmesi, 235 izotopunun doğal yüzdesinden daha fazla, ancak bombalar için gereken zenginleştirmeden çok daha düşük bir düzeyde olacak şekilde gerçekleştirilir. Çoğunluğu 238 izotopu olan uranyumun yanında, daha az bulunan uranyum-235'ten düşük bir yüzdenin elde olması yeterli olur. Uranyum izotoplarının bu az zenginleştirilmiş karışımı, nükleer güç santrallerinde yakıt olarak kullanılır. Santralin esas bölümü reaktördür; bu da radyasyon sızıntısına karşı korunaklı biçimde, ek güvenlik önlemi sağlayan bir kubbenin içerisinde yer alan büyük yalıtılmış bir kazandan ibarettir.

Reaktör, zenginleştirilmiş uranyum topaklarından yapılmış yakıt çubukları içerir. Uranyum atomları fisyon (çekirdeklerin parçalanması) geçirir ve nötron bırakırlar; bu nötronlar başka uranyum atomlarını etkiler ve onlar da fisyona uğrar. Bu Fermi ve arkadaşlarının ünlü 1942 deneyinde gerçekleştirdikleri zincirleme tepkimedir. Reaktördeki zincirleme tepkime, ağır su, normal su, grafit veya fazla nötronları soğuracak başka bir malzeme aracılığıyla reaktörün kritik düzeyin üzerine çıkarak patlamasını engelleyerek ılımlılaştırılır. Tepkimelerin kontrol edilebilir düzeylerde tutulması için reaktörün içerisine kadmiyum çubuklar yerleştiriliyor.

Reaktörün içerisindeki nükleer süreçte elde edilen ürünlerden biri, Einstein'ın kütle ile enerjiyi ilişkilendiren denkleminde açıklandığı üzere, ısı. Uranyumun kütlesi zincirleme tepkimede fisyon geçirdikçe değişir ve ortaya çıkan enerjinin bir bölümü ısı

olur. Nükleer santralin amacı, bu ısı enerjisinin buharlı bir türbini çalıştırmak için kullanılmasıdır. Nükleer reaktörden gelen ısı, suyu kaynatmak veya bazı santral tasarımlarında belli bir yüksek sıcaklığa ulaştırmak için kullanılır. Böylelikle ısı enerjisi hareket enerjisine dönüştürülür. Buharlı bir santralde, kaynayan sudan elde edilen buhar türbine girer ve türbinin dönmesini sağlar. Buharlı gemi veya buharlı trenle aynı ilkeyle çalışır, sadece türbini hareket ettiren ısı enerjisini üreten kömür veya başka bir yakıt değil, nükleer güçtür, bir diğer ifadeyle, uranyum fisyonunun kesintisiz zincirleme tepkimesidir.

Ardından türbinin hareketi, buradaki hareket enerjisi elektrik kuvvetine çevrilir. Bu, buhardan elde edilen hareket enerjisinin bakır telden büyük bobinlerin manyetik bir alanda dönmeleri için kullanılmasıyla sağlanır. Bir jeneratörde metal tellerin büyük mıknatıslarla yaratılan manyetik bir alan içerisinde hareket etmesi sağlandığında, sonuç olarak elektrik adını verdiğimiz teldeki elektronların zorla akışı elde edilmiş olur. Böylelikle uranyum fisyonundan artık elektrik üretilmiştir. İşlem gayet etkilidir: Yavaş biçimde bozunan bir miktar uranyumun ürettiği toplam ısı, çok daha büyük miktarlarda fosil yakıt yakılmasıyla elde edilebilecek olandan fazladır. Ancak nükleer enerji de kendisine özgü bazı sorunları beraberinde getirir.

Zenginleştirilmiş uranyum topakları kullanıldıktan sonra ısı üretmede artık faydası olmayan radyoaktif öğeler içerirler. Bu yüzden reaktörden çıkarılarak yerine yeni yakıt koyulması zorunludur. Bu, reaktör bakım ve ikmal amacıyla durdurulduğunda yapılır. Ancak kullanılan yakıt yüksek derecede radyoaktiftir ve nükleer tepkime geçirmiş bu ürünlerin çoğu binlerce yıl boyunca radyoaktivitelerini korurlar. Dolayısıyla harcanan nükleer yakıtın güvenlikli biçimde elden çıkarılması için kalıcı bir çözüm bulunmak zorundadır. Bugüne dek kullanılan çözümler, yani belli bir yerde depolama ve nükleer atık tesislerine gönderme, kalıcı olmayan, geçici çözümler niteliğindedir.

Bu yeni enerji elde etme teknolojisinden ilk faydalananlar Ruslar ve İngilizler oldu. 1954 yılında Ruslar Moskova'nın güneybatısındaki Obninsk'te küçük bir araştırma reaktörü kurdular ve burada kamusal tüketim için konvansiyonel biçimde elde

edilen enerjiye küçük bir miktarda da olsa, yaklaşık beş megavatlık büyüklükte nükleer yolla üretilen bir elektrik enerjisini eklemeyi başardılar.

İngiliz hükümeti İngiltere'nin kuzeybatısındaki Cumbria'da Sellafield adı verilen bir tesiste silah üretimi amaçlı nükleer araştırmalar yürütüyordu. 1956 yılında bu yerleşkede hükümet Calder Hall reaktörünün açılışını yaptı ve daha önce araştırma amaçlı kullanılan nükleer işlem deneyimini kamuya dönük geniş ölçekli elektrik üretimine çevirdi. Bu reaktör ilk Rus reaktörünün ürettiği elektrik akımının on katını sağlıyordu. Reaktör yaklaşık elli yıl kullanıldıktan sonra 2003 yılında kapatıldı.

İngilizler Sellafield'de harcanan uranyumu depolamak yerine geri dönüşümünü denediler. Plütonyum nükleer reaktörlerde üretildiği ve aynı zamanda reaktörler için yakıt olarak da kullanılabildiği için burada bir kaynak israfını engelleme olasılığı gördüler. Fikir, nükleer enerji tesislerinde kullanılan uranyum yakıtının yeniden işlenmesi ve bundan yeniden kullanıma uygun, elektrik üretimi için yeni yakıt olarak kullanılabilecek plütonyum elde etmekti. İngilizler Sellafield tesislerinde bu görevi yerine getirecek bir nükleer yeniden işleme reaktörü kurdular. Ancak kullanılmış nükleer yakıtı yeniden işlemek zor ve tehlikeli bir işlemdir. Kullanılmış yakıt, kullanıma uygun plütonyumun yanı sıra, başka birçok yüksek derecede radyoaktif öğeyi de içerir ve bunların bulaşıcı kirliliğe yol açmayacak, temiz bir biçimde ayrıştırılarak ortadan kaldırılması şarttır. Sonradan ortaya çıktığı üzere, Sellafield yeniden işlem tesisi çevreye radyasyon sızdırma pahasına işletilmiştir. Şu an itibariyle yeniden işleme fikri genel olarak kendisinden bekleneni vermemiştir.

Birleşik Devletler ilk nükleer güç üretim reaktörünü 1957 Aralığında Pennsylvania, Shippingport'ta hizmete açtı ve düşük düzeyde işletildiği bir deneme sürecinin ardından 1958 yılında 60 megavat elektrik üretir duruma ulaştı. Reaktör çeyrek yüzyıl çalıştıktan sonra 1982 yılında kapatıldı ve söküldü. Shippingport, Başkan Dwight Eisenhower'ın inisiyatifiyle 1953 yılında Birleşik Devletler'de büyük ölçekli nükleer enerji üretimine geçileceğinin açıklanmasının ardından inşa edilen ilk

reaktördü. Sonrasında ABD'de eyalet başına kabaca 2 tane olmak üzere 100'ü aşkın nükleer santral yapıldı; bunlardan 104'ü bugün halen işler durumdadır. Nükleer enerji temiz ve görece ucuz bir enerji kaynağı olarak görüldü, bunun sonucunda Birleşik Devletler bugün elektriğinin % 20'ye yakınını nükleer enerjiden elde etmektedir.

Savaşın sonunda, 1945 yılında Frédéric Joliot Fransa'nın yeni Atom Enerjisi Komisyonu'na başkan olarak atandı ve onun rehberliğinde Fransa hem askeri hem de ticari amaçlı olarak atom enerjisi üretti. Fransızlar nükleer alanda gelişmeye çok hevesliydiler ve kısa zaman içerisinde sömürgeleri Cezayir'in Sahara Çölü'nde atom bombası testlerine başladılar. Fransızların ilk nükleer bomba denemesi 70 kiloton gücündeydi, bu Trinity veya Hiroşima bombasının üç-dört katı anlamına geliyordu. Nükleer silah sahibi kuvvetli bir ordu inşa ettikten sonra Fransızlar, bu kez nükleer güç üretimi yapan reaktörlerin inşasına geçtiler. Atom enerjisine yönelim 1970'lerde yoğunlaştı ve bugün Fransa'da 59 reaktör çalışır durumda, ülkede üretilen elektriğin % 80'ini karşılıyor. (Aslında tam yüzde biraz belirsiz ve bu konu Fransızların son cumhurbaşkanlığı seçim kampanyasında da adayların hiçbiri tam yüzdeyi bilemediği için gündem oldu; ancak herkes bunun % 80'den aşağıda bir rakam olmadığı konusunda, dolayısıyla dünyadaki tüm ülkeler içerisinde en yüksek yüzde olduğu üzerine anlaşmış durumda.) Nükleer santrallerde bu kadar yüksek düzeyde elektrik üreten, hatta başka ülkelere nükleer enerji ihraç eden Fransa, barışçı amaçlarla nükleer enerji kullanımında dünya lideri konumunda bulunuyor.

