SAM KEAN

– Ulusal Bilim Yazarları Cemiyeti "En İyi Genç Bilim Yazarı Ödülü" adayı –



Periyodik tablonun ardındaki delilik ve aşk hikayeleriyle dolu farklı bir "Dünya Tarihi"

SAM KEAN



Periyodik tablonun ardındaki delilik ve aşk hikayeleriyle dolu farklı bir "Dünya Tarihi"

Kimyayla ilgili neşeli bir şeyler okumak hiç aklınıza gelmemiş olabilir, ama bu şimdi değişmek üzere; Sam Kean "*Kayıp Kaşık*" kitabıyla bize elementlerin ve onları keşfedenlerin kimi zaman eğlenceli, kimi zaman da acılarla dolu tarihini anlatıyor.

Gandhi'nin iyottan (I, 53) neden nefret ettiği, radyumun (Ra, 88) neredeyse Marie Curie'nin saygınlığını nasıl mahvedeceği, galyumun (Ga, 31) laboratuvarın muziplik peşindeki çalışanları için nasıl bir şaka malzemesi olduğu, Japonların Godzilla'yı niçin kadmiyumdan (Cd, 48) yapılma füzelerle öldürdüğü ve tellürün (Te, 52) nasıl olup da tarihteki en tuhaf altına hücumu başlattığı...

Hepsi ve daha fazlası bu kitapta!

The Royal Society Bilim Kitapları dalında Winton Ödülü Adayı

New York Times çok satan bilim kitapları listesinden

"Sam Kean, periyodik tabloyu çok satanlar listesiyle tanıştırıyor ve okuru kimyasal elementlerin dünyasında eğlenceli bir tura çıkarıyor."
New York Times

"Kışkırtıcı bir eser... Zekice kaleme alınmış Kayıp Kaşık, zevkle okunuyor, kolayca sindiriliyor..."
The Guardian

"Sam Kean, daldan[redacted]ızım tarzıyla keyifli bir okuma imkanı sunuyor. Öğrenir[redacted]e isteyenlere şiddetle tavsiye edilir."
brary Journal

kolektif kitap

info@kolektifkitap.com

ISBN 6056355929

9 786056 355929

Sam Kean'in kimyaya merakı çocukluk yıllarından başlıyor. Yıllarını kırık termometrelerdeki cıvaları biriktirerek geçiren Sam Kean, şimdi Washington DC'de yazar olarak hayatını sürdürüyor. Çalışmaları *New York Magazine, Mental Floss* ve *Science*'ta yayınlanan yazar, National Public Radio'da (Ulusal Halk Radyosu) "Radio Lab" (Radyo Laboratuvarı) ve "All Things Considered" (Enine Boyuna Düşünülürse) adlı programlarda yer aldı. Yazdığı ilk kitap *Kayıp Kaşık* ile *New York Times*'ın çok satanları arasına girdi. İkinci kitabı *Kemancı*'nın *Başparmağı* da çok satanlar listesine giren yazar, bilim kadar ke-şiflerin ve kaşiflerin hikayelerinden hoşlanıyor, hatta belki de daha fazla...

Kolektif Kitap -12

Bilim Kitaplığı -2

Kayıp Kaşık, Periyodik Tablonun Ardındaki Delilik ve Aşk Hikayeleriyle Dolu Farklı Bir "Dünya Tarihi"

Özgün Adı: *The Disappearing Spoon, And Other True Tales of Madness, Love, and the History of the World from the Periodic Table of the Elements*

© Sam Kean, 2010

© Türkçesi: Baha Okar, Burçin Duan, 2013

© Kolektif Kitap, 2013

ISBN: 978-605-63559-2-9

Yayına Hazırlayan: Bilge Ceren Şekerciler

Son Okuma: Evrim Öncül

Sayfa Düzeni: Murat Erol

Kapak Tasarımı: Deniz Akkol

1. Baskı, Şubat 2013, İstanbul

Sertifika No: 25574

Baskı ve Cilt: Berdan Matbaacılık
Güven Sanayi Sitesi C Blok No: 239
Topkapı, İstanbul | 0212 613 11 12
Sertifika No: 12491



Kolektif Kitap Bilişim ve Tasarım Ltd. Şti.
Caferağa Mah. Ressam Şeref Akdik Sok.
No: 10 Kadıköy, İstanbul
www.kolektifkitap.com | info@kolektifkitap.com
T: 0216 337 05 18 | F: 0216 337 03 18

Bu kitabın hakları Anatolialit Telif Hakları Ajansı ve Little, Brown, and Company aracılığıyla alınmıştır. Yayıncının izni olmaksızın elektronik ya da mekanik herhangi bir yolla çoğaltılamaz ve iletilemez. Tüm hakları saklıdır.



Periyodik tablonun ardındaki delilik ve aşk hikayeleriyle dolu farklı bir "Dünya Tarihi"

KAYIP KAŞIK

SAM KEAN

kolektif



Periyodik tablonun ardındaki delilik ve aşk hikayeleriyle dolu farklı bir "Dünya Tarihi"

SAM KEAN

Türkçesi:
Burçin Duan - Baha Okar

kolektif

GİRİŞ - 9

I. BÖLÜM
YERLEŞİM: SÜTUN SÜTUN, SIRA SIRA

Coğrafya Kaderdir - 17
Benzer İkizler ve Karakoyun: Elementlerin Soyağacı - 39
Periyodik Tablonun Galapagos'u - 55

II. BÖLÜM
"ATOMLAR YAPARIZ, ATOMLAR PARÇALARIZ"

Atomlar Nereden Geliyor?: "Hepimiz yıldız parçalarıyız" - 73
Savaş Zamanlarının Elementleri - 90
Tabloyu Tamamlayan Patlama - 107
Periyodik Tabloyu Büyüt, Soğuk Savaşı Yay - 124

III. BÖLÜM
PERİYODİK KARIŞIKLIK: KARMAŞANIN DOĞUŞU

Fizikten Biyolojiye - 143
Zehirli Koridor: "Aah aah" - 161
İki Element Al, Sabaha Bir Şeyin Kalmaz - 177
Elementler Nasıl Aldatır? - 196

IV. BÖLÜM
İNSAN KARAKTERİNİN ELEMENTLERİ

Politik Elementler - 213
Para gibi Elementler - 232
Sanatsal Elementler - 248
Deliliğin Elementi - 265

V. BÖLÜM
BUGÜNÜN VE YARININ ELEMENT BİLİMİ

Kimyanın Yolu, Sıfırın Altına - 287
İhtişamlı Küreler: Kabarcık Bilimi - 304
Saçma Hassaslığın Araçları - 323
Periyodik Tablonun Üstü (ve Daha Ötesi) - 340

İNDEKS - 355

GİRİŞ



1980'lerin başlarında henüz küçük bir çocukken, etrafta birileri olsun olmasın, ağzımda yemek, dişçi tüpü, uçup giden tükürük baloncukları, aklınıza her ne geliyorsa onlar varken bol bol konuşurdum. İlk defa dilimin altında bir termometreyle baş başa kaldığımda, bu alışkanlığım beni periyodik tabloyla büyüleyici bir ilişkiye sürükledi. İkinci ve üçüncü sınıftayken boğaz enfeksiyonu yüzünden çok sık yatağa düşmüştüm, sonrasında da günlerce yutkunmak felaket acı verir olmuştu. Okula gitmeyip evde kalmaya, vanilyalı dondurma ve çikolata sosuyla kendi kendimi iyileştirmeye diyeceğim yoktu. Üstelik hasta olmak her seferinde eski model cıvalı bir termometre daha kırma imkanı veriyordu bana.

Dilimin altında cam bir çubuk öylece yatarken hayali sorulara yüksek sesli cevaplar veriyordum ve termometre ağzımdan kayıp düşüyor, sert parke zeminde tuzla buz oluyordu. Haznedeki sıvı cıva bilye taneleri gibi ortalığa saçılıyordu. Bir dakika geçmeden annem kalçasındaki romatizmaya aldırmaksızın yere çöküp bilyeleri bir araya toplamaya çalışıyordu. Eline geçirdiği bir kürdanı hokey sopası gibi kullanarak yumuşak küreleri birbirine değene kadar sürüyordu. Aniden son bir dürtmeyle, hooop küreler birbirini yutuveriyordu. İki topun yerini titreşen, kusursuz hatlara sahip tek bir top

alıyordu. Annem yere eğilmiş bu büyülü numarayı defalarca tekrarlıyor, gümüş renkli bir mercimek tanesi oluşana dek büyük top diğerlerini yutuyordu.

Annem bütün cıva parçacıklarını topladıktan sonra, bibloları ve ıvır zıvırı koyduğumuz mutfak rafında, oltasını sallayan küçük ayıcık ile 1985'teki aile toplantımızdan hatıra mavi porselen kupanın arasında duran yeşil etiketli plastik ilaç şişesini indirirdi. Topu bir zarfın üzerine yuvarladıktan sonra, kırılan son termometreden kalan kıymetli cıvayı şişedeki ceviz büyüklüğündeki damlanın üzerine dikkatlice dökerdi. Bazen de şişeyi yerine kaldırmadan önce cıvayı kapağa döker ve kardeşlerimle birlikte, durmaksızın parçalanıp kendi kendine kusursuzca bütünleşerek sağa sola yuvarlanan bu fütüristik metali izlerdik. Anneleri ton balığı yedirmeyecek kadar cıvadan korkan çocuklara içim sızlamıştır. Ortaçağ simyacıları, altına duydukları tüm tutkularına rağmen cıvayı evrendeki en güçlü ve şiirsel madde olarak görmüşler. Bir çocuk olarak onlarla aynı fikirdeydim. Hatta onlar gibi, ben de cıvanın sıvı veya katı, metal veya su, hatta cennet veya cehennem gibi yavan kategorilerin üzerinde, başka bir dünyaya ait ruhları barındırdığına inandım.

Cıvanın bir element olduğu için böyle davrandığını sonradan öğrendim. Sudan (H_2O) ya da karbondioksitten (CO_2) yahut her gün karşılaştığınız neredeyse başka her şeyden farklı olarak cıvayı doğal yollardan daha küçük birimlere ayıramazsınız. Gerçekte cıva en kült elementlerden biridir: Atomları sadece diğer cıva atomlarıyla birleşmek ister ve bir küre haline gelerek dış dünyayla temasını en aza indirir. Çocukken yere döktüğüm sıvıların çoğu böyle değildi. Su, tıpkı yağ, sirke veya erimiş jöle gibi her yere yayılırdı. Cıvanın asla bir zerresi bile saçılmazdı. Annemle babam ne zaman termometreyi düşürüp kırsam, görünmez cam kırıkları ayağıma batmasın diye ayakkabılarımı giymem konusunda beni uyarırlardı. Ama hiçbir zaman başıboş cıva parçaları için uyarılmadım.

Uzun bir süre boyunca, tıpkı bir çocukluk arkadaşının ismini gazete sayfalarında arar gibi, okulda ve kitaplarda gözüm seksen

numaralı elementin üstünde oldu. ABD'nin Büyük Ovalar bölgesindenim, ben de herkes gibi tarih derslerinde Lewis ve Clark'ın bir mikroskop, pergel, sekstant, üç cıva termometresi ve diğer alet edevatlarıyla birlikte, at arabalarına atlayıp Güney Dakota ve Louisiana topraklarının geri kalanı boyunca yolculuk ettiklerini öğrendim. Başlangıçta bilmediğimse, yanlarında aynı zamanda her biri bir aspirinin dört katı büyüklüğünde tam altı yüz cıva müshil hapı taşıdıklarıydı. Bu müshiller, Bağımsızlık Bildirgesi'ni imzalayanlardan, 1793'teki sarıhumma salgını sırasında kaçmayarak, cesurca Philadelphia'da kalan tıp kahramanı Benjamin Rush'ın ardından "Dr. Rush'ın Safra İlaçları" olarak biliniyordu. Onun her türlü hastalık için gözde tedavisi ağızdan alınan çamurumsu cıva klorür idi. Tıbbın 1400'lerden 1800'e kadar katettiği gelişmeye rağmen, o çağdaki doktorlar birer tıpçıdan çok eczacı gibiydi. Bir çeşit sevimli büyüyle, bu güzeller güzeli çekici cıvanın, hastaları çirkin bir krize sokarak, zehre karşı savaşan zehir misali iyileştirebildiğini gösterdiler. Dr. Rush hastaları ağızlarından salyalar akmaya başlayana kadar bu çözeltiyi yutmaya zorlardı ve birkaç hafta ya da ay süren tedavinin ardından insanların dişleri ve saçları dökülürdü. Onun "tedavi"sinin sarıhummanın canını bağışlayabileceği birçok insanı zehirlediğine ya da bir çırpıda öldürdüğüne hiç şüphe yok. Yine de on yıl sonra Meriwether Lewis ve William Clark'ı, Philadelphia'da mükemmelleştirdiği tedavisinin paketlenmiş numuneleriyle uğurlamıştı. Gerçi Dr. Rush'ın haplarının pratik bir yan etkisi olduğunu da söyleyebiliriz, modern arkeologlar bu sayede geçmişte kaşiflerin kamp yaptığı yerlerin izlerini sürebildiler. Vahşi doğada karşılaştıkları tuhaf yiyecekler ve ne idüğü belirsiz su kaynakları yüzünden, gün geçmiyordu ki ekipten birilerinin midesi bozulup kusmasın. Grubun kampta tuvalet kazdığı her yerde, herhalde Dr. Rush'ın gökgürleten ilaçları ("Thunderclappers") iyi iş gördüğünden, cıva atıkları toprağı işaretlemişti.

Cıva fen sınıfında da karşıma çıktı. Periyodik tablonun keşmekeşiyle ilk karşılaştığımda gözlerim hemen cıvayı aradıysa da onu bu-

lamadım. Oradaydı, yoğun ve yumuşak altınla aynı zamanda zehirli olan talyumun arasında. Fakat cıva için kullanılan sembol, adında bulunmayan iki harften oluşuyordu: Hg. İsmi *hydragyrum*'dan geliyormuş, Latince su gümüşü. Bu sırrı çözmek eski dillerin ve mitolojinin periyodik tablo üzerinde ne kadar büyük bir etkiye sahip olduğunu anlamama yardım etti. Bu etkiyi en alt sırada yer alan yeni süper ağır elementlerin adında da görebilirsiniz.

Cıva ile edebiyat dersinde de karşılaştım. Bir zamanlar şapka üreticileri işlenmiş deriden kürkü ayırmak için parlak portakal renginde cıva kullanırlarmış ve buharlı kazanlarda tarama yapan şapkacılar, *Alice Harikalar Diyarında*'daki çılgın şapkacı gibi, yavaş yavaş önce saçlarını, ardından da akıllarını kaybederlermiş. Sonunda cıvanın ne kadar zehirli olduğunun farkına vardım. Dr. Rush'ın müshil haplarının bağırsakları nasıl iyi boşalttığı da böylece açıklanmış oluyordu. Vücut cıva da dahil, kendini zehirden ancak bu şekilde kurtarıyordu. Üstelik cıvayı solumak yutmaktan daha beterdi. Merkezi sinir sistemindeki "kabloları" aşındırıyor ve ileri aşamadaki Alzheimer gibi beyin hücrelerini kavurup oyuklar açıyordu.

Ancak cıvanın tehlikelerini öğrendikçe onun yok edici güzelliği beni daha da büyüledi. William Blake'in dizelerindeki gibi: "Kaplan, kaplan! Gecenin ormanlarında ışıltıyla yanan." Yıllar geçtikçe annemle babam mutfaklarını yeniden dekore ettiler; ayıcıkla kupanın durduğu rafı indirdiler ve bütün ıvır zıvırı karton bir kutuya koyup kaldırdılar. Yakınlarda ziyaretlerine gittiğimde, yeşil etiketli şişeyi bulup çıkardım. İleri geri sallayarak, içindeki çember çizen ağırlığı hissettim. Kenarından baktığımda, gözlerim asıl yatağın kenarlarına sıçramış küçücük parçalara kilitlendi. Orada öylece duruyorlardı, su damlaları gibi parlak, sadece fantezilerinizde karşılaşacağınız kadar mükemmel. Çocukluğum boyunca, dökülen cıvayla heyecanlı bir arkadaşlığım olmuştu anıa bu kez elimde tuttuğum küçük kürelerin korkutucu ahengini bildiğimden ürperdim.

***

Bu tek elementten tarih, etimoloji, simya, mitoloji, edebiyat, adli tıp ve psikoloji öğrenmiştim.[1] Toparladığım element hikayeleri bunlardan ibaret değildi, özellikle de fakültede bilimsel çalışmalara daldıktan ve araştırmalarını küçük bilimsel muhabbetler için memnuniyetle bir kenara bırakabilen bazı profesörler keşfettikten sonra.

Yazmak için laboratuvardan kaçmayı dört gözle bekleyen bir fizik öğrencisi olarak, deneme yanılma deneylerine karşı hiçbir biçimde paylaşamadığım bir sevgi duyan, sınıfımdaki ciddi ve parlak genç bilimcilerin arasında kendimi hep berbat hissettim. Minnesota'da neredeyse hiçbir şey anlamadan geçirdiğim beş yılın sonunda okulu yüksek not ortalamasıyla bitirdim. Laboratuvarda yüzlerce saat harcamama, binlerce denklem ezberlememe, sürtünmesiz makaralar ve rampalarla ilgili on binlerce grafik çizmeme rağmen, temel eğitimimi profesörlerin anlattığı hikayelerden aldım. Gandhi, Godzilla ve Nobel Ödülü'nü çalmak için germanyum kullanan bir öjenikçi; patlayıcı sodyum kütlelerinin nehirlere atılıp balıkların öldürülmesi; uzay mekiklerinde nitrojen gazı yüzünden mutluluk içinde nefessiz kalıp boğulanlar; bizim okulda kendi göğüs kafesinde plütonyumla çalışan bir kalp pili deneyen ve dev manyetik bobinlere yaklaşıp onları kurcalayarak kalp atışını hızlandırıp yavaşlatan eski bir profesör hakkındaki hikayelerden...

Bütün bu hikayeler içime işledi ve yakın zaman önce ailemin evinde yaptığım kahvaltının ardından, cıva üzerine kafa patlatarak geçirdiğim eski günlerimi hatırlarken, periyodik tablodaki her bir element hakkında gülünç, tuhaf veya tüyler ürpertici bir hikaye olduğunu fark ettim. Bu tablo aynı zamanda insanlığın en büyük entelektüel başarılarından biriydi. Hem bilimsel bir başarı hem de bir öykü kitabı olan periodik tablodan yola çıkarak, ben de eliniz-

---

1- Cıva aracılığıyla öğrendiğim diğer bir başlık meteorolojiydi. Simyanın ölüm çanı, 1759 yeni yılında, kar ve asit karışımını ne kadar soğutabileceklerini anlamaya çalışan iki Rus biliminsanı yanlışlıkla termometredeki cıvayı dondurunca çaldı. Bu katı Hg'nin kayıtlara geçtiği ilk olaydı ve bu kanıtla simyacıların ebedi sıvısı olağan maddeler diyarına sürgün edildi.

Son zamanlarda cıva, ABD'de eylemcilerin aşılarda kullanılmasının tehlikelerine (tamamen asılsız) ilişkin güçlü bir kampanya başlatmasıyla politize de edildi.

de tuttuğunuz bu kitabı, hikayeleri ve başarıları anlatmak için yazdım. Tıpkı aynı hikayeyi değişik katmanlar halinde anlatan bir anatomi ders kitabı gibi... En basit katmanda, periyodik tablo evrendeki tüm farklı madde çeşitlerini listeler: gördüğümüz ve dokunduğumuz her şeyi meydana getiren yüzden fazla şahsiyet. Tablonun şekli bize aynı zamanda bu şahsiyetlerin kalabalıkta bir diğeriyle nasıl katıştığına dair bilimsel ipuçları da verir. Biraz daha karmaşık bir katmanda, periyodik tablo her çeşit atomun nereden geldiği ve hangi atomların başka atomlara parçalanabileceği ya da dönüşebileceği hakkında her türlü adli tıp bilgisini kodlar. Bu atomlar yaşayan canlılar gibi dinamik sistemlerde doğal olarak birleşirler ve periyodik tablo bunun nasıl olacağını öngörür. Hatta hangi koridorlardaki kötü huylu elementlerin canlılığı kötürüm bırakacağını ya da yok edeceğini de söyler.

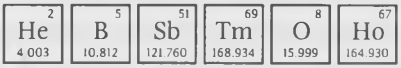
Son olarak periyodik tablo antropolojik bir harikadır, insanoğlunun ve fiziksel dünyayla nasıl bir ilişki içinde olduğumuzun tüm muhteşem, kurnazca ve çirkin yönlerini yansıtan bir insan eseri, türümüzün yoğun ama küçük ve zarif bir alfabeyle yazılmış tarihçesidir. En temelden başlayarak ve aşama aşama daha karmaşık olanlara doğru ilerleyerek, bütün bu katmanların üzerinde çalışılmasını hak etmiştir. Ve periyodik tablodaki hikayeler bizi eğlendirmenin ötesinde, onu anlamanın ders kitaplarında ve laboratuvar kitapçıklarında asla bulamayacağınız bir yolunu sunar. Periyodik tabloyu yeriz, onu soluruz; insanlar onun üzerine bahislere tutuşur ve büyük miktarlar kaybeder; felsefeciler onu bilimin anlamını irdelemek için kullanır; o insanları zehirler; savaşları peydahlar. En üst soldaki hidrojenle en alt sıra boyunca gizlenen insan yapımı imkansızlıklar arasındaki yolculukta kabarcıkları, bombaları, parayı, simyayı, politik oyunları, tarihi, zehri, suçu ve aşkı bulursunuz. Hatta biraz da bilimi...

I.
BÖLÜM

YERLEŞİM: SÜTUN SÜTUN, SIRA SIRA

1

Coğrafya Kaderdir

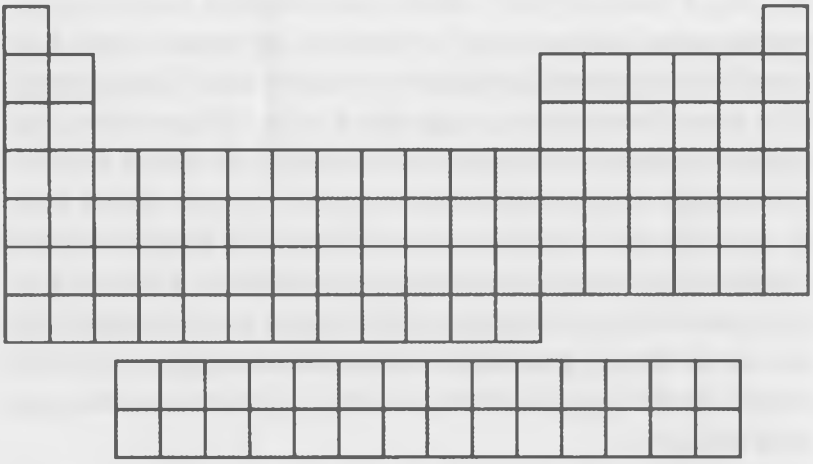


Pek çok insan periyodik tabloyu düşündüğünde, lisede kimya laboratuvarının duvarında asılı bir çizelgeyi, öğretmenin omzu üzerinde beliren asimetrik sütunları ve sıraları hatırlar. Çizelge genellikle devasa boyutlardadır, aşağı yukarı 180'e 120 santimetre, yani kimya için taşıdığı önemi göze sokan korkutucu bir ebatta. Bu çizelge eylül ayının başlarında sınıfla tanıştırılır, mayısın sonuna kadar da önemini korur. Sınavlarda ders notlarına ya da kitaplara bakmak yasaklansa da, tabloya başvurmaya teşvik edilirsiniz. Elbette ki periyodik tablo hakkında hatırlıyor olabileceğiniz hayal kırıklığının bir parçası da, tümüyle gözünüzün önünde olmasına rağmen, bu dev ve tümüyle izinli kopya kağıdının, ne yazık ki işinize yaramaktan çok uzak olmasıdır.

Periyodik tablo bir yandan adeta maksimum bilimsel işlevsellik için tasarlanmış bir Alman mühendislik harikası gibi iyi düzenlenmiş ve kusursuz görünürken, diğer yandan da dünya çapında bilgisayarlardaki hata mesajlarına benzeyen uzun bir rakamlar ve kısaltmalar karmaşası gibidir ($[Xe]6s^24f^{1}5d^{1}$) ki endişelenmemek mümkün değildir. Ayrıca periyodik tablonun biyoloji ve fizik gibi diğer bilim dallarıyla bir şekilde ilişkisi olduğunu bilmemize karşın, bunun tam anlamıyla ne olduğunu kavramak zordur. Muhtemelen pek çok

öğrenci için en büyük hayal kırıklığı, periyodik tabloyu anlamış, nasıl işlediğini gerçekten çözmüş birinin, sıkıcı bir kayıtsızlıkla ondan pek çok gerçeği çıkarabilmesidir. Parça parça renklendirilmiş noktalı diyagramlarının içine gizlenmiş apaçık görünen yediler ve dokuzlar karşısında bir renk körünün hissettiği de aynı öfkedir: kendini neredeyse hiç açık etmeyen çok önemli ama gizli bir bilgi karşısındaki çaresizlik... İnsanlar tabloyu büyülenme, yakınlık, yetersizlik, nefret gibi karışık duygularla hatırlarlar.

Öğrencilerini tabloyla tanıştırmadan önce her öğretmen, bütün bu karmaşayı bir kenara bırakarak, onlara bu garip şeyi, boşluğu göstermelidir.



Neye benziyor? Ana duvarı eğri büğrü, sanki sol tarafı kralın duvarcıları tarafından henüz tam olarak bitirilmemiş ve her iki uçta yüksek savunma kuleleri olan bir kaleye... Uzunlu kısalı on sekiz sütun ve yedi yatay sıra ile "iniş pisti" gibi en altta asılı duran iki ekstra sıra... Kaleyi oluşturan "bloklar" ile ilgili şaşırtıcı ilk bilgi blokların yer değiştiremiyor oluşudur. Her blok bir *element* ya da bir madde

türüdür ve şu an itibariyle tabloyu 112 element ve beklemedeki birkaçı oluşturur. Eğer bu bloklar bulundukları yerde durmazlarsa kale bütünüyle parçalanıp dökülür. Bunda hiç abartı yok, eğer bilim insanları bir elementin bir şekilde başka bir yuvaya uyacağını ya da iki elementin yer değiştirebileceğini saptamış olsaydı, bütün bu gösterişli yapı yıkılırdı.

Bir başka mimari tuhaflık da kalenin değişik alanlarının değişik maddelerden yapılmış olması. Buradan sadece tüm blokların aynı maddeden yapılmadığını anladığımız kadar, aynı karaktere sahip olmadığını da anlarız. Blokların yüzde 75'i metaldir, yani elementlerin çoğu soğuk ve gri katı maddeler halinde, en azından insanın alışkın olduğu sıcaklıklardadır. Doğu yakasındaki bazı sütunlar gazları da barındırırken, sadece iki element, cıva ve brom oda sıcaklığında sıvıdır. Metaller ve gazların arasında bazı tarifi zor elementler bulunur. Amorf doğaları bu elementlere asitleri bir kimya deposunda kilit altında tutulan herhangi bir maddeden milyarlarca kat daha güçlü hale getirebilmek gibi ilginç özellikler kazandırır. Bütününe bakıldığında, eğer her blok ifade ettiği elementten meydana gelmiş olsaydı, bu elementler kalesi birbirine uymayan çağlarda yapılmış eklentiler ve kanatlarla fantastik bir ucube, ya da daha kibar bir ifadeyle, görünüşte uyumsuz malzemelerin zarif bir bütünlük oluşturacak şekilde birbirine eklenmesiyle inşa edilmiş bir Daniel Libeskind binası olurdu.

Kale duvarları hakkında bu kadar detaya inilmesi boşuna değil, çünkü bir elementle ilgili bilimsel açıdan önemli olan hemen hemen her şeyi onun koordinatları belirler. Her elementin coğrafyası alınyazısıdır. Gerçekte artık tablonun dış hatlarının neye benzediği hakkında bir fikriniz olduğuna göre, daha kullanışlı bir benzetme olduğunu düşündüğüm, periyodik tabloyu bir harita olarak görmeye geçebiliriz. Biraz daha detaya inebilelim diye bu haritayı doğudan batıya doğru, hem çok bilinen hem de sıradışı elementlerin üzerinde durarak çizeceğim.

Öncelikle sağ taraftaki sekizinci sütun, asal gazlar ya da soygazlar (noble gases: soylu gazlar) diye bilinen bir dizi elementi içerir. Asal gazlara *noble*-soylu denilmesi kulağa komik gelebilir, ne de olsa arkaik bir sözcüktür ve kimyadan çok etiğe ya da felsefeye ait gibidir. Gerçekten de "soygazlar" terimi Batı felsefesinin doğum yeri olan antik Yunan'a kadar gider. Meslektaşları Leukippos ve Demokritos'un atom fikrini bulmalarının ardından, Platon maddenin farklı küçük parçacıkları için genel bir kavram olarak "elementler" (Yunanca *stoicheia*) kelimesini ortaya atar. Hocası Sokrates'in ölümünden sonra, MÖ 400 civarında kendi güvenliği için Atina'dan ayrılan ve yıllarca felsefe üzerine yazarak oradan oraya seyahat eden Platon, elbette ki bir elementin kimya kavramları açısından ne anlama geldiği hakkında bilgi sahibi değildi. Ama bilseydi, şüphesiz en sevdiği elementler olarak doğu yakasındakileri, özellikle de helyumu seçerdi.

Platon aşk ve erotizm üzerine diyalogu *Şölen*'de, her varlığın kendi tamamlayıcısını, farklı bir deyişle kayıp yarısını bulmanın özlemini çektiğini iddia eder. İnsanlara uygulandığında, bu iddia tutkuyu, cinselliği ve tutkuyla cinselliğe eşlik eden bütün sorunları ima eder. Buna ek olarak Platon diyalogları boyunca, kaba maddenin etrafında didinen ve onlarla etkileşen şeylere göre, soyut ve değişken olmayan şeylerin özünde daha asil olduklarını vurgular. Platon'un neden idealize edilmiş çemberleri, küpleri ve sadece aklımızla kavranabilir objeleriyle geometriye delicesine taptığını da bu sayede anlayabiliriz. Matematiksel olmayan objeler için Platon, bütün objelerin ideal bir türün gölgeleri olduğunu ileri süren bir "biçimler" kuramı geliştirmiştir. Örneğin bütün ağaçlar, ideal bir ağacın "ağaç-lık"ına öykünen kusurlu kopyalardır. Aynı şey "balık" ve "balık-lık" ya da hatta "fincan" ve "fincan-lık" için de geçerlidir. Platon bu biçimlerin, insanın doğrudan algısının ötesinde semavi bir diyarda yüzseler de, salt teorik olarak bulunmadıklarına, gerçekte var olduklarına inanır. Öyleyse biliminsanları dünyadaki ideal biçimleri helyumla yaratıvermeye başladıklarında, herkes kadar Platon da çok şaşıracaktır.

1911 yılında bir Hollandalı-Alman bilimci cıvayı sıvı helyumla soğutarak, -452 °F'nin (yaklaşık -233 °C) altında sistemin bütün elektriksel direncini kaybettiğini ve ideal bir iletken haline geldiğini keşfetti. Bir iPod'u sıfırın altında yüzlerce dereceye soğutup, ne kadar uzun süre ve yüksek sesle müzik dinlerseniz dinleyin, helyum devrenin soğuk kalmasını sağladığı sürece pilinin sonsuza kadar tümüyle dolu kaldığını keşfetmek gibi bir şeydi bu. Rus-Kanadalı bir ekip 1937 yılında saf helyum kullanarak daha da etkileyici bir numara yaptı. -452 °F'ye soğutulduğunda helyum tam olarak sıfır viskozite ve akışkanlığa karşı sıfır dirençle, kusursuz akışkanlıkta bir süperakışkana dönüştü. Süperakışkan helyum yerçekimine meydan okur ve düz duvarda bile yukarı doğru akar. O zamanlar bunlar hayrete düşüren bulgulardı. Biliminsanları genellikle ufak bir hile yapar ve hesaplamaları kolaylaştırmak için sürtünme gibi etkenleri sıfıra eşit sayarlar. Platon bile birilerinin ideal biçimlerinden birini gerçekte bulabileceğini tahmin etmiş değildi.

Helyum normal kimyasal yollarla parçalanamayan ya da değiştirilemeyen bir madde olarak "element-lik" olgusunun da en iyi örneğidir. Yunanistan'da MÖ 400'den Avrupa'da 1800'lere kadar, biliminsanlarının elementlerin gerçekte ne olduklarını kavramaları 2200 yılı aldı, çünkü bunların çoğu fazlasıyla değişkendi. Her biri değişik özelliklerde binlerce bileşik ortaya çıktığından, karbonu yapanın ne olduğunu anlamak kolay değildi. Örneğin günümüzde karbondioksitin element olmadığını, çünkü bir molekülünün karbon ve oksijene bölünebildiğini söyleyebiliyoruz. Öte yandan karbon ve oksijen elementtir, çünkü onları yapılarını tahrip etmeden daha küçük parçalara bölemezsiniz. *Şölen*'deki temaya ve Platon'un kayıp yarıya duyulan erotik özlem kuramına dönersek, adeta her elementin birlikte bağlar oluşturmak için diğer atomları arayıp bulduğunu ve bu bağların kendi doğasını maskelediğini görürüz. En "saf" elementler bile, örneğin havadaki oksijen molekülleri (O_2) doğada daima bileşikler halinde bulunur. Sonunda bilimciler, hangi element-

lerin asla bir başka maddeyle reaksiyona girmeyen, her zaman saf bir element olan helyum hakkında bildiklerine yakın özellikler gösterdiğini anlayabildiler.[2]

Helyumun böyle davranması boşuna değil. Bütün atomlar, elektron denen atomun içerisinde değişik katmanlarda ya da enerji düzeylerinde ikamet eden negatif parçacıklar içerir. Bu düzeyler eşmerkezli olarak iç içe geçmiştir ve her düzey kendini doldurmak ve doymuş hissetmek için belli sayıda elektrona ihtiyaç duyar. En içeridеki düzeyde bu sayı ikidir. Diğer düzeylerde ise genelde sekiz. Elementler normalde eşit sayıda negatif elektronlara ve proton denen pozitif parçacıklara sahiptir, dolayısıyla elektriksel olarak nötr olurlar. Bununla birlikte elektronlar atomlar arasında serbestçe değiş tokuş edilebilirler ve atomlar elektron kaybedip kazandığında, iyon denen yüklü atomları oluştururlar.

Atomların kendi iç, düşük enerji düzeylerini kendi elektronlarıyla sonuna kadar doldurdukları, sonra en dıştaki düzeyde doğru sayıyı sağlamak adına elektronları saçtıkları, paylaştıkları ya da çaldıklarını bilmek önemlidir. Bazı elementler elektronları diplomatik bir yolla paylaşır ya da değiş tokuş ederken, diğer bazıları çok ama çok yüzsüz davranabilir. Bütün kimyanın yarısının tek bir cümleyle anlatımı budur: Dış düzeyinde yeterli elektronları bulunmayan atomlar, doğru sayıya ulaşmak için savaşır, takas yapar, dilenir, ittifaklar yapıp bozar ya da her ne yapması gerekiyorsa onu yaparlar.

İkinci element Helyum, yegane düzeyini doldurmak için gerekli elektron sayısına tam olarak sahiptir. Bu "kapalı" yapılanma helyuma muazzam bir bağımsızlık verir, çünkü tatmin olmak için başka atomlarla ilişkiye geçmeye, elektron paylaşmaya veya çalmaya ih-

2- 1868'deki bir tutulma sırasında iki biliminsanı, sarı aralıkta bilinmeyen bir spektral çizgi halinde helyumun ilk izini gözlemledi -bu nedenle element adını, Yunanca'da "güneş" anlamına gelen *helios*'tan alır. Element, kayalardan dikkatlice ayrıldığı 1895'e kadar, dünyada izole edilmiş değildi. (Daha fazla bilgi için 17. Bölüm'e bakınız.) 1903'te Kansas'ta madenciler yeraltında büyük bir zula buluncaya kadar, helyumun dünyada sadece çok küçük miktarlarda bulunduğu düşünülüyordu. Yerdeki delikten püsküren gazı yakmayı denediler ama tutmadı.

tiyacı yoktur. Helyum kendi erotik tamamlayıcısını kendisinde bulmuştur. Dahası, aynı yapılanma bütün bir sekizinci sütun boyunca aşağıya doğru, helyumun altındaki diğer gazlara, yani neon, argon, kripton, ksenon ve radona kadar uzanır. Tüm bu elementler elektronları tümüyle tamamlanmış kapalı kabuklara sahiptir, dolayısıyla normal şartlar altında hiçbiri hiçbir şeyle reaksiyona girmez. 1800'lü yıllarda elementleri tanımlamak ve etiketlemek için yürütülen, periyodik tablonun geliştirilmesi de dahil bütün gayretli uğraşlara rağmen, 1895 yılından önce kimsenin sekizinci sütundan tek bir gazı bile izole edememesinin nedeni buydu. Günlük tecrübelere karşı bu uzaklık, tıpkı ideal küreleri ve üçgenleri gibi, Platon'un aklını başından alacaktı. Helyumu ve onun yeryüzündeki kardeşlerini keşfeden bilimcilerin onlara isim verirken "soylu gazlar" demeleri tam da bu yüzdendi. Platonvari sözlerle anlatacak olursak, "kim mükemmel ve değişmez olana tapar, bozulabilir ve görmezden gelinebilir olanı hor görürse, o hiç tartışmasız, diğer tüm elementlere karşı asal gazları tercih edecektir. Çünkü onlar hiç değişmezler, asla kararsızlığa düşmezler, pazar yerinde ucuz mallar satan yaygaracı ayaktakımı gibi çığırtkanlık yapmazlar. Onlar bozulmazlar ve idealdirler."

Bununla birlikte, asal gazların sükunetli hallerine de pek rastlanmaz. Batıya doğru bir sütun ötede periyodik tablonun en enerjik ve reaktif gazları olan halojenler ikamet etmektedir. Tablonun bir Mercator haritası gibi doğusuyla batısı kavuşturularak sarmalandığını düşünürseniz, sekizinci sütunun yanı başına birinci sütun, yani daha da vahşi elementlerin, alkali metallerin bulunduğu en batı uç düşecektir. Bizim barışçıl asal gazlarımız, istikrarsız komşularla çevrelenmiş askersiz bir bölge gibidir.

Bazı açılardan normal metaller olmalarına rağmen alkaliler, paslanmak ya da aşınmak yerine, havada ya da suda aniden yanıp kömürleşebilirler. Aynı zamanda halojen gazlarla çıkar ittifakları oluştururlar. Alkalilerin dış yüzeylerinde tek bir elektron vardır

ve bir alt düzeylerinde eksiksiz bir sekizli koro bulunur. Halojenler ise dış yüzeylerinde yedi elektrona sahiptir, yani ihtiyaç duydukları sekizli koro bir eksiktir. Dolayısıyla birincisinin ekstra elektronunu ikincisine kelepir fiyata postalaması ve sonuç olarak pozitif ve negatif iyonların güçlü bağlar oluşturması doğaldır.

Bu türden bir bağ her zaman gerçekleşir ve bu nedenle elektronlar atomların en önemli kısımlarıdır. Aslında bir atomun boşlukta kapladığı alanın hemen hemen tümünü onlar doldurur, atomun kompakt çekirdeğinin, yani nükleusun etrafında fırıl fırıl dönen bulutlar gibidir. Atomun çekirdeği proton ve nötronlar gibi bileşenlerinin tek tek elektronlardan çok daha büyük olduğu durumlarda bile bu geçerlidir. Bir atom bir stadyum kadar büyütülecek olsa, proton dolu çekirdek 45 metrelik kenar çizgisi karşısında bir tenis topu büyüklüğünde olurdu. Elektronlar bu tenis topunun etrafında hızla görünüp kaybolan toplu iğne başları kadar görünürdü, ancak o kadar hızlı uçar ve insana o kadar çok çarparlardı ki katı bir duvar gibi sahaya girmeyi engellerlerdi. Sonuç olarak, atomlar birbirine dokunduğunda, metfun çekirdek ölü gibi yatar, esas iş sadece elektronlardadır.[3]

Hızlı bir uyarı: Elektronlar için katı bir çekirdek etrafında görünüp kaybolan toplu iğne başları imgesine çok da bağlanmayın. Şöyle söyleyelim, daha yaygın bir metafor olarak, elektronları illa ki çekirdekteki güneşin etrafında dolanan gezegenler olarak düşünmeyin. Gezegen analojisi işe yarar, ama her analojide olduğu üzere, sonunda hüsrana uğrayan bazı meşhur bilimciler gibi, haddinizi aşabilirsiniz.