Nükleer elektrik üretim teknolojisi, Japonya, Çin ve çeşitli Avrupa ülkeleri dahil çok sayıda ülkede kullanılıyor. Şu an dünya üzerinde 439 nükleer enerji santrali var ve bu santrallerde gezegende üretilen toplam elektriğin yaklaşık % 15'i üretiliyor. Nükleer yolla en büyük elektrik üreticileri ABD, Fransa ve Japonya'nın elinde şu an işleyen 55 nükleer güç reaktörü bulunuyor. Büyük reaktörler yüzlerce megavat elektrik üretiyorlar, en güçlü olanları ise 1500 megavata yaklaşan bir üretim gücüne sahip. Arkamızda bıraktığımız on yıllar içerisinde dünyanın temel bir güç kaynağı olarak nükleer enerjiye bağımlılığı artış gösterdi.

Kamusal tüketim için elektrik üretimi yapan nükleer reaktörlerin yanı sıra ordunun, eğitim ve araştırma kurumlarının işlettiği birçok küçük nükleer araştırma reaktörü var. Bunların haricinde nükleer enerjiyi itici güç olarak kullanan denizaltılar, uçak gemileri, hatta buzkıranlar vb gibi daha küçük araçlar söz konusu. Gemi ve denizaltıların sahip olduğu reaktörlerin elbette toprağa kurulu nükleer güç reaktörlerine oranla çok daha küçük olması gerekiyor; ancak bunlar da küçük boyutlarını daha güçlü yakıtlar kullanarak telafi ediyorlar. Deniz taşıtlarında kullanılan nükleer yakıtlar, genellikle elektrik enerji istasyonlarında kullanılana oranla çok daha yüksek düzeyde uranyum-235 içeriyorlar, buna karşın bu düzey yine de silah üretim amaçlı kullanılan uranyum düzeyinden çok daha düşük. Bu reaktörler geminin motoru normalde nerede oluyorsa oraya yerleştirilmiş oluyor ve elektrikle beraber hareket yaratan, yüksek basınçlı ısıtılmış su ve buhar üreterek çalışıyorlar. Bunları aslında minyatür nükleer enerji santralleri olarak değerlendirebiliriz. Bir denizaltıda nükleer tahrik kullanmanın avantajı, aracın uzun süreler boyunca su altında kalmasını sağlaması ve yakıt ikmalinin sadece birkaç yıllık bir kullanımdan sonra gerekmesidir. Soğuk savaşın sona ermesiyle beraber bu tip nükleer enerji gemilerine ihtiyaç azalmıştır. Hatta Ruslar bugün rıhtıma çektikleri nükleer güç üreten donanma gemilerinin bazılarını, Arktik bölgesindeki uzak kentlere elektrik sağlamak için kullanıyorlar.

Nükleer enerji üretimini gelecekte neler bekliyor? Geride bıraktığımız dönemde dünyanın birçok bölgesinde çok sayıda kaza meydana geldi; nükleer güç tesisleri ve araştırma reaktörlerinde yeni kazalar gerçekleşmeye de devam ediyor. Bu kazalar nükleer teknolojiyle ilgisiz küçük sorunlardan kaynaklı güç istasyonlarının kapatılmasından tutalım da, nükleer tesiste çalışan işçilere veya hatta genel nüfusa radyoaktif bulaşmayla sonuçlanan büyük kazalar biçimini alabiliyor. İngilizler de, Ruslar da kullanıma sokulduğu ilk birkaç on yılda nükleer teknolojiden kaynaklanan sorunları kamuoyundan gizli tuttular. Ardından 1979 yılında medyaya yansıtılan ilk büyük kaza gerçekleşti.

28 Mayıs 1979, sabah saat 4'te Pennsylvania, Harrisburg yakınlarındaki Three Mile Adası Enerji İstasyonunun 2. kısmında

küçük bir teknik sorun çıktı, bu problem reaktörü soğutan suda sızıntıya sebebiyet vererek büyüdü. İşletme yönetimi ne olduğunun farkına varamadı ve düzeltici herhangi bir adım atmadı. Su sızmaya devam ederken reaktör sıcaklığı ani biçimde yükseldi. Nihayet tepkime kazanındaki ısı, kısmi bir erime gerçekleşecek düzeye ulaştı. Reaktörün içindeki radyoaktif malzeme içeren metalin erimesi yüzünden reaktör hasar gördü ve çevreye radyasyon yayılmaya başladı.

Amerikan reaktörlerinde ek bir yerleşik güvenlik önlemi olur, asıl tepkime kazanını kapsayan bir koruyucu yapı daha vardır. Dolayısıyla radyasyon sızıntısı başladığında, radyasyonun çoğu bu yapı içerisinde kaldı. Son tahlilde, sızıntı durdurularak durum kontrol altına alındığında, toplam nükleer bulaşma miktarı göreli olarak küçüktü. Bölgedeki kanser hastalığı oranları istatistiksel olarak başka yerlerden anlamlı biçimde yüksek olmadı. Bununla birlikte Three Mile Adası kazası, güvenlik konusundaki kamusal kaygı hızlı bir biçimde arttığı için nükleer enerji üretimi tarihinde bir dönüm noktası oldu. Bundan yedi yıl sonra dünyanın diğer tarafında gerçekleşecek bir reaktör kazası ise çok daha kötü sonuçlar doğuracaktı.

26 Nisan 1986 günü sabahın erken saatlerinde Ukrayna'nın Çernobil kenti yakınlarındaki bir nükleer enerji santralinde çalışan işçiler, bir dizi test gerçekleştirmek amacıyla reaktör 4'ün acil uyarı sistemini kapattılar. Uyarı sistemi olmadan ne olduğunu bilemezlerdi ve denemeleri esnasında yaptıkları bir şey dev bir patlamaya sebep oldu. Tüm reaktör patlayarak içindekileri havaya kustu. Rus tasarımı reaktörü çevreleyen ikinci bir koruma yapısı olmadığı için reaktör içerisinde yer alan yüksek derecedeki radyoaktif muhteva doğrudan atmosfere karıştı. Felakete ek olarak Sovyet otoriteleri kazayı gizli tutma kararı aldılar. Hatta bölgede 1 Mayıs kutlamaları kapsamında büyük bir kamusal gösterinin gerçekleştirilmesine izin verdiler ve bu yüzden hiçbir şeyden habersiz binlerce yurttaşın yüksek düzeyde radyoaktiviteye maruz kalmasına sebep oldular.

Kaza günler sonra İsveç'teki –olay yerinin 800 mil kuzeybatısında– bir nükleer enerji santralindeki mühendislerin ölçüm aletlerinde olağan değerin üstünde radyasyon tespit etmeleriyle

açığa çıktı. Radyasyonun kendi tesislerinden yayılmadığını tespit ettikten sonra, atmosferde garip bir şeylerin gerçekleştiği sonucunu çıkarttılar. Yapılan testler güneydoğudan gelen radyoaktif kirlilik taşıyan bir bulutun bölgeye etki ettiğini gösterdi. Ancak Batı'daki başka otoritelerin de radyoaktif kirliliğin Sovyet Bloğu'ndan kaynaklandığına işaret eden sonuçlara ulaşmasından sonra, Ukrayna hükümeti felaketin doğruluğunu onayladı. Geçen zaman içerisinde Batı ve Doğu Avrupa'nın büyük bölümünün yanı sıra Asya ve Kuzey Amerika'dan bazı bölgeler radyasyondan etkilenmişti bile.

Çernobil kazasının tüm gezegene, bir atom bombasının atılmasından doğacak zararın yüzlerce katı radyoaktif kirlilik yaydığı düşünülüyor. Her ne kadar Rusların gizli tuttuğu ve 1957 yılında Ural Dağlarında gerçekleşen gizemli patlamanın etkisinin Çernobil'in tahribatına yakın olma olasılığı söz konusu olsa da, Çernobil tarihte bilinen en kötü nükleer kazaydı. Çernobil felaketinin çoğu en yakın bölgelerde olmak üzere binlerce kanser vakasına sebep olduğu tahmin ediliyor. Santral Beyaz Rusya sınırına yakın olduğu ve o kesitte rüzgârlar o yönde estiği için, Beyaz Rusya'da yaşayanların çoğu etkilendi ve Çernobil patlamasının ardından ülkedeki kanser oranları önemli ölçüde arttı.

Çernobil'den sonra İtalya tüm nükleer reaktörlerinde üretimi durdurdu ve birçok ülke bu güçlü enerji kaynağının güvenlikli olduğuna ilişkin yeni bilimsel kanıtlar elde edip çok yönlü bir toplumsal kabul sağlayıncaya dek yeni nükleer tesis yapımını (en azından geçici olarak) durdurdu.

Kazadan bu yana yirmi yıldan fazla zaman geçti ve bugün bazı ülkeler yeniden büyük bir iştahla nükleer enerjiye dönmeye başladı. İsveç hükümeti Şubat 2009'da ülkenin sahip olduğu eski nükleer enerji santrallerinin on tanesinin yeni ve daha etkin modellerle değiştirilmesini planladığını duyurdu. Birçok ülkede nükleer enerjiye yönelik ilgi artıyor; bazı ülkeler atom enerjisine ilişkin yaklaşımını yeniden değerlendirmeye alıyor. Çernobil öncesi günlere dönmek için birçok neden var.

İlginin yeniden canlanmasının bir nedeni küresel ısınma. Gaz, petrol, kömür gibi fosil yakıtların yakılması, büyük miktarlarda

karbon salınımına sebep oluyor. Enerji santrallerinde fosil yakıt kullanılması sonucunda ortaya çıkan karbondioksit atmosfere karışıyor ve termal radyasyonun tekrar uzaya dönmesini engelleyen sera etkisine yol açıyor. Bu yüzden gezegenimiz ısınıyor ve sıcaklıklar genel olarak artıyor. Nükleer reaktörlerin varlığı, bu sorunun büyümesini yavaşlatabilir. Güç kaynağı olarak kullanılan uranyum fisyon karbondioksit yaratmadığı için bu santraller sera gazları yaymıyor. Rüzgâr, güneş ve hidroelektrik gibi alternatif enerji kaynaklarının yanı sıra nükleer enerjinin kullanılması küresel ısınmayla mücadelede bir rol oynayabilir.

Fosil yakıt kullanılan enerji santralleri başka kirlilik sorunları da yaratıyorlar. Karbondioksite ek olarak bu santraller, kanserojen olduğu bilinen sülfür oksit gibi gazları ve cıva gibi zehirli metalleri de yayıyorlar. Cıva, kömür yakılması sonucunda ortaya çıkıyor ve göl, nehir ve okyanuslardaki balıklara bulaşarak ciddi sağlık problemlerine yol açıyor, özellikle fetüs gelişimine zarar verdiği için hamile kadınlarda özel bir tehlike kaynağı oluyor. Kömür kullanımıyla ortaya çıkan oksitler göllerdeki balıkların tümünün ölümüne neden olan asit yağmurlarına sebep oluyor. Güvenlikli nükleer enerji, bu sorunlardan kurtulmamıza yardımcı olabilir.

Fosil yakıtların kullanılmasından doğan küresel ısınma ve kirlilik sorunlarına ek olarak başka bir sorunla da karşı karşıyayız: Petrolün fiyatındaki değişkenlik ve küresel arzının sınırlılığı. Dünyadaki petrolün çoğu, çıkarları petrolü tüketen ulusların çıkarlarıyla her zaman örtüşmeyen ülkeler tarafından üretiliyor. Batı'nın Ortadoğu, Afrika ve Güney Amerika'daki petrol kaynaklarına bağımlılığı ekonomik istikrarsızlık ve 1973'teki petrol ambargosu örneğinde olduğu gibi politik baskı olasılığını doğuruyor. Nükleer teknolojinin geliştirilmesinde yol almak bu sorunları azaltabilir.

Nükleer reaktörlerin yapımı çok sayıda Batı ülkesinde sıkı güvenlik önlemleri şart koşulduğu için kısmen pahalı. Ancak santrale ilk sermaye yatırımı yapıldıktan sonra onu işletmek, özellikle bir nükleer reaktörün ortalama otuz yıllık ömrü olduğu göz önüne aldığında, genel olarak fosil yakıt kullanan santralle-

rin işletilmesinden daha ucuza mal oluyor. Üstüne üstlük nükleer yakıt plütonyum olarak geri kazanılabilir, böylelikle nükleer atığın bir bölümünden de kurtulunabilir. Ancak geri kazanım işlemi bu iş için özel işletmelerin kurulmasını gerektiriyor ve bunların nükleer enerji santrallerinden bile daha tehlikeli olduğu biliniyor. Bu yerlerin işletilmesi de pahalı. Ek olarak nükleer atık tehlikesi her durumda devam ediyor.

Atomun cazibesi büyük ve nükleer enerji santrallerinin güvenliğini sağlamanın yeni yollarının bulunması için yapılabilecek çok şey var. Nükleer yakıtların şu anki pahalı ve tehlikeli yeniden kazanımı olmadan da, dünya sınırlı, ancak geniş uranyum filizi yataklarına sahip ve bu kaynaklar güvenlikli bir nükleer enerji santralleri sistemi için kullanılabilir durumda. Burada en büyük önem taşıyan konu güvenlik. Nükleer santraller tam anlamıyla her yönden güvenli hale getirilebilirse, o zaman uranyum kaynaklarının kullanılması bize temiz enerjili ve dış petrole bağımlılığın azaldığı bir gelecek sunabilir.

Güvenliği arttırılmış yeni nesil nükleer santral tasarımlarının yanı sıra, nükleer atıkların depolanması için kalıcı bir yol bulmak zorundayız. Radyasyon insana ve diğer canlılara zarar verdiği gibi, malzemelere de zarar veriyor. Radyoaktif atık içeren çelik kaplar on yıllar içerisinde aşınırlar ve bunun nedeni sadece toprağın aşındırması değil, ayrıca içerisindeki radyasyonun zararlı etkisidir. Sonuç olarak kaplar sızdıracak ve radyoaktif izotoplar yeraltı sularına, nehirlere, okyanuslara karışmanın yolunu kendi kendine bularak radyoaktif zehirlenmeye yol açacaktır. Radyoaktif atıkların yok edilmesi konusunu ele alırken planlarımızı on yıllar, hatta yüzyıllar ötesini gözeten bir uzak görüşlülükle yapmalıyız. Genellikle politikacıların yapmaya alışkın olmadıkları biçimde, önümüzde bizi bekleyen, yaşayacağımız binlerce yılı gözetmeliyiz.

Bilim insanlarının gelecekte, yarı-ömürleri binlerce yıl süren, diğer bir deyişle pratikte "sonsuza dek" radyoaktif kalacak olan nükleer atıkların sebep olduğu ciddi sorunlara çözüm getirip getiremeyeceklerini göreceğiz. Bu sorunlar çözülür ve güvenlikli, temiz enerji üretilebilirse, o zaman nükleer enerji santrallerini şu anki küresel ısınma meselesinin çözümüne

yardımcı olacak ve milyarlarca insana elektrik enerjisi üretecek şekilde kullanabiliriz.



Marie ve Pierre Curie'nin (özellikle doğrudan doktorlarla çalışmış olan Pierre Curie'nin) çalışması, radyasyonun kanser tedavisinde kullanılmasını başlattı. İlk tedaviler tümörlere radyum doldurulmuş enjektörlerle müdahaleyi içeriyordu. Radyum uranyuma göre çok daha radyoaktiftir, çevreleyen dokuyu yoğun bir biçimde yağmura tutar. Kuvvetli radyasyon tümörleri küçültür ve hatta tamamen ortadan kaldırır. Nakledilen yerin yakınındaki hücreler radyasyondan zarar görerek ölür, dolayısıyla kanserli hücreler yok olur. Sorun elbette normal hücrelerin ölümünü en alt düzeyde tutarak tüm kanserli hücreleri öldürmenin zor olmasındadır.

Radyasyon kanserli hücreleri öldürdüğü gibi, aynı zamanda kansere de sebep olabilir. Hücre çekirdeğindeki DNA spiraline bir ışın veya parçacık çarptığında, bir elektron atomdaki dış bir yörüngeye sıçrar ve bu DNA zincirini kırarak bilgi kaybına sebep olabilir. Daha sonra hücre bölündüğünde DNA'sı zarar görmüş olduğu için bu bölünme hatalı bir biçimde gerçekleşebilir. Bu hem kansere hem de (üremeyi sağlayan hücreler söz konusuysa) genetik bozukluklara yol açar. Dolayısıyla tüm iyonlaştırıcı ışınımlar gibi, radyasyon tedavisi de kansere ve doğum kusurlarına yol açabilir. Ancak radyasyon tedavisi gören hastalar zaten kanser olduklarından, genellikle zararına rağmen iyileştirici yön ağır bastığı için uygulama gerçekleştirilir.

1950'lerde sivil ve askeri nükleer reaktörlerde, işlemin gerçekleştiği yerde çok çeşitli radyoizotoplar üretilirken bilim insanları gram başına bedeli on binlerce doları bulmuş olan pahalı uranyumun yerini alacak çok uygun izotoplar keşfettiler. Reaktörlerde üretilen bir izotop olan kobalt 60'ın bir gramı, yine bir gram radyuma denk radyasyon sağlıyordu, ancak üretimi yaklaşık bir dolara mal oluyordu. Kobalt 60 ve reaktörlerde üretilen başka radyoaktif elementler bugün tıp alanında radyumun yerini tamamıyla aldılar.

Radyoizotoplar tanılayıcı tıp alanında da kullanılıyor. Bu elementler "parladıkları" (radyasyonları tespit edilebilir ve du-

yarlı cihazlarla izlenebilir olduğu) için tıbbi teşhis alanında yaygın biçimde kullanılıyor. Laboratuvarlarda üretilen bir radyoaktif element olan teknetyumun damar tıkanıklığı olan hastaların toplardamarlarındaki kan akışını gözlemekte doktorlara yardımcı olması buna örnektir. Kalp performansını ölçen stres testlerinde de kullanıldıktan kısa süre sonra bedenden atılabilen radyoaktif izleyiciler kullanılır.



Soğuk savaşın sona ermesinin ardından her iki tarafın karşılıklı ilişkilerinde, özellikle nükleer silahlar ve nükleer silahların genişletilmesi konusunda açık ve net politikalar ortaya koyulmadı. ABD'nin soğuk savaş sonrası küresel politikaları üzerine çok sayıda belge ve yayını ele alan bir kitapta Hans Binnendijk ve Richard L. Kugler, soğuk savaşın sona ermesinin ABD'de dört farklı politik değerlendirmeyi ortaya çıkardığını tespit ediyorlar. Bu araştırmaya göre Geleneksel Muhafazakârlar klasik güç dengeleyici askeri ilişkilere inanıyorlar, bir diğer deyişle, Ruslarla elde edilen statükonun korunması ve bozulmasında caydırıcılık amacıyla askeri gücün kullanımına devam edilmesini savunuyorlar. İlerici Çok Yanlılık savunucuları ABD'nin dünyadaki demokratik ulusların lideri olarak diğer devletlerle uyum içinde davranması gerektiğine inanıyorlar. Hak İddia Eden Müdahaleciler, Birleşik Devletler'in askeri ve ekonomik gücünden aldığı hakla, diğer devletlere danışması zorunlu olmayacak biçimde, tek taraflı olarak dünyaya müdahale ederek küresel tehditlerle mücadele etmesi gerektiğini belirtiyorlar. Ve son olarak Sınırötesi Denge felsefesinin takipçileri çoğu ABD sınırlarının dışında yerlerde bulunan Amerikan ordularının geri çekilmesini içeren bir yeni izolasyoncu yaklaşımı savunuyorlar ve bu fikir politik yelpazenin her iki ucundan da taraftar bulabiliyor.[1]

1990'lı yıllarda ve yirminci birinci yüzyıla girerken, Sovyet imparatorluğunun çöküşünün ardından Birleşik Devletler ile Rusya arasındaki ilişkileri geliştiren ve nükleer savaş potansiyelini azaltan büyük bir ilerleme gerçekleşmişken, George W.