---

3 - Yeni Zelanda'da bulunan Otago Üniversitesi'nde, kimyacı Allan Blackman'in 28 Ocak 2008'de *Otago Daily Times*'ta yazdıkları, atomun büyük kısmının boşluk olduğunu pekiştirir nitelikte: "En yoğun element olan İridyum'u ele alalım... Bunun tenis topu büyüklüğündeki bir örneği 3 kilogramdan biraz fazla olacaktır. Bir şekilde, iridyum çekirdeklerini yapabileceğimiz kadar sıkıştırdığımızı ve böylece boşluğun pek çoğunu attığımızı farz edelim... Tenis topu büyüklüğündeki bu sıkıştırılmış madde artık hayret verici bir ağırlığa, yedi trilyon tona ulaşır."

Bu dipnota bir dipnot olarak, iridyumun en yoğun element olduğunu kimsenin gerçekten bilemeyeceğini ekleyelim. İridyumun yoğunluğu, osmiyumun yoğunluğuna o kadar yakındır ki biliminsanları hangisinin daha yoğun olduğunu ayırt edemezler. Geçtiğimiz birkaç on yılda, dağların kralının tahtı el değiştirdi ve osmiyum şu anda zirvede.

İyonlar arasındaki bağ, sodyum klorür (sofra tuzu) gibi halojen ve alkali bileşimlerinin neden böyle yaygın olduğunu açıklar. Benzer şekilde, kalsiyum gibi iki fazla elektronu olan elementlerin bulunduğu sütundakiler ve oksijen gibi iki elektrona ihtiyaç duyanların bulunduğu sütundaki elementler sıklıkla birbiriyle karşılaşırlar. Herkesin ihtiyacını karşılamasının en kolay yoludur bu. Karşılıklı olmayan sütunlardan elementler de aynı kurallara göre eşleşirler. Sodyumun (Na^{+}) iki iyonu sodyum oksit (Na_2O) oluşturmak üzere oksijeni (O^{-2}) üstüne alır. Kalsiyum klorür aynı nedenle $CaCl_2$ olarak birleşmiştir. Sonuçta, genellikle elementlerin sütun numaralarına bakıp yüklerini hesaplayarak nasıl birleşeceklerini bir bakışta söyleyebilirsiniz. Bu kalıp tablonun memnuniyet verici soldan sağa simetrisinin yan ürünüdür. Ne yazık ki periyodik tablonun tümü bu kadar açık ve muntazam değildir. Ama bazı elementlerin düzensizliği, aslında onları ziyaret edilmesi ilginç yerler haline getirir.

* * *

Bütün gece kesintisiz çalışmasına rağmen neşeden çılgına dönmüş halde günün ilk ışıklarıyla hocasının ofisine paldır küldür dalan laboratuvar asistanıyla ilgili eski bir fıkra vardır. Elinde içi tıslayan, fısırdayan yeşil bir sıvıyla dolu, ağzı mantarla kapatılmış bir şişe tutan asistan, "Evrensel çözücüyü keşfettim!" diye haykırır. Heyecanlanan hocası şişeye dikkatle bakar ve sorar: "Peki, neymiş bu evrensel çözücü?" Asistan ağzından tükürükler saçarak, "Bütün maddeleri çözen bir asit," der.

Evrensel asit sadece bilimsel bir mucize olmakla kalmayacak, bu iki adamı da milyarder yapacaktır. Bu heyecan verici olayı kafasında tarttıktan sonra hoca, "İyi de şişenin içinde nasıl duruyor?" diye sorar.

Fıkranın can alıcı noktası müthiştir ve Gilbert Lewis'i bu durum karşısında muhtemelen acı acı gülümserken hayal etmek hiç de zor

değildir. Elektronlar periyodik tabloyu belirlerler ve hiç kimse elektronların nasıl davrandığını ve atomlar halinde bağlar oluşturduğunu açıklamak için Lewis'ten daha fazla uğraşmamıştır. Onun elektronlar üzerine çalışması özellikle asitler ve bazlar için aydınlatıcıdır, dolayısıyla fıkradaki asistanın ipe sapa gelmez iddiasını takdir edecektir. Daha kişisel olarak, fıkranın son sözü Lewis'e bilimsel zaferin ne kadar gelgeç ve kaypak olduğunu hatırlatacaktır.

Bir gezgin olan Lewis Nebraska'da büyümüştü, üniversiteyi ve yüksek lisans eğitimini 1900'lerde Massachusetts'te tamamladı. Ardından Almanya'da kimyacı Walther Nernst'in yanında çalıştı. Nernst'in yanında çalışmak anlaşılır ama zor algılanan sebeplerden dolayı Lewis'i perişan etti ve birkaç ay sonra akademik bir görev için Massachusetts'e geri döndü. Bu da mutluluk getirmedi, bu yüzden ABD hükümeti için çalışmak üzere yeni fethedilen Filipinler'e kaçtı. Yanına aldığı tek kitap Nernst'in *Teorik Kimya*'sıydı, böylece yıllarını hatalar üzerine kılı kırk yararak köklü araştırmalar yapmaya ve saplantılı şekilde makaleler yayınlamaya ayırabilecekti.[4]

Sonuç olarak Lewis yurt özlemine dayanamayarak geri döndü ve California'da Berkeley Üniversitesi'nde çalışmaya başladı. Orada kimya bölümünü kurarak kırk yılı aşkın bir sürede dünyanın en iyisi haline getirdi. Bu kulağa mutlu bir son gibi gelse de öyle değildi. Lewis büyük olasılıkla Nobel Ödülü kazanamayan en iyi bilimciydi ve bunun farkındaydı. Hiç kimse onun kadar aday gösterilmemiş, ama onun çıplak tutkusu ve dünya çapındaki çekişmelerinin tortuları yeterli oy almasının önünü tıkamıştı. Çok geçmeden saygın mevkileri protesto ederek çekilmeye (belki de çekilmek zorunda kalmaya) başladı ve gücenmiş bir münzeviye dönüştü.

---

4 - Lewis ve Nernst'ün daha detaylı bir portresi için (Linus Pauling ve Fritz Haber gibi diğer pek çok karakter için de) Patrick Coffey tarafından yazılan *Cathedrals of Science: The Personalities and Rivalries That Made Modern Chemistry*'i (Bilimin Katedralleri: Modern Kimyayı Yapan Kişilikler ve Rekabetler) şiddetle öneririm. Eser, modern kimyanın en önemli çağını -1890 ve 1930 arasını- önemli kişilikler üzerinden anlatıyor.

Kişisel gerekçeler bir yana, Lewis'in Nobel Ödülü kazanamayışının nedeni çalışmalarının çok geniş olmakla beraber derin olmamasıydı. Keşifleri arasında insanın aklını başından alacak hiç bir şey yoktu. Bunun yerine hayatını bir atomun elektronlarının çeşitli şartlarda, özellikle asitler ve bazlar olarak bilinen molekül grubunda nasıl işlev gördüğünü belirginleştirmeye adadı. Genel olarak atomlar bağları koparmak veya yenilerini kurmak için ne zaman elektronları değiş tokuş etse, kimyacılar "reaksiyon"a girdiklerini söylerler. Asit-baz reaksiyonları bu tür değiş tokuşların haşin ve genellikle şiddetli örneklerini sunar; bu noktada Lewis'in asitler ve bazlar üzerine çalışmaları, elektron değiş tokuşlarının mikroskopla görülemeyecek düzeylerde ne anlama geldiğini göstermekte başka herkesinki kadar iş gördü.

1890 yılından önce bilimciler asit ve bazları belirlemek için ya tadarlar ya da kapların içine parmaklarını daldırırlardı ki bunun pek de güvenli ve güvenilir bir yol olduğunu söylemek mümkün değildi. Birkaç on yıl içinde asitlerin esas itibariyle proton vericisi olduğu fark edildi. Pek çok asitte, bir protonun etrafında dönen bir elektrondan oluşan basit element hidrojen bulunur. Hidrojenin çekirdeği bu protondan ibarettir. Asitimsi hidroklorik asit (HCl) su ile karıştığında H^+ ve Cl^-'ye ayrışır. Negatif elektronun ayrılmasıyla hidrojen kendi başına yüzen bir protondan ibaret kalır. Sirke gibi zayıf asitler çözeltiye birkaç proton bırakırlar, sülfürik asit gibi güçlü asitler ise çözeltileri bununla doldururlar.

Lewis asidin bu tanımının biliminsanlarını fazlasıyla sınırladığı sonucuna vardı, çünkü bazı maddeler hidrojene dayanmadan asit gibi davranıyorlardı. Bunun üzerine Lewis paradigmayı değiştirdi. H^+'nın parçalanması yerine, Cl^-'nin elektronuyla birlikte kaçtığını söyledi. Asit bir proton vericisi yerine bir elektron hırsızı oldu. Asitlerin zıttı olan çamaşır suyu ya da kül suyu (südkostik) gibi bazlar da birer elektron vericisi olarak adlandırılabilirdi. Bu tanımlar daha genel olmanın yanı sıra elektronların davranı-

şını vurgular, bu da periyodik tablonun elektron temelli kimyasına daha çok uyar.

Lewis bu teoriyi 1920 ve 30'larda kurduğu halde, bilimciler onun fikirlerini kullanmaya devam ederek, daha güçlü asitler üretmenin sınırlarını zorluyorlar. Asit kuvveti pH ölçeğiyle derecelendirilir, düşük numaralar daha kuvvetlidir. 2005 yılında Yeni Zelandalı bir kimyacı pH'ı -18 olan karboran adlı bor bazlı bir asit buldu; suyun pH'ının 7, midemizdeki konsantre haldeki HCl'nin pH'ının ise 1 olduğunu söylersek, rakam hakkında daha fazla fikir sahibi olabiliriz. Ancak pH ölçeğinin olağandışı hesaplama yöntemlerine göre, bir birim azaltmak (örneğin 3'ten 4'e) bir asidin kuvvetini on kat artırır. Yani pH'ı 1 olan mide asidinden -18'deki bor bazlı aside doğru gidersek, ikincisi on milyar kere milyar kez daha kuvvetlidir. Bu da kabaca kümelendiğinde aya kadar gidecek olan atomların sayısıdır.

Hatta daha beter asitler de vardır, bunlar periyodik tablonun belki de en renkli tarihe sahip elementi olan antimona dayanan asitleridir.[5] Milattan önce altıncı yüzyılda Babil'in asma bahçelerini inşa ettiren büyük kral Nebukadnezar, sarayının duvarlarını sarıya boyatmak için zehirli antimon-kurşun karışımı kullanmıştı. Belki kafayı sıyırması, geceleyin çayırlarda uyuması ve öküzler gibi otlaması hiç de rastlantı değildi. Aynı tarihlerde Mısırlı kadınlar antimonun değişik bir türünü rastık olarak kullanıyorlar, bununla hem yüzlerini süslüyor, hem düşmanlarına nazar değdirecek büyülü güçler elde ediyorlardı. Sonraları ortaçağ rahipleri (Isa-

5- Antimon hakkında birkaç küçük not:

- Simya ve antimon hakkında bildiklerimizin çoğu, Johann Thölde tarafından yazılan 1604 tarihli *Triumphal Chariot of Antimony* kitabına dayanır. Kitabın ününü artırmak için Thölde, kitabın Basilius Valentinus adlı keşişin yazdığı 1450 tarihli bir metnin çevirisi olduğunu iddia etti. İnançları yüzünden işkence görmekten korkan Valentinus, sözde, metni manastırda bir sütuna saklamıştı. Thölde ise sütuna "mucizevi bir yıldırım" düşünce metni keşfetmiş, bu zamana kadar metin orada gizli kalmıştı.

- Pek çoğu antimonun hermafrodit olduğunu iddia etmiş olsa da, diğerleri onun feminenliğin özü olduğunda ısrarlıydılar. O kadar ki antimonun simyadaki simgesi olan ♀, "dişilik" sembolü haline geldi.

- 1930'larda Çin'de yoksul bir vilayet elde ne varsa onu değerlendirmek için, tek yerel kaynak olan antimondan bozuk para yapma kararı aldı. Fakat antimon yumuşaktır, kolayca aşınır ve düşük oranda toksiktir. Bu özellikleri antimonu bozuk para yapmak için uygunsuz kılar.

ac Newton'dan bahsetmiyorum bile) antimonun cinsel özelliklerine kafayı taktılar ve bu yarı metal, yarıiletkenin ne biri ne de öbürü olduğuna, bir erdişi olduğuna kanaat getirdiler. Antimon hapları müshil olarak da nam saldı. Modern haplardan farklı olarak, antimon hapları ince bağırsakta çözülmüyordu ve bu haplar o kadar değerli görülüyordu ki insanlar onları geri almak ve yeniden kullanmak için dışkıları didikliyordu. Hatta bazı şanslı ailelerde bu haplar babadan oğula geçiyordu. Belki de bu nedenle antimon aslında toksik bir madde olmasına rağmen, ilaç olarak bir hayli iş çıkardı. Mozart muhtemelen yüksek ateşle baş etmek için bu haplardan çok fazla aldığı için öldü.

Nihayet biliminsanları antimonun daha iyi bir kullanımını bulmayı başardılar. 1970'lere gelindiğinde, elektrona aç elementleri etrafında toplama kapasitesinin, onu bildiğimiz asitleri yapmada eşsiz kıldığını fark ettiler. Sonuçlar helyum süperakışkanları kadar şaşırtıcıydı. Antimon pentafluorürün (SbF_5) hidrofluorik asitle (HF) karıştırılması, pH'ı -31 olan bir madde ortaya çıkarıyordu. Bu süper asit mide asidinden 100.000 milyar kere milyar kere milyar kez daha güçlüydü ve suyun kağıttan geçişi kadar acımasız şekilde camı delip geçiyordu. Onu cam bir şişede taşıyamazdınız, çünkü şişeyi delip geçtikten sonra elinizi de çözerdi. Fıkradaki profesöre yanıt vermek gerekirse, bu yeni asit sadece teflon kaplı özel kaplarda muhafaza edilebilirdi. Ancak yine de antimon karışımının dünyanın en güçlü asidi olduğunu söylemek sahtekarlık olur. Kendi başlarına, SbF5 (bir elektron hırsızı) ve HF de (proton vericisi) yeterince fenadır. Ama süper asit mertebesine ulaşmaları için, onları karıştırarak birbirini bütünleyici güçlerini bir şekilde çoğaltmak zorunda kalırsınız. Bu da demektir ki sadece tasarlanmış ve belirli şartlarda en güçlü olabilirler. Bilinen en güçlü tek tabanca asit olan bor bazlı karboran ($HCB_{11}Cl_{11}$), dünyanın hem en güçlü hem de en *nazik* asididir. Şimdi şunu unutmayalım: Asitler pozitif ve negatif kısımlara ayrılırlar. Karboran söz konusu olduğunda elinizde bir H+ ve geri kalan

her şeyin ($CB_{11}Cl_{11}$) oluşturmuş olduğu özenle hazırlanmış kafesimsi bir yapı vardır. Asitlerin çoğunda, aşındırıcı ve yakıcı olan, derinizi delip geçen negatif kısımdır. Ama bor kafesi şimdiye dek bulunmuş en kararlı molekül yapısını oluşturur. Onun atomları elektronları cömertçe paylaştıklarından, pratik olarak helyum gibi davranırlar ve asit yıkımına sebebiyet verecek şekilde başka atomlardan sökülen elektronların etrafında dolaşmazlar.

Bu durumda, cam şişeleri eritmiyor ve banka kasalarını delip geçmiyorsa karboran ne işe yarar? Öncelikle benzine oktan katkısı olarak kullanılabilir, vitaminlerin sindirilebilmesini sağlar. Daha önemlisi ise kimyasal "beşikleme"dir. Protonların dahil olduğu pek çok kimyasal tepkime temiz, hızlı değiş tokuşlar olarak yaşanmaz. Birden fazla adımda gerçekleşirler ve protonlar saniyenin milyarda birinin milyonda birinde mekik dokurlar, böylesi bir hızda bilimciler gerçekte ne olduğundan haberdar bile değildir. Buna rağmen karboran çok kararlı olduğu ve tepkimeye girmediğinden çözeltiyi protonlarla sel baskını gibi istila eder, ardından da molekülleri kritik orta derecelerde dondurur. Karboran bu orta dereceli türleri yumuşak güvenli bir yastık gibi içinde tutar. Antimon süper asitleri ise aksine berbat beşiklerdir, çünkü bilimcilerin en çok incelemek istedikleri molekülleri en küçük parçalarına kadar ayırırlar. Lewis bunu ve elektronlarla asitler üzerine çalışmalarının diğer uygulamalarını görmekten çok hoşlanmış olmalı, hatta hayatının son karanlık yıllarını biraz aydınlatmış bile olabilir. Birinci Dünya Savaşı sırasında hükümet için çalışmış ve altmışlarına kadar kimyaya çok değerli katkılarda bulunmuş olsa da, İkinci Dünya Savaşı'nda Manhattan Projesi'nde görmezden gelinmesi kimyacıyı çok yaraladı, çünkü Berkeley'de işe aldığı pek çok kimyacı ilk atom bombasının yapımında önemli rol oynamış ve birer ulusal kahraman olmuşlardı. Lewis ise savaş sırasında eski anılarını anlatarak ve bir asker hakkında efkarlı bir roman yazarak oyalanmaktan başka bir şey yapmadı ve 1946 yılında laboratuvarında tek başına öldü.

Lewis'in kırk yıldan daha uzun bir süre boyunca günde bir paketten fazla sigara içtikten sonra kalp krizinden öldüğü yönündeki genel kanıya rağmen, öldüğü öğleden sonra laboratuvarının keskin bir acıbadem kokusuyla kaplı olduğunu fark etmemek güçtü. Siyanür gazı acıbadem gibi kokar ve Lewis araştırmalarında kullandığı siyanürü kalp krizi geçirdikten sonra elinden düşürmüş de olabilir. Ancak öte yandan Lewis aynı gün daha erken saatlerde kendisinden çok daha genç ve karizmatik, üstelik Nobel Ödülü kazanmış ve Manhattan Projesi'nde özel danışmanlık yapan bir kimyacı hasmıyla, başlangıçta katılmayı reddettiği bir öğle yemeği yemişti. Bazılarına göre, başarılarıyla göklere çıkarılmış meslektaşının Lewis'in sinirini bozmuş olabileceği de ihtimal dahilinde.Bu doğruysa, bir kimyacı olarak yetenekleri aklına koyduğu işi gerçekleştirmek için çok elverişli koşullar sunmuş olmalı ki bu da büyük bir talihsizlik olarak düşünülebilir.

Batı yakasındaki reaktif metallere ve doğu yakası boyunca yukarıdan aşağıya sıralanan halojenler ve asal gazlara ek olarak, periyodik tablo tam ortasında uzanan "geniş düzlükler" ihtiva eder, bunlar üçüncü sütundan on ikinciye geçiş metalleridir. Dürüst olmak gerekirse, geçiş metalleri çileden çıkaran bir kimyaya sahip olduğundan, onlara ilgili bir şeyler söylemek genel olarak çok güç; "dikkatli ol" demek dışında! Geçiş metalleri gibi daha ağır atomlar, elektronlarını nasıl depoladıkları bakımından diğer atomlardan daha fazla esnekliğe sahipler. Diğer atomlar gibi, bir, iki, üç diye numaralandırılmış farklı enerji seviyeleri vardır; daha düşük enerji düzeyleri yüksek düzeylerin altında gömülüdür. Ayrıca sekiz elektronu tamamlayıp dış enerji düzeylerini tümlemek için diğer atomlarla savaşırlar. Bununla birlikte neyin dış düzey sayıldığını çözmek biraz ince iştir.

Periyodik tabloda yatay olarak ilerledikçe, her element solundaki komşusundan bir fazla elektrona sahiptir. On birinci element sodyum on bir elektrona sahiptir, on ikinci element magnezyum

on iki elektrona ve böyle devam eder. Elementler boyut olarak büyüdükçe, hem elektronları enerji düzeylerine göre sınıflandırırlar, hem de bu elektronları katman adı verilen değişik şekilli ranzalarda depolarlar. Ama atomlar hayal gücünden yoksun ve konformist olduklarından, katmanlarını ve enerji düzeylerini tablo boyunca ilerledikçe hep aynı düzenle doldururlar. Tablonun en sol tarafındaki elementler ilk elektronu küresel s-katmanına koyar. Bu katman küçüktür ve sadece iki elektron tutabilir. Bu da sol taraftaki iki uzun sütunu açıklar. Bu iki elektrondan sonra, atomlar daha ferah bir şey aranırlar. Boşluğun öte yanına sıçrarsak, en sağ sütunlardaki elementler yeni elektronları birer birer p-katmanına almaya başlarlar, dolayısıyla sağdaki altı uzun sütun ortaya çıkar. Tepeye yakın her sıra boyunca, s-katmanındaki iki elektron ile p-katmanındaki altı elektronun toplamda sekiz elektronu verdiğine dikkat edin. Bu sayı çoğu atomun dış kabuğunda olmasını arzu ettiği sayıdır. Üstelik kendi halinden memnun asal gazlar dışında, bütün bu elementlerin dış katman elektronları diğer atomların üzerine boşalmaya ya da onlarla tepkimeye girmeye elverişlidir. Bu elementler mantıklı bir davranış sergilerler: Bir elektron daha ekleyin, atomun davranışı değişecektir, çünkü tepkimelere katılacak uygun elektronları artmıştır.

Şimdi işin sinir bozucu kısmına geldik. Geçiş metalleri üçüncü sütundan on ikinciye kadar, yedi sıranın dördü boyunca yer alırlar ve elektronlarını d-katmanı denilen ve on elektron tutan katmanlara yerleştirirler. D-katmanları biçimsiz hayvan balonlarına benzer. Önceki diğer elementlerin katmanlarıyla ne yaptığına bakarak, geçiş metallerinin de d-katmanındaki her fazla elektronu dış bir katmanda sergileyeceği ve bu fazla elektronun tepkimeler için hazır bulunacağını umabilirsiniz. Ama hayır, geçiş metalleri fazla elektronlarını gizli bir yerde saklar ve onları diğer katmanların altında saklamayı tercih eder. Geçiş metallerinin adetleri bozma ve d-katmanındaki elektronlarını gömme kararı hem kaba hem de genel mantığa aykı-

rıdır. Platon muhtemelen bundan hiç hoşlanmazdı, gelgelelim doğa böyle çalışır ve elimizden de pek bir şey gelmez.

Bu süreci anlamanın bir bedeli var. Normal olarak tabloda yatay olarak ilerlediğimizde, her geçiş metaline eklenen bir elektron, tıpkı tablonun diğer kısımlarındaki elementlerde olduğu gibi onun davranışını da değiştirir. Ama bu metaller d-katmanındaki elektronlarını gizli bölmeli çekmecelerine gizlediklerinden, elektronlar yalıtılmış ve korunmuş olur. Bu metallerle tepkimeye girmeye çalışan diğer atomlar elektronlara ulaşamazlar ve sonuç aynı sıradaki birçok metalin aynı sayıda elektronu açıkta bırakması olur. Dolayısıyla bunlar kimyasal olarak aynı biçimde davrandıklarından, bilimsel açıdan pek çok metal birbirinden ayırt edilemez görünür ve ayırt edilemez davranır. Dış elektronları onlara duruma boyun eğip uymak dışında bir seçenek bırakmadığından, hepsi soğuk, gri ve hantal kütleler halindedir. Elbette sadece işleri daha karmaşık hale getirmek için, bazen gömülmüş elektronlar ayaklanır ve tepkimeye girerler. Bazı metaller arasındaki küçük farklılıkların nedeni budur. Kimyalarının bu denli çileden çıkarıcı olmasının nedeni de budur.

F-katmanlı elementler de daha az karmaşık değildir. Periyodik tablonun altındaki f-katmanı, serbestçe yüzen iki sıra metalin birincisinde görünmeye başlar. Bu grup lantanitler diye adlandırılır. Bunlar nadir toprak elementleri olarak da bilinir ve atom numaralarına göre, elli yediden yetmiş bire, gerçekte tablonun altıncı sırasına aittirler. Tabloyu şişirmemek ve daha kullanışsız hale getirmemek için altta ayrı bir sıraya sürgün edilmişlerdir. Lantanitler yeni elektronlarını geçiş metallerinden daha derinlere, genellikle iki enerji düzeyi aşağıya gömdüklerinden, geçiş metallerinden daha fazla birbirine benzer ve birbirlerinden zar zor ayırt edilebilirler. Bir sıra boyunca ilerleme Nebraska'dan Güney Dakota'ya seyahat etmek gibidir ve eyalet sınırından geçtiğinizi anlamazsınız. Doğada saf bir lantanit örneği bulmak imkansızdır, çünkü kardeşleri daima ona bulaşarak saflığını bozarlar. New Hampshire'da bir kimyacının 69 nu-

maralı element olan tulyumu izole etmeye çalışması meşhur bir hikayedir. İşe dev toprak kaplar dolusu tulyum zengini cevherle başlayan kimyacı, bu cevheri defalarca kimyasallarla işler ve kaynatır. Bu süreç her defasında tulyumu küçük oranlarda saflaştırır. Sonunda bu bıktırıcı süreci on beş bin defa elle tekrarlar ve saflığından tatmin olana dek yüzlerce kiloluk cevheri birkaç gram kalana kadar ayıklar. O zaman bile, hâlâ elektronları çok derinlere gizlenmiş diğer lantanitlerden gelen küçük bir miktar bulaşma tespit etse de, artık çıkarılacak yeterli kimyasal madde kalmamıştır.

Elektron davranışı periyodik tabloyu belirler. Ama elementleri gerçekten anlamak için, kütlelerinin yüzde 99'unu meydana getiren kısmı, yani çekirdeği göz ardı edemezsiniz. Elektronlar asla Nobel kazanamamış en büyük bilimcilerin yasalarına uyarken, çekirdeğin boyun eğdiği emirler, belki de en alışılmadık Nobel ödüllü bilimcinin, mesleki hayatı Lewis'inkinden bile daha göçebe bir kadının bulduğu yasalardır.

Maria Goeppert 1906 yılında Almanya'da doğdu. Babası altıncı kuşak bir profesör olmasına rağmen, Goeppert bir kadın olarak kendisini doktora programına kabul ettirmekte büyük sorun yaşadı. Bu yüzden nerede ders alabiliyorsa oraya giderek, bir okuldan diğerine geçti. Sonunda Hannover Üniversitesi'nde, daha önce hiç tanımadığı profesörlerin önünde tezlerini savunarak doktora derecesini kazandı. Mezuniyetinin ardından bir tavsiye ya da tanıdık olmaksızın hiçbir üniversitenin onu işe almaması şaşırtıcı değildi. Bilim dünyasına ancak dolambaçlı yollardan, Almanya'yı ziyaret eden Amerikalı kimya profesörü kocası Joseph Mayer üzerinden girebildi. Onunla birlikte 1930'da Baltimore'a döndü ve yeni adıyla Goeppert-Mayer, eşinin peşine takılarak çalışmalara ve konferanslara başladı. Ne yazık ki Mayer Büyük Bunalım sırasında birkaç kez işini kaybetti ve aile New York ile Chicago'da üniversiteden üniversiteye sürüklendi.

Okulların çoğu Goeppert-Mayer'in ortalıkta dolaşıp bilim sohbetleri etmesine tolerans gösterdi. Hatta bazıları ücret ödememelerine rağmen ona iş vermeye bile tenezzül etti. Çalışma konuları ise "Renklere sebep olan nedir?" gibi basmakalıp "kadınsı" başlıklardı. Bunalım bittikten sonra yüzlerce düşünsel akranı Manhattan Projesi'nde toplandı. Bu proje belki de o zamana dek gerçekleşmiş en canlı bilimsel düşünce alışverişine olanak sunuyordu. Goeppert-Mayer katılım daveti alsa da, kendisinden, uranyumu parlayan ışıkla ayrıştırmak gibi, projenin faydasız bir alanına katkıda bulunması isteniyordu. Kişisel olarak hiç şüphesiz gücenmişse de, böylesi koşullarda dâhi çalışmasını sürdürecek kadar bilime gönül vermişti. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra nihayet Chicago Üniversitesi onu fizik profesörü yapacak kadar ciddiye aldı. Kendi ofisine sahipti, ne var ki bölüm hâlâ ona ödeme yapmıyordu.

Her şeye rağmen, bu görevlendirmeden cesaret alarak 1948 yılında atomun çekirdeği ve özü olan nükleus üzerine çalışmaya başladı. Nükleus içindeki pozitif atomların sayısı, yani atom numarası atomun kimliğini belirler. Başka bir deyişle, bir atom başka bir element haline gelmeden proton edinemez ya da kaybedemez. Atomlar normal koşullarda protonlarını da kaybetmezler, ama bir elementin atomları değişik sayıda nötrona sahip olabilirler, bu çeşitlemelere izotop denir. Örneğin kurşun-204 ve kurşun-206 izotoplarının her ikisi de aynı atom numarasına (82) sahip olmasına karşın, birinin nötron sayısı 122 diğerinin 124'tür. Atom numarası ile nötron sayısının toplamı atom ağırlığını verir. Biliminsanlarının atom numarasıyla atom ağırlığı arasındaki ilişkiyi çözebilmeleri yıllar aldı, ama bu bir kez yapıldığında, periyodik tablo bilimi çok daha açık hale geldi.

Goeppert-Mayer bunların tümünü biliyordu elbette, ama onun çalışması, kavranması daha güç, fakat aldatıcı şekilde basit bir gizeme dokunuyordu. Evrendeki en basit element hidrojen, aynı zamanda en bol olandır. En basit ikinci element helyum, en bol ikin-

ci elementtir. Estetik düzene sahip bir evrende, üçüncü element lityum da en bol bulunan üçüncü element olmalıdır vb. Ama bizim evrenimiz pek düzenli sayılmaz. En yaygın ve bol olan üçüncü element sekiz numaralı oksijendir. Ama neden? Bilimciler oksijenin çok kararlı bir nükleusa sahip olduğu için bu yüzden atomlarına ayrışmadığı ya da "bozunmadığı" cevabını verebilirler. Ama bu cevap sadece soruyu yeniden sormamıza yol açar: Öyleyse neden oksijen gibi bazı elementler böylesi kararlı nükleuslara sahiptir?

Çağdaşlarının pek çoğundan farklı olarak Goeppert-Mayer burada asal gazların inanılmaz kararlılığına bir koşutluk gördü. Çekirdekteki protonların ve nötronların, tıpkı elektronlar gibi katmanlarda yerleşik olduğunu ve çekirdek katmanlarının dolmuş olmasının kararlılığa yol açtığını ileri sürdü. Konuya ilgisiz biri için bu son derece mantıklı, hoş bir analoji gibi görünür. Ama Nobel, böyle varsayımlarla, hele de varsayım karın tokluğuna çalışan kadın profesörlere aitse kazanılmaz. Üstelik bu fikir nükleer bilimcileri allak bullak etmişti, çünkü kimyasal ve nükleer süreçler birbirinden bağımsızdı. Halim selim, evine bağlı nötronlar ve protonlar, neden çekici komşuları için evlerini terk eden minnacık havai elektronlar gibi davransınlar ki? Çoğunlukla da öyle yapmazlar.

Önsezisinin peşinden koşan Goeppert-Mayer, birbiriyle bağlantısı olmayan bir dizi deneyi bir araya getirerek, çekirdeklerin katmanlarının olduğunu ve sihirli çekirdekler olarak adlandırdığı bir form oluşturduklarını ispatladı. Kompleks matematiksel nedenlerden dolayı, sihirli çekirdekler elementsel özellikler gibi belli ararlıklarla ortaya çıkmazlar. Sihir iki, sekiz, yirmi, yirmi sekiz, elli, elli iki gibi atom numaralarında gerçekleşir. Goeppert-Mayer'in çalışması bu rakamlarda protonların ve nötronların kendilerini nasıl son derece kararlı, son derece simetrik küreler halinde dizdiklerini ispatladı. Ayrıca oksijenin sekiz protonu ile sekiz nötronu onu iki kere sihirli ve ebediyen kararlı hale getirir ki bu da onun böylesine bol olmasını açıklar. Bu model, kalsiyum gibi elementlerin neden orantı-

sız şekilde bol miktarda bulunduğunu ve, tesadüfe yer bırakmaksızın, vücutlarımızın neden bu hazır bulunan mineralleri kullandığını bir çırpıda açıklar.

Goeppert-Mayer'in kuramı, Platon'un güzel şekillerin daha mükemmel olduğu yönündeki fikrinin yansıması gibidir ve onun sihirli, yörüngesel şekilli çekirdek modeli, bütün çekirdeklerin ele alındığı modelle kıyaslandığında ideal form haline gelir. Bunun tersine, iki sihirli sayıdan uzakta konumlanmış elementler daha az bulunurlar, çünkü çirkin, yumurta gibi çekirdekleri vardır. Bilim insanları 67 numaralı element holmiyumun sallanıp titreyen çarpık çurpuk bir Amerikan futbol topuna benzeyen çekirdeğine sebep olan, nötrona aç formları bile keşfettiler. Goeppert-Mayer'in modeline bakarak ya da maç sırasında topu elinden düşüren birisini izleyerek tahmin etmiş olabileceğiniz gibi, holmiyum pek istikrarlı ve düzenli değildir. Dengesini bulamamış elektron katmanlarına sahip atomlardan farklı olarak, biçimsiz çekirdekleri olan atomlar kendilerini dengeye kavuşturmak için başka atomlardan nötron ya da proton kapamazlar. Bu yüzden holmiyumun bu formu gibi şekilsiz çekirdekli atomlar, neredeyse asla bir biçime kavuşamazlar, kavuşurlarsa da anında atomlarına ayrılıp dağılırlar.

Çekirdeksel katman modeli dahicedir. Biliminsanları arasındaki belirsiz statüsü göz önüne alındığında, Goeppert-Mayer'in memleketindeki erkek meslektaşlarının da bu modelin bir benzerini ürettiğini öğrenince dehşete kapılmış olduğuna şüphe yok. Yine de bütün güvenirliğini yok etme pahasına yoluna devam etti. Bununla birlikte her iki taraf da bu fikri birbirlerinden bağımsız olarak üretmişti ve Almanlar zarifçe onun çalışmalarını onaylayarak beraber çalışmayı önerdiklerinde, Goeppert-Mayer'in kariyeri uçuşa geçti. Çoktan hak ettiği övgüleri kazanmıştı ve kocasıyla birlikte 1959 yılında son bir kez taşındı. Bu kez San Diego, California Üniversitesi'nde ücret alabildiği gerçek bir işe başlamıştı, fakat üzerine yapışan, bu işlerle amatörce uğraşan biri olma damga-

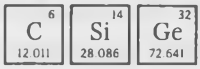
sından asla bütünüyle kurtulamadı. Nitekim 1963'te İsveç Akademisi mesleğinin en büyük onurunu kazandığını ilan ettiğinde, San Diego gazetesi bu büyük haberi "San Diegolu anne Nobel kazandı" başlığıyla sayfalarına taşıdı.

Ama belki de hepsi bakış açısıyla ilgilidir. Gazeteler benzer bir alçaltıcı manşeti Gilbert Lewis için de atabilirdi, ama muhtemelen o bundan büyük heyecan duyardı.

Periyodik tabloyu her satırı boyunca okumak elementler hakkında pek çok şeyi açığa çıkarır, ama bu hikayenin sadece bir kısmıdır ve hatta en iyi kısmı bile değildir. Aynı sütundaki elementler, yani enlemsel komşular, aynı yatay düzlemdeki komşulara göre gerçekten de çok daha fazla içten ve samimi bir ilişki içindedir. Neredeyse bütün dillerde, insanlar soldan sağa ya da sağdan sola okumaya alışkındır. Ama periyodik tabloyu yukarıdan aşağı, sütun sütun okumak, Japoncanın bazı biçimlerinde olduğu gibi, gerçekten de çok daha anlamlıdır. Böyle yapmak elementler arasındaki ilişkinin, umulmadık rekabetler ve düşmanlıklar da dahil olmak üzere, zengin bir alt metnini ortaya çıkarır. Periyodik tablonun kendi grameri vardır ve onun satırları arasında dolaşmak tümüyle yeni hikayeleri açığa çıkaracaktır.

2

Benzer İkizler ve Karakoyun: **Elementlerin Soyağacı**



Shakespeare "honorificabilitudinitatibus" kelimesiyle şansını denemiştir. Kime sorduğunuza bağlı olarak, bu ya "tepeden tırnağa onurla yüklü olma" anlamına gelir ya da Shakespeare'in oyunlarını Francis Bacon'un yazdığını iddia eden bir anagramdır. Ama yalnızca 27 harften oluşan bu kelime, İngilizcenin en uzun kelimesi sayılmaya yetecek kadar uzun değildir.

Elbette en uzun kelimeyi belirlemek akıntılı bir sudan yürüyerek geçmeye çalışmak gibidir. Her an kontrolünüzü kaybedecek gibi olursunuz, çünkü dil akışkandır ve sürekli yön değiştirir. Hatta dili karakterize eden şeyin ne olduğu, İngilizcedeki gibi, değişik bağlamlarda farklılık gösterebilir. Shakespeare'in *Aşkın Çabası Boşuna*'da bir soytarının ağzından dillendirdiği bu sözcük Latinceden gelmektedir. Ama İngilizce cümlelerde kullanılmış olsa da, yabancı kelimeleri "en uzun kelime" bahsinden saymamak gerekir belki de. Dahası öneklerin ve soneklerin birlikte kümelendiği hantal ("antidisesta blishmentarianism"[6] 28 harf) ya da saçma sözcükleri ("supercalifra

6- Kilisenin devletten ayrılmasına karşı olmak anlamına gelir. -çn

gilisticexpialidocious"[7] 34 harf) sayarsanız, yazarlar neredeyse parmaklarına kramp girene dek yazıp okuyucuları satırlar boyunca süren kelimelerin peşinde sürükleyebilirler.

"İngilizce bir metinde, amacı en uzun sözcük rekoru kırmak olmayan en uzun sözcük" gibi daha makul bir tanımı benimseyecek olursak, o halde peşine düştüğümüz sözcüğe, 1964 yılında yayınlanmış kimyacılar için sözlük benzeri bir başvuru kaynağı olan *Chemical Abstracts* [Kimya Özetleri] kitabında rastlarız. Bu sözcük, tarihçilerin genellikle keşfedilen ilk virüs olarak saydıkları 1892 yılında bulunmuş önemli bir proteini, tütün mozaik virüsünü tanımlar.

Şimdi derin bir nefes alın.

Acetylseryltyrosylserylisoleucylthreonylserylprolylserylglutaminylphenylalanylvalylphenylalanylleucylserylserylvalyltryptophyalanylaspartylprolylisoleucylglutamylleucylleucylasparaginylvalylcysteinylthreonylserylserylleucylglycylasparaginylglutaminylhenylalanylglutaminylthreonylglutaminylglutaminylalanylarginylthreonylthreonylglutaminylvalylglutaminylglutaminylphenylalanyserylglutaminylvalyltryptophyllysylprolylphenylalanylprolylglutaminylserylthreonylvalylarginylphenylalanylprolylglycylaspartyvalyltyrosyllysylvalyltyrosylarginyltyrosylasparaginylalanylvalylleucylaspartylprolylleucylisoleucylthreonylalanylleucylleucyglycylthreonylphenylalanylaspartylthreonylarginylasparaginylarginylisoleucylisoleucylglutamylvalylglutamylasparaginylglutaminlglutaminylserylprolylthreonylthreonylalanylglutamylthreonylleucylaspartylalanylthreonylarginylarginylvalylaspartylaspartylaanylthreonylvalylalanylisoleucylarginylserylalanylasparaginylisoleucylasparaginylleucylvalylasparaginylglutamylleucylvalylargnylglycylthreonylglycylleucyltyrosylasparagi-

7- Oxford sözlüğünde yer alsa da, genel olarak anlamsız olduğu kabul edilen İngilizcenin bu en uzun kelimesi, *Mary Poppins* müzikalinde aynı isimli şarkının içinde geçer. Şarkı yazarları tarafından iki haftada üretilmiş bir kelimedir. İçerdiği kelimelerin kökenlerine bakarsak "narin güzellikten de üstün bir şekilde eğitilebilirliğin karşılığını ödemek," gibi bir anlam çıkmaktadır. -çn

nylglutaminylasparaginylthreonylphenylalanylglutamylseryl-methionylserylglycylleuclvalyltryptophylthreonylserylalanyl-prolylalanylserine.