1 Hans Binnendijk ve Richard L. Kugler, *Seeing the Elephant: The U.S. Role in Global Security* (Dulles, VA: Potomac Books, 2006), s. 162.

Bush yönetiminin son yıllarına soğuk savaş koşullarına doğru tehlikeli bir gerileme damgasını vurdu. Sovyetler Birliği'yle savunma antlaşması yapmış olan eski Sovyet uydu devletleri, Amerikan güçlerinin yönetiminde yer aldığı NATO'ya davet edildiler. Bu hareket, bu öneride kapılarına kadar dayanmış yeni bir potansiyel askeri tehdit gören Rusları kızdırdı. Ek olarak 2008'de Bush yönetimi görünüşte İran'a karşı bir savunma tehdidi olarak Polonya'ya stratejik nükleer füzeler yerleştirme kararı aldı ve bu Rusların sinirini iyice bozdu.

ABD Yüksek Mahkemesi'nin bir kararı vesilesiyle halen bazı soğuk savaş uygulamalarının yürürlükte olduğu görüldü. Mahkeme 12 Kasım 2008'de California'nın alt mahkemelerinin verdiği kararları iptal ederek, ABD Donanmasının Pasifik'teki balinaların üreme bölgelerinde sonar kullanımına dönük getirilen sınırlamaları geçersiz saydı. Denizaltılarda kullanılan sonar sistemleri balinaların duyu organlarına, sinir sistemlerine ve beyin fonksiyonlarına ciddi biçimde zarar veriyor. Sonarların bedenlerine verdiği zarar yüzünden balinalar sıklıkla kendilerini kıyıya vuruyor ve ölüyorlar. Buna rağmen Yüksek Mahkeme, donanmanın bu tip talimler gerçekleştirme ihtiyacının nesli tehlikede olan türlerin esenliğini hükümsüz kıldığı kararını verdi. Her iki tarafta da nükleer denizaltı sayısında önemli bir küçülmenin yaşandığı (eski Sovyet denizaltı filosunun on yılı aşan bir süredir Kuzey Buz Denizi kıyılarında paslandığı ve Amerikan filosunun büyük bir küçülmeye gittiği) bir çağda, düşman denizaltı saldırılarını tespit etme hedefiyle yeni sonar egzersizleri yapılmasına dönük bir ihtiyaç tespitinin neden ve nasıl yapıldığı merak konusu.[2]

Soğuk savaşın sona ermesiyle birlikte, bu kez en büyük devletlerin dışındaki ülkelerin de nükleer silah geliştirme döneminin geldiğini gözlüyoruz. Pakistan nükleer programını 1970'lerde başlattı, Hindistan ve İsrail de bu üçüncü nesil nükleer devletler içerisinde yer alıyorlar. Pakistanlı önemli nükleer bilimci Abdul Kadir Han'ın Libya, İran, Kuzey Kore ve belki bir dizi başka ülkeye daha nükleer sırları sattığı ortaya çıktı.

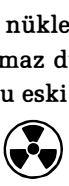
---

2 Adam Liptak, "Justices Back Navy on Sonar Use," *New York Times*, 13 Kasım 2008.

Metalürji uzmanı olan Han, Manhattan Projesi'ni Pakistan'a uyarlamış ve ağır 238 izotoplarının hâkim olduğu filizlerden uranyum-235 ayrıştırma sürecinde ilerlemeler kaydetmişti. İranlılar bu bilgiyi kullanarak ayrıştırmayı sağlayacak hızlı dönüş yapan santrifüjler kullanmayı başardılar. Bugün Pakistan'ın nükleer programının geleceği, tıpkı Kuzey Kore gibi, belirsiz ve güvenilmez bir özellik taşıyor. Eski Sovyetler Birliği'nin nükleer savaş başlıklarının nerelerde olduğunun belirsizliği küresel tedirginliği daha da büyütüyor.

Dünya güvenliği, çeşitli tipte bombalarda (buna zincirleme tepkime yaratmayan, ancak bir kent ölçeğindeki geniş bir alana radyoaktif elementler saçan "kirli bomba" dahil) kullanılabilecek olan nükleer malzemelerin varlığı ve nükleer silahların artışı nedeniyle tehlike altında bulunuyor. Şu an en büyük tehlike, atom bombası yapmak için gerekli araçlara sahip olduğunu göstermiş olan İran'dan geliyor. İran'ın balistik füzelerinin menzili, Paris gibi büyük kentler içinde olmak üzere, Batı Avrupa'ya dek uzanıyor. Uranyum-235'i filizinden ayırmak için santrifüj çalışmalarına başlamış olması, İran'ın barışçıl nükleer güçten ziyade bomba yapımıyla ilgilendiğini gösteriyor. Yukarıda açıkladığımız üzere reaktör yakıtı, saf uranyum-235 değil, yaygın 238 izotopunun yüksek bir yüzdeye sahip olduğu bir karışım. İranlıların bu tipteki malzemeyi piyasadan edinmeleri hiç de zor olmazdı. Yaptıkları yoğun arıtma işlemleri, atom bombalarında kullanılan U-235 üretmeye yarar, başka bir yakıtla çalışabilecek olan reaktörlerde kullanım içinse gereğinden fazla pahalı olur.

Bizi soğuk savaş sırasında birçok kez (Küba Füze Krizi, Vietnam, Kore ve kırk beş yıllık Doğu-Batı çekişmesinde birçok konuda) nükleer felaketten korumuş olan MAD doktrininin, İran'da da aynı şekilde işe yaramasının zorunlu olmadığını ne kadar vurgulasak az olur. Bu doktrin, teröristlerin gezegendeki başıboş devletlerin birinden nükleer silah edinmesi ihtimaline karşı da kesinlikle uygulanamaz durumda. Fanatizmin intiharı göze almış davranış biçimi bu eski mantıkla caydırılamaz.



Nükleer yayılma, nükleer atıklar ve nükleer güvenlik konularında dünya çapında karşılaştığımız zor sorunları çözebilirsek, uranyum geleceğimizde pozitif bir rol oynayabilir. Nükleer reaktörlerin radyoaktif atık sızıntısı riski olmadan inşa edildiği bir sistemde, uranyumun gücü temiz enerji üretiminde kullanılabilir. Nükleer fisyonun yan ürünleri, radyoizotoplar hastalıkların teşhisinde ve hem doğrudan hem de tıbbi araştırma yoluyla kanser tedavilerinde yardımcı olarak tıp alanında fayda sağlamaya devam edebilir. Soğuk savaşın sona ermesi ve küresel ekonomideki değişiklikler bizi bir yol ayrımına getirdi. Şimdi uranyum ve kullanımı hakkında önemli kararlar, gezegenimizin geleceğinde fark yaratabilecek kararlar almanın zamanı.

Kaynakça

Not: Kitaptaki bütün AIP referansları, Niels Bohr Kütüphanesi ve American Institute of Physics, College Park, Maryland arşivine gönderme yapmaktadır.

Asimov, Isaac. *Inside the Atom.* New York: Abelard-Schuman, 1966, 3. baskı.

Bernstein, Jeremy. *Hitler's Uranium Club: The Secret Recordings at Farm Hall.* Giriş. David Cassidy. Woodbury, NY: American Institute of Physics, 1996.

Binnendijk, Hans ve Richard L. Kugler. *Seeing the Elephant: The U.S. Role in Global Security.* Dulles, VA: Potomac Books, 2006.

Bird, Kai ve Martin J. Sherwin, *American Prometheus: The Triumph and Tragedy of J. Robert Oppenheimer.* New York: Knopf, 2005.

Brasher, Bart. *Implosion: Downsizing the U.S. Military, 1987-2015.* Westport, CT: Greenwood Press, 2000.

Broda, Engelbert. *Ludwig Boltzmann: Man, Physicist, Philosopher.* Woodbridge, CT: Ox Bow Press, 1983.

Chandler, Robert W. ve John R. Backschies. *The New Face of War.* McLean, VA: Amcoda Press, 1999.

Cropper, William H. *Great Physicists: The Life and Times of Leading Physicists from Galileo to Hawking.* New York: Oxford University Press, 2001.

Dyson, Freeman. *Weapons and Hope.* New York: Harper & Row, 1984.

Farm Hall, Operation Epsilon Transcripts, "Copy 1," at AIP.

Fermi, Laura. *Atoms in the Family: My Life with Enrico Fermi.* Chicago: University of Chicago Press, 1954.

Frayn, Michael. *Copenhagen.* New York: Anchor Books, 1998.

Frayn, Michael ve David Burke. *The Copenhagen Papers: An Intrigue.* New York: Metropolitan Books, 2000.

Frisch, Otto. *What Little I Remember.* New York: Cambridge University Press, 1979.

Gamow, George. *Thirty Years that Shook Physics: The Story of Quantum Theory.* New York: Doubleday, 1966.

Gertcher, Frank L. ve William J. Weida. *Beyond Deterrence: The Political Economy of Nuclear Weapons.* Boulder: Westview Press, 1990.

Halın, Otto. *My Life.* London: Macdonald, 1968.

Hawkins, David, Edith C. Truslow ve Ralph Carlisle Smith. *Project Y: The Los Alamos Story.* Los Angeles, CA: Tomash Publishers, 1983.

Hawkins, Helen S., G. Allen Gerb ve Gertrud Weiss Szilard, ed. *Toward a Livable World: Leo Szilard ve the Crusade for Nuclear Arms Control.* Cambridge: MIT Press, 1987.

Hendrickson, David C. *The Future of American Strategy.* New York: Holmes & Meier, 1987.

Herken, Gregg. *Brotherhood of the Bomb: The Tangled Lives ve Loyalties of Robert Oppenheimer, Ernest Lawrence, and Edward Teller.* New York: Henry Holt, 2002.

Hermann, Armin. *Werner Heisenberg, 1901-1976.* Bonn: Inter Nationes, 1976.

Huntington, Samuel P. *Clash of Civilizations and the Remaking of World Order.* New York: Simon & Schuster, 1996.

Irving, David. *The Virus House.* London: Parforce, elektronik basım, 2002; 1967.

Jette, Eleanor. *Inside Box 1663.* Los Alamos, NM: Los Alamos Historical Society, 1977.

Jungk, Robert. *Brighter than a Thousand Suns: A Personal History of the Atomic Scientists.* New York: Harcourt, Brace & World, 1958.

Kanda, Mikio, ed. *Widows of Hiroshima: The Life Stories of Nineteen Peasant Wives.* Çeviren Taeko Midorikawa. New York: St. Martin's Press, 1989.

Kevles, Daniel J. *The Physicists: The History of a Scientific Community in America.* New York: Knopf, 1978.

Kissinger, Henry A. *Nuclear Weapons and Foreign Policy.* New York: Doubleday, 1957.

Kunetka, James W. *City of Fire: Los Alamos and the Birth of the Atomic Age, 1943-1945.* Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1978.

Lippman, Walter. *The Cold War: A Study of U.S. Foreign Policy.* New York: Harper & Row, 1947.

Liptak, Adam. "Justices Back Navy on Sonar Use," *New York Times,* Kasım 13, 2008.

Maddox, Robert James. *Weapons for Victory: The Hiroshima Decision.* Columbia: University of Missouri Press, 2004.

Meitner, Lise. Letters and papers in Meitner Collection, Churchill College Archives Centre, Cambridge, England.

Moore, Ruth. *Niels Bohr: The Man, His Science, and the World They Changed.* Cambridge: MIT Press, 1985.

Newman, Robert P. *Truman and the Hiroshima Cult.* East Lansing, MI: Michigan State University Press, 1995.

Oe, Kenzaburo. *Hiroshima Notes.* New York: Marion Boyars, 1995.

Opfell, Olga S. *The Lady Laureates: Women Who Have Won the Nobel Prize.* Metuchen, NJ: Scarecrow Press, 1978.

Pais, Abraham. *Niels Bohr's Times: In Physics, Philosophy, and Polity.* New York: Oxford University Press, 1991.

Pais, Abraham. *J. Robert Oppenheimer: A Life.* New York: Oxford University Press, 2006.

Powers, Thomas. *Heisenberg's War: The Secret History of the German Bomb.* New York: Knopf, 1993.

Rhodes, Richard. *The Making of the Atomic Bomb.* New York: Simon & Schuster, 1986.

Rozental, S., ed. *Niels Bohr: His Life and Work as Seen by His Friends and Colleagues.* New York: Wiley, 1967.

Segrè, Emilio. *Enrico Fermi, Physicist.* Chicago: University of Chicago Press, 1970.

Segrè, Emilio. *From X-Rays to Quarks: Modern Physicists and Their Discoveries.* Berkeley: University of California Press, 1980.

Sime, Ruth Lewin. *Lise Meitner: A Life in Physics.* Berkeley: University of California Press, 1996.

Sylves, Richard T. *The Nuclear Oracles: A Political History of the General Advisory Committee of the Atomic Energy Commission, 1947-1977.* Ames: Iowa State University Press, 1987.

Thorpe, Charles. *Oppenheimer: The Tragic Intellect.* Chicago: University of Chicago Press, 2006. 33.

Trefil, James S. *From Atoms to Quarks: An Introduction to the Strange World of Particle Physics.* New York: Scribner, 1979.

Weart, Spencer R. ve Gertrud Weiss Szilard, ed. *Leo Szilard: His Version of the Facts.* Cambridge: MIT Press, 1978.

Wyden, Peter. *Day One.* New York: Simon & Schuster, 1984.

DİZİN

Adler, D. B., 43
Ağır su, 133, 153-155, 158-162, 167-168, 172-174, 244
Aktinyum, 58-59, 65-75
Alfa parçacıkları, 19, 28, 40-42, 59-61, 65, 97-101, 117
Almanya'nın atom bombası projesi, 72-73, 124, 133, 151-167, 172-174, 205
Alüminyum, 9689-98, 100
Amidei, Adolfo, 80-83
Ana element, 65, 67-71, 73-75
Anderson, Herbert, 135, 180-182
Ashworth, F. L., 195
Atom:
  Atom numarası , 34
  Bohr'un modeli, 46-47, 82-83, 118-120, 134, 141
  Bohr-Sommerfeld modeli, 126
  Tanımı, 18, 28
  Einstein'ın formülü, 47-48
  İçerisindeki elektronlar, 39-44, 253
  Dışarlama ilkesi, 84-85
  Cazibesi, 251-252
  Meitner'in atom teorisi, 118-120, 134
  Modelleri, 41-44, 47, 118-121
  İçerisindeki nötronlar, 121
  Çekirdeği, 40-44, 121
  İçerisindeki protonlar, 39-42, 121
  Kuantum mekanik modeli, 47
  Rutherford'un atom deneyleri ve kuramları 40-43, 119
  Bölünmesi, 118-120, 134
  Sabit durumları, 128-129
  Yapısı, 28, 39-46, 63, 119
  Transuranik (uranyum ötesi), 77. Ayrıca *bkz*. transuranyum
Atom ağırlığı:
  Baryumun, 115, 117-118
  İzotoplar, 70, 110-111, 115
  Lantanın, 104
  Periyodik tablo, 33, 66-67
  Plütonyumun, 77
  Trans uranyum elementler, 102
  Uranyumun 27, 48, 77, 104, 110-111, 117-118
Atom bombası:
  Hakkındaki kitaplar, 24
  Britanya'nın desteği, 142
  Soğuk Savaş, 233-234
  Kullanma kararı, 206-219, 221-223, 230
  Yıkıcı gücü, 21-24, 216-217
  Üretiminin mümkün olması, 140, 175
  Almanya'nın projesi, 72-73, 124, 133,151-166, 172-174, 250
  Yapma yarışı, 188-189
  Sovyetlerin projesi, 233-236
  Trinity deneme alanı, 196-205, 210-215, 246-247
  Kavramın kullanılışı, 17
  Ayrıca bkz. Şişman Adam (Nagasaki'ye atılan atom bombası); Küçük Çocuk (Hiroshima'ya atılan atom bombası); Manhattan Projesi
Atom fiziği, kavramın kullanılışı, 17
Atomun Bohr-Sommerfeld modeli, 126

B-29 Superfortress, 22, 193-194, 196-197, 217-218, 234
Bagge, Erich, 133, 152-153, 157-158, 159-160
Bainbridge, Kenneth, 198
Balinalar, sonar egzersizlerinin etkisi, 255
Baryum, 33, 111-120
Becquerel, A. Henri, 14, 35-37, 39, 55, 59
Belirsizlik ilkesi, 47, 128-129
Berilyum, 99-101, 103, 138-139

Berkeley, California Üniversitesi, 11, 104, 109-110, 141, 151, 161, 173
Berlin Üniversitesi, 30-31
Beta bozunumu, 70, 92-96
Beta parçacığı, 19, 59-60, 65, 68-69
Bethe, Hans, 151, 185
Bianchi, Luigi, 81-83
Binnendijk, Hans, 254
Bizmut, 29-30
Bohr Festivali (1922), 127
Bohr, Aage, 168-170
Bohr, Christian, 42-43
Bohr, Ellen (Adler), 42
Bohr, Harald, 43-44
Bohr, Margrethe, 165, 170
Bohr, Niels:
  Meitner'in hayranı, 62, 110-111
  Arşivlenmiş mektupları, 168-169, 174
  Atom modeli, 43-44, 47, 82-83, 119-121, 134-136, 141
  Karakterinin betimlenmesi, 14
  Columbia'da, 134-135
  U-235 deneyleri, 153, 161
  Ailesi, 43-44
  Heisenberg'le ilk buluşma, 127-128
  İsveç ve ABD'ye kaçıyor, 109-110, 121
  (Kopenhag), Kuramsal fizik enstitüsü başkanı 43, 99, 108-111, 116-117
  Heisenberg'le buluşması (Kopenhag, 1941), 164-172, 175
  "Maud Ray Kent" telgrafı, 139-141
  Heisenberg'le çalışıyor, 127-131
Boltwood, Bertram, 44
Boltzmann, Ludwig, 56-59
Born, Max, 87, 127-128
Bose, S. N., 86
Bose-Einstein yoğuşması, 85-86
Bradbury, Norris Edwin, 210-214
Bruno, Giordano, 80
Bush, George H. W., 240
Bush, George W., 254-255
Bush, Vannevar, 141, 234
Büyük Britanya, 32, 40, 77, 109-110, 112, 123, 137-59, 183, 186, 227, 245
Byrnes, James, 206-209
Calder Hall reaktörü, 245
Cambridge Üniversitesi, 40, 185
Caraffa, Andrea, 80
Caydırıcılık politikası, 24, 238-240
Cesàro, Ernesto, 82
Chadwick, James, 14, 42, 77, 95, 99
Chiang Kai-Shek, 229
Chicago Pile, 179-183
Chicago Üniversitesi, 12, 13, 82, 111, 151, 175-180, 186, 244
Churchill, Winston, 142, 194, 229
Columbia Üniversitesi, 108, 134-135, 138
Compton, Arthur, 175, 205
Conant, James B., 233-235
Connelly, Matt, 206-207
Copenhagen (oyun), 165-67, 168-171
Corbino, Orso Mario, 88-90, 92
Cowan, Clyde, 93
Crutzen, Paul J., 241
Curie terapisi (kanser tedavisi), 46, 253
Curie, Marie:
  Kimya dalında Nobel Ödülü aldı, 14, 45, 50
  Fizik dalında Nobel Ödülü aldı, 14, 39-40, 46
  Kızının doğumu (Irène), 37
  Kanser terapisi, 46, 253
  Karakterinin betimlenmesi, 14
  Ölümü, 39
  Kocasının ölümü (Pierre), 46
  Doktora tezi, 37-38
  Eğitimi, 37
  Sorbonne'da ilk kadın eğitmen, 46
  Fransa'da bilim alanında profesörlük unvanı kazanan ilk kadın oluşu, 45
  Kesirli billurlaşmanın keşfedilmesi, 114
  Joliot'yu işe alışı, 77
  Langevin olayı ve, 50-52
  Kan kanserine yakalanışı, 40
  Pierre'le evliliği, 37
  Polonyumu keşfetmesi, 38
  Radyasyon rahatsızlığına tutulması, 39
  Radyoaktiviteyi keşfetmesi, 39