Anakonda yılanı gibi tam 1.185 harf...[8]

Muhtemelen hiçbiriniz "acetyl...serine" sözcüğü üzerinde gözlerinizi şöyle bir dolaştırmaktan fazlasını yapmadınız. Şimdi geri dönün ve tekrar bakın. Harflerin dağılımında komik bir şey fark edeceksiniz. İngilizcedeki en yaygın harf olan "e" 65 kez geçiyor. Pek yaygın olmayan "y" harfi ise 183 kez. Tek bir harf, "l" sözcüğün yüzde 22'sini oluşturuyor, tam 255 kez. Ayrıca "y" ve "l" rastgele şekilde yer almıyor, çoğunlukla yan yanalar, her yedi harf içinde tam 166 çift olarak. Bu bir tesadüf değil. Bu uzun kelime bir proteini tanımlıyor ve proteinler periyodik tablodaki altıncı ve en çok yönlü element olan karbondan oluşuyor. Spesifik olarak karbon, tespih taneleri gibi dizilip proteinleri meydana getiren aminoasitlerin omurgasını oluşturur. Tütün mozaik virüsü adıyla bilinen protein 159 aminoasit içerir. Biyokimyacılar genellikle saymaları gereken çok sayıda aminoasit olduğundan, onları basit bir linguistik kurala göre kataloglandırırlar. "Serine" ya da "isoleucine" gibi aminoasitlerin adının sonundaki "ine"yi kırparlar, yerine "yl" koyarak düzgün ve kurallı bir ölçüye uymasını sağlarlar: "seryl" ya da "isoleucyl". Sırayla alındığında, bu

8 - Kimya Özetleri'ndeki en uzun sözcükle ilgili bir karmaşa var. Pek çok insan tütün virüsü proteini $C_{785}H_{1220}N_{212}O_{248}S_2$'yi sayarken, azımsanmayacak sayıda insan da, en uzun sözcüğün, hindi yediklerinde insanların uykusunun gelmesine -gerçekte bir şehir efsanesidir- sebep olduğu sanılan kimyasalın akrabası olan "triptofan sentetaz ... protein" olduğunu ileri sürüyor. Triptofan protein $C_{1289}H_{2051}N_{343}O_{375}S_8$ 1913 harftir ve mosaic virüsü proteininden yüzde 60 daha uzundur. Çok sayıda kaynakta triptofanı birinci sayar. Ama Kongre Kütüphanesi'nde saatler geçirmeme rağmen Kimya Özetleri'nde triptofan molekülünün yerini bulamadım. Tümüyle hecelenmiş adıyla yer almamış görünüyor. Kesin emin olmak için, triptofan proteinin çözüldüğünü ilan eden akademik makaleyi buldum, orada da yazarlar sadece aminoasit dizilimini kısaltmayı tercih etmişler. Yani görebildiğim kadarıyla, onun tam adı hiçbir yerde basılı olarak yer almadı. Bu, onun en uzun sözcük olarak Guiness kayıtlarında bir görünüp çıkarılmasının sebebini de açıklıyor.

Aklıma gelmişken, keşfedilen ilk virüs olmasının yanında, tütün mozaik virüsü şekli ve yapısı özenli ve kesin olarak incelenen ilk virüstür. Bu konudaki en iyi çalışmaların bir kısmı da Rosalind Franklin'e aittir. Bu kristalografi, uzman edindiği verileri cömertçe ve biraz da safça Watson ve Crick'le paylaşmıştı (bkz. 8. Bölüm).

bağlanmış "yl" kelimeleri bir proteinin yapısını kesin olarak tanımlar. Biyokimyacılar, 1950'lerde ve 1960'ların başlarında moleküllere "acetyl...serine" de olduğu gibi resmi isimler verirler, böylelikle sadece isminden bütün molekülün yapısını kurabilirlerdi. Zahmetli olsa da sistem istenileni net bir şekilde veriyordu. Sözcükleri birleştirme yönündeki bu eğilim tarihsel olarak Almanya'nın ve bileşik sözcük delisi Alman dilinin kimya üzerindeki güçlü etkisini yansıtır.

Şimdi gelelim asıl sorumuza: Aminoasitler neden grup grup birleşirler? Bu sorunun cevabı, karbonun periyodik tablodaki yeri ve onun dış enerji düzeyini sekiz elektronla (sekizli yasası) doldurma ihtiyacıdır. Atomların ve moleküllerin birbiri ardına agresifçe dizilmesiyle oluşan dizide, aminoasitler en uygar uç noktalarda siluet oluştururlar. Her aminoasit bir uçta oksijen atomu, diğerinde nitrojen ve ortada iki karbon atomdan oluşan bir gövde içerir. Ayrıca hidrojen ve yirmi değişik molekül olabilen ana gövdeden ayrılmış kolları içerir, ne var ki bizi ilgilendiren bu değil. Karbon, nitrojen ve oksijenin hepsi dış düzeylerinde sekiz elektron ister, ama saydığımız üç elementten biri için bu iş diğerlerinden daha kolaydır. Oksijen sekiz numaralı elementtir ve toplam sekiz elektronu vardır. İkisi en düşük enerji aşamasına aittir ve birinci düzeyi doldurur. Dış düzeye altı tane kalır, dolayısıyla oksijen her zaman iki ek elektron aramaktadır. İki elektronu bulmak zor değildir, dolayısıyla agresif oksijen kendi kurallarını dayatabilir ve diğer atomlara zorbalık edebilir. Ama aynı aritmetik, altı numaralı zavallı karbon elementinin, ilk düzeyi doldurduktan sonra sekizi tamamlamak üzere dört elektrona ihtiyaç duyduğunu gösterir. Bunu yapmak daha zordur ve sonuç olarak karbon bağ oluşturmakta gerçekten düşük standartlara sahiptir. Neredeyse her şeye yapışır.

Aslında önüne gelenle ilişkiye girmesi karbonun erdemidir. Oksijenden farklı olarak, karbon diğer atomlarla mümkün olan her yönde bağ kurmak zorundadır. Gerçekte bir seferde dört değişik atoma kadar elektronlarını paylaşabilen karbon, kompleks zincir-

ler, hatta üç boyutlu molekül ağları oluşturabilir. Üstelik elektronları çalmayıp paylaştığından, oluşturduğu bağlar istikrarlı ve kararlıdır. Nitrojen de, karbonla aynı enerji düzeyinde olmasa da, kendini hoşnut etmek için çoklu bağlar oluşturmak zorundadır. Yukarıda tanımladığımız anakonda yılanı gibi proteinler, basitçe bu elementsel olgulardan yararlanırlar. Bir aminoasidin gövdesindeki karbon atomu, bir diğerinin arkasındaki nitrojenle bir elektron paylaşır ve bu bağlanabilir karbonlar ve nitrojenler, çok çok uzun bir sözcükteki harfler gibi sonu gelmeyen çoklukta dizildiğinde proteinler ortaya çıkar.

Aslında biliminsanları şimdilerde "acetyl...serine"den çok daha uzun molekülleri çözebiliyorlar. Yeni rekor devasa bir proteine ait ve adı 189.819 harften oluşuyor. Ancak 1960'larda bir dizi hızlı aminoasit sıralama aracı uygulamaya konduğunda, bilimciler çok yakında bu kitabı dolduracak uzunlukta kimyasal adlara ulaşacaklarını fark ederek, hantal Alman sistemini bırakıp resmi amaçlar için de olsa, daha kısa ve daha az tumturaklı isimler vermeye döndüler. Örneğin 189.819 harfli molekül, şimdi insaflı bir adla titin olarak biliniyor.[9] Sonuçta birilerinin mozaik virüsü proteininin adını tümüyle yazdıracağı ya da en azından deneyeceği şüphelidir.

Ama bu gözü yükseklerde sözlükbilimcilerin biyokimya üzerine bilgilerini tazelememeleri gerektiği anlamına gelmez. Tıp her zaman saçma uzunluktaki sözcüklerin bereketli bir kaynağı olmuştur ve ne tesadüftür ki *Oxford İngilizce Sözlük*'teki en uzun teknik olmayan sözcük, karbonun en yakın kimyasal kuzenine, genellikle diğer galaksilerde karbon temelli yaşamın alternatifi olarak anılan, on dördüncü element silisyuma aittir.

9- Bazı sabırlı ruhlar, titinin aminoasit diziliminin tümünü yazıp internetten göndermişler. Microsoft Word dosyasına aktarıldığında 12 punto Times New Roman karakteriyle tek satır aralıklı 47 sayfayı dolduruyor. 34.000 aminoasit içeriyor, içinde 43.781 kez *l*, 30.710 kez *y*, 27.120 kez *yl*, ve sadece 9.299 kez *e* geçiyor.

Soybilimine göre bir aile ağacının en tepesindeki ebeveynler kendilerine benzeyen çocuklar üretirler. Aynı şekilde karbon, altındaki element silisyumla, iki yatay komşusu bor ve nitrojene göre daha fazla ortaklık gösterir. Bunun nedenini zaten biliyoruz. Karbon altı numaralı elementtir, silisyum on dört numaralı elementtir ve bu sekizlik fark (bir başka sekizli) rastlantısal değildir. Silisyumda iki elektron ilk enerji düzeyini tamamlar ve sekizi de ikinci enerji düzeyini... Geriye dört elektron daha kalır, bu da silisyumu karbonla aynı açmaza sokar. Bir yandan da bu durum silisyuma karbonun esnekliğini kazandırır. Karbonun esnekliği yaşam oluşturma kapasitesiyle doğrudan ilişkili olduğundan, silisyumun karbonu taklit etme yeteneği onu alternatif, yani "uzaylı", dünya üzerindeki hayattan daha farklı yasaları izleyen yaşam formlarıyla ilgilenen bilimkurgu hayranı nesillerin rüyası haline getirmiştir. Ama soybilimi kader değildir, çocuklar hiçbir zaman tıpatıp ebeveynlerinin aynısı olmazlar. Dolayısıyla karbon ve silisyum gerçekte çok yakın akraba olsalar da, birbirlerinden ayrı elementlerdir ve ayrı bağlar oluştururlar. Ne yazık ki silisyum bilimkurgu hayranları için karbonun yapabildiği şaşırtıcı numaraları yapamaz.

İşin tuhafı silisyumun sınırlarını da bir başka rekor sahibi, 1.185 harfli karbon temelli proteinle çözümleyerek öğrenebiliriz. Aslında bu protein oldukça basmakalıp bir isme sahiptir, adı en çok pi sayısını trilyonlarca haneye kadar hesaplamak türünde bir orijinallikten dolayı ilgi çekicidir. Bunun aksine, *Oxford İngilizce Sözlük*'teki en uzun teknik olmayan sözcük 45 harfli "pneumonoultramicroscopicsilicovolcanoconiosis" sözcüğüdür. Çekirdeğinde "silico" olan bir hastalık. Sözcükbilimciler (sözcük delileri) sokak diliyle "pneumon oultramicroscopicsilicovolcanoconiosis"e "p45" derler. P45'in gerçek bir hastalık olup olmadığı tartışmalıdır, çünkü aslında p45 tedavisi olmayan pneumonoconiosis adlı bir akciğer durumunun değişik bir türünden başka bir şey değildir. P16 "pneumonia"yı andırır ve asbest solumanın yol açtığı hastalıklardan biridir. Kum ve ca-

mın ana bileşeni silisyum dioksit solumak da "pneumonoconiosis"a neden olabilir. Bütün gün kumlama yapan inşaat işçileri ve izolasyon fabrikasında montaj hattında cam tozu soluyan işçiler sıkça silisyum temelli p16'yla yıkılırlar. Ancak yerkabuğundaki en yaygın mineral olduğundan, kolaylıkla etkilenebilecek bir başka grup daha vardır: Aktif volkanların etrafında yaşayanlar. En güçlü volkanlar silisi küçük parçacıklar halinde un ufak eder ve megatonlarcasını havaya püskürtürler. Bu parçacıklar yerinde duramaz ve akciğer keselerine yönelirler. Akciğerlerimiz sürekli karbondioksitle baş ettiğinden, onun kuzeni SiO_2'ye de kapı açarak ölümcül bir hata yaparlar. Pek çok dinozor, 65 milyon yıl önce dev bir şehir büyüklüğündeki bir göktaşı ya da kuyruklu yıldız dünyaya çarptığında bu yüzden ölmüş olabilir.

Bütün bunları göz önünde bulundurduğumuzda, p45'in ön ve soneklerini gramer açısından incelemek çok daha kolay olacaktır. İnsanların volkan patlamasından kaçarken nefes nefese kalarak ince volkanik silisi solumasının neden olduğu akciğer hastalığı, pneumono-ultra-mikroscopic-silicovolcano-coniosis olarak adlandırılır. Yine de bunu sohbette kullanmadan önce, dilde sadelik yanlısı pek çok kişinin bundan tiksineceğini bilin. 1935 yılında birisi bir bulmaca yarışmasını kazanmak için bu sözcüğü uydurmuştu ve bazı insanlar hâlâ bunun bir ganimet sözcüğü olduğunu söyleyerek küçümsüyorlar. *Oxford İngilizce Sözlük*'ün saygın editörleri bile p45'i tanımladığı şeyin kendisinden ibaret "uyumsuz bir sözcük" diye nitelendirerek ona çamur atıyor. P45 suni dünyada olduğu gibi, organik olarak günlük dilden doğmak yerine tamir edilmeye çalışılmıştır.

Silisyumu daha da kurcalarsak, silisyum temelli bir yaşamın olabilirliğini keşfedebiliriz. Bilimkurguda ışın silahları gibi mecazi benzetmeler abartılı olsa da, yaşam potansiyeline dair karbon merkezli kavrayışımızı ayrıntılandırdığı için silisyum temelli yaşam önemli bir fikirdir. Silisyum taraftarları dünya üzerinde vücutlarında si-

lisyum barındıran az sayıda hayvana dikkat çekebilirler. Silisyumlu dikenleriyle denizkestanesi ve dış iskeletindeki kabuğunu silisyumla oluşturan tek hücreli bir canlı olan ışınlı protozoa gibi. Bilgisayar programlama ve sanal zeka alanlarındaki ilerlemeler de, silisyumun karbon temelli olanlar kadar komplike "beyinler" oluşturabileceğini ileri sürmektedir. Teorik olarak beyninizdeki her bir nöronu silisyum transistörlerle değiştirebilmenizin önünde hiçbir engel yoktur.

Ama p45 silisyum yaşamına ilişkin umutları havaya savuran pratik kimya dersleri sunar. Açıkça, tıpkı dünya temelli canlıların etraflarıyla karbon alışverişi yapmaları gibi, silisyum yaşam formlarının da dokularını onarmak ya da başka şeyler için vücutlarının içeri ve dışarı silisyum alıp vermeleri gerekmektedir. Birçok bakımdan en önemli yaşam formları olan, yeryüzünde besin zincirinin en dibinde yer alan canlılar bunu gaz halindeki karbondioksit aracılığıyla yapabilirler. Silisyum da tıpkı SiO_2 gibi, hemen her zaman oksijene doğanın içinde bağlanır. Ama karbondioksitten farklı olarak, silisyum dioksit yaşama uzak mesafedeki sıcaklarda dâhi, hatta ince volkanik toz halindeyken bile katıdır, gaz değildir. 4000°F'a (yaklaşık 2204°C) kadar gaz haline geçmez! Hücresel solunum düzeyinde katıları solumak hiçbir işe yaramaz, çünkü katılar birbirine yapışır. Akmadıklarından, hücrelerin ihtiyaç duyduğu biçimde tek tek moleküller halinde almak zordur. Silisyum bazlı ilkel yaşamda bile, askıda olan köpük tabakasının dengesi solumayı zora sokacaktır. Çok katmanlı hücrelere sahip daha büyük yaşam formları ise daha da kötü duruma düşecektir. Çevreyle gaz alışveriş yolları olmaksızın, bitkimsi silisyum yaşamı büyük yoksunluk çekecektir. Hayvansı silisyum yaşamı ise atıklar yüzünden tıkanıp boğulacaktır, tıpkı karbon temelli akciğerlerimizin p45'le boğulması gibi.

Bu silisyum mikroorganizmaları silisi başka yollarla dışarı atıp içine çekemez mi? Olabilir, ama silis evrendeki en yaygın sıvı olan suda çözünmez. Dolayısıyla bu canlılar besinlerin ve atıkların dolaşımında kanın ya da başka sıvıların sağladığı evrimsel avantajdan

vazgeçmek durumunda kalacaklardır. Silisyum temelli canlılar yaşamak için, kolaylıkla karışmayan katılara bel bağlamak zorunda olacağından, silisyum yaşam formlarının her şeyin üstesinden gelebileceğini hayal etmek mümkün değildir.

Üstelik silisyum karbondan daha fazla elektron paketlediği için, hantal ve cüsselidir. Karbonun 20 kilo almış halini düşünün. Bazen bu pek sorun olmaz. Yağların ya da proteinlerin Marslı eşdeğerinde, silisyum karbonun yerini layıkıyla tutabilir. Fakat karbon aynı zamanda kendisini eğip bükerek şeker dediğimiz zincirleme moleküller haline gelmektedir. Bu zincirler bir yüksek gerilim halidir, bu çok fazla enerji depoladıkları anlamına gelir ve silisyum bu türden zincirler oluşturmak için doğru pozisyonlara bükülebilecek kadar kıvrak değildir. Bununla ilişkili bir sorun da silisyum atomlarının elektronlarını ikili bağlar için dar alanlara sıkıştıramamalarıdır. İki atom iki elektronu paylaştığında tek bağ, dört elektron paylaştığındaysa ikili bağ olur. Neredeyse her karmaşık biyokimyasal bu sorunu yaşar. O nedenle silisyum bazlı yaşam, kimyasal enerjiyi depolamakta ve kimyasal hormonlar oluşturmakta çok daha az seçeneğe sahip olacaktır. Tüm bunlar düşünüldüğünde, sadece çok köklü bir biyokimya büyüyen, reaksiyona giren, üreyen ve mücadele eden silisyum bazlı bir yaşamı destekleyebilir. Denizkestaneleri ve radyolarya gibi omurgasızlar, silisi sadece yapısal bir destek olarak kullanır, solunum ya da enerji depolamak için değil. Karbon silisyumdan çok daha nadir bulunmasına rağmen, dünyada karbon temelli bir hayatın evrimleşmiş olması tek başına bir kanıttır.[10] Silisyum biyolojisinin imkansız olduğunu öne sürecek kadar ileri gidecek değilim, ne var ki kum dışkılayıp sürekli olarak ultramikroskobik silis dışarı atarak volkanlarla dolu gezegenlerde yaşayan canlılardan söz

10 - PBS televizyonunda yayınlanan *Frontline* programının "Göğüs İmplantları Deneme Aşamasında" bölümünden: "Canlı organizmaların içerdiği silisyum, organizma karmaşıklaştıkça azalır. Silisyumun karbona oranı; yerkabuğunda 250:1, organik maddelerin bulunduğu humuslu toprakta 15:1, planktonda 1:1, eğreltiotunda 1:100 ve memelilerde 1:5000'dir."

etmediğimiz sürece, bu elementin yaşamı başlatma görevine uygun olduğunu iddia edemeyiz.

Neyse ki silisyum ölümsüzlüğünü başka bir alanda sağlama almıştır. Virüs gibi yarı canlı bir varlık olarak evrimsel bir oyuğa kıvrılmış ve hemen altındaki elementi parazit gibi yağmalayarak varlığını sürdürmüştür.

Periyodik tabloda karbon ve silisyumun bulunduğu sütunda daha ileri soybilim dersleri gizlidir. Silisyumun altında germanyum vardır. Germanyumun bir element altında, hiç ummadığımız biçimde kalayı buluruz. Onun bir altında kurşun vardır. Öyleyse periyodik tabloda aşağı doğru indikçe, yaşamdan sorumlu element olan karbonu geride bırakıp silisyumla germanyum gibi modern elektroniğin temel elementlerine, bir adım sonra da mısır konservelerinin teneke kutularında kullanılan ve öyle ya da böyle yaşam düşmanı bir element olan donuk gri kalaya ulaşırız.

Bir başka ders de, her ailede süregelen çizgiden farklı bir kara koyunun varlığıdır. On dördüncü sütunda yer alan germanyum da periyodik tablonun kara koyunudur. Üzgün, şanssız bir element... Silisyumu bilgisayarlarda, mikroçiplerde, otomobillerde ve hesap makinelerinde kullanırız. Silisyum yarıiletkenler sayesinde insanlar aya gitmiştir, internette gezinmiştir. Ama işler bundan altmış yıl önce farklı olsaydı, bugün hepimiz California'nın kuzeyindeki Germanyum Vadisi hakkında konuşuyor olabilirdik.

Modern yarıiletken endüstrisi 1945 yılında, Thomas Alva Edison'un yetmiş yıl önce buluşlarını imal ettiği fabrikanın sadece birkaç kilometre uzağında, New Jersey'deki Bell Laboratuvarları'nda başlamıştı. Bir elektrik mühendisi ve fizikçi olan William Shockley ana sistem bilgisayarlarındaki vakum tüplerinin yerine geçecek küçük silisyum yükselticiler geliştirmeye çalışıyordu. Mühendisler vakum tüplerinden nefret ediyordu, çünkü bu uzun, elektrik ampulüne benzeyen şeyler kullanışsız, kırılgan ve aşırı ısınmaya yatkındı.

Ancak ne kadar hor görseler de bu tüplere fazlasıyla ihtiyaç duyuyorlardı, ne de olsa onların ikili görevini üstlenecek başka hiçbir şey yoktu. Bu tüpler hem elektronik sinyalleri yükseltiyor ve zayıf sinyallerin kaybolmasını engelliyor, hem de elektrik için tek yönlü bir geçit rolü oynuyordu; böylece elektronlar devre boyunca ters akım oluşturamıyordu. Aksi durumda doğabilecek sorunları daha iyi anlamak için kanalizasyon borularının iki yöne de aktığını gözünüzün önüne getirebilirsiniz. Shockley, Edison'un mumlara yaptığını bu vakum tüplerine yapmak üzere yola çıkmıştı ve yarıiletken elementlerin çözüm olabileceğini biliyordu. Sadece onlar yeterli sayıda (ama kontrol edilemeyecek kadar değil) elektronun devre boyunca akmasına izin vererek mühendislerin istediği dengeyi sağlayabilirdi. Bir mühendisten daha fazla vizyon sahibi olan Shockley'in yaptığı silisyum yükseltici hiçbir şeyi yükseltemedi. İki başarısız yıl boyunca boşuna didinip hüsrana uğradıktan sonra, görevi iki astına, John Bardeen ve Walter Brattain'e devretti.

Bir biyografi yazarının ifadesine göre, Bardeen ve Brattain, "iki erkek birbirini ne kadar sevebilirse, birbirine öyle bir sevgiyle bağlıydı. Birleşik bir organizma gibiydiler ve Bardeen bu organizmanın beyniyken, Brattain de elleriydi." Zeka küpü deyişi sanki Bardeen için uydurulmuştu, ama ellerini kullanmakta hiç de marifetli sayılmadığından, bu ortak yaşam son derece kullanışlıydı. Kısa bir süre sonra bu birleşik organizma silisyumun yükseltici olarak çalışabilmesi için fazla kırılgan ve saflaştırılması zor olduğuna karar verdi. Ayrıca dış elektronları silisyumdan daha yüksek bir enerji düzeyinde bulunan ve dolayısıyla daha gevşek bağlara sahip olan germanyumun elektriği gayet iyi ilettiğini biliyorlardı. Bardeen ve Brattain 1947 yılının Aralık ayında germanyumu kullanarak dünyanın ilk katı-halli (vakumun karşıtı olarak) güç yükselticisini yaparak ona transistör adını verdiler.

Shockley haberi alınca çok heyecanlanmış olmalı. Ama o anda Noel için Paris'teydi ve bu buluşa katkıda bulunduğunu iddia etmesi

çok zordu, üstelik yanlış elementi kullanmıştı. Ne var ki tüm bu gerçeklere rağmen, Shockley vakit kaybetmeden Bardeen ve Brattain'in çalışmasının itibarından pay çıkarmaya kalkıştı. Haklı olduğunu düşündüğü zamanlarda çok kırıcı olabiliyordu ve transistörün itibarını en fazla hak edenin kendisi olduğuna inanmıştı bir kere. (Bu tür bir insafsız inanç, Shockley'in düşüş yıllarında yeniden su yüzüne çıkacaktı. Shockley o yıllarda fiziği bırakıp mükemmel insanı yetiştirmeyi hedefleyen öjenik "bilim"ine yönelecekti. Brahman tarzı bir entelijansiya kastının yaratılmasına gönül verecek ve bir "dahi spermi bankası"na[11] bağışta bulunmaya başlayacaktı. Yoksulların ve azınlıkların tazminat ödenerek kısırlaştırılmasını ve insan türünün kolektif IQ'sunun düşmesinin engellenmesini savunacaktı.)

Apar topar Paris'ten dönen Shockley yeniden transistör çalışmalarının resmine kaynamaya çalıştı. Sözün gelişi değil, kelimenin gerçek anlamında böyle oldu. Bell Laboratuvarı'nın iş başındaki üç kişiyi gösteren tanıtım fotoğraflarında, Bardeen ve Brattain'in arkasında bu birleşik organizmayı ikiye bölen, ellerini cihazların üzerine koyarak sahiplenen ya da diğer ikisini sadece birer asistan gibi omuzlarının gerisinden bakmak zorunda bırakan pozlar vermekten geri kalmadı. Yeni baştan kurulan gerçek bu görüntüler oldu ve bilim camiası övgüyü bu üç adama verdi. Shockley aynı zamanda, kendi tımarında hüküm süren bir prens gibi, asıl rakibi Bardeen'i ilgisiz bir başka laboratuvara sürgün etti, böylece kendisi yeni ve ticarete daha uygun bir germanyum transistörü geliştirebilecekti. Transistör araştırmalarından ayrılmak zorunda bırakılan Bardeen'in Illinois'te akademik bir görev alarak Bell Laboratuvarı'ndan ayrılmasına şaşırmamak gerek.

Ne var ki işler germanyum için de kötüye gitti. 1954 yılında transistör endüstrisi mantar gibi büyümüştü. Bilgisayarların işlem ka-

11- Shockley'nin "dahi sperm bankası" California'daydı ve resmi adı da Seçkin Tohum Deposu'ydu. Sperm bankasının kurucusu Robert K. Graham başkalarının da olduğunu söylese de, sperm bağışı yaptığını açıkça duyuran tek Nobel ödüllü Shockley idi.

pasitesi katlanarak artmış ve cep radyoları gibi yeni ürün çeşitleri türemişti. Ne var ki mühendisler silisyumdan vazgeçmediler, çünkü germanyum huysuz bir elementti. Elektriği bu kadar iyi iletmesinin doğal sonucu olarak istenmeyen bir ısı üretiyordu, bu da germanyum transistörlerin yüksek ısılarda teklemesine neden oluyordu. Daha önemlisi kumun ana bileşeni olan silisyum çöpten bile ucuzdu. Biliminsanları germanyuma karşı hâlâ vefalıydı, ama silisyumla ilgili hayaller kurmaya daha fazla zaman harcıyorlardı.

Aynı yıl ticari bir yarıiletken toplantısında, Teksas'tan küstah bir mühendis, silisyum transistörlerin uygulanabilir olmayışı üzerine kasvetli bir konuşmanın ardından ayağa kalkarak, bunlardan birinin cebinde olduğunu söyledi. Kalabalık bir gösteri ister miydi? Bir sirk çığırtkanı gibi dikkatleri üzerine çeken Gordon Teal, yaptığı hızlı girişten sonra germanyumla çalışan bir pikabı harici hoparlörlere bağladı ve biraz ortaçağa özgü bir tarzla pikabın iç mekanizmasını kızgın yağ dolu bir fıçıya indirdi. Beklendiği üzere pikap tıkandı ve sustu. Mekanizmayı fıçıdan çıkaran Teal, germanyum transistörü yuvasından aldı ve pikabı silisyum transistörle döşedi. Aleti bir kez daha yağın içine daldırdı. Alet çalmaya devam etti. Aynı anda bir pazarlamacı ve borsa simsarı kalabalığı toplantı salonunun arkasındaki ankesörlü telefonların önünde birikti. Germanyum dibe vurmuştu.

Bardeen'in hikayesiyse mutlu sonla bitti. Germanyum yarıiletkenleri üzerine çalışmalarının önemi ortaya çıktı. O ve Brattain, *acı ama gerçek*, Shockley ile beraber 1956 yılında Nobel Fizik Ödülü'ne hak kazandı. Bardeen haberi bir sabah kahvaltısını hazırlarken, muhtemelen artık o zamanlar silisyumlu transistörle çalışan radyosundan öğrendi. Heyecandan eli ayağına dolandı ve yumurtayı yere düşürdü. Ama bu onun Nobel'le ilgili tek sakarlığı olmayacaktı. İsveç'teki ödül töreninden günler önce, geleneksel beyaz papyon ve yeleğini renkli çamaşırlarla yıkayıp hepsini yeşile boyadı. Tören günündeyse Bardeen ve Brattain, İsveç Kralı I. Gustav'la tanışacak

olmanın heyecanıyla midelerini sakinleştirmek için su içer gibi kinin içtiler. Büyük olasılıkla Gustav, oğullarını İsveç'e getirmek yerine derslerinden geri kalmasınlar diye Harvard'da kalmaya zorlayan Bardeen'i nazikçe azarlayınca, kinin bile işe yaramamıştır. Bu sitem karşısında Bardeen donup kaldı ve çocuklarını bir dahaki sefere, Nobel'i yeniden kazandığında getireceğini söyleyerek işi espriye vurdu.

Bu gaflar bir yana, ödül töreni yarıiletkenler için zirve oldu. Kimya ve fizik dalında Nobel ödülleri dağıtan İsveç Bilimler Akademisi, saf araştırmayı mühendislik karşısında onurlandırmayı gözetmişti ve transistörlerin bu başarısı uygulamalı bilimlerin alışılmadık şekilde kabul görmesi anlamına geliyordu. Bununla birlikte 1958 yılına gelindiğinde transistör endüstrisi yeni bir krizle karşı karşıya kaldı. Bardeen artık saha dışına çıkmışken, kapı yeni bir kahramana açıldı.

Jack Kilby eğilerek (çünkü boyu iki metreydi) bu kapıdan içeri girdi. Yavaş konuşan, kösele suratlı bu Kansaslının, 1958 yılında Texas Instruments'ta (TI) göreve başlamadan önce, ileri teknoloji araştırmalarının taşrası Milwaukee'de bir on yıl geçirmişliği vardı. Elektrik mühendisliği eğitimine rağmen, Kilby bilgisayar donanımında rakamların zulmü diye bilinen bir sorunu çözmek üzere işe alınmıştı. Aslında ucuz silisyum transistörler iyi çalışsa da, gösterişli bilgisayar devreleri onlardan daha yüksek bir performans bekliyordu. Bu durum TI gibi şirketlerin, bütün gün mikroskopların başına çökmek dışında bir şey yapmayan, tehlikeli maddelere karşı giydikleri özel giysiler içinde terleyip küfrederek silisyum parçacıklarını lehimleyen, çoğunluğu kadın hangarlar dolusu düşük ücretli teknisyeni istihdam etmesi gerektiği anlamına geliyordu. Bu süreç pahalı olmasının yanı sıra verimsizdi de. Her devrede zayıf ve kırılgan kablolardan biri kaçınılmaz olarak kırılıyor veya gevşiyor, böylece tüm devre ölüyordu. Mühendisler henüz bu kadar çok sayıda transistöre duyulan ihtiyacın, rakamların zulmünün üstesinden gelebilmiş değillerdi.

Kilby TI'ya bunaltıcı bir Temmuz sıcağında vardı. Yeni bir çalışan olarak tatil hakkı yoktu, dolayısıyla binlerce kişilik ekip mecburi tatile çıkmışken, laboratuvar tezgahı başında tek başına kalmıştı. Sessizliğin ferahlığı, onu şüpheye yer bırakmayacak şekilde, hep birlikte transistör kablolamak için binlerce insanı istihdam etmenin ahmakça olduğuna ikna etmişti. Denetmenlerin ve müdürlerin yokluğu, entegre devreler diye adlandırdığı yeni fikrinin peşinde koşması için ona zaman kazandırdı. Bir devrenin elle kablolanması gereken tek parçası silisyum transistörler değildi. Karbon dirençlerin ve porselen kondansatörün de bakır telle birlikte plastik içine izole edilmesi gerekiyordu. Kilby ayrı ayrı parçalardan oluşan bu düzeneği bir kenara atıp her şeyi, bütün dirençleri, transistörleri ve kondansatörleri tek bir yarıiletken bloktan oydu. Çarpıcı bir fikirdi bu. Aradaki yapısal ve sanatsal fark, bir heykeli tek bir mermer bloktan yontmakla, her uzvu ayrı ayrı yapıp kabloyla birbirine tutturmak arasındaki fark gibiydi. Dirençleri ve kondansatörleri yapmakta silisyumun saflığına güvenmeyerek, prototipi için germanyuma döndü.

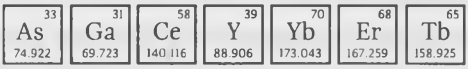
Nihayet bu entegre devre mühendisleri elle kablolama zulmünden kurtarmış oldu. Bütün parçalar aynı bloktan imal edildiği için onları birbirine lehimlemek derdi de kalmamıştı. Aslında kısa bir süre sonra kimse onları lehimleyemeyecekti bile, çünkü entegre devre mühendislere oyma işlemini ve ilk gerçek bilgisayar çipleri olan mikroskobik transistör setlerini imal etme işini de tümüyle otomatikleştirme imkanı sağlamıştı. Kilby uyguladığı bu yeniliğin kaymağını tam olarak yiyemedi. Shockley'nin himayesindeki biri birkaç ay sonra rakip ve biraz daha detaylı bir patent başvurusu yaparak hakları Kilby'nin şirketinden kapmıştı. Ama bilgisayar kurtları bugün hâlâ en üstün mühendislik başarısı olarak Kilby'ye hürmet ederler. Ürün döngüleri aylarla ölçülen bir endüstride, çipler hâlâ elli yıl öncesinin temel tasarımıyla imal edilmektedir. Sonuç olarak 2000 yılında Kilby, entegre devresi için gecikmiş bir Nobel Ödülü kazandı ve hikaye bir anlamda mutlu sona erdi.

Yine de üzücü bir şekilde, hiçbir şey germanyumun şanını geri getirmeye yetmedi. Kilby'nin orijinal germanyum devresi Smithsonian Enstitüsü Müzesi'nde şık bir şekilde sergileniyor olsa da, germanyum piyasanın acımasız ringinde havlu atmıştı. Silisyum hem çok daha ucuz hem de daha ulaşılabilirdi. Sir Isaac Newton ünlü sözünde ‚başardığı her şeye devlerin omuzlarında yükselerek ulaştığını söyleyerek, önceki biliminsanlarının buluşlarına methiye düzmüştü. Aynı şeyi biz de silisyum için söylenebiliriz. Silisyum bir ikon haline gelirken, bütün işi yapan germanyum periyodik tablonun dehlizlerine sürgün edildi.

Doğrusunu isterseniz, periyodik tablo söz konusu olduğunda bu çok yaygın bir kaderdir. Birçok elementin yaratıcısı bilinmez ve bu haksızlıktır. Bunların pek çoğunu keşfeden ve ilk defa periyodik tablodaki yerlerine yerleştiren biliminsanlarının isimleri bile çok uzun zamandır unutulmuştur. Yine de silisyum gibi bazıları dünya çapında bir üne kavuşmuştur ve bu her zaman en iyi sebepler yüzünden olmaz. İlk periyodik tablolar üzerine çalışan biliminsanlarının tümü belirli elementler arasındaki benzerliklerin farkındadır. Karbon, silisyum ve germanyum gibi kimyasal "üçlü"ler, bir periyodik sistemin var olduğunun ilk ipuçlarıydı. Ama bazı biliminsanları, insanlardaki gamze ya da karga burun gibi, periyodik tablodaki aileler boyunca süregelen karakteristik özelliklerin meydana getirdiği inceliklerin farkına varmakta diğerlerinden daha becerikliydiler. Bu tür benzerlikleri nasıl izleyeceğini ve öngöreceğini bilmek, kısa bir zaman sonra bir biliminsanının, Dimitri Mendeleyev'in, tarihe periyodik tablonun babası olarak geçmesini sağlamıştır.

3

Periyodik Tablonun Galapagos'u



Periyodik tablonun tarihi onu şekillendiren insanların tarihidir. Tarih kitaplarındaki Dr. Guillotin, Charles Ponzi, Jules Léotard veya Étienne de Silhouette gibi kişilerin adlarını buluşlara verdiklerini düşünmek biraz komik gelebilir. Burada periyodik tablonun öncülerinden biri ise özel bir takdiri hak eder, çünkü adını verdiği ocak (Bunsen beki) tarihte herhangi bir laboratuvar cihazından daha uygunsuz işlere neden olmuştur. Alman kimyager Robert Bunsen aslında "kendi" ocağını icat etmemişti, sadece bunun tasarımını geliştirmiş ve 1800'lerin ortalarında popülerleşmesini sağlamıştı. Bunsen beki olmadan bile, hayatını fazlasıyla tehlike ve yıkım ile doldurmayı başarmıştı.

Bunsen'in ilk aşkı arsenikti. Aslında otuz üç numaralı bu elementin antik çağlardan günümüze kadar gelen bir şöhreti vardı (Romalı suikastçılar bunu gizlice incirin üstüne sürerlerdi). Yasalara saygılı birkaç kimyager de, Bunsen bunu test tüplerinden etrafa saçmadan önce, arsenik hakkında çok daha fazlasını biliyordu. Aslında Bunsen arsenik-temelli kakodillerle, yani adını Yunancada "kötü kokulu" anlamına gelen kelimeden alan kimyasallarla çalışıyordu. Bunsen'in dediğine göre kakodiller çok fena kokuyordu, halüsinasyon görmesine neden oluyor, "el ve ayaklarda bir anlık ka-

rıncalanma, hatta baş dönmesi ve duyarsızlık yaratıyordu". Dili "siyah bir tabaka ile kaplanmıştı". Büyük olasılıkla kendi yararına, sonunda arsenik zehirlenmesine karşı en iyi antidot olan demir oksit hidratı geliştirdi. Bu kimyasal kandaki arseniğin üzerini örtüp dışarı atılmasını sağlayan pas gibi bir şeydi. Yine de kendisini bütün tehlikelere karşı koruyamadı. Yanında arsenik dolu cam bir beherin patlaması onu sağ gözünden etti ve hayatının geri kalan altmış yılı boyunca yarı kör kaldı.

Bu kazadan sonra, Bunsen arseniği bir yana atarak doğal patlamalara yöneldi. Bunsen yerden fışkıran her şeyi seviyordu ve yıllar boyunca gayzerlerle volkanların buharını ve kaynayan sıvılarını elleriyle toplayarak inceledi. Hatta laboratuvarında Old Faithful'dakine benzer, yapay bir gayzer oluşturdu ve gayzerlerin nasıl basıncının artarak patladıklarını keşfetti. 1850'lerde Heidelberg Üniversitesi'nde yeniden kimyaya döndükten sonra, elementleri çalışmak için ışık kullanan spektroskopu (tayfölçer) keşfederek bilim camiasında adını ölümsüzleştirdi. Periyodik tablodaki her element, ısıtıldığında keskin ve dar, renkli ışık bantları oluşturur. Örneğin hidrojen her seferinde bir kırmızı, bir sarımsı yeşil, bir bebek mavisi ve bir çivit mavisi bant ortaya çıkarır. Bilinmeyen bir maddeyi ısıttığınızda bu özel bantları verirse, hidrojen içerdiğini söyleyebilirsiniz. Egzotik bileşiklerin özünü çıkarmadan veya onları asitle ayrıştırmadan içinde neler olduğuna bakmanın ilk yolu olan bu buluş çok önemliydi.

Bunsen ve bir öğrencisi ilk spektroskopu üretmek amacıyla, bir prizmayı başıboş ışığı dışarıda tutmak üzere boş bir puro kutusunun içine yerleştirdiler ve içeriye bakmak için diyorama gibi, çıkma iki teleskop merceği bağladılar. Bu haliyle tayf ölçümünü sınırlandıran tek şey, elementleri uyarmaya yetecek sıcaklıkta alevler elde etme gerekliliğiydi. Bunun üzerine Bunsen kendisini, zamanında cetvelini eritmiş ya da kurşun kalemini tutuşturmuş herkesin kahramanı haline getiren bir cihaz icat etti. Yerel bir teknisyenin ilkel gaz ocağı-

nı alıp, oksijen akışını ayarlamak için bir vana ekledi. (Bunsen bekinin tabanındaki topuzu hatırlayın, işte o.) Sonuç olarak, ocağın alevi etkisiz ve çıtırtılı bir turuncudan, bugün iyi ocaklarda gördüğümüz güçlü, tıslayan maviye dönüştü.

Bunsen'in bu çalışması periyodik tablonun hızla gelişmesine neden oldu. Elementlerin spektrumuna göre sınıflandırılmasına karşı olmasına rağmen, diğer biliminsanları daha az endişe duyuyordu ve spektroskop yeni elementlerin tanımlanmasında kullanılmaya başlamıştı bile. Bu çalışmanın önemli bir başka etkisi de, bilinmeyen maddelerdeki gizli eski elementleri bularak yapay tartışmaların sonlanması oldu. Güvenilir tanımlama, kimyagerlerin maddeyi daha derinden anlama hedefine doğru yol almasını sağladı. Yine de yeni elementler bulmanın ötesinde, biliminsanları bunları bir tür aile ağacı şeklinde düzenlemeye ihtiyaç duyuyordu. Tam da bu noktada Bunsen'in tabloya diğer büyük katkısı devreye girdi: Periyodik yasanın ilk çalışmalarını yapan birkaç bilimciye danışmanlık yaptığı Heidelberg'de, entelektüel bir kuşağın ortaya çıkmasını sağladı. İkinci karakterimiz Dimitri Mendeleyev de bu kuşağa dahildir, genellikle ilk periyodik tabloyu yaratan kişi olarak alkışlanır.