Radyumu keşfetmesi, 38, 49
Radyum Enstitüsü'nde (Paris Üniversitesi), 50-53, 59, 103
Solvay Konferansı'nda (1911), 47, 50
Solvay Konferansı'nda (1933), 95
Curie, Pierre:
Karakterinin betimlenmesi, 14
Curie tedavisi, 46, 253
Ölümü, 45
Marie'yle evliliği, 37
Polonyumu keşfetmesi, 38
Radyoaktiviteyi keşfetmesi, 39
Radyumu keşfetmesi, 38, 49

Çekirdek, keşfedilmesi, 41
Çekirdek, tanımı, 18, 28
Çernobil nükleer santrali kazası (Ukrayna), 9, 180, 248-251

D'Agostino, Oscar, 103
Debierne, André-Louis, 59, 65
Dempster, Arthur Jeffrey, 110
Dışarlama ilkesi, 85
Diebner, Kurt, 157, 159, 172
Dini, Ulisse, 81-83
Dirac, Paul A. M., 47, 95, 110, 130-132
Dornberger, Walter, 183
Döbereiner, Johann Wolfgang, 33
Döteryum, 133, 154, 185
Dreyfus Olayı, 50
Dulles, John Foster, 231

E=mc² (Einstein'ın denklemi), 14, 47, 120, 122, 136, 138-139, 204, 244
Ehrenfest, Paul, 87
Einstein, Albert:
Bose-Einstein yoğuşması, 86
Ölümü, 237
Kendisini nükleer geliştirme çalışmasından uzak tutuşu, 204-206
Einsteinyum, 34
E=mc² denklemi, 14, 47, 120, 122, 136-137, 138, 204, 244
Ehrenfest'le dostluğu, 87
Szilard için kaleme aldığı sunum metni, 206-207
Roosevelt'e mektup, 138-140, 204, 209
Savaş karşıtlığı, 71
Fotoelektrik etki, 82
Szilard'ın Princeton'daki tezine övgüsü, 107
Görelilik kuramları, 85-88, 125-126, 129, 157-158
Russell-Einstein Manifestosu, 236-237
Solvay Konferansı'nda (1911), 46-48
Düşünsel deneyleri, 113
Einsteinyum, 34
Eisenhower, Dwight, 246-247
Elektron, keşfedilmesi, 39-43
Elektron, tanımı, 19
Elementler, sınıflandırılması, 33. *Ayrıca bkz.* bağımsız elementler, elementlerin periyodik tablosu
Elementlerin periyodik tablosu, 27, 33-34, 66, 68-70, 101. *Ayrıca bkz.* bağımsız elementler
Enola Gay, 21-22
Exner, Franz, 56-58

Fajans, Kasimir, 69-70, 75
Farm Hall, 154-158, 171, 173-174
Farrell, Thomas, 202
Fermat'ın Son Kuramı, 125
Fermi tahminleri, 198-200
Fermi, Alberto, 79, 82
Fermi, Enrico:
Fizik Nobel Ödülü alması, 108-110, 115
Sansür, 176
Karakterinin betimlenmesi, 13
Columbia'da, 134-137, 140, 175
Eğitimi, 79-87
İtalyan Kraliyet Akademisi'ne seçilmesi, 90-91
Ürettiği "element 93," 103-104
Nötron uzmanı, 178
Radyasyona maruz kalma, 68
Ailesi, 79
"Fermi tahminleri," 198-200
İlk nükleer zincirleme tepkimeyi gerçekleştirmesi, 179-183, 209, 244
Zayıf etkileşim kuvvetini bulması, 96

Chicago'daki nükleer reaktör çalışmasında yöneticiliği, 178-180
Floransa Üniversitesi'nde çalışması, 87
Roma Üniversitesi'nde çalışması, 88
Columbia'dan iş teklifi, 108
Beta bozunumu yasasını buluşu, 92-96
Evliliği, 89
Chicago'ya taşınması (1942), 176
New York'a taşınması (1938-39), 109
Nötrinoya isim vermesi, 93
"Radyasyonun Kuantum Kuramı," 91
Roma deneyleri, 95-105
Mizah anlayışı, 91-92
Solvay Konferansı'nda (1930), 91
Solvay Konferansı'nda (1933), 95
Konuşması, 107-108
Chicago Üniversitesi'nde, 176-183, 209
Fermi, Giulio, 79
Fermi, Ida, 79
Fermi, Laura Capon, 85, 89-90, 106-109, 177
Fermi, Maria, 79-80, 82
fermiyonlar, 85
fisyon:
Columbia deneyleri, 135-138
Tanımı, 10
Keşfedilmesi, 116-122, 133, 152
Almanların kavrayış düzeyi, 162
Tarihi, 24-25
Süreci, 121-122, 135
Spektrum, 186
Kendiliğinden, 22
Uranverein ve çalışmaları, 152-53, 161
Ayrıca bkz. uranyumun zincirleme tepkimesi
Floransa Üniversitesi, 87
Florosan ışıması, 35
Fosfor ışını, 35
Fosil yakıtlar, 245, 251-252
Franck, James, 72, 205, 208, 213
Fransiyum, 50
Frayn, Michael, 165-167, 168-171
Frisch, Otto:
Karakterinin betimlenmesi, 14
Meitner'le ortak makale, 134-135
Nükleer fisyonu keşfetmesi, 116-123, 133
Kungälv'de Meitner'le buluşması, 113, 115-120
Fermi'nin araştırmasını çevirmesi, 99-100
Meitner'le Hollanda sınırına gidiyor, 109-111
Peierls'le çalışması, 140, 186
Frisch-Peierls bilgi notu, 139-141
Fubini, Guido, 82
Füze montaj tasarımı, 193-194
Füzyon, 17, 27, 235-236

Galileo, 80, 82, 87
Gama ışını, 19, 65-67
Geiger sayacı, 60, 99-101
Geiger, Hans, 60, 100
Geleneksel Muhafazakârlar, 254
Gerlach, Walter, 156-158
Giesel, Friedrich, 59
Goudsmit, Sam, 154
Göttingen Üniversitesi, 87, 102, 127-129, 131, 185
Grassmann, H., 81
Groves, Leslie, 16, 142, 187-192, 195-202
Guth, Alan, 86
Güneş sistemi, 27

Haber, Fritz, 72
Hahn, Otto:
Aktinyum araştırması, 65-75
Joliot ve Irène Curie'yle ters düşmesi, 104-105, 109-111
Otobiyografisi (*My Life*), 154
Karakterinin betimlenmesi, 13
Meitner'le ortak çalışma, 62-71, 73-74, 102
Meitner'le yazışması, 112-118
Berlin'de kalma suçu, 158
Fisyonu keşfetmesi, 116-122, 133, 151
Farm Hall'de, 154, 172
Kesirli billurlaşmayı kullanması, 114

Evliliği, 64
mezotoryumu keşfetmesi, 65
fisyon bombasının uygulanabilirliğine karşı çıkışı, 153
Protaktinyumu keşfetmesi, 75
Rittner'in karakter betimlenmesi, 156
I. Dünya Savaşı'nda, 71-74
Hahn-Meitner Laboratorium, 64-65, 70
Haigerloch Müzesi, 171
Haigerloch tesisi (Almanya), 153-154, 159, 162, 171, 183
Hak İddia Eden Müdahaleciler, 254
Hanford nükleer tesisleri (Washington), 179, 193-194
Harrison, George L., 200-201
Harteck, Paul, 156, 158-159, 171
Heisenberg, August, 124-125
Heisenberg, Werner:
Saldırılar, 130-132
Yazarın karşılaşması, 11, 173
Fizik Nobel Ödülü alması, 130-132, 152, 174
Karakterinin betimlenmesi, 13
Askeri hizmete alınması, 126
Eğitimi, 124-127
Ailesi, 124
Farm Hall'de, 154, 172-174
Evliliği, 130
Kopenhag'ta Bohr'la buluşması (1941), 164-172, 175
Rittner'in karakter betimlemesi, 156
Nazi atom bombası çalışmasında rolü, 124, 130-133, 142-154, 161-174
Solvay Konferansı'nda (1933), 95
Belirsizlik ilkesini ortaya atışı, 47, 129
Leipzig Üniversitesi'nde, 129-133, 160-162
Danimarka'da Bohr'u ziyareti (1941), 165
Bohr'la Kopenhag'ta çalışması, 129-130
Heisenberg's War (kitap), 165-167, 171
Helyum, tanımı, 28
Herschel, William, 31
Hertz, Gustav, 72
Hidrojen bombası. *Bkz.* nükleer bomba
Hidrojen, tanımı, 28
Himmler, Heinrich, 132
Hiroşima, Japonya: 9, 12, 21-24, 155, 172-173, 202, 207-224, 231, 233-237, 241, 246
Hitler, Adolf, 13, 105, 109, 130-132, 137, 140, 183-185, 209. *Ayrıca bkz.* Almanya'nın atom bombası projesi
Hund, Friedrich, 127

I. Dünya Savaşı, 50-51, 64, 71, 76, 125, 137-138
II. Dünya Savaşı:
Şifrebilimciler, 224
Almanların teslim olması, 154, 192, 226
Japonların teslim olması, 233
Pearl Harbor saldırısı, 175-176, 213
Başlaması, 152
İsveç'in tarafsızlığı, 109
ABD'nin girmesi, 175-177
Irving, David, 166, 171

İçe patlamalı plütonyum tasarımı, 23, 198, 201, 235
İlerici Çok Yanlılık savunucuları, 254
İran, 9, 159, 255-257
İstatistiksel mekanik, 56-57
İtalya Kraliyet Akademisi, 90
İzotoplar, kavramın ortaya atılışı, 70. *Ayrıca bkz.* uranyumun izotopları

Japonya:
Pearl Harbor saldırısı, 175-177, 213
Kullandıkları iletişim şifreleri, 224-225
Japonya'ya atom bombalarının atılması kararı, 204-220
İmparatoru, 217, 225-230

Nükleer yolla elde edilen elektrik, 247-248
Rusya'nın savaş ilanı, 225, 233
Teslim olma şartları, 226-231
Ayrıca bkz. Hiroşima, Japonya; Nagasaki, Japonya
Jette, Eleanor, 204
Jette, Eric, 204
Joachimsthal madenleri, 29-31, 38, 46, 56, 71, 153
Joachimsthal radyum fabrikası, 51-52
Joliot, Frédéric, 14, 77, 96-105, 117, 123, 138, 246
Joliot-Curie, Irène, 13-14, 37, 51, 76-77, 95-105, 109, 112, 117, 122-123, 138
Junghans, Edith, 64
Jungk, Robert, 165-168

Kadmiyum, 181-183, 244
Kaiser Wilhelm Kimya Enstitüsü, 64-65, 72-74, 92, 115, 171
Kalsiyum, 33, 112
Kanser:
Chernobyl kazası, 249
Hiroşima ve Nagasaki'de oranı, 23-24
Radyasyon kansere sebep oluyor, 23-24, 249, 253
Radyasyonun kanser tedavisinde kullanımı, 45-46, 52, 253, 256
Three Mile Adası yakınlarında oranı, 248
Kapitza, Pyotr, 173
Karşı nötrino, 20, 93
Karşı proton, tanımı, 20
Kennedy, John F., 240
Kepler, Johannes, 42
Kesirli billurlaşma, 114
Khan, Abdul Qadeer, 255
Khrushchev, Nikita S., 236
Kirli bombalar, 256
Kissinger, Henry, 240
Klaproth, Martin, 14, 29-31, 38
klorin, 31-33, 72-73, 114
Kobalt 60 (izotopu), 253
Kobalt, 30, 51
Kongo, 32, 51-52
Kopenhag Üniversitesi, 43, 62, 95, 99-100, 108-110, 116, 129-131
Kopenhag, Heisenberg ile Bohr'un (1941), 164-172, 175
Kore Savaşı, 239, 256
Korsching, Horst, 157, 159
Koşulsuz teslim olma, 208-209, 226-230
Kriptografi, 224
Kritik kütle, 136, 177, 187
Kronecker, Leopold, 125
Kuantum kuramının Kopenhag yorumu, 130
Kuantum mekanik kuram, 42-43, 47, 67, 82, 88, 91-92, 124, 126-131, 158, 172
Kugler, Richard L., 254
Kurşun, 28, 34, 44, 46
Kuzey Kore, 10, 255
Küba Füze Krizi, 239-240, 256
Küçük Çocuk (Hiroşima'ya atılan atom bombası), 21-22, 194, 200-201, 217
Küresel ısınma, 9, 251-253

Landau, Lev, 173
Langevin, Paul, 14, 47, 50, 77
Lantan, 104, 112, 122-123
Laue kırınım özellikleri, 86
Laue, Max von, 137-138, 155-158
Leiden Üniversitesi, 87, 102
Leipzig Üniversitesi, 130-131, 133, 161-162
Levi-Civita, Tullio, 88
Lindemann, Ferdinand, 126
Lorentz dönüşümleri, 125

MacArthur, Douglas, 233
MAD doktrini, 239, 256
Madde, tanımı, 19
Magic (gizli operasyon), 224-230
Magnezyum, 97, 100
Majorana, Ettore, 14-15, 88-92, 130
Manchester Üniversitesi, 40, 140
Manhattan Projesi, 10-11, 14-16
Bombanın yapılması, 193-202
Kompartımanlı yapısı, 190-192
Başlangıcı, 185-187
Askerlerin varlığı, 189-191
Adlandırılması, 142

Örgütlenmesi, 188-190
Seçilen yer, 179, 186
Çalışan bilimcilerin görüşleri, 204-216
Manifesto della Razza, 106
Manley, John H., 213
Matrisler, 174
Maud Komitesi, 141, 186
Maximilian II, 30
McGill Üniversitesi, 40
Meitner, Lise:
Aktinyum araştırması, 65-75
Atom modeli, 119-120, 134
Boltzmann, 56-59
Karakterinin betimlenmesi, 13
Frisch'le ortak makalesi, 134-135
Hahn'la işbirliği, 62-71, 73-77, 102
Hahn'la mektuplaşma, 112-117
Fisyonu keşfetmesi, 116-122, 133, 152
Eğitimi, 54-57
Hahn-Meitner Laboratorium, 64-65, 73
Kungälv'de Frisch'le buluşması, 113, 115-120
ve Planck, 61-62
Protaktinyumu keşfetmesi, 75
Sürgün hayatı, 105, 112-113, 123
Cinsiyetçiliğe maruz kalması, 59-62
Hollanda sınırında durdurulması, 109-111
Sahra hastanelerinde gönüllü çalışması, 72
Viyana'da Meyer'le çalışması, 59-61
Mendelevyum, 34
Mendeleyev, Dmitri, 33-34, 66, 68-69
Metalürji Laboratuvarı (Met Lab), 175-182, 205, 208, 213-214
Meyer, Stefan, 59-60
mezotoryum, 64
Mussolini, Benito, 90-91, 106-108
Müller, Walther, 100

Nagasaki, Japonya, 23-24, 194, 198, 201, 204, 210-212, 216-224, 231, 233
NATO (Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü), 255
Naziler ve Nazizm, 10-11
Avusturya'nın ilhakı, 105
Atom bombası projesi, 72-73, 123-124, 130-132, 151-166, 170-174, 201
Heisenberg ve, 124, 130-133, 142-154, 161-174
Meitner'in Hollanda sınırında durdurulması, 109
Meitner'in mülklerine el koyulması, 112
Nuremberg yasaları, 106
İtalya'yı işgali, 107-108
Neptünyum, 104, 141
Newton, Isaac, 113
Next of Kin (film), 177
Nichols, Kenneth, 208
Niehr, Ernest, 110
Nishimoto, Setsuko, 22-23
Nobel alanlar:
Becquerel, 36
Crutzen, 241
Curie, Marie, 36, 39, 46, 50
Curie, Pierre, 36, 39
Dirac, 130
Fermi, 108-109, 115, 123, 134
Hahn, 123
Heisenberg, 130-132, 152, 174
Joliot, 96
Joliot-Curie, 96
Laue, 157
Röntgen, 35
Rutherford, 40, 63
Schrödinger, 130
Segrè, 81
Szilard, 135
Thomson, 40
Wigner, 183
nötrino, tanımı, 20, 93
Nötron radyasyonu, 77, 92, 102, 178, 183
Nötron, keşfedilmesi, 42
Nötron, tanımı, 18, 28
Nükleer (hidrojen) bomba, 9, 10, 12
Tasarımı, 235
Yıkım gücü, 236
Fransızların denemeleri, 246
Araştırması, 175

Sovyetlerin üretimi, 236-237
ABD'nin üretimi, 215, 236-237
Kavramın kullanılışı, 17
Nükleer atık, 243, 245, 252, 256
Nükleer denizaltılar, 238, 241-242, 255
Nükleer enerji üretimi:
Farklılaşan yaklaşımlar, 24
Bedeli, 252
Fransa'da, 246-249
Geleceği, 248-253
Büyük Britanya'da, 245-247, 249
İtalya'da, 249
Japonya'da, 247
Süreci, 244-245
Geri dönüşümü, 252
Rusya'da, 245
Güvenliği, 243, 248-252
Gemilerde, 247-249
Denizaltılarda, 247
İsveç'te, 251
ABD'de, 246-248
Atıkların depolanması, 252-253
Nükleer enerji, 9. *Ayrıca bkz.* nükleer enerji üretimi
Nükleer fizik, kavramın kullanılışı, 17
Nükleer fisyon, keşfedilmesi, 116-122
Nükleer kış, 241-242
Nükleer reaktörler, 153-154, 162, 167, 171-173, 177-183, 196, 240, 244-253, 256

Oak Ridge nükleer tesisi (Tennessee), 179, 191-194
Oe, Kenzuboro, 24
Oppenheimer, J. Robert, 151, 185-190, 192, 198, 200, 208, 210, 212
Osiloskop, 135, 183

Öncü Alayı, 72-73

Pakistan, 9, 241, 255
Paris Üniversitesi, 38, 51
Parsons, W. S., 196
Pasifik'teki sonar deneyleri, 255
Pauli, Wolfgang, 47, 85, 92-95, 110, 126-130
Peano, Giuseppe, 81-82
Pearl Harbor, saldırıya uğraması, 175-176, 213-214
Peenemünde, 183
Peierls, Rudolph, 140, 186
Péligot, Eugène, 15, 31
Penney, Bill, 216-218
Perey, Marguerite, 50
Pisa Üniversitesi, 81-83, 87
pitchblende, 30-31, 38-40, 51, 56, 65, 68-75
Planck, Max, 43, 46, 61-62, 82-83
Plato, 126
Plütonyum:
Zincirleme tepkimeleri, 177-178, 187-188
Keşfedilmesi, 77, 102, 141, 161, 186
Şişman Adam'ın çekirdeğinde, 23, 198, 201
Periyodik tabloda, 34
Üretimi, 159, 193, 240, 246, 252
transuranik bir element, 77
Poincaré, Jules Henri, 35, 47
Poisson, Simon-Denis, 81-82
Polonya, 152, 168, 255
Polonyum, 38, 40, 44-45, 50, 59, 71, 96-98
Potasyum, 31-33
Potsdam Konferansı, 207, 224, 229-231
Potsdam Antlaşması, 226-227
Potsdam Deklarasyonu, 208, 219, 226, 228-230
Powers, Thomas, 165-166, 171
Pozitron radyasyonu, uyarılmış, 97-98
Pozitron, tanımı, 20
Princeton Üniversitesi, 107-108, 135, 138, 151
Protaktinyum, 75
Proton, tanımı, 18, 28