Doğruyu söylemek gerekirse, Bunsen ve beki gibi Mendeleyev de ilk periyodik tabloyu tek başına oluşturmadı. Tabloyu birbirinden bağımsız şekilde altı kişi icat ederek, her biri kendisinden önceki kimyager kuşağının işaret ettiği "kimyasal benzerlik"lere göre şekillendirdi. Mendeleyev elementleri küçük ve anlamdaş kümeler halinde nasıl gruplandırabileceği gibi ham bir düşünceyle başladı ve periyodik bir sistemdeki bu işaretleri bilimsel yasa haline getirdi; tıpkı Homeros'un bağlantısız Yunan efsanelerini *Odysseia*'ya dönüştürmesi gibi. Diğer alanlar gibi bilim de kahramanlara ihtiyaç duyar ve Mendeleyev de birkaç nedenle periyodik tablonun başkahramanı oldu.

Öncelikle hayat hikayesi berbattı. Sibirya'da on dört çocuğun en küçüğü olarak doğan Mendeleyev daha on üç yaşındayken, 1847 yılında babasını kaybetti. Annesi ailesini geçindirmek adına o dönem için

cesur denebilecek bir tavırla yerel bir cam fabrikasını devralarak, erkek ustaları yönetti. Sonra fabrika yandı. Umudunu zeki oğluna bağlayıp atın sırtına atladığı gibi on iki mil boyunca bozkırları ve yalçın, karlı Ural Dağları'nı geçerek Moskova'daki seçkin bir üniversiteye ulaştı. Fakat farklı bir bölgeden olduğu gerekçesiyle üniversite Dimitri'yi reddetti. Anne Mendeleyev yılmadı, yeniden atına atladı ve ölmüş babasının St. Petersburg'da mezun olduğu okula kadar dört yüz mil daha gitti. Oğlunun kayıt olduğunu gördükten sonra da vefat etti.

Mendeleyev parlak bir öğrenci olduğunu kanıtladı. Mezuniyetinden sonra Paris'te ve Heidelberg'de çalıştı. Heidelberg'deki danışmanı ünlü Bunsen'di. İkili birbiriyle pek geçinemiyordu, çünkü hem Mendeleyev huysuz adamın tekiydi, hem de Bunsen'in laboratuvarı kopardıkları gürültüyle nam salmış burnundan soluyan insanlardan oluşuyordu. Mendeleyev 1860'larda St. Petersburg'a profesör olarak geri döndü ve orada elementlerin doğası üzerine düşünmeye başladı. 1869 yılında periyodik tablo ile sonuçlanan çalışmasını burada yaptı.

Başka pek çok bilimci de elementleri nasıl düzenlemek gerektiği üzerine çalışıyordu, hatta bazıları tereddüt ederek de olsa Mendeleyev'in yaklaşımıyla çözüme ulaşmıştı. İngiltere'de John Newlands adlı bir kimyager, 1865 yılında kendi geçici tablosunu kimya topluluğuna sundu, ne var ki bir gafı ile sonunu hazırladı. O zamanlar kimse helyumdan radona kadar asal gazları bilmiyordu, bu nedenle periyodik tablonun en üst satırlarında sadece yedi birim vardı. Newlands, tuhaf bir şekilde bu yedi kolonu müzik skalasındaki do-re-mi-fa-sol-la-si-do ile karşılaştırdı. Ne yazık ki Londra Kimya Topluluğu böyle tuhaflıklara alışık değildi ve Newlands'in beş kuruşluk kimyası diye dalga geçtiler.

Mendeleyev'in daha ciddi rakibi Julius Lothar Meyer'di. Meyer beyaz sakalı ve düzgünce yağlanmış siyah saçları olan Alman bir kimyagerdi. O da Heidelberg'de Bunsen ile çalışmıştı ve profesyonel titrini süratle kazanmıştı. Diğer şeylerin yanı sıra, kırmızı kan hücrelerinin oksijeni hemoglobine bağlayarak taşıdığını bulmuş-

tu. Meyer, Mendeleyev ile neredeyse aynı zamanda kendi periyodik tablosunu yayınladı ve ikisi "periyodik yasa"nın eş-kaşifleri olarak 1882 yılında Davy Madalyası adı verilen Nobel öncesi ödülü paylaştılar. Meyer, sonradan doğru olduğu anlaşılan birkaç radikal teorinin popülerleşmesini sağlamak gibi, şöhretine pek çok şey katan büyük çalışmalar yapmaya devam ederken, Mendeleyev atomların gerçekliğini reddeden garip biri haline geldi.[12] Ayrıca sonradan elektronlar ve radyoaktivite gibi göremediği başka şeyleri de reddedecekti. Eğer 1880 yıllarında bu iki adamı şöyle bir tartıp hangisinin daha büyük bir teorik kimyacı olduğunu değerlendirmiş olsaydınız, muhtemelen Meyer'i seçerdiniz. Peki Mendeleyev'i Meyer'den ve daha önce periyodik tabloyu yayınlamış diğer dört kimyacıdan farklı kılan neydi?[13]

---

12 - Mendeleyev'in atomlara inanmayı reddetmesi, bize bugün inanılmaz görünse de bu tutum, dönemin kimyacıları arasında hiç de nadir değildi. Kendi gözleriyle görmediği şeye inanmayı reddeden bu biliminsanları, atomları bir soyutlama olarak görüyor, hesaplama yapmak için işlevli bir yol olsa da kesinlikle kurgusal olduklarını düşünüyorlardı.

13 - Elementlerin ilk sistematik düzenlenmesini biçimlendirmekte yarışan altı bilimcinin en iyi anlatımını Eric Scerri'nin *The Periodic Table* adlı eserinde bulabilirsiniz. Diğer üçü genellikle eş-kaşifler olarak ya da en azından katkılarından dolayı itibar görürler.

Scerri'ye göre Alexandre-Emile Béguyer de Chancourtois, periyodik tablonun geliştirilmesinde "en önemli ama tek adımı" keşfetmiştir. "Elementlerin özelliklerinin, onların atom ağırlıklarının periyodik bir fonksiyonu olduğunu, Mendeleyev aynı sonuca varmadan tam yedi yıl önce bulmuştur." Jeolog de Chancourtois periyodik sistemini, bir vidanın yivi gibi spiral bir silindir üzerine çizmiştir. Onun için tabloyu keşfetmenin itibarını kazanma ihtimali, yayıncısı tüm elementleri gösteren bu önemli vida diyagramı nasıl çoğaltacağını bulamadığında bitmişti. Yayıncı sonunda pes edip makaleyi onsuz basmıştı. Periyodik tabloyu görmeden onu öğrenmeye çalıştığınızı düşünün! Bununla birlikte De Chancourtois'in periyodik sistemin kurucusu olarak bilinme davası, meslektaşı Fransız Lecoq de Boisbaudran tarafından sürdürülmüştür.

Becerikli bir İngiliz kimyacı olan William Odling ise kötü şansın kurbanı olmuş gibi görünmektedir. Periyodik tabloyla ilgili pek çok doğru ama bugün unutulmuş şeyi bulmuştur. Belki de diğer pek çok kimyasal ve idari ilgi alanlarıyla, tabloyu kafasına takmış olan Mendeleyev tarafından desteklenmiştir. Odling'in hatalı olduğu bir nokta elementlerin periyotlarının uzunluğu, yani benzer özellikler kaybolmadan görünmek zorunda olan elementlerin sayısıydı. O bütün periyotların sekiz uzunluğunda olduğunu varsaydı, ama bu sadece tablonun üstü için doğruydu. D-kabukları yüzünden, üçüncü ve dördüncü satırlar on sekiz elementlik satırları gerektirirler. F-kabukları yüzünden beşinci ve altıncı satırlar ise otuz ikiyi gerektirirler.

Gustavus Hinrichs eş-kaşifler arasındaki -her ne kadar orada doğmuş olmasa da- tek Amerikalıydı. Kaçık ve çağının ilerisinde serseri bir dahi olarak tanımlanabilecek olan da sadece oydu. Dört dilde üç binin üzerinde makale yayımlamış ve Bunsen'in keşfettiği ışın yayan elementler üzerine çalışmalarda ve bunların sınıflandırılmasında öncü olmuştu. Numerolojiyle de vakit geçirmişti. Ayrıca spiral kollu bir periyodik tablo geliştirmiş ve pek çok zorlu elementi doğru gruplar içerisinde yerli yerine oturtmuştu. Scerri'nin özetlediği gibi, "Hinrichs'in çalışması o kadar nevi şahsına münhasır ve dolambaçlı ki, birileri onun gerçek değerini ilan etmeye kalkışmadan önce, yaptıkları üzerine daha eksiksiz bir çalışma gerekmektedir."

Öncelikle Mendeleyev elementler hakkında belirli özelliklerin daimi olduğunu diğerlerinden daha iyi anlamıştı. Turuncu bir katı olan cıva oksit gibi bir bileşiğin, diğer kimyacıların sandığı gibi oksijen gazı ve sıvı cıva metali içermediğinin farkına vardı. Aslında cıva oksit ayrıştığında bir gaz ve bir de metal ortaya çıkaran iki elementten oluşuyordu. Burada sabit kalan şey elementlerin atom ağırlığıydı. Mendeleyev bugünkü modern görüşe yaklaşarak, bunun tanımlayıcı bir özellik olduğunu düşündü.

İkincisi, elementleri satır ve sütunlara yerleştirmeyi takıntı haline getiren diğer kimyagerlerin aksine Mendeleyev, bütün hayatı boyunca kimya laboratuvarlarında çalıştığından, elementlerin, özellikle de tabloya yerleştirmek söz konusu olduğunda en belirsiz ve karmaşık elementler olan metallerin, nasıl bir his uyandırdığı, koktuğu ve tepkimeye girdiği üzerine engin bir donanıma sahipti. Böylece bilinen tüm altmış iki elementi kendi satır ve sütunlarına yerleştirebildi. Mendeleyev kendi tablosunu obsesif bir şekilde yeniden inceledi, elementleri dizin kartlarının üzerine yazıyor ve ofisinde bunlarla bir çeşit kağıt oyunu oynuyordu. Fakat en önemlisi, Mendeleyev ve Meyer'in her ikisi de kendi tablolarında bilinen elementlerden hiçbirinin uymadığı yerleri boş bırakırken, Mendeleyev'in aşırı titiz Meyer'den farklı olarak yeni elementlerin bulunacağını öngörecek kadar cesur olmasıydı. *Daha dikkatle bakın, sizi gidi kimyagerler ve jeologlar*, diyordu sanki alay eder gibi, *daha dikkatle bakın, bulacaksınız*. Her sütundaki bilinen elementlerin özelliklerini aşağı doğru takip eden Mendeleyev, saklı elementlerin yoğunluklarını ve atom kütlelerini bile tahmin ediyordu. Bazı tahminleri doğru çıktığında, insanlar şaşkınlıktan dillerini yuttu. Dahası, 1890'larda biliminsanları asal gazları keşfettiğinde Mendeleyev'in tablosu önemli bir testten geçmiş oldu, çünkü yeni bir sütun ekleyerek gazları buraya yerleştirebilmişti. Mendeleyev ilk başlarda asal gazların var olduğunu reddetti, fakat zaten bundan sonra da periyodik tablo sadece onun olmaktan çıktı.

Bu noktada Mendeleyev'in en önemli özelliğine değinmekte yarar var. Rus çağdaşı ve *Kumarbaz* adlı muhteşem romanını kumar borçlarını ödemek için üç haftada yazan Dostoyevski gibi Mendeleyev de, bir ders kitabına eklenmesi için, ilk tablosunu yayıncının son teslim tarihine aceleyle yetiştiriverdi. Zaten bu kitabın beş yüz sayfalık birinci cildini yazmıştı, fakat sadece sekiz elementin üzerinden geçmişti. Bu da geri kalan hepsini ikinci cilde yetiştirmek zorunda olduğu anlamına geliyordu. Altı haftalık bir oyalanmanın ardından birden ilham geldi ve açıklamanın en özlü yolunun bir tablo ile olacağına karar verdi. Bu fikir onu heyecanlandırdı ve tabloyu derleyip toplamak için yerel peynir fabrikalarına kimya danışmanlığı yaptığı ek işinden ayrıldı. Kitap basılı hale geldiğinde Mendeleyev, silisyum ve bor gibi elementlerin altındaki boş kutulara yeni elementlerin geleceğini tahmin etmekle kalmadı, bunlara geçici isimler de verdi. Bu isimleri üretirken, Sanskritçe "ötesi" anlamında bir kelime ekleyerek (eka-silisyum, eka-bor gibi) egzotik ve gizemli bir dil kullanmış olması bile Mendeleyev'in şöhretine zarar veremedi.

Birkaç yıl geçti, Mendeleyev artık ünlüydü. Karısını boşamıştı ve yeniden evlenmek istiyordu. Muhafazakar yerel kilise yedi sene beklemesi gerektiğini söylemesine rağmen, bir rahibe rüşvet verip nikahını kıymaya ikna etti. Teknik olarak bu durumda iki eşli olsa da, fakat kimse onu tutuklamaya cesaret edemedi. Yerel bir bürokrat, bu vakada çifte standart uygulandığı yönünde Çar'a şikayette bulunduğunda, Çar aşırı resmi bir şekilde, "Kabul ediyorum Mendeleyev'in iki eşi var, fakat benim bir Mendeleyev'im var," diye cevapladı. Yine de Çar'ın sabrı sonsuz değildi. 1890 yılında inançlı bir anarşist olan Mendeleyev, şiddet yanlısı solcu öğrenci gruplarının sempatizanı olduğu gerekçesiyle akademik görevinden azledildi.

Tarihçi ve bilimcilerin Mendeleyev'in hayat hikayesine neden bu kadar bağlandıklarını anlamak hiç zor değil. Elbette periyodik tabloyu oluşturmasaydı, bugün kimse onun biyografisini ne merak ede-

cek ne de hatırlayacaktı. Mendeleyev'in çalışması pekala Darwin'in evrimi ve Einstein'ın izafiyeti ile karşılaştırılabilir. İşin tamamını olmasa da, en büyük kısmını onlar yaptılar ve diğerlerinden çok daha kılı kırk yararak çalıştılar. Sonuçların ne kadar geniş kapsamlı olduğunu gördüler ve bulgularını kanıtlarla desteklediler. Tıpkı Darwin gibi Mendeleyev de çalışmasına sürekli karşı çıkan düşmanlar edindi. Hiç görmediği elementlere isim vermek haddini aşmaktı ve tüm bunlar Robert Bunsen'in entelektüel varisini kızdırdı. "Eka-alüminyum"u keşfeden bu adam keşfinin itibarını istiyordu ve ona isim vermeyi kendisinin hak ettiğini düşünüyordu, fanatik bir Rus'un değil.

* * *

Şimdi galyum olarak bilinen eka-alüminyumun keşfi, bilimi gerçekten neyin ileri taşıdığı sorusunu ortaya çıkarır: İnsanların dünyayı görme şeklini betimleyen teoriler mi, yoksa en basiti bile mükemmel bir teoriyi alt üst edebilen deneyler mi? Teorisyen Mendeleyev ile kopan kavga kıyametten sonra, galyumu keşfeden deneyselcinin kesin bir cevabı vardı. Paul Emile François Lecoq de Boisbaudran 1838 yılında Fransa'nın Cognac bölgesinde şarap üreticisi bir ailenin çocuğu olarak dünyaya geldi. Kıvır kıvır saçları ve kıvrık bıyığı olan, havalı kravatlar takan bu yakışıklı adam olgunluk döneminde Paris'e taşındı, Bunsen'in spektroskobunda ustalaşarak dünyadaki en iyi spektroskop cerrahı haline geldi.

Lecoq de Boisbaudran hünerlerini epey geliştirmişti ve 1875 yılında bir mineralde daha önce hiç görülmemiş renkler fark ettikten sonra, hemen ve doğru bir şekilde, yeni bir element keşfettiğini duyurdu. Buna Fransa'nın Latincedeki adı Galya'dan esinlenerek galyum adını verdi. (Komplocular onu, elemente sinsice kendi ismini vermekle suçladılar; çünkü Lecoq veya "horoz"un Latincedeki karşılığı *gallus* idi.) Lecoq de Boisbaudran yeni ödülünü elle-

rinde tutmak istediğinden, elementten bir örnek saflaştırmaya girişti. Bu işlem bilimcinin birkaç yılını aldı, fakat sonunda 1878 yılında Fransız'ın elinde güzel ve saf bir galyum parçası oldu. Ilık oda sıcaklığında katı olmasına rağmen galyum 84°F'de (yaklaşık 29°C) erir. Galyumu avucunuzun içinde tutarsanız (çünkü vücut sıcaklığınız 98°F'dir [yaklaşık 36.6°C]) eriyip çekirdekli, kalın bir yalancı cıva birikintisine dönüşür. Dokunduğunuzda parmağınızı kemiğe kadar yakmayan birkaç sıvı metalden biridir. Sonuç olarak galyum, kimya erbapları arasında başlıca eşek şakalarından biri haline geldi, Bunsen beki mizahından kesin bir basamak ileriydi. Galyum kolaylıkla şekillendirilebildiği ve alüminyuma benzediği için en çok tutulan şaka, galyum kaşıklar yapıp, çay fincanının yanına koymak ve çay kaşığı "yutarken" misafirlerin yüzündeki ürkütücü görüntüyü izlemekti.

Lecoq de Boisbaudran havalı metalinden duyduğu gururla bulgularını bilimsel dergilerde yayınladı. Galyum, Mendeleyev'in 1869 yılındaki tablosundan bu yana keşfedilen ilk elementti ve teorisyen Mendeleyev, Lecoq de Boisbaudran'ın çalışmasını okuduğunda galyum kendisinin eka-alüminyum tahminine dayandığı için araya girip övgüleri üzerine toplamaya çalıştı. Lecoq de Boisbaudran kısa ve öz bir cevapla bunu reddederek, asıl işi kendisinin yaptığını söyledi. Mendeleyev karşı çıktı ve ikisi bu tartışmayı bilimsel makalelere kadar taşıdı (her bölümde başka bir karakterin anlatıcı olduğu bir roman dizisi gibiydi). Çok geçmeden tartışma sertleşti. Mendeleyev'in kibrine sinir olan Lecoq de Boisbaudran, tanınmayan bir Fransız'ın periyodik tabloyu Mendeleyev'den önce geliştirdiğini ve "bu Rus"un onun düşüncelerini gasp ettiğini öne sürdü. Verileri çarpıtmaktan sonraki ikinci bilimsel günahtı bu. (Mendeleyev itibar konusunda asla paylaşımcı olmamıştı. Aksine Meyer, 1870 yılındaki kendi çalışmasında Mendeleyev'in tablosunu referans göstermişti, ne yazık ki sonraki kuşaklar, sırf bu yüzden Meyer'in çalışmasını diğer çalışmanın sadece bir türevi zannetti.)

Mendeleyev, Lecoq de Boisbaudran'ın galyum üzerine verilerini taradı ve hiçbir gerekçe göstermeden bu deneyselciye bir şeyleri yanlış ölçmüş olması gerektiğini, çünkü galyumun yoğunluk ve ağırlığının kendi tahminlerinden farklı olduğunu söyledi. Bardağı taşıran bu son damla büyük bir kine neden oldu, fakat bilim felsefecisi ve tarihçisi Eric Scerri'nin belirttiği gibi, Mendeleyev sürekli "doğayı büyük felsefi şemasına uyduracak şekilde bükmeye çalışıyordu". Mendeleyev ile bir çılgın arasındaki tek fark Mendeleyev'in haklı olmasıydı: Daha sonra Lecoq de Boisbaudran verilerini geri çekti ve Mendeleyev'in tahminlerini doğrulayan sonuçlar yayınladı. Scerri'ye göre, "Bir teorisyen olan Mendeleyev'in yeni bir elementin özelliklerini onu keşfeden kimyagerden daha net görmüş olması bilim dünyasını hayrete düşürmüştü". Bir edebiyat öğretmeni bir keresinde bana, bir hikayeyi büyük yapan şeyin "kaçınılmaz ama şaşırtıcı" bir düğüm olduğunu anlatmıştı. Periyodik tablonun oluşturulması hikayesi de tam bu yüzden büyük bir hikayedir. Büyük periyodik tablo şemasını keşfetmenin Mendeleyev'i şaşırttığını sanmıyorum, çünkü zaten zarif basitliğinden ötürü bunun doğru olduğuna ikna olmuştu. Bazen de hissettiği güç yüzünden kendinden geçmesine şaşmamalı.

Bilimsel maçoluğu bir kenara bırakırsak, buradaki asıl tartışma teoriye karşı deney şeklinde gerçekleşmiştir. Teori, Lecoq de Boisbaudran'ın yeni bir şey görmesi için hislerine yardım etmiş midir? Yoksa gerçek kanıtı deneyler mi sağlamıştır, yani Mendeleyev'in teorisi sadece buna uyum sağlamakla mı kalmıştır? Lecoq de Boisbaudran tablosu için kanıtları galyumda bulmadan önce, Mendeleyev Mars'ta peynir bulunacağını tahmin etmiş de olabilirdi. Ama yine de Fransız, verilerini geri çekmek zorunda kalmış ve Mendeleyev'in tahminlerini destekleyen yeni sonuçlar ortaya koymuştu. Lecoq de Boisbaudran Mendeleyev'in tablosunu önceden gördüğünü reddetmiş olsa da, tabloyu başkalarından duymuş olabilir ya da bilimsel topluluklarda tablolar hakkında yapılan konuşmalar biliminsanla-

rının yeni elementler için gözlerini açmasını sağlamış olabilir. Albert Einstein'ın, "Gözlemleyebildiğimiz şeyleri belirleyen teoridir," sözü tam da bu meseleye uygundur.

Sonuçta bilimi teori mi, yoksa deney mi ileri götürür diye didiklemenin muhtemelen sonu yoktur; kaldı ki Mendeleyev pek çok yanlış tahminde de bulunmuştu. Fakat bu kez gerçekten şanslıydı, ekaalüminyumu ilk olarak Lecoq de Boisbaudran gibi iyi bir biliminsanı keşfetmişti. Eğer birileri Mendeleyev'in çalışmalarındaki hataları aramış olsaydı, bugün ismi bile anılmıyor olabilirdi. Örneğin Mendeleyev hidrojenden önce çok sayıda element olduğunu öngörüyor ve güneş halesinin koronyum adlı tek bir element içerdiğine yemin ediyordu. Fakat insanların, tıpkı çelişkili kehanetlerde bulunan antik astrologları affedip, bunun yerine gelişini önceden gördükleri parlak bir kuyruklu yıldıza gözlerini dikmeleri gibi, Mendeleyev'in de sadece zaferlerini hatırlıyoruz. Ayrıca tarihi yalınlaştırma adı altında Meyer ve diğerlerinin yanı sıra, Mendeleyev'e de fazladan itibar vermek kolayımıza geliyor. Üzerine elementleri mıhlayacağımız kafesi oluştururken, önemli bir iş çıkardıklarına hiç şüphe yok, fakat 1869 yılı itibariyle elementlerin daha sadece üçte ikisi keşfedilmişti ve yıllar boyunca bunlardan bazıları en iyi tablolarda bile yanlış satır ve sütunlarda kaldı.

Modern ders kitapları Mendeleyev'den epeyce ayrılmıştır, özellikle de tablonun en altında, karantinaya alınan element karmaşasını, yani lantanitleri düşünürsek. Lantanitler elli yedinci element olan lantan ile başlar. Lantanın tablodaki doğru yeri yirminci yüzyılda bile kimyagerleri şaşkına çevirmiş ve onlara azap çektirmiştir. Gömülü haldeki elektronları, lantanitlerin sinir bozucu kümeler oluşturmasına neden olur; bunları ayrıştırmak çok güçtür. Tayf ölçümü de lantanitlerde tökezlemişti, çünkü biliminsanları düzinelerce yeni bant teşhis etmiş olsa da bunların kaç yeni elementi aktardığına dair hiçbir fikirleri yoktu. Varsayımlarda bulunmaktan çekinmeyen Mendeleyev bile, lantanitlerin tahminde bulunmak için

çok tartışmalı olduğuna karar verdi. 1869 yılında ikinci lantanit olan seryumun dışında çok az element biliniyordu.

Fakat Mendeleyev daha fazla "eka" eklemektense, beceriksizliğini kabul etti. Seryumdan sonra, tablosunu satır satır sinir bozucu boşluklarla doldurdu. Daha sonra da seryumun peşine yeni lantanitleri yerleştirirken, kısmen çoğu "yeni" elementin diğer bilinenlerin bir kombinasyonu olduğu ortaya çıktığından, bunların yerini belirlemekte çuvalladı. Antik denizcilerin Cebelitarık'ı dünyanın kıyısı olarak görmesi gibi, seryum da Mendeleyev çemberinde, bilinen dünyanın kıyısıydı ve seryumdan sonra bir girdaba veya akıntıya kapılma riski vardı.

Aslında Mendeleyev St. Petersburg'dan birkaç yüz mil batıya gitmiş olsaydı, seryumun ilk keşfedildiği yerin yakınlarında, İsveç'te Ytterby isimli küçük bir köyde tarif edilemez bir porselen madeni ile karşılaşacaktı ve bütün hayal kırıklıklarından kurtulabilecekti.

			K = 39	Rb = 85	Cs = 133	—	—
			Ca = 40	Sr = 87	Ba = 137	—	—
			—	?Yt = 88?	?Di = 138?	Er = 178?	—
			Ti = 48?	Zr = 90	Ce = 140?	?La = 180?	Th = 231
			V = 51	Nb = 94	—	Ta = 182	—
			Cr = 52	Mo = 96	—	W = 184	U = 240
			Mn = 55	—	—	—	—
			Fe = 56	Ru = 104	—	Os = 195?	—
Typische Elemente			Co = 59	Rh = 104	—	Ir = 197	—
			Ni = 59	Pd = 106	—	Pt = 198?	—
H = 1	Li = 7	Na = 23	Cu = 63	Ag = 108	—	Au = 199?	—
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65	Cd = 112	—	Hg = 200	—
	B = 11	Al = 27,3	—	In = 113	—	Tl = 204	—
	C = 12	Si = 28	—	Sn = 118	—	Pb = 207	—
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	—	Bi = 208	—
	O = 16	S = 32	Se = 78	Te = 125?	—	—	—
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127	—	—	—

Dimitri Mendeleyev tarafından 1869 yılında üretilmiş ilk periyodik tablolardan biri. Seryumdan (Ce) sonraki büyük boşluk Mendeleyev ve çağdaşlarının ender toprak metallerinin karmaşık kimyası hakkında ne kadar az şey bildiğini gösterir.

1701 yılında Johann Friedrich Böttger adlı kendini beğenmiş bir genç, birkaç beyaz yalanla bir araya topladığı kalabalıktan mest olmuş bir şekilde, sihirbazlık numarası için cebinden iki gümüş para çıkardı. Ellerini salladıktan ve kimyasal bir büyü yaptıktan sonra gümüş paralar "kayboldu" ve yerlerinde tek bir altın parçası belirdi. Bölge halkı bundan daha inandırıcı bir simya gösterisi görmemişti. Böttger şöhretinin kalıcı olacağını düşünmüştü, ama yanıldı.

Böttger hakkındaki söylentiler kaçınılmaz olarak Polonya kralı Güçlü Augustus'a kadar ulaştı; kral genç simyacıları kendi hazinesine altın üretmeleri için bir şatoda Rumpelstiltskin gibi kilit altında tutuyordu. Böttger'in kralın beklentisini karşılaması mümkün değildi, zavallı zararsız yalancı birkaç beyhude deneyden sonra daha çok gençken asılma tehlikesiyle karşı karşıya kaldı. Böttger canını bağışlaması için krala yalvardı. Simyada başarısız olmasına rağmen porselen yapmayı bildiğini iddia etti.

O zamanlar bu iddianın kredisi daha fazlaydı. Marco Polo'nun on üçüncü yüzyıl sonunda Çin'den dönüşünden bu yana Avrupa'da beyaz Çin porseleni çılgınlığı yaşanıyordu. Porselen tırnak törpüsüyle çizilemeyecek kadar sert, fakat mucizevi bir şekilde yumurta kabuğu gibi yarı-saydamdı. İmparatorlar çay takımlarına göre değerlendirilirdi ve porselenin gücüne dair söylentiler dolaşırdı. Bir rivayete göre, porselen kaptan bir şey içerseniz zehirlenmezdiniz. Bir diğerine göre, Çinliler sadece gösteriş için dokuz katlı bir kule inşa edecek kadar porselen zenginiydiler ki bunun doğru olduğu sonradan ortaya çıktı. Yüzyıllar boyunca, Floransa'daki Medici gibi güçlü Avrupalı aileler porselen çalışmalarına sponsor olmuş, ancak vasat taklitlerden başka bir şey elde etmeyi başaramamışlardı.

Böttger'in şansına Kral Augustus'un porselen üzerine çalışan yetenekli bir adamı vardı. Daha önceki işi, Polonya toprağından örnekler alarak kraliyet mücevherleri için kazı yapılacak yeri belirlemek olan Ehrenfried Walter von Tschirnhaus adlı bu adam, 3000°F'ye (yaşlaşık 1649°C) ulaşabilen özel bir ocak icat etmişti. Böylece por-

seleni eriterek analiz edebiliyordu. Kral, Böttger'e Tschirnhaus'un asistanı olmasını emrettiğinde araştırma hızlandı. İkili, Çin porselenindeki gizli bileşenlerin kaolin adlı beyaz bir kil ve yüksek sıcaklıklarda cama yapışan feldspat taşı olduğunu keşfetti. Aynı araştırmada çoğu çanak çömlekten ayrı olarak porselen sırını ve kilini farklı aşamalarda değil, aynı anda pişirmek zorunda olduklarını gördüler. Gerçek porselene berraklığını ve sertliğini veren, sır ve kilin yüksek ısılı füzyonuydu. İşlemi mükemmelleştirdikten sonra, rahatlamış bir şekilde krala haber verdiler. Augustus onlara cömertçe teşekkür etti. Porselenin onu en azından sosyal açıdan Avrupa'daki en etkili monarşi haline getireceğini hayal ediyordu. Böylesi bir gelişmenin ardından Böttger özgürlüğünü kazanmayı bekliyordu. Fakat ne yazık ki kral onun çok değerli olduğuna karar verip daha sıkı güvenlik önemleriyle kilit altına aldı.

Porselenin gizemi kaçınılmaz olarak dışarı sızdı ve Böttger ile Tschirnhaus'un tarifi Avrupa'ya yayıldı. Zanaatkarlar sonraki yarım yüzyılda en basit kimya yoluyla bunu daha da geliştirdiler. Yüksek sıcaklığa ulaşan ve ısıyı demir göbekli ocaklardan daha uzun süre muhafaza eden porselen ocakların çok daha değerli olduğu buzlar altındaki İskandinavya da dahil, insanlar feldspat taşını buldukları her yerde kazıp çıkardılar. Avrupa'da filizlenen sanayiyi beslemek için Stockholm'den on iki mil uzaktaki Ytterby adasına 1780 yılında bir feldspat ocağı açıldı.

"İtterbi" olarak telaffuz edilen ve "dış köy" anlamına gelen Ytterby, suyun hemen üstünde uzanan kırmızı çatılı evleri, büyük beyaz kepenkleri ve geniş avlularında bulunan çok sayıda köknar ağacıyla tam bir İsveç kıyı köyüdür. İnsanlar takımadalar arasında feribotlarla seyahat eder. Sokaklar adlarını mineral ve elementlerden alır.

Adanın güneydoğu yakasındaki bir tepenin üzerinde bulunan maden ocağı porselen ve diğer amaçlar için hammadde sağlıyordu. Bilimciler için daha da ayartıcı olansa, kayaların işlendiğinde egzo-

tik pigmentler ve renkli sırlar üretmesiydi. Günümüzde canlı renklerin lantanitlerin ölü eşantiyonları olduğunu biliyoruz ve Ytterby'deki maden birkaç jeolojik nedenden ötürü lantanitler açısından alışılmadık düzeyde zengindi. Dünyadaki elementler bir zamanlar, sanki birisi mutfak rafındaki tüm baharatları bir kaseye döküp güzelce karıştırmışçasına, kabukta düzgünce karışmış haldeydi. Fakat metal atomları, özellikle de lantanitler, toplu halde hareket etme eğilimindedir ve eriyik dünya çalkalandıkça bir araya gelerek kümeler oluştururlar. Lantanit cepleri İsveç yakınlarında, daha doğrusu altında oluşmaya başladı. İskandinavya da bir fay hattına yakın olduğundan, uzak geçmişteki tektonik plaka hareketleri lantanit zengini kayaları yeraltının derinliklerinden yukarıya çıkardı. Bu süreç Bunsen'in çok sevdiği hidrotermal delikler yardımıyla oldu. Sonunda son Buz Devri sürecinde, devasa İskandinav buzulları yerin yüzeyini kazdı. Bu son jeolojik olay Ytterby yakınlarında madenciliği kolaylaştıracak şekilde lantanit zengini kayaları yüzeye çıkardı.

Ytterby'de madenciliği karlı hale getirmek için gerekli ekonomik koşullar ve bunu bilimsel açıdan değerli kılacak uygun jeolojik koşullar olsaydı bile, yine de doğru sosyal şartlara ihtiyaç duyulacaktı. İskandinavya, 1600'lerin sonlarında Viking zihniyetinden güç bela sıyrılmıştı. Bu yüzyılda üniversitelerinde bile Salem'i utandıracak kadar çok cadı ve büyücü avına çıkılıyordu. Fakat 1700'lerde İsveç politik olarak yarımadaları ele geçirdikten ve İsveç aydınlanması buraları kültürel yönden fethettikten sonra, İskandinavyalılar hep birlikte rasyonalizmi kucakladı. Az nüfusuna rağmen bölgenin her yerinden büyük bilimciler çıkmaya başladı. 1760'da doğan, akademisyen bir aileden gelen kimyacı Johan Gadolin de bunlara dahildi. (Gadolin'in babası hem fizik ve hem de teoloji alanında profesörlük almıştı; dedesi ise fizik profesörlüğü ve piskoposluk gibi apayrı iki memuriyete sahipti.)

Gadolin genç bir adamken, Josiah Wedgwood adlı bir porselen üreticisi ile ahbap olmuş, kil madenlerini gezdiği İngilte-

re de dahil, geniş bir Avrupa seyahatine çıkmıştı. Sonrasında, şimdi Finlandiya'da olan, Baltık Denizi'nin Stockholm'un karşısındaki kıyısına yerleşerek, jeokimyacı olarak isim yaptı. Amatör jeologlar fikrini almak üzere ona Ytterby'den garip taşlar getirmeye başladı, böylece Gadolin'in yayınları üzerinden bilim dünyası bu küçük ama dikkate değer ocağın adını işitmeye başladı.

On dört lantanitin tamamını cımbızlayacak kimyasal aletleri (veya kimyasal teorisi) olmamasına rağmen Gadolin, bunların kümelerini izole etmeyi başardı. Element avcılığını bir meşgale, hatta bir hobi haline getirdi. Daha iyi aletlere sahip kimyagerler Gadolin'in Ytterby kayaları üzerine çalışmalarını ziyarete geliyor, yeni elementleri bozuk para gibi ortaya çıkarıyorlardı. Gadolin beklenen bir elementi itriya diye adlandırarak yeni bir akım başlattı ve bulunan bütün elementlerin ortak menşeine saygıyla, kimyagerler Ytterby'yi periyodik tabloda ölümsüzleştirdi. Yedi elementin ismi bir insan, yer veya şeyden değil, Ytterby'den esinlendi. İterbiyum, itriyum, terbiyum ve erbiyum gibi... İsim verilmemiş diğer üç element içinse, harfleri neredeyse tükendiği için ("rbiyum" çok doğru gibi görünmüyor) Stockholm'den esinlenerek holmiyum, İskandinavya'nın efsanevi isminden esinlenerek tulyum ve Lecoq de Boisbaudran'ın ısrarıyla Gadolin'e ithafen gadolinyum benimsendi.

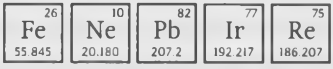
Sonuçta Ytterby'de keşfedilmiş yedi elementin altısı Mendeleyev'in kayıp lantanitleriydi. Aslında Mendeleyev batıya doğru, Finlandiya Körfezi ve Baltık Denizi boyunca periyodik tablonun bu Galápagos Adası'na doğru bir geziye çıkmış olsaydı tarih çok farklı gelişebilirdi. Mendeleyev tablosu üzerinde dinlenmeksizin çalışıp seryumdan sonraki alt kısmın tamamını kendisi doldurabilirdi.

II.
BÖLÜM

"ATOMLAR YAPARIZ, ATOMLAR PARÇALARIZ"

4

Atomlar Nereden Geliyor?: **"Hepimiz yıldız parçalarıyız"**



Elementler nereden geliyor? Yüzlerce yıldır bilimsel düşünceyi belirleyen ortak akıl, bunların hiçbir yerden gelmediğini söylüyordu. Evreni kimin ve neden yarattığı üzerine bir sürü metafiziksel tartışma vardı, ama ortak kanaat tüm elementlerin ömrünün evrenin ömrüyle çakıştığıydı. Ne yaratılmış ne de yok olmuştur, elementler hep vardır. Sonraki kuramlar, mesela 1930'daki büyük patlama teorisi bu anlayışı kılıfına yerleştirdi. Kuram on dört milyar yıl önce var olan bir iğne ucunun, evrendeki bütün maddeyi barındırdığını söylüyordu. Etrafımızdaki her şey bu zerrecikten çıkmış olmalıydı. Henüz kralların tacındaki elmas, konserve kutusu ya da alüminyum kadar şekillendirilmiş olmasa da hepsi aynı temelden geliyordu. (Bir biliminsanı büyük patlamanın bilinen tüm maddeyi var etmesinin on dakikayı bulmadığını söylemiş ve şöyle bir espri yapmıştır: "Bütün elementlerin hazırlanması sizin bir tabak patatesli ördek pişirmenizden daha kısa sürmüştür.") Bu da yine sağduyusal bir çıkarım: elementlerin istikrarlı bir uzay tarihi.

Bu teori sonraki yıllarda aşınmaya başladı. Alman ve ABD'li bilimciler 1939 yılında güneşin ve diğer yıldızların hidrojen füzyonuy-

la helyum oluşturarak kendilerini ısıttığını ortaya koydular.[14] Bu süreç atomların minnacık boyutlarıyla kıyaslandığında devasa boyutlarda bir enerji açığa çıkartır. Bazı biliminsanları, "Tamam, iyi hoş da hidrojen ve helyum kütlesi değişebilir, ama bu çok az miktarlardadır ve diğer elementlerin kütlesinin değiştiğine dair hiçbir kanıt yoktur," dediler. Ama teleskoplar gelişmeye devam ettikçe daha fazla bilinmeyenle karşılaşıldı. Teoriye göre, büyük patlama elementleri tüm yönlere düzgün şekilde saçmış olmalıydı. Ama veriler gösterdi ki, yaşlı yıldızlar onlarca çeşit elementi barındırırken, en genç yıldızlar sadece hidrojen ve helyum içeriyordu. Ayrıca yeryüzünde olmayan teknetyum gibi had safhada kararsız elementler, "özel kimyaları olan yıldız"ların belirli kategorilerinde *vardı*.[15] Bir şeyler bu elementleri her gün yeniden oluşturuyor olmalı.

1950'lerin ortalarında bir avuç zeki astronom yıldızların bizzat kendilerinin göksel birer ateş ve maden tanrısı, birer volkan olduğunu fark etti. Tek başlarına olmamakla birlikte, Geoffrey Burbridge, Margaret Burbridge, William Fowler ve Fred Hoyle, 1957 yılında yayınladıkları makaleyle yıldızsal nükleosentez teorisini açıklamakta en büyük rolü oynadılar. İşin erbapları tarafından B_2FH olarak bilinen bu makale, akademik bir yazı için garip kaçacak şekilde, insanlığın kaderinin yıldızlarca belirlendiğini dile getiren olağanüstü ve çelişkili iki Shakespeare alıntısıyla başlıyordu.[16] Bunun

14 - Yıldızlardaki füzyon döngüsünün açıklanmasında katkısı olan bilimcilerden Hans Bethe, bunun için kazandığı 500 dolarlık ödülle, Nazi yetkililere rüşvet vererek annesini, -ne tuhaftır ki mobilyalarıyla birlikte- Almanya'dan getirtmişti.

15 - Hoş ve küçük bir bilgi, ama doğru olmayabilir: Gökbilimciler bilinmeyen bir süreç sonucunda prometyum imal eden garip bir yıldız öbeği tanımladılar. En ünlüsü Przybylski yıldızı olarak adlandırıldı. Gerçekten tuhaf olan şey ise, yıldızların derinliklerinde gerçekleşen çoğu füzyon olayından farklı bir şekilde, prometyum yıldızın yüzeyinde üretilmiş olmalıdır. Aksi takdirde, yıldızın füzyon zengini çekirdeğinden daha dış katmanlarına doğru milyonlarca yıl boyunca emekleye emekleye ilerlemiş olması gerekir ki bunun için fazla radyoaktif ve kısa ömürlüdür.