Rabi, Isidor, 151, 198, 200
Radon, 44, 68, 99-101, 103
Radyasyon (ışıma):
Kara cisim ışıması, 43, 82-83
Kansere neden olması, 23-24, 249, 253
Kanser tedavisinde kullanımı, 46, 52, 253, 256
Keşfedilmesi, 34-35

Pozitron uyarılması için deney, 97
"Radyasyonun Kuantum Kuramı" (Fermi), 91
Radyasyon zehirlenmesi, 23
Radyoaktif bozunum, 34, 38-40, 44, 47-50, 66-71, 75, 91-102
Radyoizotop, 253-254, 256
Radyum Enstitüsü, 50, 76
Radyum, 38-40, 44-45, 49-52, 56, 59, 65, 68-69, 99-100, 114, 253
Ramsey, Norman F., 187-192, 194, 198,-199,214-219
Rasetti, Franco, 85-92, 100-101, 109
Reines, Frederick, 93
Ricci-Curbastro, Gregorio, 82
Rittner, T. H., 155-157
Roma Üniversitesi, 88
Roosevelt, Eleanor, 206-207
Roosevelt, Franklin Delano, 16, 138-139, 188, 194, 204-209, 221
Röntgen, Wilhelm, 15, 34-35, 54-56, 64
Russell-Einstein Manifestosu, 236
Rusya, 72, 173, 206-208, 221-222, 233, 245. *Ayrıca bkz.* Sovyetler Birliği
Rutherford, Ernest, 15, 40-48, 60-63, 76, 95, 100, 104, 119, 137, 158-159

Sagan, Carl, 241-242
SALT (Strategic Arms Limitation Treaty: Stratejik Silahlanmanın Sınırlandırılması Antlaşması), 240
Sato, Naotake, 225-230
Schrödinger, Erwin, 47, 107, 110, 130-132, 164
Schumacher, Elisabeth, 131
Scuola Normale Superiore, 81-83
Seaborg, Glenn T., 141
Segrè, Emilio, 81-82, 88- 92, 101, 109, 187
Sellafield nükleer tesisi (Britanya), 245-246
Serber, Robert, 216-218
Seryum, 30-31
Shippingport nükleer enerji santrali (Pennsylvania), 246-247
Sınırötesi Denge felsefesi, 254
Siegbahn, Manne, 112, 116-117
Sihirli sayılar, 67-68
siklotron, 135, 141
Soddy, Frederick, 44, 70, 75
Soğuk savaş sonrasında ortaya çıkan politik yaklaşımlar, 254
Soğuk savaş:
Yıpratma politikası, 239-240
Sırasında yazılan atom bombası kitabı, 24
Sebebi atom bombasının kullanımı, 233
Esnasında üretilen hidrojen bombaları, 236-237
Sonrası politik yaklaşımlar,254-255
Sırasında imzalanan Russell-Einstein Manifestosu, 236-237
Solvay Konferansı (1911), 46-47, 50, 91
Solvay Konferansı (1927), 130
Solvay Konferansı (1930), 91
Solvay Konferansı (1933), 95
Solvay, Ernest, 46-47
Sommerfeld, Arnold, 126-129, 140
Sorbonne, 37, 46, 77
Sovyetler Birliği, 24, 206-207, 221-225, 229, 233-242, 249, 254-255. *Ayrıca bkz.* Rusya
Stalin, Joseph, 236-237
Standard Chemical Company, 51-52
Stern, Otto, 158
Stern-Gerlach etkisi, 158
Stimson, Henry, 16, 188, 200-201, 205, 216, 220-223
Strassmann, Fritz, 109-111, 114, 117, 121-123, 133, 137-138, 173
Süpernova, 27, 34
Szilard, Leo, 15, 135-139, 206-210, 213, 236-238
Szilard'ın imza kampanyası, 208-209

Şişman Adam (Nagasaki'ye atılan atom bombası), 23, 194, 198, 201, 204, 210-212, 216-224, 231, 233

Tantal grubu elementler, 71, 73
Teller, Edward, 15, 185, 235, 238

The Virus House (kitap), 166, 171
Thomson, J. J., 39-42
Three Mile Adası Enerji İstasyonu (Pennsylvania), 181, 248
Tinian Adası, 22, 195-196, 211, 214, 219, 231
Titanyum, 65
Togo, Shigenori, 225-229
Toryum, 44, 49, 65, 70-71
Trans uranyum elementler, 77, 102-104, 109, 113-114, 123, 161
Trinity atom denemesi alanı, 196-205, 210-214, 246
Truman, Harry, 16, 206-212, 217-225, 228-231, 236

Ulam, Stanislaw, 235
"Ulusun Geleceği" (TV tartışması), 238
Ultra Çok Gizli dokümanlar, 220, 224-230
Union Minière du Haut Katanga, 51-52
Uranüs, 31
Uranverein (Uranyum kulübü), 152, 158-161
Uranyum:
  Atom numarası, 34
  Atomunun yapısı, 28
  Yapılışı, 27
  Keşfedilmesi, 29-32
  Yarı-ömrü, 49
  İzotopları, 34, 47-49, 102, 110
  Joachimsthal madenleri ve, 29-31, 38, 46, 51, 56, 71, 153
  Adlandırılması, 30-31
  Periyodik tabloda, 34
  Özellikleri, 27-30, 34
  Işıması, 28-30
  Radyoaktivitesi, 34-36
  Kurşuna dönüşmesi, 44
  valansı, 34
Uranyum heksaflorid, 34
Uranyum izotopları:
  U–235, 21-22, 27, 47-48, 102, 110, 140, 153, 158-162, 167, 177-179, 186, 191-193, 240, 244, 247, 255-256
  U–238, 27-29, 44, 47-48, 77, 102, 104, 110, 153, 161-162, 244, 255-256
  U–239, 161, 167
Uranyum klorür, 31, 35-38, 71
Uranyum zenginleştirme, 159, 186-187, 244
Uranyumun zincirleme tepkimesi:
  Einstein'ın denklemi ve, 138
  Fermi'nin ilk gösterimi, 12-13,179-183, 209, 244
  Almanların kavrayışı, 159, 162
  Patent başvurusu, 138-139
  Süreci, 10, 22, 136, 186, 193, 244-245
  Kesintisiz, 177-179, 244-245
  Szilard'ın çalışması, 137-139, 206, 209

V-2 roketi, 172, 183
valans, 34
Vanadyum, 75
Vietnam Savaşı, 239, 256
Viyana Üniversitesi, 55-59
Volterra, Vito, 82, 88
von Aigentler, Henriette, 57-58
von Braun, Werner, 183
von Gävernitz, Gero, 231
von Neumann, John, 15-16, 193
von Weizsacker, Carl Friedrich, 156-157, 161, 164-165, 170, 172
von Weizsäcker, Ernst, 161

Wallace, Mike, 209-210
Weisskopf, Victor, 151
Weyl, Herman, 125
Wheeler, John Archibald, 15, 135, 138, 153, 161
Wiegand, Clyde, 211-212
Wigner, Eugene, 151, 183
Wirtz, Karl, 156-157, 161
Wisconsin Üniversitesi, 127, 186-187s

X-ışınları, 15, 35-36, 50, 54, 64, 76, 86, 157

Yahudi karşıtlığı, 50, 123, 131-132
Yarı-ömür kavramın ilk ortaya atılışı, 47-48. *Ayrıca bkz.* radyoaktif bozunum
Yeltsin, Boris, 240

Zayıf etkileşim kuvveti, 67-68
Zeeman etkisi, 126-128
Zeeman, Pieter, 126
Zihn, Walter, 181

URANYUM SAVAŞLARI

Çoğumuz II. Dünya Savaşı sonunda Hiroşima ve Nagasaki'yi yerle bir eden atom bombalarını biliriz. Ancak pek azımız bu dev uğraşa yol açan hikâyenin bütününe hâkimiz: Uranyum nasıl keşfedilmişti, özellikleri nasıl araştırıldı, bilimcilerin oluşturduğu değişik ülkelerden çeşitli gruplar arasındaki acımasız rekabet uranyumun daha derin bir kavranışına nasıl yol açtı? Uranyum elementinin atomunun, küçük bir atom-altı parçacık kendisine çarptığında, basitçe ikiye bölünerek fisyon denen alışılmadık bir sürece maruz kaldığını pek az sayıda insan bilmektedir. Aczel bu kitabında radyoaktivitenin keşfinden, günümüzde uranyum zenginleştirmenin yol açtığı politik sorunlara kadar nükleer enerji ve nükleer silahlanma olgusunu mercek altına yatırıyor. Kitapta atom bombasına yol açan müthiş bilimsel keşiflerin yanı sıra, Marie Curie ve Lise Meitner gibi nükleer fiziği geliştiren kadın fizikçilerin yüzyıl başındaki erkek egemen toplumda yaşadıkları sıkıntıların da çok canlı bir tasviri yer alıyor.

"Aczel bu zor konuları, basit ve eğlenceli bir anlatımla sunarak renkli, eğitici ve ikna edici bir tarzda yazıyor"
– The Financial Times

"Harika bir tarih, özellikle ikinci dünya savaşı tarihi."
– New Scientist

"*Fermat'nın Son Teoremi* yazarından, açık ve derin bilimsel açıklamalar ve geniş bir araştırmanın sonucu olan bir kitap."
– Discover

"Aczel konuyla ilişkili bilim insanlarının ahlaki duruşlarını, kişilikleri ve buluşları ile ilgili zengin anekdotlarla anlatıyor"
– The Globe and Mail

"Nükleer bombanın nasıl yapıldığını, kullanıldığını ve geliştirildiğini çok güzel anlatıyor. Aczel hikayeyi günümüze kadar getiriyor"
– The Times

BİLİM NÜKLEER

ALFA Ticarethane Sokak No: 53, 34110 Cağaloğlu/İstanbul
Tel: 0(212)513 34 20-21 Faks: 0(212)519 33 00
info@alfakitap.com, www.alfakitap.com

ISBN: 978-605-106-4774