16 - B_2FH makalesinin başındaki iki olağanüstü Shakespeare alıntısı şöyledir:
Yıldızlardır, / Üstümüzdeki yıldızlardır şu halimize hükmeden"
Kral Lear, 4. perde, 3. sahne
Hata yıldızlarda değil, sevgili Brutus, / Kendimizde
Julius Caesar, 1. perde, 2. sahne

gerçekten doğru olduğu üzerine de tartışmayı sürdürüyordu. Makale önce bir zamanlar evrenin azıcık helyum ve lityum da içeren ilksel bir hidrojen bulamacı olduğunu ileri sürer. Sonuçta hidrojen kümelenerek yıldızlara dönüşür ve yıldızların içinde aşırı kütleçekim basıncı hidrojeni füzyon yoluyla helyuma dönüştürür. Gökteki tüm yıldızları yakan da bu süreçtir. Ama kozmolojik olarak ne kadar önemli olsa da, bu süreç bilimsel açıdan biraz kabadır, ne de olsa yıldızlar milyarlarca yıldır hidrojen üretmektedirler. B_2FH sadece hidrojen tamamen yandığında şeylerin sarsılmaya başladığını ileri sürer ve esas katkısı da budur. Neredeyse evrenin başlangıcından beri hidrojen çiğneyip geviş getirerek hantal bir öküz gibi yerlerinde duran yıldızlar, bir simyacının hayalini kurmaya cüret bile edemeyeceği derinlikte bir değişim geçirirler.

Yüksek ısılara ulaşmaktan umudunu kesmiş hidrojen yoksunu yıldızlar çekirdeklerinde helyum yakmaya ve eritip kaynaştırmaya başlarlar. Bazen helyum atomları birbiriyle tamamen kaynaşır ve çift rakamlı elementleri oluştururlar, bazen de protonlar ve nötronlar tek rakamlı elementler oluşturmak için parçalara ayrılırlar. Hemen sonrasında kayda değer miktarlarda lityum, bor, berilyum ve özellikle karbon yıldızların içerisinde birikir; ama sadece içerisinde, çünkü daha soğuk dış katman yıldızın yaşam süresi boyunca hidrojen ağırlıklı kalır. Ne yazık ki yanan helyum hidrojenden daha az enerji açığa çıkartır, dolayısıyla yıldızlar helyumlarını çabucak, en fazla birkaç yüz milyon yılda tüketir. Hatta bu aşamada bazı küçük yıldızlar, arkalarında beyaz cüceler olarak bilinen donmuş karbon kütleleri bırakarak "ölür". Daha büyük yıldızlar, yani Güneş'ten sekiz kat daha büyük kütleye sahip olanlar ise mücadeleye devam ederler, karbonu magnezyuma varana dek altı elemente daha parçalarlar, bu da onlara birkaç yüz yıl daha kazandırır. Birkaçı daha yok olur, ama iç sıcaklığı beş milyar dereceye ulaşan en büyükler bu elementleri de yakar ve birkaç milyon yıl daha yaşarlar. B_2FH bu çeşitli füzyon tepkimelerinin izini sürer ve demire varana dek her şeyin

üretiminin tarifini verir. Elementlerin evriminden başka bir şey değildir bu. B_2FH'nin sonucunda, bugün gökbilimciler lityum ve demir arasındaki bütün elementleri gelişigüzel şekilde yıldız metalleri olarak bir grupta toplayabilmişlerdir. Eğer bir yıldızda demir bulmuşlarsa, ondan daha küçük şeyleri arama zahmetine bile katlanmazlar, çünkü demir varsa, periyodik tabloda onun bulunduğu yere kadar tüm elementlerin bulunduğunu güvenle varsayabilirsiniz.

Ortak düşünce demir atomlarının yakında daha büyük yıldızlar oluşturmak üzere eriyip kaynaşacağını ve sonuçta ortaya çıkan atomların periyodik tablonun derinliklerine doğru tüm elementleri oluşturacağını ileri sürer. Ama yine yanılır. Bu işin matematiğini yapıp her atomik birleşme başına ne kadar enerji üretildiğini incelerseniz, demirin yirmi altı protonuna herhangi bir şeyi kaynaştırmanın epey *pahalıya* patlayacağını bulursunuz. Demir füzyonu sonrasının[17] enerjiye aç bir yıldıza hiç iyi gelmeyeceği anlamına gelir bu. Demir, bir yıldızın doğal yaşamının son çanıdır.

Öyleyse yirmi yediden doksan ikiye, kobalttan uranyuma ağır elementler nereden geliyor? Ne gariptir ki B_2FH onların halihazırdaki mini-büyük patlamalardan doğduğunu söyler. Magnezyum ve silisyum gibi elementleri müsrifçe yakıp tükettikten sonra, Güneş'in yirmi katına ulaşmış aşırı dev yıldızlar bir günde yanıp kül olarak demir çekirdeklere dönüşürler. Ama yok olup gitmeden önce kıyamet kopar gibi bir ölüm tıkırtısı gelir. Yanıp biten yıldızlar, tıpkı sıcak bir gaz gibi, hacimlerini tam olarak korumak adına gerekli enerji birdenbire tükendiğinde, kendi dev kütleçekimlerinin etkisiyle birkaç saniyede binlerce mil küçülerek şiddetle içeriye doğru çökerler. Çekirdeklerinde protonları ve elektronları bile birbirleriyle çarpışıp ezilerek nötronlara dönüşür, ta ki sadece az miktarda nötron kalana kadar. Ardından çökmenin geri tepmesiyle bu kez

17 - Daha teknik konuşmak gerekirse, yıldızlar doğrudan demir oluşturmazlar. Önce on dördüncü element silisyumun iki atomunu birleştirerek yirmi sekiz numaralı element olan nikeli oluştururlar. Nikel kararsızdır ve büyük çoğunluğu birkaç ay içinde demire bozunur.

dışarı patlarlar. Patlama derken, gerçekten bir *patlamayı* kastediyorum. Bir süpernova bir ay boyunca milyonlarca mil uzanır ve bir milyar yıldızdan daha parlaktır. Bu süpernova sırasında, momentumu çok yüksek, telaffuz edemeyeceğiniz kadar fazla sayıda parçacık, saniyede çok defa çarpışırlar ve normal enerji bariyerlerini aşıp demir oluşturmak üzere kaynaşırlar. Sonunda çok sayıda demir çekirdeği nötronlarla kaplanır. Bu nötronların bazılarının gerisin geriye protonlara ve nötronlara ayrışmasıyla yeni elementler ortaya çıkar. Element ve izotopun her normal bileşimi bu parçacık fırtınasından dışarı kusulur.

Sadece bizim galaksimizde bile, bu reenkarnasyon ve tufanımsı ölüm döngüsünden yüz milyonlarca süpernova geçip gitmiştir. Aynı şekilde kendi güneş sistemimiz de böylesi bir patlamada oluşmuştur. Yaklaşık 4,6 milyar yıl önce bir süpernova, en az iki eski yıldızın kalıntıları olan aşağı yukarı on beş milyar mil genişliğinde yassı bir uzay tozu bulutu boyunca sonik bir patlama oluşturdu. Toz parçacıkları süpernovadan gelen köpükle karıştı ve tüm kütle, bombardımana tutulmuş büyük bir gölün yüzeyi gibi, havuzlar ve anaforlar yaratarak girdap gibi dönmeye başladı. Bulutun yüksek yoğunluklu merkezi fokur fokur kaynayarak eski yıldızların kalıntılarından oluşmuş Güneş'e dönüştü. Gezegensel yapılar bir araya toplanıp kümelendi. Güneşten dışa atılanların oluşturduğu akıntı, bir yıldız rüzgarına neden olup daha hafif elementleri dışarıya, kenarlara doğru uçurunca, en etkileyici gezegenler olan gaz devleri oluştu. Bu devler arasında en gazlı olanı Jüpiter'dir. Jüpiter pek çok nedenden ötürü elementler için fantezi dünyasıdır, burada dünyada asla hayal edemeyecekleri formlarda var olabilirler.

Eski çağlardan beri parlak Venüs, halkalı Satürn ve Marslılarla dolu Mars insanın hayal gücünü çalıştırdı. Göksel kütleler elementleri isimlendirmekte de iyi birer kaynak oldu. Uranüs, 1781 yılında keşfedilmişti ve bilim camiası o kadar heyecanlanmıştı ki, sıfır gram element barındırıyor olduğu gerçeğine rağmen, 1789 yılında

uranyum, Uranüs'ten esinlenerek adlandırıldı. Neptünyum ve plütonyum da aynı şekilde doğdu. Ama son yıllarda bütün gezegenlerin arasında en olağanüstü koşuyu yapan Jüpiter oldu. 1994 yılında Shoemaker-Levy 9 adlı kuyruklu yıldız Jüpiter'le çarpıştı. İnsanlar ilk kez galaksiler arası bir çarpışmaya tanık oldu. Kimse hayal kırıklığına uğramadı, tam yirmi bir kuyruklu yıldız kırıntısı eve isabet etti ve iki bin mil yüksekliğe sıçrayan ateş topları meydana geldi. Bu heyecanlı olay herkesi canlandırdı ve NASA'dan bilimciler çok geçmeden canlı yayınlanan Sorun Cevaplayalım programlarında bazı ürkütücü soruları savuşturmakta güçlük çekmeye başladılar. Adamın biri Jüpiter'in çekirdeğinin dünyadan daha büyük bir elmas olup olmadığını sordu. Bir başkası Jüpiter'in büyük kırmızı lekesinin "ne zamandır duyduğu hiper-boyutlu fizikle", yani zaman yolculuğunu mümkün kılabilecek fizikle nasıl bir ilgisi olduğunu sordu. Shoemaker-Levy'den birkaç yıl sonra, Jüpiter'in kütleçekimi muhteşem Hale-Bopp kuyruklu yıldızının yolunu dünyaya çevirdiğinde, San Diego'da siyah Nike ayakkabılar giymiş otuz dokuz tarikatçı intihara kalkıştı. Jüpiter'in kuyruklu yıldızı ilahi amaçla saptırdığına ve yıldızın arkasında onları yüksek ruhsal aleme ışınlayacak bir UFO'nun gizlendiğine inanıyorlardı.

Ne yazık ki bu garip inançlara açıklama getirmek mümkün değil. (Bütün güvenilirliğine rağmen, B_2FH ekibinden Fred Hoyle, BBC radyodaki bir programında bu fikirleri küçümsemek adına söylediği alaycı sözlere bakılırsa, ne evrime ne de büyük patlamaya inanıyordu.) Ama önceki paragraftaki elmas sorusunun en azından gerçekten bir temeli vardı. Bir zamanlar birkaç biliminsanı Jüpiter'in muazzam kütlesinin bu tür bir dev mücevher üretebileceğini ciddi ciddi tartışmış, belki de gizlice ümit etmişti. Bazıları hâlâ sıvı elmasların ve Cadillac büyüklüğünde katı elmasların mümkün olduğu umudunu koruyor. Eğer gerçekten egzotik maddeler arıyorsanız, gökbilimciler Jüpiter'in değişken manyetik alanının ancak kara, sıvı "metalik hidrojen" okyanuslarıyla açıklanabileceğine inanıyorlar. Bili-

minsanları metalik hidrojeni dünyada sadece birkaç nanosaniye boyunca, o da üretebildikleri en kapsamlı olağandışı koşullarda görebildiler. Yine de pek çoğu, Jüpiter'de yirmi yedi bin mil kalınlığında metalik hidrojen barajlarının varlığına ikna oldular.

Jüpiter'de ve daha sınırlı ölçüde Satürn'de, elementlerin böyle tuhaf yaşantılarının olmasının nedeni, Jüpiter'in iki arada bir derede kalmasıdır. Büyük olmasına rağmen, sönmüş bir yıldız kadar büyük bir gezegen değildir. Jüpiter oluşumu sırasında on kat daha fazla madde döküntüsü yutmuş olsaydı, bazı atomları eritip kaynaştırmaya ancak yetecek kadar kaba kütleye sahip olan ve düşük parlaklıkta kahverengimsi bir ışık saçan kahverengi bir cüce olmaya terfi edebilirdi.[18] Güneş sistemimiz iki yıldızı olan bir ikili sistem olabilirdi. (Az sonra göreceğimiz gibi bu hiç de çılgınca bir fikir değil.) Bunun yerine Jüpiter füzyon için gerekli eşiğin altında soğuduysa da, atomları tıkış tıkış sıkıştırmaya yetecek kadar ısı, kütle ve basınca sahip olmaya devam etti. Atomlar Jüpiter'in bu koşullarında dünyada bildiğimizden farklı davranırlar; kimyasal ve nükleer tepkimeler arasında, gezegen büyüklüğünde elmasların ve yağlı hidrojen metalinin akla yakın göründüğü ihtimallerin arafında kalırlar.

Jüpiter'in yüzeyinde de hava koşulları elementlerle benzer oyunlar oynar. Yüz yıllardır süren şiddetli fırtınaların ardından hâlâ dağılmamış, dünyadan üç kat büyük dev bir kasırgaya, yani büyük kırmızı göze ev sahipliği yapan bir gezegende bu hiç de şaşırtıcı değildir. Jüpiter'in derinliklerindeki hava durumu daha da olağanüstüdür. Yıldız rüzgarı sadece en hafif ve en yaygın elementleri Jüpiter'e ulaşabilecek kadar uzağa sürükleyebildiğinden, gerçek yıldızlarla aynı temel elementsel bileşime sahip olmalı, yani yüzde 90 hidrojen, yüzde 10 helyum ve neon dahil başka elementlerden tahmin edile-

18- Eğer şimdiki kütlesinin on üç katı bir kütleye sahip olsaydı, Jüpiter, füzyonu döteryumla (bir protona ve bir nötrona sahip "ağır" hidrojen) tetikleyebilirdi. Döteryumun nadirliği düşünüldüğünde (her 6.500 hidrojen molekülüne karşı 1 tane) bu oldukça zayıf bir yıldız olurdu ama yine de adamdan sayılırdı. Muntazam bir hidrojen füzyonunu tetiklemek için ise Jüpiter şimdiki kütlesinin yetmiş beş katı olmalıdır.

bilir küçük kalıntılar. Ama en son uydu incelemeleri, helyumun bir çeyreğinin ve neonun yüzde 90'ının dış atmosferden kaçtığını belgeledi. Rastlantısal olmayan şekilde, daha aşağılarda, derinlerde bu elementlerin bolluğu söz konusudur. Belli ki bir şey, helyum ile neonu bir lekeden ötekine pompalamıştı ve çok geçmeden biliminsanları bir hava durumu haritasının onlara bunun ne olduğunu söyleyebileceğini fark ettiler.

Gerçek bir yıldızda, çekirdekteki bütün mini nükleer patlamalar kütleçekiminin içeriye uyguladığı daimi çekime karşı bir denge kuvveti oluşturur. Jüpiter'de bir nükleer ocak olmadığından, daha ağır olan helyum ve neonu gaz halindeki katmanlardan içeriye düşmekten alıkoyacak çok az şey vardır. Jüpiter'in içeriye doğru yolunun bir çeyreğinde, bu gazlar sıvı metalik hidrojen katmanına yanaşırlar ve orada yoğun atmosferik basınç çözünmüş gaz atomlarını birbirine çarptırıp sıvıya dönüştürür. Sonra da hızla çökelirler.

Bugüne kadar hepiniz neon lambası dediğimiz, cam tüplerde parlak ışıklar saçarak yanan helyum ve neonu görmüş olmalısınız. Jüpiter'in üstünde hava dalışının sürtünmesi, bu elementlerin yağan damlacıklarını aynı şekilde uyaracak, birer meteor gibi hareket geçirecektir. Öyleyse yeterince büyük damlalar, yeterince hızlanır ve yeterince uzağa düşerlerse, Jüpiter'in içerisindeki metalik hidrojen katmanının tam kıyısında batmadan duran biri, belki ama sadece belki, gezegenin bej ve portakal rengi göklerine baktığında, gelmiş geçmiş en muhteşem ışık gösterisini, biliminsanlarının neon yağmuru dediği, parlak kızıl renkte trilyonlarca ışının havai fişekler gibi aydınlattığı bir Jüpiter gecesini seyredebilir.

* * *

Güneş sistemimizin karasal gezegenlerinin (Merkür, Venüs, Dünya ve Mars) tarihi farklı, dramaları daha inceliklidir. Güneş sistemi bir araya gelip kaynaşmaya başladığında, önce bir milyon yıl gibi

kısa bir sürede gaz devleri oluştu. Ağır elementler ise merkezi kabaca dünyanın yörüngesinde olan bir göksel kuşakta toplandı ve milyonlarca yıl sessizce bekledi. Dünya ve komşuları nihayet eriyik halde birer küreye dönüştüğünde, bu elementler onların içinde az çok düzenli şekilde karışmıştı. William Blake'in *izniyle*, bir avuç toprağı avuçlayıp kaldırdığınızda, bütün bir evreni, bütün periyodik tabloyu avucunuzda tutuyor olurdunuz. Ancak elementler çalkalanıp etrafta yayıldıkça, atomlar ikizleriyle ve kimyasal kuzenleriyle etiketlenmeye başladı ve aşağı yukarı milyarlarca gidip gelmeden sonra, her elementten sağlıklı boyutlarda bir birikim oluştu. Yoğun demir her gezegenin içerisinde çekirdeğe doğru battı. (Jüpiter'den geri kalmamak adına, Merkür'ün sıvı çekirdeği bazen, şekilleri bizim gezegenimizdeki su temelli altıgenlere benzemeyen, mikroskobik küpler gibi demir "kar taneleri" açığa çıkarır.[19]) Dünya uranyum, alüminyum ve başka elementlerden dev kütleler barındıran bir yere dönüşebilecekken, başka bir şeye dönüştü ve gezegen çalkalanmayı zorlaştıracak kadar soğuyup katılaştı. Böylece bugün hiçbir ülkenin kaynağını tümüyle tekelinde tutamayacağı şekilde (elbette bunun birkaç istisnası bulunuyor), birbirine uzak yerlere saçılmış kümeler halinde elementlerle baş başa kaldık.

Diğer yıldızların etrafındaki gezegenlerle kıyaslandığında, sistemimizin dört karasal gezegeni her element türünün farklı bolluğunu barındırır. Birçok güneş sistemi muhtemelen bir süpernovadan doğmuştur ve her sistemde elementlerin tam oranları, elementleri eritip kaynaştırmak üzere önceden var olan süpernova enerjisine ve dışarı saçılanlarla katışmak için neyin –örneğin uzay tozu- mevcut olduğuna bağlıdır. Sonuç olarak her güneş sistemi eşsiz bir element imzasına sahiptir. Lisedeki kimya derslerinden, periyodik tablodaki her elementin altında, atom ağırlığını gösteren bir rakam gördüğü-

19- Ve Mars da, Jüpiter'le Merkür'ün hava koşulları karşısında altta kalmamak için, bazen hidrojen peroksit "kar"ı yağdırır.

nüzü hatırlıyor olabilirsiniz. Protonların sayısıyla nötronların sayısının toplamı olan bu sayı, örneğin karbon için 12,011 birimdir. Gerçekte bu sadece bir ortalama sayıdır. Karbon atomlarının büyük çoğunluğu tam olarak 12 birim çeker ve hesaba eklenen şu 0,011 etrafa dağılmış 13 ya da 14 birim ağırlığındaki karbonlar içindir. Ama başka bir galakside, karbonun ortalaması hafifçe yukarı ya da aşağı sapabilir. Üstelik süpernovalar patlamadan hemen sonra bozunmaya başlayan pek çok radyoaktif element üretir. İki sistem birlikte doğmamışsa, ikisindeki radyoaktif elementlerin radyoaktif olmayanlara oranının aynı olması pek mümkün değildir.

Güneş sistemlerinin arasındaki değişkenlik ve bu sistemlerin oluşumlarının akıl almaz zamanlar öncesinde gerçekleştiği göz önüne alınırsa, aklı başında insanlar nasıl olup da biliminsanlarının dünyanın nasıl oluştuğuyla ilgili en bulanık fikre sahip olduğunu sorabilirler. Temelde biliminsanları yerkabuğundaki yaygın ve nadir elementlerin miktarını ve dağılımını incelemiş ve bulundukları yere nasıl gelebildiklerine dair bir sonuca ulaşmışlardır. Örneğin 1950'lerde Chicago'da bir yüksek lisans öğrencisinin yaptığı, çılgınca titiz bir dizi deneyin sonucunda kurşun ve uranyum gibi yaygın elementler gezegenin doğum tarihini belirledi.

En ağır elementler radyoaktiftir ve uranyum başta olmak üzere neredeyse hepsi durağan kurşuna parçalanır. Clair Patterson meslek hayatına Manhattan Projesi'nden sonra başladığından, uranyumun parçalandığı tam oranı biliyordu. Ayrıca yeryüzünde üç çeşit kurşun bulunduğundan da haberdardı. Her tür, ya da izotop, farklı bir atom ağırlığına sahiptir: 204, 206 ve 207. Süpernova doğumumuzdan bu yana üç çeşit kurşundan da biraz bulunur, fakat bazıları taze uranyum tarafından üretilmiştir. Ancak uranyum sadece iki türe, 206 ve 207'ye parçalanır. Hiçbir element ona parçalanmadığından 204 miktarı sabittir.

Anafikir şudur: 206 ve 207'nin sabit 204 izotopuna oranı öngörülebilir derecede artmıştır, çünkü uranyum bu ikisinden yapmaya

devam eder. Eğer Patterson şimdiki oranının başlangıçtakinden ne kadar yüksek olduğunu hesaplayabilirse, uranyumun bozunma oranını kullanarak sıfır yılına geri gidebilirdi.

Ne yazık ki kimse başlangıçtaki kurşun oranlarını kaydetmediğinden, Patterson geriye doğru gitmeye nerede son vereceğini bilmiyordu. Ama sorunun etrafından dolanabileceği farklı bir yol buldu. Dünyanın etrafındaki bütün uzay tozları katılaşıp gezegenlere dönüşmemişti elbette. Göktaşları, asteroitler ve kuyruklu yıldızlar aynı tozdan oluştuklarından ve o zamandan beri dondurucu uzayda dolanıp durduklarından, bu nesneler ilksel dünyanın muhafaza edilmiş kütleleriydi. Dahası yıldızsal nükleosentez piramidinin en tepesinde oturduğu için demir, evrende fazlasıyla bulunur. Meteorlar katı demirdir. İyi haber demir ve uranyumun kimyasal olarak katışmaması, ama demir ve kurşunun katışmasıdır. Böylece meteorlar dünyanın başlangıcındaki aynı kurşun oranının aynısını içerir, çünkü ortada yeni kurşun atomlarına eklenecek uranyum yoktur. Patterson heyecan içinde Arizona'daki Diablo Kanyonu'ndan meteor parçacıkları topladı ve çalışmaya koyuldu. Onu raydan çıkaran, daha büyük ve yaygın olan sanayileşme problemiydi. İnsanlar eski zamanlardan beri su borusu gibi projelerde yumuşak, bükülebilir kurşun kullanmıştı. Kurşunun periyodik tablodaki sembolü Pb, tesisatçı anlamındaki Latince sözcükten türemiştir. On dokuzuncu yüzyılın sonunda ve yirminci yüzyılın başlarında, kurşunlu boya ile kurşunlu detonasyon kesici benzinin geliştirilmesinden bu yana ortamdaki kurşun düzeyi karbondioksit düzeyindeki artış gibi yükseldiğinden, Patterson'un ilk meteor analizleri sonuç vermedi. El değmemiş uzay kayalarından insan ürünü kurşunu buharlaştırıp ayırmak için, aletlerini konsantre sülfürik asit içinde kaynatmak gibi, çok daha zorlu ölçümler tasarlamak durumunda kaldı. Daha sonra bir röportajda dile getirdiği gibi, "Benimki gibi aşırı temiz bir laboratuvarda, saçınızdan bulaşan bir parça kurşun bile bütün laboratuvarı mahvedebilir".

Bu titizlik kısa süre sonra saplantıya dönüştü. Pazar günleri mizah dergisi okurken, Patterson *Peanuts*'ın toz ve çamur içindeki karakteri Pig-Pen'i insanın bir metaforu olarak görmeye başladı. Pig-Pen'i çevreleyen daimi toz bulutu bizim havada uçuşan kurşunumuzdu. Ama Patterson'un kurşun saplantısı iki önemli sonuca yol açtı. Birincisi, laboratuvarını yeterince temizlediğinde, dünyanın yaşı için en iyi tahmin olan 4,55 milyar yıl rakamını ortaya attı. İkincisi, kurşun kirlenmesinde duyduğu dehşet onu bir aktivist haline getirdi ve gelecekteki çocukların asla kurşunla boyanmış cipsleri yemeyecek olmasında ve benzin istasyonlarında pompaların üzerine "kurşunsuz" ibaresinin yazılmasında en büyük rolü o oynadı. Patterson'un savaşı sayesinde artık hepimiz kurşunlu boyaların yasaklanması gerektiği ve arabaların soluyacağımız ve saçlarımıza bulaşacak kurşunu buharlaştırmaması gerektiği konusunda hemfikiriz.

Patterson dünyanın yaşını saptamış olabilir, ama dünyanın ne zaman oluştuğunu bilmek yetmez. Venüs, Merkür ve Mars aynı anda oluştuğu halde, yüzeysel detaylar dışında dünyaya pek benzemezler. Tarihimizin ince detaylarını birleştirmek için, biliminsanları periyodik tablonun bazı karanlık koridorlarını keşfetmek zorundaydı.

1977 yılında, Luis ve Walter Alvarez isimli baba ve oğuldan oluşan bir fizikçi jeolog ekibi İtalya'da dinozorların soyunun tükendiği çağlardan kalma kireçtaşı birikintileri üzerine çalışıyordu. Kireçtaşı katmanları tekdüze görünse de, ince, anlaşılmaz bir kırmızı kil katmanı, neslin tükendiği altmış beş milyon yıl öncesine ait birikintilerin üzerine serpilmiş gibiydi. Garip bir şekilde, bu kil normal seviyenin altı yüz katı iridyum elementi içeriyordu. İridyum bir sideröfildir, yani demir seven bir elementtir ve sonuç olarak büyük kısmı yerkürenin eriyik haldeki demir çekirdeğine bağlanmıştır. İridyumun tek yaygın kaynağı demir zengini meteorlar, asteroitler ve kuyruklu yıldızlardır. Bu durum Alvarezleri düşünmeye sevk etti.

Ay gibi kütleler eski bombardımanlardan kalan krater izleri taşır ve dünyanın bu bombardımanlardan kaçabildiğini düşünmek için hiçbir sebep yok. Büyük bir şehir boyutlarında bir şey altmış beş milyon yıl önce dünyaya çarpmışsa, bütün dünyayı iridyum zengini bir toz katmanına bulamış olabilir. Aynı bulut güneşi gizlemiş ve bitki yaşamını bastırmışsa, bu da neden sadece dinozorların değil, bütün türlerin yüzde 75'inin ve yaşayan tüm canlıların yüzde 95'inin o zamanlar yok olup gittiğine dair makul bir açıklama sunabilir. Bazı bilimcileri ikna etmek çok çaba gerektirdi, ama Alvarezler kısa sürede iridyum katmanının tüm dünyaya yayıldığını belirlediler ve toz birikintisinin yakın bir süpernovadan gelmiş olabileceği şeklindeki alternatif ihtimali hükümsüz kıldılar. Bir petrol şirketi için çalışan bazı jeologlar, Meksika'da Yucatán yarımadasında yüz milden daha büyük çapta, on iki mil derinliğinde ve altmış beş milyon yıl öncesine ait bir krater keşfettiklerinde, asteroit kaynaklı iridyum yüzünden soyun tükenmesi teorisi kanıtlanmış göründü.

Ama hâlâ küçük bir şüphe, insanların bilimsel bilincini rahatsız eden küçük bir tereddüt vardı. Belki asteroit gökyüzünü karartmış, asit yağmuruna ve dev tsunamilere yol açmıştı, fakat bu durumda dünya en fazla on yirmi yılda durulup sakinleşmeliydi. Sorun, fosil kayıtlarına göre dinozorların yüz binlerce yıl içinde ölmüş olmasıydı. Bugün pek çok jeolog, tesadüfi bir şekilde Yucatán'daki çarpmanın öncesinde ve sonrasında Hindistan'daki büyük volkanlarda yaşanan patlamaların dinozorların ölümüne yol açtığına inanıyor. Böylece 1984 yılında bazı paleontologlar dinozorların neslinin tükenmesinin daha büyük bir örüntünün parçası olduğunu tartışmaya başladı. Yaklaşık her yirmi altı milyon yılda bir, dünyada kitlesel olarak nesillerin tükendiği saptanmıştı. Dinozorların vadesinin dolduğu bir anda bir asteroitin düşmesi sadece bir tesadüf olabilir miydi?

Jeologlar toprağı kazıp başka iridyum zengini ince katmanları da ortaya çıkarmaya başladılar. Bunlar jeolojik olarak diğer nesillerin tükenmeleriyle çakışıyor gibi görünüyordu. Bazıları Alvarez-

lerin yolundan giderek, dünya tarihindeki bütün büyük yok oluşlara asteroitler ya da kuyruklu yıldızların neden olduğu sonucuna vardı. Baba Luiz Alvarez bu fikri pek de güvenilir bulmuyordu, çünkü kimse teorinin en önemli ve inanılması en güç kısmına, yani bu tutarlılığın nedenine dair bir açıklama getiremiyordu. Alvarez'in görüşlerini tersine çeviren bir başka ne olduğu belirsiz element renyumdu.

Alvarez'in meslektaşı Richard Muller'in *Nemesis* adlı kitabında anlattığı üzere, 1980'lerde bir gün Alvarez, hakemlik incelemesi yaptığı periyodik nesil tükenmeleri üzerine spekülatif ve "saçma" bir makaleyi elinde sallayarak, aceleyle Muller'in ofisine girer. Alvarez zaten sinirden köpürmüş vaziyettedir, ama Muller onu daha da kışkırtmaya karar verir. İkisi kedi köpek gibi didişmeye başlar. Meselenin özü Muller'in özetlediği kadarıyla şöyledir: "Evrenin enginliğinde, dünya bile küçücük bir hedeftir. Güneşin yakınlarından geçen bir asteroidin gezegenimize çarpma olasılığı milyarda birden biraz fazladır. Gerçekleşen çarpışmalar rastgele dağılmış olmalıdır, zaman içinde düzenli aralıklarla değil. Onları düzenli bir programa göre çarptıran ne olabilir?"

Elinde hiçbir ipucu olmasa da, Muller bir şeylerin bu periyodik bombardımanlara neden olabileceği *ihtimalini* savundu. Sonuçta Alvarez varsayımlardan gına gelmiş halde, Muller'i bu şeylerin ne olabileceğini öğrenmek üzere göreve çağırdı. Muller, "hazırlıksız dahinin adrenalinle yüklü anı" olarak tanımladığı bir ruh haliyle, belki de güneşin etrafında gezinen bir eşlikçi yıldızın bulunduğunu, dünyanın bunun etrafında fark edemeyeceğimiz kadar yavaş döndüğünü ve, ve, ve bize yaklaştıkça yıldızın kütleçekiminin asteroitleri dünyaya doğru hızla ve birdenbire çektiğini söyleyiverdi. *Al sana!*

Muller daha sonra Nemesis[20] (eski Yunan'da intikam tanrıça-

20 - Tanrıça Nemesis kibirliliği cezalandırmıştı. Tanrılardan daha güçlü olma tehdidi yaratanları devirerek, hiçbir dünyevi yaratığın çok fazla gururlanmamasını sağlıyordu. Güneşin eşlikçi yıldızıyla kurulan analoji ise, eğer dünyevi yaratıklar, -mesela dinozorlar- gerçek zekaya doğru evrimleşmişlerse, harekete geçmeden önce Nemesis onları silip atıyordu.

sı) diye adlandırdığı bu refakatçi yıldızdan sadece yarı ciddi şekilde bahsetmiş olabilir. Yine de bu fikir karşısında Alvarez kalakaldı, çünkü bu renyumla ilgili umut veren ama yanıt vermeyen detayları açıklıyordu. Bütün güneş sistemlerinin bir imzaya, eşsiz bir izotop oranına sahip olduğunu unutmayın. Renyum izleri iridyum kili katmanlarına karışmış halde bulunmuştu ve renyumun, biri radyoaktif diğeri değil, iki türünün oranına dayanarak, Alvarez iddia edilen asteroidin bizim kendi güneş sistemimizden gelmesi gerektiğini biliyordu, çünkü oran dünyadakiyle aynıydı. Eğer Nemesis her yirmi altı milyon yılda bir bize doğru salınıyor ve uzay kayalarını fırlatıyorsa, bu kayalar da aynı renyum oranlarına sahip olmalıydı. Üstelik Nemesis dinozorların neden ağır ağır öldüğünü de açıklayabiliyordu. Meksika krateri, Nemesis'in yakınlarda olduğu binlerce yıl boyunca süren bir bombardımanın sadece en büyük darbeyi alan yeri olabilirdi. Korkunç sürüngenlerin çağını bitiren tek bir büyük yara değil, binlerce ya da milyonlarca sıyrık olabilirdi. Muller'in ofisindeki o gün, Alvarez'in çabuk parlayıp sönen öfkesi, periyodik asteroitlerin en azından ihtimal dahilinde olduğunu fark eder etmez dindi. Memnun bir ifadeyle Muller'i yalnız bıraktı. Ama Muller bu şans eseri keşfedilen düşüncenin peşini bırakmadı ve kafasında iyice tarttıkça daha da ikna olmaya başladı. Nemesis neden var olmasındı ki? Başka gökbilimcilerle de konuşmaya ve Nemesis hakkında makaleler yayınlamaya başladı. Kanıtları bir araya topladı ve kitabını yazdı. 1980'lerin ortalarındaki birkaç görkemli yıl boyunca, Jüpiter kendisini bir yıldız gibi tutuşturacak yeterli kütleye sahip olamadığı halde, güneşin göksel bir refakatçiye sahip olabileceği düşünüldü.

Ne yazık ki Nemesis'in eli tesadüfi ve koşullara bağlı olmayan kanıtlardan yana güçlü değildi ve bir süre sonra yetersiz kaldı. Eğer orijinal tek darbe teorisi eleştirilerin ateşi altındaysa, Nemesis teorisi İç Savaş'taki kırmızı ceketliler gibi yaylım ateşine tutuldu. Nemesis en uzak noktasında olsa bile, binlerce yıldır gökyüzünü tarayan gökbilimciler tarafından keşfedilmemesi akla yatkın gelmiyordu. Özellik-

le de bilinen en yakın yıldız Alpha Centauri dört ışık yılı uzaktayken, Nemesis'in misillemesini yapabilmesi için yarım ışık yılından daha uzak olmaması gerekiyordu. Bunu reddedenler ve hâlâ Nemesis için kozmik posta kodu arayanlar olsa da, Nemesis'in keşfedilmediği her yıl, ihtimaller de yok oluyor.

Yine de insanları düşünmeye sevk etmenin gücünü küçümsemeyin. Düzenli görünen nesil tükenmeleri, darbeyi gösteren iridyum ve güneş sistemimizden fırlamış maddelere işaret eden renyum gibi üç olgunun varlığı göz önünde tutulursa, esas mekanizma Nemesis değilse de, biliminsanları doğru yol üzerinde olduklarını hissediyorlar. Yıkıma yol açan diğer döngülerin peşine düştüler ve çok geçmeden güneşin hareketinde aradıkları adayı buldular.

Pek çok kimse Kopernik devriminin güneşi uzay zamanda sabit bir noktaya diktiğini sanır, ama gerçekte güneş bizim spiral galaksimizin dalgaları boyunca sürüklenirken atlıkarınca gibi iner kalkar.[21] Bazı bilimciler bu iniş çıkışın onu güneş sistemimizi çevreleyen, kuyruklu yıldızların ve uzay molozlarının oluşturduğu serseri mayın gibi gezinen dev bir bulut olan Oort'un çekimine girecek kadar yaklaştırdığını düşünür. Oort bulutunun nesnelerinin tümü bizim süpernova doğumumuzdan kaynaklanır ve güneşin yirmi küsur yılda bir, bir tepe noktasına yükselip bir dibe indiği her zaman, küçük düşmanca kütleleri etkileyip onları dünyaya fırlatabilir. Bunların çoğu güneşin (ya da Shoemaker-Levy'yi üstüne çekişinde olduğu gibi Jüpiter'in) kütleçekimiyle yön değiştirir, ama dünyayı bombardımana tutmaya yetecek kadarı da kayar gelir. Bu teori henüz kanıtlanmış değil, ama doğruysa, evrende koşturan uzun ve ölümcül bir atlıkarıncanın üzerinde olduğumuz anlamına gelir. En azından iridyum ve renyuma, belki de çok yakında sıvışmamız gerektiğini bildirdiği için teşekkür etmeliyiz.

---

21 - İronik olarak güneşin tüm hareketi uzaktan izlendiğinde, eski tekerlek içinde tekerleklere veya antik gökbilimcilerin Kopernik öncesi dünya merkezli evrenlerini açıklamakta kullandıkları episikllara benzer. Sadece dünya artık merkezde değildir.

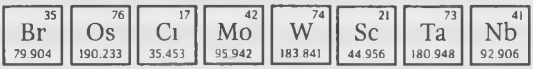
Bir anlamda periyodik tablo elementlerin uzay tarihi üzerine yapılan çalışmalarla yakından ilgilidir. Gaz devi gezegenler gibi, bütün yıldızlar da hidrojen ve helyum dışında neredeyse hiçbir şey içermez. Ama kozmolojik olarak ne kadar önemli olursa olsun, hidrojen helyum döngüsü hayal gücünü ateşleyemez. Süpernova patlamaları ve karbonifer yaşam gibi varoluşun en ilginç detaylarını açığa çıkarmak için, periyodik tabloya ihtiyaç duyarız. Felsefeci-tarihçi Eric Scerri şöyle yazar: "Hidrojen ve helyum dışındaki tüm elementler evrenin sadece yüzde 0,04'ünü oluşturur. Bu perspektifle bakıldığında, periyodik sistem önemsiz görünebilir. Ama bizim elementlerin göreli miktarlarının çok farklı olduğu dünya üzerinde yaşadığımız gerçeği ortada durmaktadır."

Son dönem astrofizikçilerinden Carl Sagan bunu daha şiirsel bir üslupla söylemişti. B_2FH'de tanılanan karbon, oksijen ve nitrojen gibi elementleri biçimlendiren nükleer ocaklar ve dünya gibi konuksever yerleri yaratacak süpernova patlamaları olmadan, yaşam asla oluşamazdı. Sagan'ın sevecen bir şekilde söylediği gibi, "Hepimiz yıldız parçalarıyız".

Ne yazık ki uzay tarihinin acı bir gerçeği, Sagan'ın "yıldız parçaları"nın gezegenimizin her köşesini eşit olarak onurlandırmamış olmasıdır. Süpernovaların elementleri tüm yönlere patlatmasına ve eriyik dünyamızın çalkalanarak elinden gelenin en iyisini yapmasına rağmen, bazı topraklarda nadir mineraller daha yüksek yoğunluğa sahiptir. Bazen İsveç'teki Ytterby gibi yerler bilimsel dehaya ilham verir. Çoğu zaman da hırsı ve açgözlülüğü canlandırır, özellikle bu bilinmeyen elementler ticarette, savaşta ya da en kötüsü ikisinde birden kullanım alanı bulur.

5

Savaş Zamanlarının Elementleri



Kimyasal savaşın izlerini, modern toplumun diğer temel unsurlarından demokrasi, felsefe, tiyatroda da olduğu gibi, antik Yunan'a dek takip edebiliriz. MÖ 400'lerde Atina'yı kuşatma altına alan Sparta, inatçı düşmanına boyun eğdirmek için onu gaza boğmaya karar vermiş ve çağının en ileri kimyasal teknolojisini –dumanı– kullanmıştı. Dudakları kenetlenmiş Spartalılar, çıt çıkarmadan ellerinde zararlı odun demetleri, katran ve pis kokulu kükürtle birlikte Atina'ya kadar sürünerek ilerlemiş ve bunları ateşe verip Atinalıların aksırıp tıksırarak evlerini savunmasız bırakıp kaçmalarını beklemişti. En az Truva atı kadar parlak bir buluş olmasına karşın, plan işe yaramamıştı. Atina üzerinde dalgalar halinde kabaran dumana direnen şehir ayakta kalarak savaşı kazanmıştı.

Bu başarısızlık hayırlı oldu. Kimyasal savaş o tarihten sonra pek gelişmedi, en azından gelecek 2400 yıl boyunca saldırganların üzerine kızgın yağ dökmek gibi ikinci dereceden bir taktik olarak kaldı. Birinci Dünya Savaşı'na kadar gazın stratejik değeri pek yoktu. Ülkeler bu tehdidin farkında değillerdi. Bilimsel olarak gelişmiş ülkelerin tümü, bir istisna dışında, 1889 yılındaki Hague Toplantısı'nın kimyasal silahların savaşta yasaklanması kararını imzalamıştı. Anlaşmayı reddeden ABD'nin tezine göre, bütün ülkeler on sekizlik

gençleri makineli tüfeklerle biçmekten, savaş gemilerini torpidolarla batırıp denizcilerin karanlık denizlere gömülmesini izlemekten bu kadar keyif alırken, biber gazı spreyinden daha etkili olmayan gazların yasaklanması ikiyüzlülüktü. Diğer ülkeler ABD'nin bu kinizmine burun kıvırdılar ve gösterişli bir şekilde Hague anlaşmasını imzaladılar ve çok geçmeden de sözlerinden döndüler.

Daha öncesinde kimyasal silahlar üzerine yapılan gizli çalışmalar en çok bromini merkez alıyordu. Diğer halojenler gibi bromin de dış enerji düzeyinde yedi elektron barındırır, ama umutsuzca sekizinciyi ister. Elektronlarını düzenli hale getirmek üzere hücrenin karbon gibi en zayıf elementini parçalar. Özellikle gözleri ve burnu tahriş eder. 1910 yılında askeri kimyagerler bromin bazlı bir göz yaşartıcı geliştirmişlerdi. Bu o kadar güçlü bir silahtı ki yetişkin birini sıcak, yakıcı gözyaşlarıyla etkisiz hale getirmesi işten bile değildi.

Hague anlaşması sadece savaş koşulları söz konusu olduğunda bağlayıcıydı, dolayısıyla bu göz yaşartıcıları kendi vatandaşları üzerinde kullanmaktan kendisini men eden hiçbir şey olmadığına karar veren Fransız hükümeti, 1912 yılında Parisli bir grup banka soyguncusunu etil bromasetat ile etkisiz hale getirdi. Bu haber hızla Fransa'nın komşularına yayıldı, endişelenmekte haksız sayılmazlardı. Nitekim Ağustos 1914'te savaş patladığında, Fransızlar ilerleyen Alman birliklerinin üzerine vakit kaybetmeden bromin bombaları fırlatmakta hiç tereddüt etmedi. Ama Sparta'nın iki bin yıl önceki savaşı bile daha başarılıydı. Bombalar rüzgarlı bir ovaya atılmıştı, gazın çok az etkisi oldu ve Almanlar "saldırı"ya uğradıklarını fark ettiklerinde gaz çoktan dağılmıştı. Yine de bombaların etkisini bir *anda* gösterdiğini söylemek yanlış olmaz, zira gazla ilgili çılgın dedikodular çatışmanın her iki tarafındaki gazeteleri avucuna almıştı. Almanlar kendi kimyasal silahlanma programlarını meşrulaştırmaya çalıştılar; mesela suçu Fransız kışlalarında yaşanan talihsiz karbonmonoksit zehirlenmesini gizli boğucu kimyasallara atarak ateşi körüklediler.

Kelebek gözlük takan, kel ve bıyıklı bir kimyacı sayesinde, Alman gaz araştırma birimleri kısa sürede diğerlerini geride bıraktı. Fritz Haber kimya tarihinin en büyük dehalarından biriydi. 1900 yılında en yaygın kimyasal olan havadaki nitrojenin endüstriyel bir ürüne nasıl çevrilebileceğini bulmuş ve dünyadaki en önemli bilimciler arasına girmişti. Nitrojen gazı masum insanları boğabilecek olsa da genelde zararsızdır. Aslında zararsızlığı faydasızlık derecesindedir. Nitrojenin yaptığı en önemli iş toprağı tazelemektir. C vitamini insanlar için nasıl önemliyse, o da bitkiler için öyledir. İbrik otları ve venüs böcek kapanları sinekleri avlarken, peşine düştükleri şey böceklerdeki nitrojendir. Nitrojen havanın yüzde 80'ini, yani soluduğumuz havadaki her beş molekülden dördünü oluşturur. Ama başka şeylerle çok nadiren tepkimeye girdiği ve toprakta asla sabit hale gelmediğinden, toprağa kavuşmakta son derece başarısızdır. Bolluğun, beceriksizliğin ve hayati önemin bu kombinasyonu yüzünden hırslı bilimciler bu sorunu alt etmeye niyetli görünüyorlardı.

Haber'in nitrojeni "yakalamak" için bulduğu sürecin çok fazla aşaması vardı ve pek çok kimyasal bir görünüp bir kayboluyordu. Ama temelde Haber nitrojeni yüzlerce dereceye ısıtıyor, içine biraz hidrojen gazı enjekte ediyor, basıncı normal hava basıncının yüzlerce katına kadar yükseltiyor, önemli bir katalizör olarak biraz osmiyum ekliyor ve bildiğimiz hava, bütün suni gübrelerin öncülü olan amonyağa (NH_3) dönüşüyordu. Piyasadaki ucuz endüstriyel gübreler sayesinde çiftçiler artık kompost yığınlarına ya da tezeğe mahkum olmaktan kurtulmuştu. Birinci Dünya Savaşı çıktığında, Haber muhtemelen milyonlarca insanı Malthusçu bir kıtlıktan kurtarmıştı ve belki bugün hâlâ 6,7 milyar insanın beslenmesinden dolayı ona teşekkür borçluyuz.[22]

Ne yazık ki kimi zaman aksini iddia etmiş olsa da, suni gübre-

22- Başka pek çok şeyin yanı sıra Fritz Haber'in amonyağına da atıfta bulunabiliriz: Charles Townes uyarıcı etken olarak amonyağı kullanarak, lazerin öncülü olan, ilk çalışan maseri yapmıştı.

ler Haber'in umurunda bile değildi. Aslında Haber'in ucuz amonyak peşinde koşmasının nedeni, Almanya'ya nitrojen bazlı patlayıcılar için yardım etmekti; tıpkı Timothy McVeigh'in 1995 yılında Oklahoma Adalet Sarayı'nda kocaman bir delik açarken kullandığı türden bombalar... Bilimsel ilerlemeleri etkili ölümcül araçlara dönüştüren küçük Faust'ların, yani Haber gibilerinin tarih boyunca sıkça ortaya çıkması çok acı olsa da, Haber çoğundan daha yetenekli olduğundan hikayesi de daha karanlıktır. Birinci Dünya Savaşı patladıktan sonra, uzun süre cephede kilitlenip kalmanın ekonomiyi mahvettiğini gören Alman askeri liderler, bu duruma son vermek umuduyla gaz harbi bölüğü için Haber'i askere aldılar. Haber amonyak patentlerine dayanan hükümet kontratlarından büyük bir servet yapmaya koyulmuştu, yine de diğer projelerini hızla rafa kaldıramadı. Bölük çok geçmeden "Haber Ofisi" olarak anılmaya başladı ve ordu 46 yaşında Yahudi dönmesi bir Luteryen (kariyerinde ona yardımcı olmuştu) olan Haber'i çocukça gururlandıran yüzbaşılığa bile terfi ettirdi.

Ailesi pek etkilenmiş sayılmazdı. Aksine Haber'in *über alles* tutumu çevresiyle ilişkilerini soğutmuştu, özellikle de onun günahlarını bağışlatabilecek tek kişi olan karısı Clara Immerwahr'la ilişkisini. Dehasının izleri açıkça görünen Clara, Haber'in memleketi Breslau'daki saygın üniversitede doktora kazanan ilk kadındı. Ama çağdaşı Marie Curie'den farklı olarak Immerwahr asla kendisi olamadı, çünkü Pierre Curie gibi açık fikirli bir adamla değil, Haber'le evliydi. Bilimsel tutkuları olan biri için evlilik başlı başına kötü bir tercih değildir, ama kimyasal dehası ne olursa olsun Haber kusurlu bir insandı. Bir tarihçinin belirttiği gibi Immerwahr hiçbir zaman mutfaktan çıkabilmiş değildi. Bir keresinde bir arkadaşına, "Fritz evde ve evliliğimizde kendini her şeyin önünde tutuyor, o kadar ki kendini öne çıkarmakta ondan biraz daha insaflı biri bile onun karşısında mahvolmaya mahkum," diye yakınmıştı. Nitrojen projelerinde Haber'e el yazmalarını İngilizceye çevirerek ve teknik destek sağlayarak yardım eden Clara, bromin gazı işinde yardımı reddetti.

Haber neredeyse farkına bile varmadı. Almanya kimyasal silahlanmada Fransa'nın gerisine düşünce onlarca genç kimyager gönüllü olmuştu. 1915 yılının başlarında Almanlar Fransızların göz yaşartıcısına aradıkları karşılığı geliştirdiler. Almanlar bombalarını gaz kullanmayan İngiliz ordusu üzerinde test ettiler. Neyse ki ilk Fransız saldırısında olduğu gibi rüzgar gazı dağıttı ve İngiliz hedefleri yakınlardaki bir siperde sıkıntıdan patlarken saldırıya uğradıklarının farkına bile varmadılar.

Alman ordusu azimle, kimyasal silahlara daha fazla kaynak ayırmak istedi. Ama politikacıların alenen ihlal etmek istemedikleri şu sinir bozucu Hague anlaşması sorun çıkarıyordu. Çözüm anlaşmayı itinayla fakat onlara nasıl uyuyorsa öyle yorumlamaktı. Anlaşmayı imzalarken Almanya "roket gibi fırlatılan ve boğucu ya da zehirli gazların yayılmasına yol açan nesneleri kullanmaktan uzak durmaya" razı olmuştu. Almanların sofistike ve kanunlara uygun okumasına göre, şarapnel ve gaz içeren bombalar anlaşmanın yetki alanına girmiyordu. Bu da kurnaz mühendislik işi gerektiriyordu. Çarpmayla buharlaşıp gaz haline gelen çalkalanmış sıvı bromin, mermi yolunda bozulmaya yol açıyordu. Almanya'nın askeri-sanayi-bilimsel kompleksi bu sorunun üstesinden geldi. 1915 yılının sonlarına doğru ksilil bromürle dolu 15 santimlik yakıcı ve göz yaşartıcı bir bomba hazırdı. Almanlar buna "beyaz haç" diyorlardı. Almanya Fransızları bir kez daha yalnız bırakarak, Rus ordusunu on sekiz bin beyaz haçla bombalamak üzere hareketli gaz birliklerini doğuya yönlendirdi. Ama bu girişim ilkiyle kıyaslandığında fiyaskodan da beterdi. Rusya'da hava o kadar soğuktu ki ksilil bromür donup kaskatı hale geldi.

Sahadaki zayıf sonuçları inceleyen Haber brominden vazgeçip çabalarını onun kimyasal kuzeni olan klorine yöneltti. Klorin periyodik tabloda brominin altında yer alır ve soluması daha kötüdür. Eksik bir atomunu tamamlamak için diğer elementlere göre daha atılgandır. Atomlarının ağırlığı bromin atomunun yarısından daha

azdır ve daha küçük olduğundan vücut hücrelerine daha çabuk saldırıya geçer. Klorin kurbanının tenini sarıya, yeşile ve siyaha çevirir ve gözlerini kataraktla örter. Akciğerlerinde oluşan su nedeniyle kurbanlar kelimenin tam anlamıyla boğularak ölürler. Eğer bromin gazı vücut mukozasıyla savaşan safları sıklaştırmış piyadelerse, klorin vücudun savunma sistemini hızla aşıp sinüsleri ve akciğerleri parçalayan yıldırım tank taburudur.

Haber sayesinde sirk gösterisi gibi seyreden bromin silahlanması yerini bugün tarih kitaplarında anılan acımasız klorine bırakmıştır. Çok geçmeden, klorin tabanlı yeşil haç, mavi haç ve insanın vücudunu kabartan kabus gibi sarı haç, diğer adıyla hardal gazı düşman askerlerinin korkulu rüyalarına girmeye başlayacaktı. Bilimsel katkılardan tatmin olmayan Haber tarihteki ilk başarılı gaz saldırısını coşkuyla yönetmişti. Sonuç, Ypres yakınlarındaki çamur dolu siperlerinde şaşkınlık içinde yanmış, yaralar içinde kalmış beş bin Fransızdı. Haber boş zamanlarında tuhaf bir biyoloji yasası uydurmuştu. Haber Yasası gaz yoğunlukları, maruz kalabilme süresi ve ölüm oranı arasındaki ilişkiyi değerlendiriyordu. Yasayı oluşturmak için çok fazla iç karartıcı veriye ihtiyaç duymuş olmalı.

Gaz projelerinden dehşete düşen Clara ise daha işin başında Fritz'in karşısına dikilip durmasını istedi. Her zamanki gibi Fritz ona kulak vermedi. Aslında hiç de şaşırtıcı olmayan şekilde, Haber Ofisi'nin araştırma birimindeki meslektaşları bir kaza sonucu öldüğünde gözyaşı dökmüş, ama Ypres'ten dönünce yeni silahlarının başarısını kutlamak üzere bir akşam yemeği düzenleyip parti vermişti. Clara onun doğu cephesindeki yeni saldırıları komuta etmeye giderken mola verip bir geceliğine eve geldiğini anlamıştı. Karı koca şiddetle tartıştılar. O gece Clara Fritz'in beylik tabancasıyla bahçeye çıktı ve kendisini göğsünden vurdu. Hiç şüphesiz üzülmüş olmakla birlikte, Fritz bunun kendisini dağıtmasına izin vermedi. Cenaze işlerini ayarlamaya bile kalmadan, önceden planladığı gibi ertesi sabah evden ayrıldı.

Haber'in sağladığı benzersiz üstünlüğe rağmen, Almanya sonunda nihai savaşı kaybetti ve bütün dünyada alçak bir ulus olarak damgalandı. Haber'e karşı gelişen uluslararası tepkiler ise daha karmaşıktı. 1919 yılında henüz Dünya Savaşı'nın tozu dumanı (ya da gazı) yatışmamışken, Haber savaş sırasında verilemeyen 1918 yılı Nobel Kimya ödülünü kazandı. Ödül nitrojenden amonyak üretme işlemine verilmişti, ama işin aslı suni gübreler binlerce Almanın savaş sırasında açlıktan ölmesini engelleyememişti. Bir yıl sonra yüz binlerce insanı sakat bırakan ve milyonları dehşete düşüren bir kimyasal savaş seferberliği yürütmekten, uluslararası savaş suçlusu ilan edildi.

İşler daha da kötüye gitti. Almanya'nın Müttefikler'e ödemek zorunda kaldığı olağanüstü savaş tazminatları altında gururu kırılan Haber, okyanustan çözünmüş altın çıkartmaya çalışarak altı beyhude yıl geçirdi, böylelikle tazminatları kendisi ödeyebilecekti. Diğer projeleri de işe yaramadan tıkanıp sona erdi. Kendisini Sovyetler Birliği'ne kimyasal silahlanma danışmanı olarak pazarlamaya çalışması dışında, Haber'in bu yıllarda ilgi gören tek etkinliği bir böcek ilacıydı. Haber savaştan önce Zyklon A'yı bulmuştu ve bir Alman kimya şirketi onun formülünü savaştan sonra şöyle bir düzenleyerek bu gazın daha etkili bir yeni jenerasyonunu üretmişti. Sonunda Almanya'da geçmişin acılarını unutan balık hafızalı yeni bir rejim başa geçti. Naziler kısa süre sonra Yahudi kökeni yüzünden Haber'i sürdü. Haber 1934 yılında mültecilik başvurusu için İngiltere'ye giderken hayatını kaybetti. Çok geçmeden Naziler, Haber'in akrabalarının da aralarında bulunduğu milyonlarca Yahudi'yi gaz odalarında bu ikinci jenerasyon gaz olan Zyklon B ile öldürecekti.

* * *

Almanya Haber'i sadece Yahudi olduğu için değil, modası geçmiş olduğu için de gözden çıkarmıştı. Kimyasal gaz silahlanmasına yaptığı yatırımlara paralel olarak, Birinci Dünya Savaşı sırasında Alman or-

dusu periyodik tablonun farklı bir bölümünü de kötüye kullanmaya başlamıştı. Sonuçta muharip düşmanlarını iki metalle, molibden ve tungstenle sopalamanın, klorin ve bromin gazlarıyla haşlamaktan daha mantıklı olduğuna karar verdi. Bir kez daha savaş temel periyodik tablo kimyasına dönmüştü. Tungsten, İkinci Dünya Savaşı'nın teknolojik metali olmaya devam etti, ama bazı bakımlardan molibdenin hikayesi daha ilginç gelişti. Çok fazla bilinmese de, Birinci Dünya Savaşı'nın en uzak muharebesi, Sibirya'da ya da Arabistanlı Lawrence'a karşı Sahara çöllerinde değil, Colorado'daki Rocky Dağları'nda bir molibedyum madeninde gerçekleşmiştir.

Gazlardan sonra Almanya'nın savaş sırasındaki en korkulan silahı Büyük Bertha'larıydı. Bu ağır kuşatma topu sadece Fransa ve Belçika cephelerindeki siperleri değil, askerlerin psikolojisini de bombardımana tutmuştu. İlk Bertha kırk üç tondu, parçalar halinde kamyonlarla fırlatma rampasına taşınıyor, monte edilmesi için iki yüz insanın altı saat çalışması gerekiyordu. Bu zahmetin karşılığında o da 40 cm çapında 1 tonluk bombaları birkaç saniyede 15 km uzağa fırlatıyordu. Yine de büyük bir kusuru vardı. Bir tonluk kütleleri yükseklere fırlatmak üzere fıçılarca barut kullanılması gerekiyor, sonunda da ortaya öyle yüksek bir ısı çıkıyordu ki altı metre uzunluğundaki çelik namlular kavrulup yamuluyordu. Almanlar kendilerini saatte birkaç atışla sınırlasalar da, birkaç gün süren cehennem atışından sonra top ıskartaya çıkıyordu.

Anavatana silah sağlamakta hiçbir engel tanımayan ünlü Krupp silah şirketi, çeliği güçlendirmek için bir formül buldu ve çeliğe molibden katmaya karar verdi. Molibden çok yüksek sıcaklıklara dayanabilir, çünkü çeliğin ana bileşeni olan demirden binlerce derece daha yüksek bir sıcaklıkta, 4750°F'ta (yaşlaşık 2621°C) erir. Molibden atomları demirinkilerden daha büyüktür, bu yüzden daha yavaş uyarılırlar. Yüzde 60 daha fazla elektrona sahip olduklarından, daha fazla ısıyı soğurur ve birbirlerine daha sıkı bağlanırlar. Ayrıca katılardaki atomlar, ısı değişiklikleri olduğunda kendiliklerin-

den ve genellikle felaket bir şekilde kendilerini yeniden düzenlerler (16. Bölüm'de bu konuya tekrar döneceğiz) ve bu çoğunlukla kolayca kırılan metallerin çatlayıp bozulmasıyla sonuçlanır. Çeliğe yapılan molibden katkısı demir atomlarının bu zaafını ortadan kaldırarak etrafa kaymalarını engeller. (Bunu ilk keşfedenler Almanlar değildi. On dördüncü yüzyılda Japonya'da bir kılıç yapım ustası çeliğe molibden katarak adanın en imrenilen, ağızları asla körelmeyen ve kırılmayan samuray kılıçları üretiyordu. Ama Japon usta sırrıyla birlikte ölünce bu bilgi de beş yüz yıl boyunca kayboldu. İşte size en üstün teknolojinin her zaman yaygınlaşmadığını ve bazen kaybolup gittiğini gösteren bir örnek.)

Siperlere dönersek, Almanlar kısa süre sonra "moli-çelik" toplarıyla Fransızları ve İngilizleri ateşe tutmaya başladılar. Ama Büyük Bertha'nın sorunları bitmiş değildi, Almanların molibden tedarikleri tükenmek üzereydi. Aslında bilinen tek tedarikçi, Colorado'da Bartlett Dağı'nda iflas etmiş ve neredeyse terk edilmiş bir madendi. Birinci Dünya Savaşı'ndan önce, bir bölge sakini kurşun ya da kalaya benzeyen maden cevherini keşfetmiş ve Bartlett Dağı üzerinde hak iddia etmişti. Bu metallerin yarım kilosu birkaç sent değerindeydi. Ama bu hiçbir işe yaramayan madenin çıkarılmasının maliyeti getirisinden fazla olduğundan, madencilik haklarını bir altmış boyundaki Nebraskalı banker Otis King'e sattı. Her daim girişimci King daha önce kimsenin icat etme zahmetine girmediği yeni bir maden çıkarma tekniği uygulayarak hızla birkaç ton saf molibden çıkardı, başına gelen felaketleri başlatan da bu oldu. Yaklaşık üç tonluk bu hasılat, bütün dünyanın yıllık molibden talebinden yüzde 50 fazlaydı. King pazarı istila etmekle kalmadı, adeta boğdu. ABD en azından King'in girişiminin orijinalliğini kaydederek, 1915 yılında bir madencilik dergisinde adını andı.

Dergideki yazı, merkezi Almanya Frankfurt'ta, ABD şubesi ise New York'ta bulunan dev bir uluslararası madencilik şirketi dışında kimsenin ilgisini çekmedi. O zamanki kayıtlara göre,

Metallgesellschaft'ın bütün dünyaya kılcal damarlar gibi yayılmış döküm fabrikaları, madenleri ve rafinerileri vardı. Fritz Haber'le yakın ilişkide olan şirket yöneticileri, King'in molibdeni ile ilgili haberi okur okumaz, en üst düzey yetkililerinden Max Schott'u Bartlett Dağı'nı ele geçirmeye gönderdi.

Delici gözleriyle karşısındakini hipnotize eden bir adam olarak tarif edilen Schott hisselerde hak iddia edecek ve King'i mahkemede rahat bırakmayacak adamlar buldu. Böylece zaten batmakta olan maden hepten boşaltıldı. Kavgacı hissedarlar madencilerin karılarını ve çocuklarını tehdit ettiler, sıcaklığın yirmi derece düştüğü bir kış gününde kamplarını yıktılar. King, koruma için "çifte tabancalı Adams" adlı topal bir kanun kaçağını kiraladı. Ama Alman ajanları ne olduysa King'i tuzağa düşürdüler, onu bir dağ geçidinde sıkıştırdılar, bıçaklarla ve kazmalarla saldırıp soydular ve dik bir uçurumdan aşağı attılar. Doğru yerde olan bir kar tepeciği King'in boynunu kırılmaktan zor kurtardı. Bir kadın madenci, anılarında Almanların şirketin işini aksatmak için toplu katliamdan başka her şeyi yaptığını anlatıyordu. King'in cesur işçileri, uğruna hayatlarını riske attıkları bu telaffuzu zor metali "Kör olasıca Molly" diye çağırmaktan hoşlanıyorlardı.

King ile Almanlar dışında, Molly'nin ne işe yaradığıyla ilgili ne Avrupa'nın ne de Kuzey Amerika'nın bir fikri vardı. İngilizler 1916 yılında Alman ordularını esir alıp tersine mühendislikle silahlarını eritene kadar Müttefikler bu mucizevi metali keşfetmemişlerdi. Ama Rocky Dağları'ndaki dalavereler devam ediyordu. 1917 yılına kadar savaşa girmeyen ABD'nin Metallgesellschaft'ın New York'taki şubesini izlemek için özel bir nedeni yoktu, hele de ABD şubesinin adının pek yurtsever bir şekilde Amerikan Metal olduğu düşünülürse! Max Schott'un şirketinin bağlantısı Amerikan Metal'di ve hükümet 1918 yılında sorular sormaya başlayınca, Amerikan Metal madenin yasal olarak kendisine ait olduğunu iddia etti, çünkü tacizleri ile pes ettirdikleri Otis King onu 40.000

dolar gibi küçük bir bedel karşılığında Schott'a satmıştı. Ayrıca tüm molibdeni Almanya'ya göndermek üzere olduklarını da itiraf ettiler. Federaller derhal Metallgesellschaft'ın ABD stoklarını dondurarak, Bartlett Dağları'nın idaresine el koydular. Ne yazık ki bu çabalar Almanya'nın Büyük Bertha'larını etkisiz hale getirmeye yetmemişti. 1918 gibi geç bir tarihte, Almanya bu moli-çelik toplarla Paris'i 120 km gibi hayret verici bir uzaklıktan bombalamıştı.

Hak yerini buldu dedirtecek tek şey, Schott'un şirketinin ateşkesin ardından, molibden fiyatlarının dibe vurmasıyla Mart 1919'da iflas etmesi oldu. King madenciliğe döndü ve Henry Ford'u araba motorlarında moli-çelik kullanmaya razı ederek milyonerliğini garantiledi. Ama Molly'nin savaş günleri sona ermişti. İkinci Dünya Savaşı'nın her yeri sardığı günlerde, molibden çelik üretimindeki yerini periyodik tabloda hemen altında yer alan elemente, yani tungstene bırakmıştı.

Molibden periyodik tabloda anılacak en sert elementlerden biri olarak biliniyorsa, tungsten buna ek olarak, en şaşırtıcı kimyasal sembollerden birine sahip olmakla dikkate değerdir. Büyük şişman bir W, metalin Almanca ismi olan *Wolfram*'ı temsil eder. Bu *wolf*, yani kurt, elementin savaşta oynayacağı karanlık rolün alameti sayılabilir. Nazi Almanya'sı makineli ve zırh delici roketlerin imalatında bunu kullanmaya can atıyordu. *Wolfram*'a duydukları arzu, yağmalanmış altınlara olandan bile fazlaydı. Nazi yetkilileri bu altını tungstenle değiş tokuş etmekten gayet hoşnuttular. Peki Nazilerin ticari ortakları kimdi? İtalya, Japonya ya da öteki Mihver Devletleri değil. Alman birliklerinin istila ettiği Polonya ya da Belçika da... Almanya'nın aç savaş sanayisinin *kurt* iştahını doyuran, tarafsız olduğu farz edilen Portekiz'di.

Portekiz o zamanlar açıklanması güç bir ülkeydi. Müttefikler'e Atlantik Okyanusu'ndaki Azore takımadalarında önemli bir hava üssü vermişti. *Casablanca* filminden de hatırlayacağınız üzere, İngiltere'ye ya da ABD'ye güvenle uçmak isteyen mülteciler Lizbon'a

kaçmaya çalışırlardı. Bununla birlikte Portekiz diktatörü Antonio Salazar, hükümetindeki Nazi sempatizanlarına hoşgörüyle yaklaşıyor ve Mihver Devletleri ajanlarına sığınak sağlıyordu. Aynı zamanda ikiyüzlü gemileriyle, savaşın her iki tarafına da binlerce ton tungsten taşıyordu. Eski bir iktisat profesörü olarak birikimini kanıtlayan Salazar, ülkesinin bu metal üzerindeki neredeyse tekel konumunu (Avrupa'daki rezervlerin yüzde 90'ı) çıkarı için kullandı ve barış zamanında kazanabileceğinden 1000 kat daha büyük bir kazanç elde etti. Portekiz'in bu durumu, Almanya'yla uzun bir geçmişe dayanan ticari ilişkisi ve savaş yoksulluğuna düşmekten duyduğu kaygı göz önüne alınarak savunulabilirdi, fakat Salazar Almanya'ya kayda değer miktarda tungsten satmaya ancak 1941 yılında başladı. Herhalde ülkesinin tarafsız statüsünün ona her iki tarafa da eşit mesafede durma hakkını verdiğini bahane etmiş olmalıydı.

Tungsten ticareti bu şekilde sürdü. Molibdenden dersini alan ve tungstenin stratejik önemini kavrayan Almanya, Polonya ve Fransa ile arasındaki sınırlar silinmeye başlamadan önce stoklarını sağlama almaya çalıştı. Tungsten bilinen en sert metallerdendir ve onun çeliğe katılması kusursuz matkap ve testere uçları yapmaya yarar. Ayrıca tungsten başlık takılmış en mütevazı boyutlardaki füzeler bile tankları alaşağı edebilir. Tungstenin diğer çelik katkı malzemelerine üstünlüğünün nedeni periyodik tablodan da görülebilir. Molibdenin altında yer alan tungsten benzer özellikler taşır. Ama daha fazla elektronu olsa da 6200°F'a (yaklaşık 3427°C) kadar erimez. Ayrıca molibdenden daha ağır bir atom olarak tungsten, ortalıktaki demir atomları için daha iyi bir sabitleyici görevi görür. Gaz saldırılarında nasıl çevik klorin daha iyiyse, metaller için de tungstenin katılığı ve gücü daha çekiciydi. O kadar ki, müsrif Nazi rejimi tüm tungsten rezervini 1941 yılında tüketmişti. Bu noktada bizzat Führer devreye girdi. Hitler bakanlarına işgal edilmiş Fransa boyunca işleyen trenlerin taşıyabileceği kadar tungsten elde etmelerini emretti. Tungsten'in piyasası hiç de tezgah altından yürüyen karaborsa pi-

yasası gibi değildi. Bir tarihçinin belirttiği gibi, bütün süreç olabildiğince açık ve şeffaf işliyordu. Tungsten Portekiz'den Almanya'ya, bir başka "tarafsız" ülke olan faşist İspanya üzerinden sevk ediliyordu ve Yahudilerden gasp edilen altının çoğu gaz odalarında ölenlerin dişlerinden sökülenler de dahil, Lizbon ve yine bir başka tarafsız ülke olan İsviçre bankalarında aklanıyordu. Büyük bir Lizbon bankası, üzerinden elli yıl geçtikten sonra hâlâ teslim aldıkları bu kırk dört ton altının, hem de çoğu külçenin üstünde gamalı haç bulunmasına rağmen, kirli olduğunu bilmediklerini iddia ediyordu.

Güçlü ve gözüpek İngiltere bile gençlerini biçen tungstenden rahatsız olmuşa benzemiyordu. Başbakan Winston Churcill Portekiz'in tungsten ticareti hakkında, Salazar'ın İngiltere'nin bilinen düşmanlarıyla tungsten ticareti yapmakta "tamamen haklı" olduğunu söylüyordu. Bununla birlikte bir de muhalif vardı. Nasyonal sosyalist Almanya'yı besleyen bu çıplak kapitalizm, ABD serbest piyasasında felce uğratan krizlere neden olmuştu. ABD'li yetkililer İngiltere'nin neden Portekiz'i böylesi bir "tarafsızlık"tan vazgeçmeye zorlamadığını anlayamadılar. Ancak uzun bir ABD baskısından sonra, Churchill zor adam Salazar'a karşı zor kullanmaya ikna oldu.

O zamana dek Salazar (bir an için ahlak ve fazileti bir kenara koyarsak), Mihver ve Müttefik Devletler'in ikisiyle de gizli anlaşmalar yaparak, belirsiz ve kararsız sözler vererek parlak bir şekilde oynamış ve tungsten trenlerinin tıkır tıkır işlemesini sağlayacak taktikler tezgahlamıştı. 1940'dan 1941'e kadar bir yılda ülkesinin ticari mallarından tungstenin fiyatının tonu 1000 dolardan 20.000 dolara çıkmasını sağlamış, bu üç yıl süren çılgın vurgunculuk döneminin sonunda bankalarında 170 milyon dolar biriktirmişti. Salazar Nazilere karşı tam bir tungsten ambargosunu, ancak uydurduğu bahaneler tükendikten sonra ve 7 Temmuz 1944'te, yani Normandiya çıkarmasının ertesi günü, artık Müttefik komutanlarının ona bunun bedelini ödetmeyi düşündükleri bir noktada başlattı. Büyük servetlerin ancak bir imparatorluğun inşa edildiği ya da parçalandığı zaman-

larda yapılabildiğini, yanlış hatırlamıyorsam, *Rüzgar Gibi Geçti*'de Rhett Butler söylemişti. Salazar bu sözün canlı kanıtıdır. *Wolfram* savaşı denilen ihtilafta son gülen Portekiz diktatörü oldu.

Tungsten ve molibden yirminci yüzyılın daha sonralarında gerçekleşecek asıl metal devriminin sadece ilk işaretleriydi. Her dört elementten üçü metaldir. Ama bu metallerden demir, alüminyum ve başka birkaç tanesi dışında diğerlerinin periyodik tabloda boşluk doldurmak dışında bir işe yaradıkları yoktu. İşin aslına bakarsanız, söyleyecek pek bir şey olmayacağından, böyle bir kitabı kırk yıl önce yazmak mümkün olmazdı. Ama 1950 yılından sonra her metal kendine uygun bir iş buldu. Gadolinyum manyetik rezonans görüntülemede (MR) mükemmel olduğunu gösterdi. Neodimyum eşsiz güçte lazerler yapmaya yaradı. Skandiyum şimdilerde alüminyuma tungstenvari bir katkı olarak beyzbol sopalarında ve bisiklet jantlarında kullanılmaktadır. Ayrıca Sovyetler'in 1980'lerde yaptığı hafif helikopterlerde ve iddia edildiği kadarıyla, buz katmanlarını delip uçuşa geçebilmelerini sağlamak için, Kuzey Kutbu'nda yeraltında mevzilenmiş Sovyet ICBM füzelerinin başlıklarında kullanılmıştır.

Ne yazık ki metal devrimi sırasında gerçekleşen tüm teknolojik gelişmeler sonrasında, çok uzak geçmişte değil, geçen on yılda bile bazı elementler savaşa suç ortaklığı etmeye devam etti. Söz konusu elementlerden ikisi adlarını, Yunan mitolojisinin büyük acılarla anılan iki karakterinden almıştır. Niobe yedi güzel kızı ve yedi yakışıklı oğlunu övdüğü için tanrıların öfkesini üstüne çekmişti. Çabuk gücenen Olympos sakinlerinin bu küstahlığı cezalandırmak adına çocukları katletmesi uzun sürmedi. Niobe'nin babası Tantalos ise kendi oğlunu kesip etini bir ziyafette tanrılara sunmuştu. Ceza olarak sonsuza dek bir gölün içinde, boynuna kadar suya gömülmüş halde beklemeye mahkum edildi. Başının hemen üstünde meyve yüklü dallar vardı. Ne zaman su içmeye eğilse su çekiliyor, meyvelere uzansa rüzgar dalları uzaklaştırıyordu. Ama yitirdikleri ve iste-

yip elde edemedikleri üzerinden Niobe ve Tantalos işkence ve eziyet görmüş olsa da, onların adını taşıyan elementlerin doymak bilmezliği Orta Afrika'nın nüfusunu kırıp geçirdi.

Şimdilerde cebinizde tantal ya da niyobyum varsa şanslısınız. Periyodik tablodaki komşuları gibi, her ikisi de yoğun, ısıya karşı dirençli, aşınmaz ve paslanmaz, iyi iş gören metallerdir. Bu özellikleri onları özellikle cep telefonları için olmazsa olmaz hale getirmiştir. 1990'ların ortalarında cep telefonu tasarımcıları başta tantal olmak üzere bu iki elementi, dünyanın en büyük tedarikçisi olan Kongo Demokratik Cumhuriyeti'nden (o zamanki adıyla Zaire) talep etmeye başladılar. Kongo, Afrika'nın ortasındaki Ruanda'nın yanı başındadır. Çoğunuz Ruanda'yı belki de 1990'lardaki Ruanda katliamından hatırlarsınız. Ama muhtemelen hiçbiriniz, 1996 yılında Hutu kabilesinin devrik Ruanda hükümetinin mültecilik talebiyle Kongo'ya aktığı günleri hatırlamazsınız. O zamanlarda, en fazla Ruandalıların çatışmasının birkaç mil batıya kaydığı düşünülüyordu. Ama şimdi geriye dönüp baktığımızda bunun, birikmiş ırkçılığın on yıl boyunca sönmeyecek yangınını tutuşturacak bir çalı ateşi olduğunu biliyoruz. Sonuç olarak dokuz ülke ve iki yüz etnik kabile, her biri kendi eski müttefikleri ve kime çarpacağı belli olmayan kinleriyle, sık ve vahşi ormanlarda savaşa tutuştular.

Her şeye rağmen, eğer sadece büyük ordular dahil olsaydı, Kongo çatışması muhtemelen yavaşça sönerdi. Alaska'dan daha geniş, Brezilya'dan daha yoğun topraklara sahip Kongo'da bazı bölgelere araçla ulaşmak mümkün bile değildir, yani bir savaşı uzatmak istemezsiniz. Üstelik yoksul köylüler işin ucunda para yoksa savaşmazlar. Burada devreye tantal, niyobyum ve cep telefonu teknolojisi girer. Doğrudan bir suçlamada bulunmak istemem. Elbette ki savaşa neden olan cep telefonları değil, nefret ve kindir. Ama bunun kadar açık olan şey de nakit para akışının savaş çığlıklarını daim kıldığıdır. Kongo dünya çapında bu iki metal arzının yüzde 60'ını sağlar. Bu iki metal toprakta koltan adı verilen bir mineral içinde karışmış hal-

de bulunur. Satışları 1991 yılında neredeyse sıfırdan, 2001'de milyarlara dayanınca, cep telefonları Batı'nın Tantalos'tan geri kalmayan açlığının gözde nesnesi olmuş ve koltan fiyatları on katına fırlamıştır. Cep telefonu imalatçılarına bu cevheri pazarlayanlar, koltanın nereden geldiğini ne sordular ne de umursadılar. Kongolu madencilerin ise bu mineralin nerede kullanıldığıyla ilgili hiçbir fikirleri yoktu. Sadece beyaz adamın buna iyi para ödediğini ve bu parayla askeri güçlerini besleyebileceklerini biliyorlardı.

Tuhaf bir şekilde tantal ve niyobyumun bu kadar bela getirmesinin nedeni koltanın fazlasıyla demokratik olmasıydı. Hilekar Belçikalıların Kongo elmas ve altın madenlerini boşalttığı zamanlardan farklı olarak, hiçbir şirket tekeli koltanı kontrol altında tutmuyordu. Bu minerali elde etmek için büyük iş makineleri ve damperli kamyonlar gerekmiyordu. Elinde küreği olan ve sırtı sağlam sıradan biri de dere yataklarını kazarak bu çamura benzeyen şeyden kilolarca çıkarabilirdi. Sadece birkaç saat içinde bir çiftçi komşusunun bütün yıl çalışarak elde ettiğinin yirmi katını kazanabilirdi. Kazanç büyüdükçe insanlar çiftliklerini bırakıp maden aramaya başladılar. Böylece Kongo'nun zaten yetersiz olan gıda kaynakları iyice tükendi. İnsanlar bizonlar gibi soylarını tüketmek pahasına, et için gorilleri avlamaya başladılar. Ama belki de goril ölümleri insanların vahşeti ile kıyaslandığında hiçbir şeydi. Hükümeti olmayan bir ülkeye paranın böyle akması iyi bir şey değildi. İnsan hayatı dahil her şeyin satılık olduğu bir düzen, yani kapitalizmin en vahşi hali egemen oldu. Büyük kitleler kamplarda parmaklıklar arasına hapsedildi, köle fahişeler ortaya çıktı. Kiralık katiller ve ödül avcıları kol gezmeye başladı. Kurbanlarının iç organlarını bedenlerine sararak onları aşağılayan ve zaferlerini dans ederek kutlayan kibirli savaşçılarla ilgili dehşet verici hikayeler anlatılır oldu.

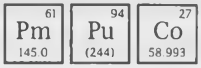
1998 ile 2001 yılları arasında Kongo'daki ateş iyice kızışmıştı. Bu noktada cep telefonu imalatçıları savaşa para sağladıklarını fark ettiler. Kendi itibarlarını kurtarmak adına tantal ve niyobyumu daha

pahalı da olsa Avustralya'dan almaya başladılar ve Kongo biraz duruldu. 2003 yılında savaşı bitiren resmi bir ateşkes yapılmasına rağmen, ülkenin Ruanda sınırındaki doğu yarısı yatışmadı. Son zamanlarda da bir başka element olan kalay bu savaşa kaynak sağlamaya başladı. 2006 yılında Avrupa Birliği tüketici mallarında kurşun lehimleri yasaklamıştı ve pek çok üretici onun yerine kalay kullanmaya başladı. Bu metal de Kongo'da fazla miktarda bulunuyordu. Joseph Conrad geçmişte Kongo'da yaşananlar için, "insanın bilinçli tarihini çirkinleştiren, yağma ve ganimet için sürdürülen en aşağılık kavga" demişti, ne yazık ki bugün bu sözü değiştirmeye yetecek ilerlemeden söz etmek imkansız.

1990'ların ortalarından bu yana Kongo'da beş milyondan fazla insan öldü. İkinci Dünya Savaşı'ndan beri en büyük insan kaybı verildi. Bu hikayenin anafikri, periyodik tablonun mutluluk ve huzur getirdiği anların yanı sıra insanlığın en kötü içgüdülerini de kışkırttığı olsa gerek.

6

Tabloyu Tamamlayan Patlama



Tüm doğal elementlerin tohumlarını güneş sistemimize bir süpernova saçtı. Eriyik haldeki genç gezegenler öyle çalkalandı ki elementler kayalık topraklara iyice karıştı. Ama elementlerin dünyaya dağılmasını tek başına bu süreçler açıklamaya yetmez. Süpernovadan bu yana, bütün element türlerinin soyları tükendi, çünkü çekirdekleri, nüveleri doğada yaşayamayacak kadar kırılgandı. Bu dayanıksızlık bilimcileri şaşırtmış ve periyodik tabloda sayısız boşluk kalmasına neden olmuştu. Bu boşluklar, Mendeleyev'in zamanından farklı olarak, bilimciler tarafından tüm zorlu araştırmalara rağmen doldurulamadı. Sonunda da ancak elementleri kendi başlarına yaratabilecekleri yeni alanlar geliştikten ve bazı elementlerin kırılganlığının parlak ve ışıltılı bir tehlikeyi gizlediğini fark ettikten sonra tabloyu tamamlayabildiler. Atomların yapılması ve parçalanması cüretkar tahminlerden çok daha yakın bir bağı ortaya çıkardı.

Bu hikayenin kökleri Birinci Dünya Savaşı'nın hemen öncesine, İngiltere'deki Manchester Üniversitesi'ne kadar gider. Üniversite, laboratuvar yöneticisi Ernest Rutherford'un da aralarında olduğu pek çok parlak bilimciyi bir araya getirmişti. Belki de en fazla gelecek vaat eden öğrenci Henry Moseley'di. Charles Darwin'in takdi-

rini kazanmış bir doğa bilimcinin oğlu olan Moseley, fizik bilimine yönelmişti. Laboratuvarda, ölüm döşeğindeki bir hastanın başında nöbet tutar gibi çalışıyordu. Yapmak istediklerini bitirecek zamana asla sahip olamayacakmışçasına, sadece meyve salatası ve peynirle karnını doyurarak, kimi zaman kesintisiz on beş saati bulan mesailer boyunca laboratuvardan ayrılmadığı oluyordu. Pek çok üstün zekalı gibi, Moseley de sıkıcı, sert ve tutucuydu. Manchester'daki yabancıların "pis kokuları"ndan ne kadar tiksindiğini açıkça ifade etmekten çekinmezdi.

Ne var ki genç Moseley'in yetenekleri pek çok şeyi mazur gösteriyordu. Rutherford bu işe zaman kaybı olarak karşı çıksa da, Moseley elementleri elektron ışınlarıyla patlatmaktan heyecan duyuyordu. Darwin'in torunu olan bir fizikçiyi çalışma ortağı olarak yanına aldı ve 1913 yılında, altına varana kadar keşfedilmiş her elementi sistematik olarak araştırmaya başladı. Günümüzde bildiğimiz üzere, bir elektron ışını atoma çarptığında, ışın atomun kendi elektronlarına vurur ve bir delik açar. Elektronlar atomun çekirdeğinin çekimine kapılırlar, çünkü elektronlar ve protonlar zıt yüklere sahiptir ve elektronları çekirdekten koparmak şiddetli bir eylemdir. Doğa boşluktan nefret ettiğinden, diğer elektronlar hızla boşluğu doldurmaya yönelirler ve buradaki çarpışma yüksek enerjili X ışınları yayılmasına neden olur. Moseley heyecan verici bir şekilde, X ışınlarının dalga boyu ile elementin çekirdeğindeki proton sayısı, yani onun periyodik tablodaki yerini belirten atom sayısı arasında matematiksel bir ilişki buldu.

Mendeleyev'in ünlü tablosu 1869 yılında yayınlandığından bu yana bir hayli değişiklik geçirmiştir. Birileri ona 90 derecelik dönüşün anlamını gösterene kadar, Mendeleyev ilk tablosunu yanlamasına oluşturmuştu. Kimyacılar sonraki 40 yıl boyunca sütunlar ekleyerek ve elementlerin yerlerini değiştirerek tabloyu kurcalamaya devam ettiler. Bu sırada bazı aykırılıklar, insanların tabloyu gerçekten anladıklarına dair inançlarını tekrar tekrar sorgulamalarına yol açı-

yordu. Elementlerin çoğu tabloda artan ağırlıklarına göre sıralanır. Bu kritere göre nikel kobalttan önce gelmelidir. Ancak elementlerin muntazam şekilde sıralanması için, kimyacılar bunların yerini değiştirmek durumunda kalmıştı. Böylelikle kobalt, kobalt benzeri elementlerin üzerinde, nikel de nikel benzeri elementlerin üzerinde yerini alabilmişti. Kimse bunun neden gerekli olduğunu bilmiyordu, üstelik sinir bozucu şeylerden sadece biriydi bu. Tabloyla ilgili sorunların etrafından dolaşabilmek amacıyla biliminsanları, kimsenin gerçekte ne anlama geldiğini bilmediği, elementlerin adresini belirleyen atom sayısı diye bir şey icat ettiler.

Moseley daha 25 yaşındayken, sorunu kimyadan fiziğe tercüme ederek bulmacayı çözdü. Ancak şunu açıklığa kavuşturalım: O sırada çok az sayıda bilimci atomik çekirdek diye bir şeye inanıyordu. Rutherford, yoğun ve sıkıştırılmış, yüksek derecede pozitif yüklü çekirdek fikrini daha iki yıl önce ileri sürmüştü ve 1913 yılında bu hâlâ ispatlanmamış ve bilimciler tarafından kabul edilemeyecek kadar belirsiz bulunmuştu. Rutherford'un himayesi altındaki bir başka bilimci olan Niels Bohr'un anımsattığı gibi, "Bunu bugün anlayamıyoruz, ama (Rutherford'un çalışması) pek ciddiye alınmıyordu... Muhteşem gelişmeyi hayata geçiren Moseley'di". Bunun nedeni Moseley'in, pozitif nükleer yükü atom sayısına eşitleyerek, bir elementin tablodaki yerini fiziksel bir karakteristiğe bağlamasıdır. Moseley bunu herkesin tekrarlayabileceği bir deneyle yapmıştı. Böylelikle elementlerin sıralamasının keyfi olmadığını, atomik anatomilerinin uygun ve tam şekilde anlaşılmasından kaynaklandığını ortaya koymuştu. Kobalt ve nikeldeki gibi karışık durumlar akla uygun hale geldi, çünkü daha hafif olan nikelin daha fazla protonu vardı. Dolayısıyla daha yüksek bir pozitif yüke sahipti ve bu yüzden kobalttan sonra gelmeliydi. Eğer Mendeleyev ve diğerleri, elementler için Rubik zeka küpünü keşfetmişse, Moseley de onu çözmüştü ve Moseley'den sonra yeni açıklamalar uydurma gereği ortadan kalkmıştı.

Buna ek olarak, spektroskop gibi, Moseley'in elektron tabancası da radyoaktif türlerin kafa karıştıran dizisini sırasıyla sınıflandırarak ve yeni elementler için düzmece iddiaları çürüterek, tablonun derlenip toparlanmasına yardımcı oldu. Moseley ayrıca tabloda kalan dört boşluğa da –kırk üç, altmış bir, yetmiş iki ve yetmiş beş numaralara– dikkat çekti. (Altından ağır elementler, 1913 yılında yeterince örnek bulup deney yapmak için çok pahalıya geliyordu. Eğer yapabilseydi, Moseley seksen beş, seksen yedi ve doksan bir'deki boşlukları da bulabilirdi.)

Ne yazık ki o çağda kimyacılar ve fizikçiler birbirine pek güvenmiyordu ve bazı seçkin kimyacılar Moseley'in iddia ettiği kadar büyük bir şey öne sürdüğünden şüpheliydiler. Fransa'dan Georges Urbain, ona Ytterby türü, ne olduğu belirsiz bir nadir toprak elementi karışımı getirerek, bu genç yenilikçiye meydan okudu. Urbain yirmi yılını nadir toprak kimyası öğrenerek geçirmişti ve bu örnek içindeki dört elementi tanımlaması aylarını almıştı. Dolayısıyla bu meydan okumayla Moseley'i aşağılamak istemiyorsa bile onun işine taş koymayı umuyordu. İlk karşılaşmalarının ardından bir saat bile geçmemişti ki Moseley elinde tam ve doğru bir listeyle çıkageldi.[23] Mendeleyev'i bu denli hayal kırıklığına uğratan nadir toprak elementleri artık zorlu lokma olmaktan çıkmıştı.

Ama bunların işini bitiren Moseley'den başkaları oldu. Nükleer bilime öncülük eden, çalışmasıyla sonraki kuşaklar için karanlıkları aydınlatan bu genç adam, tıpkı Prometheus gibi tanrılar tarafından cezalandırıldı. Birinci Dünya Savaşı patladığında Moseley kralın ordusunda askere yazılarak, 1915 yılında ölümcül Gelibolu seferine katıldı. Türk ordusunun İngiliz saflarına düzenlediği bir saldırı sırasında savaş taşla, sopayla, bıçakla dişe diş bir sokak kavgasına dönüştü. Yirmi yedi yaşındaki Moseley çarpışmada hayatını kay-

23 - Moseley'nin mahcup ettiği tek insan Urbain değildi. Moseley'nin aparatı, Masataka Ogawa'nın kırk üç numaralı element olan nipponyumu keşfetmiş olma iddialarını da boşa çıkarmıştı (bkz. 8. Bölüm).

betti. Ölümü üzerine bir meslektaşı Henry Moseley'i kaybetmenin, "tarihin en gizli ve telafisi olanaksız suçlarından biri" olduğunu dile getirdi.[24]

Bilimciler ancak Moseley'in işaret ettiği kayıp elementleri bularak ona vefa borçlarını ödeyebilirlerdi. Artık ne arayacakları konusunda net bir fikir sahibi olan element avcılarına Moseley'in verdiği ilham sayesinde, element safarisi neredeyse popüler bir iş haline geldi. Hiç vakit kaybetmeden hafniyum, protaktinyum ve teknetyumu ilk kimin kapacağına dair bir çekişme başladı. 1930'ların sonlarında diğer araştırma grupları laboratuvarda yarattıkları elementlerle seksen beş ve seksen yedi numaralı elementlerin boşluklarını doldurdu. 1940 yılında sadece tek bir doğal element keşfedilmeden kalmıştı; o da element altmış bir.

Tuhaf ama dünyada sadece birkaç araştırmacı ekibi onu arama zahmetine girmişti. İtalyan fizikçi Emilio Segrè'nin yönetimindeki bir ekip yapay bir örnek üretmeye çalıştı ve muhtemelen 1942 yılında da başardı. Ama pek az denemeden sonra onu izole etmeye çalışmaktan vazgeçtiler. Yedi yıl sonra Tennessee'deki Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı'ndan üç biliminsanı ortaya çıktı ve bir miktar kullanılmış uranyum cevherini inceleyip eledikten sonra, altmış bir numaralı elementi bulduklarını ilan etti. Kimyanın birkaç yüzyılının ardından, periyodik tablodaki son boşluk da böylece doldurulmuştu.

Fakat bu haber o kadar da büyük bir heyecan yaratmadı. Üçlü, altmış bir numaralı elementi bulduğunu iki yıl önce ilan etmişti ve gerçek işleri olan uranyum çalışmalarıyla çok meşgul olduklarından sonuçların üzerinde fazla durmamışlardı. Basın bu buluşa fazla yer vermedi. Kayıp halka, *New York Times*'ın manşetini, yüz yıllar bo-

---

24 - Altmış bir numaralı elementin keşfinden bahseden *Time* makalesi, elementin nasıl adlandırılacağıyla ilgili şu hoş dedikoduyu da içeriyordu: "Bir eğilim, atom bombası projesinin askeri yöneticisi, ağzı kalabalık Tümgeneral Leslie R. Groves'a atıfla, elementin isminin grovesiyum olmasını öneriyor. Sembolü de 'Grrr' olsun bari."

yunca kesintisiz petrol vaat eden şüpheli bir madencilik tekniğiyle paylaştı. *Time* ise habere küçük bir yer verdi ve elemente "pek faydası yok" diyerek burun kıvırdı. Daha sonra, bilimciler onu prometyum olarak adlandırmaya karar verdiler. Bu yüzyılda daha önce keşfedilmiş elementlere kibirli ya da açıklayıcı adlar verilmişti. Adını Yunan mitolojisinde ateşi çalıp insanlara verdiğinden, ciğerlerini didik didik eden bir akbaba tarafından işkenceye mahkum edilen bir yarı tanrıdan alan prometyum ise haşin, tatsız ve hatta suçlu bir şeyler çağrıştırıyordu.

Moseley'in dönemi ile altmış birinci elementin keşfi arasında ne olup bitmişti? Element avcılığı, neden meslektaşına Moseley'in ölümü için onarılmaz bir suç dedirtecek kadar önemli bir iş olmaktan çıkıp gazetelerde birkaç satırla geçiştirilecek bir habere dönüşmüştü? Prometyum işe yaramayabilecek olsa da, bütün insanlar arasında en azından bilimciler pratik hiçbir değeri olmayan keşiflere bile alkış tutmaz mıydı? Ayrıca periyodik tablonun tamamlanması da milyonlarca saatlik insan emeğinin zirvesini ifade eden çığır açıcı bir olaydı. Ne olmuştu da insanlar, soğuk savaş boyunca ABD'li ve Sovyet bilimciler arasında süren horoz dövüşüne neden olan o yeni element arayışından yorgun düşmüştü? Bunun yerine doğa ve nükleer bilimin alçaklığı gelmişti. İnsanlar dönen dolapların farkına varmıştı ve artık prometyum gibi orta değerde bir element, onları plütonyum ve uranyum gibi ağır elementler kadar telaşlandırmıyordu, meşhur çocukları atom bombasının sözünü etmiyorum bile.

1939 yılında bir sabah, Berkeley California Üniversitesi'nde genç bir fizikçi saçlarını kestirmek üzere öğrenci derneğindeki havalı bir berber koltuğuna oturdu. Günün gündemi kim bilir ne olacaktı, belki alçak Hitler, belki de sevindirici bir spor haberi. Her şeye rağmen Luis Alvarez –henüz dinozorların tükenişi teorisiyle ünlenmiş değildi– haber ajansının başlıklarında, Almanya'dan Otto Hahn'ın fisyon deneyleri ve uranyum atomunun parçalanması hakkında bir

habere rastladığı sırada kayıtsızca sohbet ediyor ve *San Francisco Chronicle*'ın sayfalarını çeviriyordu. Alvarez berberini durdurdu, önlüğünü çıkarıp attı ve laboratuvarına giden yolu uçarcasına geçti. Bir Geiger sayacı kaptığı gibi, doğruca ışınlanmış uranyumun başına gitti. Saçının sadece yarısı kesilmişti. Sesini duyabilecek mesafedeki herkesi Hahn'ın ne keşfettiğini görmeye çağırdı.

Eğlenceli olmasının ötesinde, Alvarez'in ataklığı o zamanki nükleer bilimin durumunu simgeliyordu. Bilimciler atomların çekirdeklerinin nasıl işlediğini anlamakta sakin ve yavaş bir süreç geçiriyor, sonra bir keşifle birlikte kendilerini çılgınca paralıyorlardı.

Moseley atom ve nükleer bilimine elverişli bir dayanak sundu ve yığınla yetenek 1920'lerde bu alana yöneldi. Bununla birlikte kazanımların umulduğundan zor elde edileceği anlaşıldı. Karmaşanın bir kısmı dolaylı da olsa Moseley'in hatasıydı. Onun çalışmaları kurşun-204 ve kurşun-206 gibi elementlerin, farklı atom ağırlıklarına rağmen, aynı net pozitif yüke sahip olabileceklerini göstermişti. Böylece sadece protonların ve elektronların bilindiği bir dünyada bilimciler, negatif elektronları Pac-Man[25] gibi silip süpüren çekirdekteki pozitif protonlar hakkında beceriksizce debelenmeye terk edildiler. Üstelik atomaltı parçacıkların nasıl davrandığını kavramak amacıyla kuantum mekaniği gibi tümüyle yeni matematiksel araçlar icat etmek zorunda kaldılar. Bu da yetmezmiş gibi kuantum mekaniğini basit ve izole hidrojen atomlarına bile nasıl uygulayacaklarını bulmak yıllarını aldı.

O sıralarda bilimciler radyoaktiviteyle ilgili bir başka alanda, çekirdeğin nasıl dağılıp gittiğine dair incelemelere devam ediyorlardı. Eski atomlar elektron verir ya da alırlardı, ama Marie Curie ve Ernest Rutherford gibi parlak biliminsanlarının fark ettiği bazı nadir ele-

25 - Elektron yutan Pac-Man çekirdek modelinin dışında biliminsanları, elektronların pozitif yüklü bir "kek" içindeki kuru üzümler gibi homojen şekilde gömülmüş olduğu "üzümlü kek" modelini de geliştirmiştir. Rutherford kompakt bir çekirdek bulunduğunu ispatlayarak bunun aksini kanıtlamıştır. Fisyonun keşfinden sonra ise bilimciler, büyük bir çekirdeğin bir su damlası gibi iki ayrı damlacığa bölündüğü, damlacık modelini keşfettiler. Lise Meitner'in çalışmaları damlacık modelinin gelişiminde büyük önem taşır.

mentler, atomik şarapneller püskürterek çekirdeklerini de değiştirebiliyordu. Rutherford özellikle tüm bu şarapnellerin, birkaç genel çeşit halinde alfa, beta, gama gibi Yunan alfabesinden harfler kullanarak sınıflandırılmasını sağlamıştı. Gama bozunması en basit ve en ölümcül olanıdır, çekirdek konsantre X ışınları yaydığında ortaya çıkar ve bütün nükleer kabuslar bunun üzerinedir. Diğer radyoaktivite çeşitleri, 1920'lerde boşuna umutlandıran bir süreç olan, bir elementin diğerine dönüştürülmesine bağlıdır. Ama her element karakteristik bir şekilde radyoaktifleşir. Böylece alfa ve beta bozunmasının temel teşkil eden derin özellikleri, izotopların doğası hakkında giderek daha fazla hayal kırıklığına uğrayan biliminsanlarını şaşırtmıştır. Pac-Man modeli çuvallamaktadır ve az sayıda gözüpek insan yeni izotopların çoğalmasıyla uğraşmanın tek yolunun periyodik tabloyu bir kenara atmak olduğunu ileri sürmüştür.

Herkesin topluca alınlarına vurarak, "Tabii ya!" dediği an, 1932 yılında Rutherford'un bir başka öğrencisi James Chadwick, yükü değiştirmeden ağırlığı artıran yüksüz nötronu keşfettiğinde yaşandı. Moseley'in atom sayılarıyla ilgili kavrayışıyla birleştiğinde, atomlar (en azından yalnız ve izole olanlar) birden anlam kazandı. Nötronun varlığı kurşun-204 ve kurşun-206'nın her ikisinin de kurşun olabileceği anlamına geliyordu. Atom ağırlıkları farklı olsa da hâlâ aynı pozitif çekirdek yüküne sahip olabilir ve periyodik tabloda aynı koltukta oturabilirlerdi. Radyoaktivitenin doğası da birdenbire anlamlı gelmeye başladı. Beta bozunması proton sayılarını değiştirerek bir atomu başka bir elemente dönüştürdüğünden, beta bozunması nötronların protonlara ya da tersine dönüşümü olarak anlaşıldı. Alfa bozunması da elementleri dönüştürür ve nükleer düzeydeki en dramatik değişimdir. İki nötron ve iki proton kesilip atılır.

Sonraki birkaç yıl boyunca nötron teorik bir araçtan daha fazla işlev kazandı. Her şeyden önce atomun içini derinlemesine incelemenin olağanüstü bir yolunu sunuyordu, çünkü biliminsanları atom-

daki bir nötronu yüklü mermilerle olduğu gibi elektriksel olarak itmeden vurabiliyordu. Ayrıca nötronlar biliminsanlarının yeni bir çeşit radyoaktiviteyi uyarmalarına da yardımcı oldu. Elementler, özellikle de hafif olanlar, nötronlarla protonların zorlu birebir oranını sürdürmeye çalışırlar. Eğer bir atom çok fazla nötrona sahipse, enerji ve fazla nötronlarını serbest bıraktığı bir süreç içinde kendisini böler. Yakın atomlar bu nötronları yutarsa kararsızlaşırlar ve zincirleme reaksiyon denen sıralı bir eylemle daha fazla nötronu dışarı atarlar. Leo Szilard adlı bir fizikçi 1933 yılı civarında Londra'da bir sabah trafik ışıklarında beklerken, nükleer bir zincirleme reaksiyon fikrini hayal etti. 1934 yılında patentini aldı ve 1936 gibi yakın bir tarihte birkaç hafif elementte zincirleme reaksiyon üretmeyi denedi, fakat başarısız oldu.

Tarihlere dikkat edin. Elektronlar, protonlar ve nötronlarla ilgili temel anlayışın yerli yerine oturduğu sırada, eski dünyanın politik düzeni çözülmekteydi. Alvarez'in berber koltuğunda uranyum fisyonu haberini okuduğu sırada, Avrupa cehenneme dönüyordu.

Element avcılığının nazik ve terbiyeli eski dünyası da o yıllarda öldü. Atomik iç kısımların yeni modeliyle birlikte, bilimciler periyodik tablodaki az sayıda keşfedilmemiş elementin özünde kararsız olduklarından keşfedilmediğini anladılar. Bir zamanlar yeryüzünde bol miktarda bulunmuş bile olsalar, bugün çoktan paramparça olup bozunmuşlardı. Bu durum periyodik tablodaki boşluklara akla yatkın bir açıklama sunuyordu, ancak çalışmalar farklı sonuçlar ortaya koydu. Kararsız elementler üzerine yapılan araştırmalar, çok geçmeden biliminsanlarını nükleer fisyon ve nötron zincirleme reaksiyonlarına götürdü. Atomların bölünebileceğini anladıkları anda, yani bu olgunun bilimsel ve politik olarak içerdiği anlamı kavradıklarında, yeni elementleri açığa çıkarma çabası amatör bir hobi olarak kaldı, tıpkı 1800'lerin köhne biyolojisinin bugünkü moleküler biyoloji karşısındaki durumu gibi. İşte tam da bu yüzden, 1939 yılında dünya savaşı ve atom bombalarıyla yıldızlarının parlama olasılığı

varken, hiçbir bilimci prometyumu keşfetmeyi kendisine dert etmedi, ta ki on yıl sonrasına kadar.

Biliminsanları fisyon bombaları olasılığıyla yatıp kalksa da, teoriyi gerçekten ayıran bir sürü sorun vardı. Bugün hatırlaması güç gelse de, nükleer bombalar sonucu belirsiz riskli bir girişim olarak görülüyordu, özellikle de askeri uzmanlarca. İkinci Dünya Savaşı'nda da her zaman olduğu gibi askeri liderler bilimle uğraşanları göreve çağırdı ve onlar da görev bilinciyle, daha sağlam, çelik gibi teknolojilerle savaşın dehşetine dehşet kattılar. Savaşa son veren iki mantar bulutunun sahibi ABD hükümeti, daha büyük ve hızlı silahlar talep etmek yerine, atomaltı bilime yatırım yapsaydı sonuç çok farklı olabilirdi. Ancak o zaman bile, dönemin bilim ve teknolojisi atomların kontrollü bir şekilde nasıl bölüneceğini çözmekte yetersiz kalırdı, öyle ki Manhattan Projesi başarılı olmak adına tümüyle yeni bir araştırma stratejisini, insanların "bilim yapma" anlayışlarını yeniden düzenleyen Monte Carlo metodunu benimsemesi gerekmişti.

Daha önce de bahsettiğimiz gibi, kuantum mekaniği izole edilmiş atomlar söz konusu olduğunda iyi işliyordu ve 1940'larda bilimciler bir nötronu soğurmanın atomu kusacak, patlayıp daha fazla nötron salacak hale getirdiğini biliyorlardı. Bir tek belirli nötronun yolunu takip etmek, çarpıp geri gelen bir bilardo topunu izlemekten zor değildi. Ama bir zincirleme reaksiyonu başlatmak, her biri değişik hızlarla değişik yönlere hareket eden milyarlarca kez milyarlarca nötronu eşgüdümlemeyi gerektiriyordu. Bu nedenle araştırmalarda kullanılan teçhizatlar da karmaşıklaştı. Ayrıca uranyum ve plütonyum hem pahalı hem de tehlikeliydi, dolayısıyla çok detaylı bir deneysel çalışma olanaksızdı.

Ancak Manhattan Projesi'nde yer alan biliminsanları bir bomba üretmek için tam olarak ne kadar plütonyum ve uranyuma ihtiyaç duyduklarını hesaplama emri almışlardı. Çok az olursa patlama fiyaskoyla son bulabilirdi. Çok fazla olursa patlamada sorun olmazdı,

ancak uranyumu saflaştırmak ve plütonyumu önce sentezleyip sonra saflaştırmak çok karmaşık bir işlemdi ve bu miktarda elementi elde etmek de bu sefer savaşın aylarca uzamasına mâl olabilirdi. Hal böyle olunca bazı pragmatik bilimciler iki geleneksel yaklaşımı, teoriyi ve deneyi bir kenara bırakmaya ve üçüncü bir yolu izlemeye karar verdiler.

Başlangıç için bir plütonyum (ya da uranyum) kümesi etrafında sıçrayan bir nötrona rastgele bir hız seçtiler. Aynı zamanda bu nötrona bir de rastgele yön seçtiler. Eldeki plütonyum miktarı, nötronun plütonyum tarafından yutulmadan kaçma olasılığı, plütonyum kümesinin geometrisi ve şekli gibi diğer parametrelere de başka rastgele rakamlar... Sonuçlar pek çok taslaktan birindeki az sayıda nötrona uygulandığından, spesifik rakamlar seçmenin, bilimciler için her hesaplamanın evrensel genelliğini kabullenmek zorunda kalmak anlamına geldiğini unutmayın! Teorik bilimciler evrensel uygulanabilir sonuçlardan vazgeçmekten nefret ederler, ama bu durumda başka şansları yoktu.

Ellerinde kalem kağıtlarla odalar dolusu genç kadın işte tam bu noktada devreye girdi. Çoğunluğunu projede çalışanların eşlerinin oluşturduğu ekip Los Alamos'da sıkıntıdan patladıklarından yardım etmek için işe alınma teklifine balıklama atlamışlardı. Rastgele numaraların doldurulduğu kağıtları alıyor, ellerinde kalemler, çoğunlukla ne anlama geldiğini bilmeden, nötronun plütonyum atomuyla nasıl çarpıştığını, yutulup yutulmadığını, eğer varsa süreç içinde kaç yeni nötronun serbest kaldığını ve diğer şeyleri hesaplıyorlardı. Yüzlerce kadının her biri bir montaj hattı üzerinde tek bir sınırlı işlem yapıyor, bilimciler de sonuçları topluyordu. Tarihçi George Dyson bu süreci bomba imalatı olarak tarif ediyor, "istatistiki bir tahmin yönteminin, *sayısal olarak*, nötron nötron, nanosaniye nanosaniye, olayların rastgele örneklendirilmesi aracılığıyla, birbirine bağlı zaman dilimleri boyunca izlenerek, başka türlü hesaplanması mümkün olmayan, bir konfigürasyonun termonükleer olup olmadı-

ğı sorusu yanıtlandı" diyordu.[26]

Bazen bu teorik küme nükleer hale geldi ve bu başarı sayıldı. Bütün hesaplamalar bitince, kadınlar bu kez farklı rakamlarla yeniden başladılar. Sonra yeniden, yeniden ve yeniden... Perçinci Rosie (Rosie the Riveter) savaş sırasında üretime özendirilen kadın emeğinin ikonik bir simgesi olabilir, ama Manhattan Projesi de masalar dolusu data karşısında parmakları nasır tutan bu kadınlar olmadan hiçbir yere varamazdı. Hepsi, yeni deyişle "bilgisayarlar" olarak tarihe geçti.

Ama bu yaklaşım neden bu kadar farklıydı? Aslında bilimciler her hesaplamayı bir deneyle eş tutmuşlar, plütonyum ve uranyum bombaları ile ilgili sadece sanal veriler toplamışlardı. Teori ve laboratuvar çalışmasının titiz ve karşılıklı düzeltici etkisini bir kenara bırakmışlardı. Bir tarihçinin pek de övücü olmayan ifadeleriyle, "deneysel ve kuramsal nüfuz alanlarından ödünç alınmış temsili bir gerçeği altüst etmiş... bu ödünç alınanları birbirine kaynaştırmış ve sonuçtaki karışımı normal bir metodolojik haritada bir zamanlar hiçbir yerde ve her yerde olan bir düş ülkesinin sınırlarını belirlemede kullanmışlardır".[27]

Elbette ki bu tür hesaplamalar sadece bilimcilerin başlangıç denklemleri kadar iyiydi, ama bu kez şansları yaver gitti. Kuantum düzeyindeki parçacıklar istatistiksel yasalara göre hareket ederler ve tüm tuhaflığına, sezgilere aykırı ve beklenenin aksine özelliklerine rağmen kuantum mekaniği şimdiye dek tasarlanmış en kesin bilimsel teoridir. Ayrıca Manhattan Projesi sırasında elden geçirdikleri bütün hesaplamalar, bilimcilere büyük bir güven vermişti. Bu güvenin boşuna olmadığı 1945 yılının ortalarında New Mexico'da gerçekleştirilen Trinity testinden sonra ortaya çıktı. Uranyum bombasının Hiroşima'da ve birkaç hafta sonra plü-

26 - George Dyson'ın *Project Orion: The True Story of the Atomic Spaceship* adlı kitabından.
27 - Monte Carlo metodu hakkındaki bu sözler, Peter Louis Galison'ın *Image and Logic* adlı kitabından.

tonyum bombasının Nagazaki'de sorunsuz ve kusursuzca patlaması da bu alışılmadık, hesaplama temelli bilimsel yaklaşımın kesinliğini kanıtladı.

Manhattan Projesi boyunca süren yalıtılmış dostluktan sonra, projeye katılanlar, yaptıklarını etraflıca düşünmek üzere (bazıları gururla, bazıları değil) evlerine dağıldı. Çoğu hesaplama koğuşlarında geçirdikleri zamanı memnuniyetle geride bırakıp unuturken, Stanislaw Ulam gibi bazıları ise burada öğrendiklerini perçinledi. Ulam günlerini New Mexico'da kağıt oynayarak geçiren Polonyalı göçmen bir matematikçiydi. 1946 yılında bir gün tek başına fal açarken, kendisini rastgele dağıtılmış bir elde kazanma ihtimali üzerine düşünürken buldu. Ulam'ın kağıt oyunundan daha çok sevdiği tek şey öylesine hesap yapmaktı. Problem bir süre sonra öyle bir karmaşıklığa ulaştı ki Ulam akıllılık edip bıraktı. Yüz el oynamanın ve kaç defa kazandığının çizelgesini tutmanın daha iyi olacağına karar verdi. Bu yeterince kolaydı.

Çoğu insanın nöronları, hatta çoğu bilimcininki de bu bağlantıyı kuramaz, ama Ulam yüzlük kağıt oyununun ortasındayken, Los Alamos'taki bomba yapma "deney"lerinde kullanılan temel yaklaşımın aynısını kullandığını fark etti. (Bağlantılar soyuttur, kartların dağılımı ve dizilimi rastgele girdiler gibidir ve oynanan her el "hesaplama"dır.) Sonrasında, başka bir hesap hastası olan ve Manhattan Projesi'nde emek vermiş Avrupalı göçmen arkadaşı John von Neumann'la eldeki verileri müzakere etmeye başladılar. Ulam ve von Neumann onu evrenselleştirebildikleri ve rastgele değişkenlerin çokluğu içinde diğer durumlara uygulayabildikleri takdirde, bu yöntemin ne kadar güçlü olabileceğini fark ettiler. Bu durumlarda her yeni karmaşayı, her tür kelebek etkisini hesaba katmaya çalışmak yerine, problemi basitçe tanımlayacaklar, rastgele girdileri seçecekler ve sonra da sonuca ulaşacaklardı. Deneyden farklı olarak sonuçlar kesin değildi. Ama yeterince hesaplama yapılırsa, olasılıklardan epeyce emin olabilirlerdi.

Neyse ki Ulam ve von Neumann Philadelphia'daki ENIAC gibi ilk elektronik bilgisayarları geliştiren ABD'li mühendisleri tanıyorlardı. Manhattan Projesi'nin "bilgisayarlar"ı sonuçta hesaplamalar için mekanik bir delgili kart kullanmışlardı, ama yorulmak bilmeyen ENIAC, Ulam ve von Neumann'ın planladığı bu sıkıcı yineleyen işlemler için daha fazla umut vaat ediyordu. Tarihsel olarak olasılık biliminin kökleri aristokrat kumarhanelerdeydi ve Ulam ile von Neumann'ın yaklaşımının adının ise nereden geldiği belli değildi. Ama Ulam onu "Akdeniz prensliğindeki meşhur, sıfırdan otuz altıya rastlantısal tam sayı üreteçleri"nde kumar oynamak için ondan bundan borç alan amcasının anısına böyle adlandırdığını söyleyip böbürlenmeyi çok severdi.

Ne olursa olsun Monte Carlo bilimi çabuk tuttu. Pahalı deneylerin sonu geldi, yüksek kaliteli Monte Carlo simülatörlerine duyulan ihtiyaç, bilgisayarların ilk gelişimine, onları daha hızlı ve daha verimli olmaya iterek yön verdi. Ucuz hesaplamanın ortaya çıkması, Monte Carlo tarzı deneylerin, simülasyonların ve modellerin kimya, astronomi ve fizik gibi dallara hakim olmasını sağladı. Mühendislik ve borsa analizlerini saymıyorum bile. Günümüzde sadece iki kuşak geçtiği halde, çeşitli biçimlerdeki Monte Carlo metodu bazı alanları öyle belirlemekte ki, pek çok genç bilimci geleneksel teorik ve deneysel bilimden nasıl tümüyle koptuklarının farkında bile değil. Sonuçta kestirme ve geçici ölçüm, nükleer zincirleme reaksiyonları hesaplamak üzere plütonyum ve uranyum atomlarını abaküs gibi kullanmak, bilimsel süreçlerin yeri doldurulamaz bir özelliği oldu. Bu yöntem sadece bilimi fethetmedi, aynı zamanda yerleşik hale geldi ve diğer yöntemleri ya asimile etti ya da onlarla kaynaştı.

Bununla birlikte 1949 yılında bu dönüşüm henüz gerçekleşmemişti. Ulam'ın Monte Carlo metodu en fazla yeni nesil nükleer silahları ilerletti. Von Neumann, Ulam ve onlar gibiler bilgisayarların kurulduğu spor salonu büyüklüğündeki odalarda ortaya çıkıp, gizemli bir şekilde bu bilgisayarlardan bazı programları çalıştırmala-

rını isteyecekler ve onlar da öğlen 12'de başlayıp gece boyunca çalışacaklardı. Bu ölü saatlerde geliştirdikleri silahlar, standart bir atom bombasından bin kat daha güçlü, çok aşamalı tertiplerden oluşan "süperler" oldu. Süperler, aşırı ağır sıvı hidrojen içindeki yıldızımsı füzyonu ateşlemede plütonyum ve uranyumu kullandı. Bu karmaşık süreç ne gizli askeri raporların dışına çıkacak ne de dijital hesaplamaları yapılmadan yeraltı sığınaklarındaki füzelere yerleştirilecekti. Tarihçi George Dyson'un derli toplu bir şekilde özetlediği gibi, o yılların teknolojik tarihinde, "bilgisayarlar bombalara, bombalar bilgisayarlara öncülük etti".

Bir süper için uygun tasarımı bulmak adına süren büyük mücadelenin ardından, biliminsanları 1952 yılında şık bir seçim yaptılar. O yıl bir süperin test edilmesi sırasında Pasifik Okyanusu'ndaki Eniwetok mercanadasının yok edilmesi, bir kez daha Monte Carlo metodunun acımasız dehasını gösterdi. Bununla birlikte, bomba bilimcileri birbirini izleyen süperlerden daha kötüsüne halihazırda sahiptiler.

Atom bombaları insanı iki farklı yolla öldürür. Çok sayıda insanın ölmesini, çok sayıda binanın yerle bir olmasını isteyen çılgın bir adam geleneksel, tek aşamalı bir fisyon bombası üzerinde çalışabilir. Hem yapması daha kolaydır; hem de dev alev ve ışık patlaması nı takip eden ani hortumlar ve kavrulmuş kurbanların duvarlara yapışan siluetleri, onun çılgınca oyunu için ihtiyacı karşılayacaktır. Ama bu çılgın adamın sabrı varsa ve sinsice bir şey yapmaya niyetliyse, her su kuyusunun içine işemek, toprağı tuza bulamak istiyorsa, bir kobalt-60 kirli bombası ateşleyecektir.

Geleneksel nükleer bombalar sıcaklıkla öldürürken, kirli bombalar gama ışımasıyla, yani uğursuz X ışınlarıyla öldürür. Gama ışınları hummalı radyoaktif olaylar sonucu ortaya çıkar ve insanları korkunç bir şekilde yakmanın dışında, kemik iliğine kadar işler ve akyuvarlardaki kromozomları karıştırır. Bu hücreler ya bir çırpıda ölür, ya kanserli hale gelir ya da kontrolsüzce büyür ve deforme olup

enfeksiyonlara karşı kendini koruyamaz olur. Bütün nükleer bombalar bir miktar radyasyon yayar, ama kirli bombalarda meselenin aslı radyasyondur.

Bazı bombaların standardına göre, lösemi bile daha uysaldır. Manhattan Projesi'nde çalışan bir başka Avrupalı göçmen fizikçi Leo Szilard 1933'lerde, sonradan vicdan azabı duyacağı, kendi kendine devam eden nükleer zincirleme reaksiyon fikrini bulmuştu. 1950'lere geldiğinde artık daha akıllı ve ağırbaşlı biri olarak yaptığı hesaba göre, yerkürenin her metrekaresine 30 gramlık kobalt-60'ların onda birini serpiştirmek, dünyayı bütün insan soyunu ortadan kaldıracak kadar gamma ışınıyla kirletmeye yeterdi (dinozorları öldüren bulutun nükleer versiyonu gibi düşünün). Yaptığı cihaz kobalt-59 kılıfla sarılı çok aşamalı bir savaş başlığından meydana geliyordu. Plütonyumdaki bir fisyon reaksiyonu hidrojende füzyon başlatacaktı ve reaksiyon bir kere başladığında belli ki kobalt kılıf ve başka ne varsa yok olacaktı. Ama önce atomik düzeyde bir şeylerin olması gerekiyordu. Orada, kobalt atomları tuzlanma denen bir süreçle, fisyon ve füzyon sonucu ortaya çıkmış nötronları içine alır. Tuzlanma kararlı kobalt-59'u, sonrasında kül gibi aşağı çökecek kararsız kobalt-60'a dönüştürür.

Diğer elementlerin pek çoğu gama ışını yayarlar, ama kobaltın özel bir durumu vardır. Sıradan atom bombaları yeraltı sığınaklarında karşılanabilir, radyoaktif serpintileri vücuttan atılabildiğinden gama ışınları hızla zararsız hale gelir. 1945 yılındaki patlamaların ardından Hiroşima ve Nagazaki az çok yaşanabilir haldeydi. Öteki elementler, barda hep son bir kadeh daha içen alkolikler gibi ekstra nötronları yutarlar. Bu durumda ilk patlamanın ardından radyasyon düzeyleri o kadar da yükseğe fırlamaz.

Kobalt bombaları şeytani bir biçimde bu uç noktalar arasında, ideal ölçünün en kötüsü olduğu nadir durumda yer alır. Kobalt-60 atomları toprağa küçücük kara mayınları gibi yerleşir. Hemen kaçıp gitmeyi gerektirecek kadarı anında havaya karışır, ama beş yıl son-

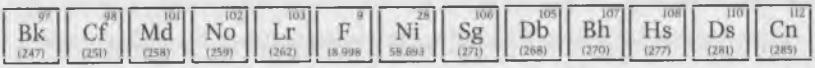
ra bile kobaltın hâlâ yarısı öldürmeye hazır silah gibidir. Gama şarapnelinin bu sabit ve düzenli nabız atışı yüzünden, kobalt bombalarından kaçılamaz, etkisinin geçmesi beklenemez. Toprağın yeniden kendisini toparlaması bir insan ömrü kadardır. Bu kobalt bombalarını bir savaş silahı olmaktan da çıkarır, çünkü galip ordu ele geçirdiği toprakların sahibi olamayacaktır. Ancak geri çekilirken düşmana bıraktığı toprakları yakıp kullanılmaz hale getirmek gibi, "başkasına da bana da yar olmasın" diyen bir çılgın ancak böyle bir işe girişebilir.

Onu savunmak adına Szilard kobalt bombasının, bu ilk kıyamet silahının asla imal edilmeyeceğini umdu ve bilindiği kadarıyla da hiçbir ülke bunu denemedi. Gerçekte Szilard nükleer savaşın çılgınlık olduğunu göstermek adına ortaya bir fikir atmıştı, insanlar da bunu değerlendirdi. Szilard'dan önce nükleer silahlar korkutucuydu, ama böyle kıyamet silahları gibi değildi. Alçakgönüllü ve ılımlı teklifinin ardından Szilard insanların böyle bir şeye kalkışmayacak kadar akıllarını başlarına alacaklarını ve nükleer silahlardan vazgeçeceklerini umdu. Ama öyle olmadı. "Prometyum" ismi resmiyet kazandıktan sonra, Sovyetler Birliği de bir bomba edindi. ABD ve Sovyet hükümetleri kısa sürede, silahların karşılıklı olarak azaltılmasını öngören, güven verici olmasa da uygun bir adı olan MAD doktrinini kabul ettiler, sonuç nasıl olursa olsun, nükleer savaşta her iki tarafın da kaybedeceği fikri böylece onaylanmış oluyordu. Değerler sistemi bakımından ne kadar aptalca olursa olsun, MAD[28], nükleer silahların taktik silahlar olarak her tarafı sarmasını engelledi. Bunun yerine uluslararası gerilimler soğuk savaşa doğru pekişti. Topluma öylesine nüfuz eden bir mücadeleydi ki bu, eski periyodik tablo bile geriliminden kaçamadı.

28 - Mutualy Assured Destruction: Dehşet Dengesi. Orijinal ismin baş harfleri olan MAD aynı zamanda "çılgın" anlamına gelir. -ed

7

Periyodik Tabloyu Büyüt, **Soğuk Savaşı Yay**



1950 yılında *New Yorker*'ın dedikodu sayfasında ilginç bir ilan çıktı:[29]

> Yeni atomlar ürkütücü bir sıklıkla değilse de, mucize gibi ortaya çıkıyor. En son Berkeley'deki California Üniversitesi'nden biliminsanları 97 ve 98 numaralı elementleri keşfettiler ve sırasıyla berkelyum ve kaliforniyum olarak vaftiz ettiler... Bu isimler halkla ilişkiler konusunda hayret verici bir öngörüsüzlük örneği olarak bizi şaşırttı... California'nın meşgul bilimcileri bugünlerde hiç şüphesiz bir iki yeni atomla ortaya çıkacaklar ve üniversite... [University of California-Berkeley'den hareketle] elementleri üniversiteyum (97), ofiyum (98), kaliforniyum (99), berkelyum (100) gibi bir dizi halinde adlandırarak kendisini periyodik tabloda ölümsüzleştirme fırsatını sonsuza dek yitirmiş oldu.

Bu ince alay karşısında mat olmamak için, Berkeley'de Glenn Seaborg ve Albert Ghiorso'nun başında bulunduğu biliminsanla-

---

29 - E. J. Kahn Jr, *New Yorker*, 8 Nisan 1950.

rı, "Yaptıkları adlandırmanın 97 ve 98'i 'üniversiteyum' ve 'ofiyum' diye adlandırdıktan sonra birkaç New Yorklunun 99 ve 100'ü bulup 'newiyum' ve 'yorkiyum' diye adlandırmaları gibi düşük ama korkunç bir ihtimali" bertaraf etmek için tasarlanmış, akıllıca bir önleyici taktik olduğu karşılığını verdiler.

New Yorker tayfasının buna cevabı gecikmedi: "Biz bu aralar zaten ofis-laboratuvarlarımızda 'newyum' ve 'yorkiyum' üzerine çalışıyoruz. Şimdilik elimizde sadece adları var."

Mektuplardaki eğlenceli hazırcevaplık Berkeley'de çalışan bir bilimci olmanın eğlenceli olduğu zamanlarda yaşanmıştı. Bu bilimciler bir süpernovanın milyarlarca yıl önce başlama vuruşu yaptığı andan beri güneş sistemimizde ilk defa yeni elementler yaratmaktaydı. Hem de süpernovadan daha iyi iş çıkarıyorlardı, doksan iki doğal elementten fazlasını yapmışlardı. Ama hiç kimse element yaratmanın ve hatta adlandırmanın yakında soğuk savaşın bir cephesi olacağını tahmin edememişti.

Söylenenlere bakılırsa, şimdiye dek *Kim Kimdir?*'de en uzun madde Glenn Seaborg için yazılmıştı. Berkeley'in seçkin dekanı, Nobel ödüllü kimyacı, Pac-10 spor liginin kurucu ortaklarından, Başkan Kennedy, Johnson, Nixon, Carter, Reagan ve George H. W. Bush'un atom enerjisi ve nükleer silahlanma yarışındaki danışmanı, Manhattan Projesi'nde ekip şefi vs... Ama onu bu diğer onurlara götüren en büyük ilk bilimsel keşfi acemi şansı sayesinde olmuştu.

1940 yılında Seaborg'un meslektaşı ve dostu Edwin McMillan neptünyum olarak adlandırdığı ilk transuranik elementi yaratarak uzun zamandır herkesin peşinde koştuğu ödülü kazandı. Elde ettiği başarıyla iştahı kabaran McMillan, doksan üç numaralı elementin bir hayli istikrarsız olduğunu ve bir elektron daha verip doksan dört numaralı elemente dönüşebileceğini fark etti. Bir sonraki element için ciddi ciddi kanıt aradı. Yanında çalışan 28 yaşındaki, İsveççe konuşan bir göçmen kolonisinde büyümüş, Michiganlı sıs-

ka bir genç olan Seaborg'u da tüm bu süreç hakkında bilgilendirdi. Spor salonunda duş alırken bile, bu süreçte kullanılacak teknikleri tartıştıkları söylenir.

Ne var ki 1940 yılında yeni elementlerin keşfinden daha fazlası olup bitmekteydi. ABD hükümeti gizlice de olsa İkinci Dünya Savaşı'nda Mihver Devletler'e karşı direnişe yardım etmeye karar verdiğinde, McMillan'ın da aralarında bulunduğu bilimin parlayan yıldızlarını askeri projelerde çalıştırmaya başladı. Henüz hükümetin aklına gelecek kadar öne çıkmış olmayan Seaborg, McMillan'ın donanımıyla ve sürece dair tamamen bilgilendirilmiş olarak Berkeley'de bir başına kalıverdi. Bunun şöhret yolunda kendilerine tanınan tek şans olabileceği endişesiyle Seaborg ve bir diğer meslektaşı aceleyle doksan üç numaralı elementten mikroskobik bir miktar toplamayı başardılar. Neptünyumu süzdükten sonra, sadece çok küçük bir miktar kimyasal kalıncaya kadar, fazla neptünyumu çözüp ayırarak radyoaktif örneği elediler. Kalan atomlar şimdiye dek bilinen en yüklü elementlerden (+7) daha yüksek bir elektrik yüküne ulaşıncaya dek, güçlü bir kimyasal kullanıp elektronlarını tek tek koparark, doksan dört numaralı element olması gereken atomları ortaya çıkardılar. Daha ilk andan itibaren doksan dört numaralı elementin özel olduğu belliydi. Biliminsanlarının güneş sisteminin kıyılarına doğru yürüyüşlerini devam ettirerek ve bunun sentezlenebilecek son olası element olduğu inancıyla ona plütonyum adını verdiler.

Birdenbire yıldızı parlayan Seaborg, 1942 yılında Manhattan Projesi'nin bir dalında çalışmak üzere Chicago'ya çağrıldı. Birkaç öğrencisini ve teknisyeni Al Ghiorso'yu da yanında götürdü. Ghiorso huy olarak Seaborg'un tam zıttıydı. Seaborg istisnasız her fotoğrafta, laboratuvarda çalışırken bile takım elbiseler içinde görünürken, Ghiorso yün ceketinin içinde, üst düğmesi iliklenmemiş bir gömlekle çok daha rahat görünüyordu. Kalın siyah çerçeveli gözlükler takıyor, saçına bol bol briyantin sürüyordu ve burnuyla çenesi Nixon'u andırıyordu. (Kendisi Nixon benzetmesinden *nefret* ederdi.) Ayrıca

Seaborg'dan farklı olarak kurumda bir parça yıpranmıştı. Biraz çocuksu bir kararla, daha fazla eğitime maruz kalmamak adına üniversite mezuniyetinden öteye gitmemişti. Yine de Berkeley'de radyoaktivite detektörlerini kablolamak gibi sıkıcı bir işten kurtulmak amacıyla Seaborg'un peşinden Chicago'ya gitti. Vardığında Seaborg onu hemen işe koştu, ama burada da detektörleri kablolaması gerekiyordu.

Buna rağmen ikili iyi anlaşıyordu. Savaştan sonra Berkeley'e döndüklerinde (artık ikisi de üniversiteyi delicesine seviyorlardı), *New Yorker*'ın da yazdığı üzere, "ürkütücü bir sıklıkla olmasa da mucize gibi" ağır elementlerin üretilmesine giriştiler. Başka yazarlar ise yeni elementleri keşfeden kimyacıları, paketledikleri her egzotik baharatla kimyasever kitleleri heyecanlandıran avcılarla kıyasladılar. Eğer bu övgü dolu tanımlamada doğruluk payı varsa, en büyük tüfeklere sahip en yiğit avcılar, yani periyodik tablonun Ernest Hemingway ve Theodore Roosevelt'i, tarihte herkesten daha fazla element keşfeden ve tabloyu neredeyse altıda biri oranında büyüten Ghiorso ve Seaborg olmalıydı.

1946 yılında Seaborg, Ghiorso ve diğerleri hassas plütonyumu radyoaktif parçacıklarla bombardıman etmeye başladıklarında, bu kez nötron cephanelik yerine iki proton ve iki nötrondan oluşan, salkımlar gibi alfa parçacıkları kullandılar. İnatçı nötronlardan farklı olarak, burunlarının önünde sallanan zıt yüklü mekanik bir "tavşan"ın peşinden sürüklenen yüklü parçacıklar gibi olduklarından, alfa parçacıklarını yüksek hızlara ulaştırmak daha kolaydı. Ayrıca alfalar plütonyuma yapıştıklarında Berkeley ekibi bir vuruşta iki yeni element birden elde etmiş oldu, çünkü doksan altıncı element plütonyumun protonlarından iki fazlasına sahipti ve bir proton attığında doksan beşinci elemente bozunuyordu.

Doksan beşinci ve doksan altıncı elementin kaşifleri olarak Seaborg ve Ghiorso'nun ekibi onları adlandırma hakkını da kazandı. Elementlere, Amerika'dan hareketle amerikyum ve Marie Curie'nin anısına küriyum adlarını verdiler. Her zamanki katılığından vazge-

çen Seaborg, elementlerin adlarını bilimsel bir dergi yerine, radyodaki bir çocuk programında ilan etti. Büyümüş de küçülmüş bir velet Bay Seaborg'a, "Son günlerde yeni bir element keşfettiniz mi?" diye sordu. Seaborg da buna olumlu cevap vererek evlerinde programı dinleyen çocukları, öğretmenlerine eski periyodik tabloyu yırtıp atmasını söylemeye çağırdı. "Daha sonra çocuklardan aldığım mektuplardan anladığım kadarıyla, öğretmenleri oldukça şüpheciymiş," diyordu Seaborg anılarında.

1949 yılında Berkeley ekibi alfa bombardımanı deneylerine devam ederek berkelyum ve kaliforniyumu buldular. Bu isimlerden gurur duyarak ve küçük de olsa bir takdir görme umuduyla, Berkeley belediyesinin üst düzey yöneticilerini kutlamaya davet etti. Ofis çalışanları konuşmaları esneyerek dinledi, ne başkan ne de ekibinden herhangi biri buluşun neden bu kadar önemli olduğunu anlayabildi. Şehrin kalın kafalılığı Ghiorso'nun keyfini kaçırdı. Belediye başkanının bizimkileri adam yerine koymayan tavrından önce, doksan yedi numaralı elementi berkelyum olarak adlandırıp kimyasal simgesinin de Bm[30] olması gerektiğini savunuyordu, çünkü keşfetme süreci zorlu ve pis geçmişti. Sonrasında okulda boktan şakalara meraklı her yeniyetmenin Berkeley'in periyodik tabloda "Bm" ile temsil edildiğini görüp kahkahalarla güleceğini düşünüp eğlenmiş olmalı. (Ne yazık ki onu dinlemediler ve berkelyumun simgesi Bk oldu.)

Belediye başkanının soğuk karşılamasından yılmayan üniversite ekibi, okullardaki geçersiz tabloları yenileyen imalatçıları mutlu ederek periyodik tablodaki yeni kutuları doldurmayı sürdürdüler. 1952 yılında hidrojen bombası denemesi yapılan Pasifik'teki radyoaktif bir mercanda doksan dokuzuncu (aynştaynyum) ve yüzüncü (fermiyum) elementleri keşfettiler. Ama deneyler yüz birinci elementin yaratılmasıyla zirve yaptı.

30- Argoda "büyük abdest" anlamına gelen kısaltma. -çn

Elementler protonlarla şiştikçe kırılganlaştıklarından, biliminsanları alfa parçacıklarıyla püskürtmek üzere yeterince büyük numuneler yaratmakta zorlanıyorlardı. Yüz birinci elementin peşinden gitmeyi düşünmek için bile yeterli aynştaynyumu elde etmeleri, plütonyumu üç yıl boyunca bombardımana tutmalarını gerektirmişti. Üstelik bu daha sadece bir başlangıçtı. Yüz biri yaratmak amacıyla yapılan her girişim için, bilimciler görülmeyecek kadar küçük aynştaynyum parçacıklarını altın folyo üzerine hafifçe dokundurup alfa parçacıklarıyla dövdüler. Sonrasında radyoaktifleşmiş altın kafesin çözünüp ayrıştırılması gerekiyordu, çünkü onun radyoaktivitesi yeni elementin keşfedilmesini engelleyebilirdi. Biliminsanları yeni elementler bulmak adına yapılan önceki deneylerde, bu aşamada neyle reaksiyona gireceğini görmek için örneği test tüplerine dökmüşlerdi. Ama element yüz bir söz konusu olduğunda, bunu yapacak yeterince atom yoktu. Bu nedenle ekip, onu bütün atomlar ayrıştıktan sonra geriye ne kaldığına bakarak, yani "öldükten sonra" tanımlamak durumundaydı, tıpkı bombardımanın ardından etrafa dağılmış parçalardan bir araba toplamak gibi.

Olmayacak iş değildi, ancak alfa parçacık aşaması tek bir laboratuvarda yapılabiliyordu, tespit aşamasında da kilometrelerce uzaktaki bir başkasına girmek gerekiyordu. Bu yüzden her denemede altın folyo çözülürken büyük bir koşuşturma yaşanıyordu. Ghiorso dışarıda motoru çalışır vaziyette arabasında numuneyi diğer laboratuvara taşımak üzere bekliyordu. Ekip bu işlemi gece yarısında yapıyordu, çünkü trafiğe takılır da numune Ghiorso'nun kucağında radyoaktifleşirse, bütün çabalar boşa gidebilirdi. Ghiorso diğer laboratuvara varınca merdivenleri ikişer üçer çıkar ve numuneyi bir başka hızlı saflaştırma sürecinden geçirip, kendisinin kabloladığı son model detektörlere yerleştirirdi. Ghiorso dünyanın bu en gelişmiş ağır metal laboratuvarının en önemli cihazı olan detektörlerle artık gurur duyuyordu.

Ekip işi sürdürdü ve 1955 yılının Şubat ayında bir gece emeklerinin karşılığını aldı. Ghiorso radyasyon detektörünü binanın yan-

gın alarmına bağlamıştı ve sonunda yüz birinci elementin patlayan bir atomunu tespit ettiğinde, alarm yaygarayı kopardı. O gece aynı durum on altı kez tekrarlandı ve her seferinde ekip sevinç çığlıkları attı. Şafakla beraber herkes evine başarı sarhoşluğuyla yorgun ama mutlu döndü. Ghiorso, detektörünün kablolarını sökmeyi unuttunca, ertesi sabah tembel yüz bir atomu alarmı bir kez daha harekete geçerek, bina sakinlerine büyük panik yaşattı.[31]

Kendi memleketlerini, eyaletlerini ve ülkelerini zaten onurlandırmış olduklarından, ekip yüz birinci element için Dimitri Mendeleyev anısına mendelevyum adını önerdi. Bilimsel açıdan bunda bir sorun yoktu. Diplomatik olarak ise soğuk savaş sırasında bir Rus bilimciyi onurlandırmak cesaret isterdi ve isim seçimleri ABD'de pek hoş karşılanmadı, ama söylenenlere bakılırsa bu, Sovyet devlet başkanı Kruşçev'in çok hoşuna gitmişti. Seaborg, Ghiorso ve diğerleri bilimin ucuz politikadan değerli olduğunu göstermek istiyorlardı. Yüce gönüllü davranmayı göze alabilirlerdi. Bir süre sonra Seaborg, Kennedy'ye danışmanlık için ayrıldı ve Berkeley laboratuvarı Al Ghiorso'nun yönetiminde çalışmaya devam etti. Dünyadaki bütün nükleer laboratuvarlara tur bindirdi; diğer laboratuvarlar neredeyse Berkeley'in hesaplarını kontrol edip sağlamasını yapmaktan başka bir şey yapamaz oldular. Sadece bir defa İsveç'ten bir ekip yüz ikinci elementte Berkeley'i alt ettiğini öne sürdü, ama Berkeley anında bu iddiayı çürüttü. Karşılık olarak Berkeley, 1960'ların başında yüz ikinci (nobelyum, dinamiti bulan ve Nobel Ödülü'nü kuran Afred Nobel'in anısına) ve yüz üçüncü (lavrensiyum, Berkeley Radyasyon Laboratuvarı'nın kurucusu ve yöneticisi Ernest Lawrence'ın anısına) elementi buldu.

Sonrasında 1964'te ikinci bir *Sputnik* gerçekleşti.

31- Doksan dörtten yüz ona uzanan element keşiflerine varan deneyler ve Seaborg'un kendisiyle ilgili daha ayrıntılı bilgi için, Glenn Seaborg'un otobiyografilerine, özellikle de oğlu Eric'le birlikte yazdığı *Adventures in the Atomic Age*'e bakılabilir. Bu kitap gerçekten çok ilginçtir çünkü Seaborg çok önemli bilimsel gelişmelerin merkezinde olmuş ve politik yaşamda on yıllar boyunca önemli bir rol oynamıştır. Ama dürüst olmak gerekirse, Seaborg'un ihtiyatlı yazım tarzı kitabı bazı noktalarda biraz tatsız hale getirmiştir.

Bazı Ruslar dünyanın kendilerine ait köşesiyle ilgili bir yaratılış efsanesine sahiptir. Çok, çok eskiden Tanrı bütün mineralleri kucaklayıp, adilce dağılmışlar mı diye kontrol etmek üzere bütün dünyayı baştan sona dolaşmış. Her şey iyi görünüyormuş. Tantal bir ülkede, uranyum bir başkasında, böyle devam ediyormuş. Ama Tanrı Sibirya'ya geldiğinde, parmakları soğuktan kaskatı olmuş, bütün metaller elinden düşüvermiş. Elleri onları toplayamayacak kadar donduğundan, onları öylece bırakıp gitmiş. Bu hikaye Rusların pek böbürlendiği geniş mineral yataklarını gayet güzel açıklıyor.

Ama tüm jeolojik zenginliğine rağmen, Rusya'da sadece iki faydasız element keşfedilmişti: rutenyum ve samaryum. İsveç, Almanya ve Fransa'da bulunan düzinelerce elementle bu rakamı karşılaştırın. Mendeleyev bir yana, Avrupa ile kıyaslandığında büyük Rus bilimcilerin listesi de kısır sayılır. Despotik çarlar, tarımsal ekonomi, yetersiz eğitim, sert hava koşulları gibi çeşitli nedenler yüzünden Rusya sahip olabileceği bilimsel dehaları yetiştirememişti. Temel teknolojileri bile doğru anlayamadılar, inanmıyorsanız takvimlerine bakın... 1900'lere kadar Rusya, Jül Sezar'ın astrologlarının icat ettiği, Avrupa'dan ve sonraki modern Gregoryen takvimden haftalarca geri kalan, yanlış ayarlı bir takvim kullanıyordu. 1917 yılının Kasım ayında Vladimir Lenin'i ve Bolşevikleri iktidara getiren devrime neden "Ekim Devrimi" dendiğini açıklayan da bu gecikmedir.

Devrim kısmen Lenin çağdışı kalmış Rusya'nın gidişatını değiştirme sözü verdiği için başarılı oldu. Sovyet Politbürosu yeni işçi cennetinde bilimle uğraşanların eşitler arasında birinci olduğunu vurguladı. Birkaç yıl içinde de, Lenin'in himayesindeki bilimciler, devletin müdahalesine fazla maruz kalmadan işlerini sürdürmeye başladılar. Böylece devletin fazlasıyla desteklediği dünya çapında bilimciler yetiştirdiler. Bu sırada paranın, bilimcileri mutlu etmenin yanı sıra, güçlü bir propaganda sağladığını da öğrenmiş oldular. En sıradan Sovyet meslektaşlarının bile ne kadar iyi finanse edildiğini gören Sovyetler Birliği dışındaki bilimciler, en azından güçlü bir

devletin nihayet kendi değerlerini tanıdığını düşündüler. 1950'lerin başında, McCarthyciliğin palazlandığı ABD'de bile, bilimle uğraşanlar bilimsel ilerlemeye sağladığı maddi destekten dolayı Sovyet bloğuna gıptayla bakıyordu.

Aslına bakılırsa 1958 yılında kurulan John Birch Cemiyeti gibi aşırı sağcı gruplar, Sovyetlerin bilimde kaydettikleri ilerlemeyi tehlikeli buluyorlardı. Topluluk diş çürüklerini engellemek amacıyla musluk suyuna florür (flüorin iyonu) katılmasına bile ateş püskürüyordu. İyotlu tuz dışında, florürlü su şimdiye dek uygulanan en ucuz ve en etkili halk sağlığı önlemleri arasındaydı. Bu suyu kullananlar tarihte ilk kez dişleri ağızlarında sapasağlam öleceklerdi. Oysa cemiyet mensupları florürlemenin cinsel eğitimle ve ABD'lilerin zihnini kontrol edecek diğer "iğrenç komünist komplolar" ile ilgili olduğuna inanıyordu, bölgenin su görevlileri ve sağlık öğretmenlerinden Kremlin'e uzanan bir komedi... ABD'li bilimcilerin çoğu John Brich Cemiyeti'nin bilim karşıtı korku tellallığını adeta dehşetle seyrediyordu. Buna kıyasla Sovyetler Birliği'nin bilimden yana söylemi ne kadar da hoş görünüyordu.

Buna karşın ilerleme görüntüsünün altında bir tümör yayılıyordu. 1929 yılında Sovyetler Birliği üzerinde despotik bir egemenlik kuran Joseph Stalin'in bilim hakkında kendine özgü fikirleri vardı. Bilimi anlamsız, keyfi ve zararlı bir biçimde "burjuva" ve "proleter" diye ikiye bölüyor, birincisini icra edenleri cezalandırıyordu. Onca yıl Sovyet tarım araştırmaları, bir proleter çiftçi, "yalın ayak bilimci" Trofim Lysenko tarafından yürütüldü. Stalin kelimenin tam anlamıyla ona hayrandı, çünkü Lysenko ekinler de dahil bütün yaşayan şeylerin özelliklerini ve genlerini ebeveynlerinden kalıtımla kazandığı düşüncesinin geçersizliğini ilan etmişti. Gerçek bir Marksist olarak, canlılar için (bitkiler de dahil) sadece sosyal çevrenin önem taşıdığını ve Sovyet çevre koşullarının kapitalizmin iğrenç koşullarından daha iyisini ortaya çıkaracağını iddia etmişti. Gen biyolojisini mümkün olduğunca yasadışı ilan etti. Muhalifler tutuklandı ya

da idam edildi. Bir şekilde Lysenkoculuk ekin mahsulünü artıramadı ve bu doktrini uygulamak zorunda bırakılan milyonlarca kolektifleştirilmiş çiftçi açlıktan kıvrandı. Bu kıtlıklar sırasında, seçkin bir İngiliz genetikçi, Lysenko'yu "genetiğin ve bitki fizyolojisinin temel prensipleri konusunda kara cahil... Lysenko'yla konuşmak çarpım tablosunu bilmeyen birine diferansiyel analiz anlatmak gibi" diye tarif ediyordu.

Dahası Stalin biliminsanlarını tutuklarken, onları çalışma kamplarında devlet adına çalışmaya zorlarken hiç tereddüt etmiyordu. Çok sayıda biliminsanını, sıcaklığın sık sık -60 °C'lere düştüğü Sibirya'da, Norilsk'in dışındaki berbat bir nikel işletmesi ve tutukevine göndermişti. Aslında burası temel olarak bir nikel madeni olduğu halde, Norilsk dizel yakıt dumanlarından dolayı sürekli kükürt kokuyordu ve biliminsanları orada arsenik, kurşun ve kadmiyum gibi periyodik tablonun zehirli metallerinden bol miktarda çıkarmak üzere köle gibi çalıştırılıyordu. Çevre kirliliği gökyüzünü boyuyordu, hangi ağır metalin ilgi gördüğüne bağlı olarak kar pembe ya da mavi yağıyordu. Bütün metaller revaçta olduğundaysa simsiyah yağıyordu ki günümüzde bile buna tanık olmak mümkündür. Belki de en ürpertici olanı, bugün dâhi bu zehirli nikel tesisinin 50 km yakınında tek bir ağacın bile olmadığı yönündeki raporlardır. Rusların mizah anlayışının ürkütücülüğüne uygun bir fıkra, Norilsk'teki aylakların bozukluk için yalvarmak yerine, yağmur sularını fincanlarda biriktirip buharlaştırdığını ve çıkan metal kırıntılarını peşin paraya sattığını söyleyerek bölgedeki kirlilikle mavrasını geçer. Ne yazık ki Sovyet biliminin bir kuşağının çoğu, Sovyet sanayisi için nikel ve diğer metalleri çıkarırken heba olmuştur.

Katıksız bir gerçekçi olarak Stalin, kuantum mekaniği ve izafiyet gibi mantığa ve genel kanılara aykırı, tekinsiz bilim dallarına karşı da hep şüpheyle yaklaştı. 1949 yılı gibi geç bir tarihte, bu kuramları terk ederek komünist ideolojiye uymayan burjuva fizikçileri tasfiye etmeyi düşündü. Neyse ki cesur bir danışmanı bunun Sovyet nükleer silah programı-

na bir parça zarar verebileceğini söyledi de Stalin geri adım attı. Ayrıca diğer bilim dallarından farklı olarak, hiçbir zaman fizikçilerin tafsiyesinden yana olmadı, çünkü Stalin'in oyuncağı silah araştırmaları fiziğin alanına girdiğinden ve Marksizmin oyuncağı olan insan doğasıyla ilgili sorulara cevap vermekte bilinemezci kaldığından, Stalin'in elinde fizikçiler, biyologların, psikologların ve iktisatçıların layık görüldüğü istismarlardan kurtulabildi. "Fizikçileri rahat bırakın, onları daha sonra da vurabiliriz," diyordu Stalin merhametli bir şekilde.

Stalin'in fizik bilimine verdiği onayın bir başka boyutu daha vardı. Stalin sadakat bekliyordu ve Sovyet nükleer programı sadık birinden, nükleer bilimci Georgy Flyorov'dan kök salmıştı. En ünlü fotoğrafında Flyorov fazla kiloları, yüzündeki yapmacık sırıtış, traktör tekeri kalınlığında kaşları dışında tüysüz yüzüyle ve yakasından pembe bir demet karanfil fışkırmış gibi çirkin bağlanmış kravatıyla daha çok bir vodvil oyuncusuna benziyordu.

Georgy Amca görüntüsü gerçekte cin gibi bir açıkgözlülüğü gizlemekteydi. 1942 yılında Flyorov Alman ve ABD'li bilimcilerin uranyum fisyonu araştırmalarında geçmiş yıllarda katettiği büyük ilerlemeye rağmen, bilimsel dergilerin bu konuda yayın yapmayı kestiğini fark etmişti. Böylece fisyon çalışmalarının devlet sırrı olduğu sonucuna vardı. Bunun tek bir anlamı olabilirdi. Flyorov, Einstein'ın Franklin Roosevelt'le Manhattan Projesi'nin başlatılması hakkındaki yazışmasını aktaran bir mektupla Stalin'i şüphelerinden haberdar ederek uyardı. Stalin duruma uyandı ve hezeyan içinde onlarca fizikçiyi bir araya toplayarak, onları Sovyetler Birliği'nin atom bombası projesi üzerinde çalışmaya başlattı. "Baba Josef" Flyorov'un sadakatini asla unutmadı.

Şimdilerde Stalin dehşetini bilirken, Flyorov'u ikinci bir Lysenko olarak damgalayıp ona çamur atmak kolaydır. Ne de olsa Flyorov sessiz kalsaydı, Stalin 1945 yılına kadar nükleer bombalardan haberdar bile olmayabilirdi. Flyorov'un durumu aynı zamanda Rusya'nın bilimsel kavrayış eksikliğinin bir başka olası açıklamasıdır: bilimde

lanetli bir şey olan yaltaklanma. (1878'de Mendeleyev'in zamanında, bir Rus jeolog altmış iki numaralı element samaryumu içeren bir minerale önemsiz bir bürokrat ve madencilik görevlisi olan şefi Albay Samarski'nin adını vermişti. Bu periyodik tablodaki elementlere verilen en önemsiz isimdir.)

Ama Flyorov'un durumu biraz daha karışıktır. Çoğu hainçe "muhalif çalışmaları" nedeniyle öldürülmüş olan seçkin Bilimler Akademisi'ndeki unutulmaz tasfiyede toplanan 650 bilimci de dahil, pek çok meslektaşının hayatının harcanışına şahitlik etmiştir. 1942 yılında yirmi dokuz yaşındayken, derin bilimsel tutkulara ve bunları gerçekleştirebilecek yeteneğe sahipti. Kendi memleketinde kapana kısılmış gibiydi ve ilerleme yolunda tek umudunun politik oyunlar olduğunu biliyordu. Mektubu işe yaradı. 1949 yılında Sovyetler Birliği kendi nükleer bombasını tamamladığında Stalin ve halefleri o kadar memnun kaldılar ki, yetkililer yoldaş Flyorov'un kendi araştırma laboratuvarını kurmasına izin verdiler. Burası Moskova'nın sekiz mil dışında, Dubna şehrinde izole edilmiş, devletin müdahalesinden muaf bir tesisti. Genç adam için Stalin'in tarafına geçmek, ahlaken sorunlu olsa da anlaşılır bir davranıştı.

Flyorov laboratuvarında akıllıca davranıp saygın ama anlaşılması zor, meslekten olmayan insanlara anlatılması güç ve muhtemelen dar görüşlü ideologları rahatsız etmeyecek "karatahta bilimi"ne odaklandı. 1960'larda, Berkeley laboratuvarı sayesinde, yeni elementler yüzyıllardır olduğundan çok farklı bir şekilde keşfedilir olmuştu; bundan böyle ne olduğu belirsiz kayaları kazarak ellerinizi kirletmenize gerek yoktu. Elementlerin sadece bilgisayarların çalıştırdığı radyasyon detektörlerinin çıktılarında (ya da alarm zillerinde) göründüğü farklı bir takibe dönüşmüştü. Alfa parçacıklarını ağır elementlere çarpıştırmak bile artık yeterince kullanışlı değildi, çünkü ağır elementler nişan alacak kadar sabit kalmıyordu.

Bunun yerine biliminsanları periyodik tablonun daha derinlerine eriştiler ve daha hafif elementleri eritip birleştirmeye çalıştılar. Gö-

rünüşte bu projeler tümüyle aritmetikti. Yüz iki numaralı element için, teorik olarak magnezyumu (on iki) toryumla (doksan) ya da vanadyumu (yirmi üç) altınla (yetmiş dokuz) çarpıştırabilirdiniz. Bununla birlikte çok az kombinasyon birbiriyle uyuştuğundan, bilimciler hangi element çiftlerinin harcadıkları paraya ve çabaya değeceğini belirlemek için epey vakit kaybettiler. Flyorov ve meslektaşları çok çalıştı ve Berkeley laboratuvarının tekniklerini kopyaladı. Sonuçta kısmen onun sayesinde, Sovyetler Birliği 1950'lerin sonunda, fizik biliminde Berkeley'in şöhretine tepeden bakacak duruma geldi. Seaborg, Ghiorso ve Berkeley yüz bir, yüz iki ve yüz üç numaralı elementlerde Rusları alt etmişti. Ama 1964 yılında, *Sputnik*'ten yedi yıl sonra, Dubna ekibi yüz dört numaralı elementi yaratmada birinciliğini ilan etti.

Berkelyum ve kaliforniyumdan sonra bu nasıl olabilirdi? Bu şoku öfke takip etti. Gururu kırılan Berkeley ekibi Sovyet sonuçlarını kontrol etti ve beklendiği gibi onları ham ve baştan savma buldu. Bu sırada Berkeley yüz dört numaralı elementi kendisi yaratmak üzere işe koyuldu ve Seaborg danışmanlığındaki Ghiorso ekibi 1969 yılında başarıya ulaştı. Öte yandan Dubna bu noktada yüz beş numaralı elementi de elde etmişti. Berkeley yine Sovyetleri yakalama gayretiyle onların kendi verilerini yanlış değerlendirdiklerini iddia ederek sonuca karşı çıktılar. Bir çeşit aşağılama amaçlı molotof kokteyli! 1974 yılında birkaç ay arayla iki ekip birden yüz altıncı elementi üretti, ancak o zamana dek mendelevyumla gelen uluslararası dostluk çoktan buharlaşmıştı.

İddialarını sağlamlaştırmak üzere iki ekip de "kendi" elementini adlandırmaya başladı. Listeler çok sıkıcıydı. Dubna ekibinin berkelyum tarzında dubniyumu uydurması ilginçti. Kendi adına Berkeley, yüz beşinci element için Otto Hahn'ın adını, yüz altıncı içinse Ghiorso'nun ısrarıyla Glenn Seaborg'un adını seçti. Elementlere yaşayan birinin adını koymak kuraldışı değilse de sinir bozucu bir ABD görgüsüzlüğü olarak değerlendirildi. Çekişen isimler dünya çapında

akademik dergilerde boy göstermeye başladı. Periyodik tablo imalatçılarının ise bu karmaşanın içinden nasıl çıkacaklarına dair hiçbir fikirleri yoktu.

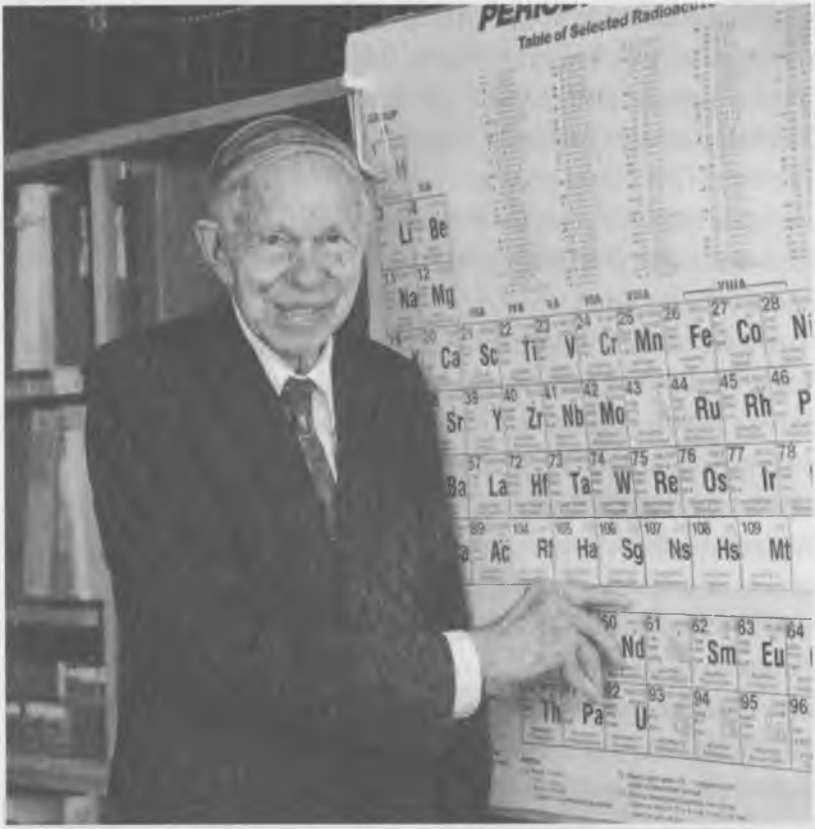
1990'lara kadar süren çekişme, Batı Almanya'dan bir ekibin bu elementlerin aslında kendilerine ait olduğunu iddia etmesiyle daha da büyüdü. Sonuç olarak dünya kimyasını kontrol eden kuruluş Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC) devreye girerek hakemlik etmek durumunda kaldı.

IUPAC imaları ve suçlamaları gözden geçirmek ve ilk verileri incelemek üzere bu laboratuvarlarda haftalar boyunca çalışacak dokuz bilimci görevlendirdi. Dokuz kişi bunun ardından bir de haftalarca kendi aralarında tartışarak, soğuk savaşın taraflarının el sıkışmaları ve elementleri bulma onurunu paylaşmaları gerektiğini açıkladı. Ne var ki bu çözüm kimseyi memnun etmemişti. Elementin sadece tek bir ismi olabilirdi ve gerçek ödül tablodaki kutuya yazılacak isimden başka bir şey değildi.

En sonunda 1995 yılında dokuz bilge adam yüz dört ile yüz dokuz arası elementler için geçici resmi isimleri açıkladı. Bu uzlaşma Dubna ve Batı Alman Darmstadt ekiplerini memnun ederken, seaborgiyumun listeden silindiğini gören Berkeley ekibi bozuldu. Bir basın toplantısı düzenleyip, "Cehenneme kadar yolunuz var, biz ABD'de böyle kullanacağız" mealinde bir şeyler söylediler. Dünyanın neresinden olursa olsun, her kimyacının makalesini yayınlatmayı önemsediği seçkin dergilere sahip etkili bir ABD kimya kuruluşu Berkeley'e arka çıktı. Böylece diplomatik dengeler değişti ve dokuz adam boyun eğdi. 1996 yılında değişmeden kalan son liste açıklandı. Rutherfordiyum (yüz dört), dubniyum (yüz beş), bohriyum (yüz yedi) ve hassiyumun (yüz sekiz) bugünkü tabloda yer alan resmi adlarının yanı sıra, seaborgiyum (yüz altı) da listede bulunuyordu. Bu zaferden sonra, bir zamanlar *New Yorker*'ın yetersiz bulduğu halkla ilişkiler konusundaki öngörüsüyle, Berkeley ekibi, dev bir periyodik tablonun yanında, eğri büğrü parmağıyla

kendi adını taşıyan seaborgiyumu gösterirken ihtiyar Seaborg'un fotoğrafını çekti. Tatlı gülümsemesi, ilk yaylım ateşi otuz iki yıl önce başlayan ve sertliği soğuk savaştan daha uzun süren çekişmenin hiçbir izini açığa vurmuyordu. Seaborg bundan üç yıl sonra öldü.

Ama böyle bir hikayenin düzgün bitmesini beklemek fazla olurdu. 1990'lar boyunca Berkeley kimyası, Rus ve özellikle Alman rakiplerinin arkasından nal topladı. Kayda değer hızdaki başarılarla



Sovyet ve Batı Alman bilimcilerle onlarca yıl süren didişmenin ardından, memnun ama yorgun Glenn Seaborg adını taşıyan yüz altı numaralı elementi, yaşayan birinin ismiyle adlandırılan tek element olan seaborgiyumu gösteriyor. (Fotoğraf, Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı'nın izniyle.)

Almanlar, sadece 1994 ve 1996 yılları arasında darmstadtiyum (Ds) adını verdikleri yüz on numaralı elementi, adını büyük Alman biliminsanı Wilhelm Röntgen'den alan yüz on bir numaralı element röntgeniyumu (Rg) ve periyodik tabloya resmi olarak Haziran 2009 yılında eklenen en son element, yüz on iki numaralı kopernikyumu (Cn) elde ettiler. Alman başarısı, hiç şüphesiz Berkeley'in geçmiş zaferleriyle ilgili iddialarını neden bu kadar inatla savunduğunu da açıklıyor: Gelecekten hiç umutlu değillerdi. Bununla birlikte, gölgede kalmayı kabullenmeyen Berkeley, 1996 yılında yüz on ve yüz on iki numaralı elementlerin keşfinde yararlı işler yapmış Victor Ninov adında bir Bulgar'ı Almanlardan koparıp işe alarak bir hamle yaptı. Ninov yarı emekli Al Ghiorso'yu bile cezbetmişti. Ghiorso, "Ninov en az genç Al Ghiorso kadar iyi," demekten kendini alamıyordu.

Çok geçmeden Berkeley laboratuvarı yeniden iyimserlik sularında yüzmeye başladı. 1999 yılında Ninov ekibi, muhteşem bir geri dönüş için, kurşunla (seksen iki) çarpıştırılan kriptonun (otuz altı) yüz on sekizinci elementi üretebileceğini hesaplayan Polonyalı bir teorik fizikçinin ileri sürdüğü tartışmalı deneyi devam ettirdi. Pek çok kişi bu hesaplamayı saçma bulmuştu, ama Ninov Almanya'yı olduğu gibi ABD'yi de fethetmeye kararlıydı ve deneyde ısrar etti. O zamanlar elementlerin yaratılması uzun süren, multimilyon dolarlık bir üretim haline geldiğinden, kimsenin üstüne kumar oynamak isteyeceği bir iş değildi, neyse ki kripton deneyi mucizevi bir şekilde amacına ulaştı. "Victor Tanrı'yla konuşmuş olmalı," diye şakalaşıyordu bilimciler. Ama hepsinden iyisi, yüz on sekizinci element, bir alfa parçacığı fırlatıp anında bozunarak yüz on altıncı elemente dönüştü ki o da daha önce hiç görülmemişti. Berkeley iki element birden bulmuş, bir taşla iki kuş vurmuştu. Berkeley'de, ekibin ihtiyar Ghiorso'yu kendi elementiyle, ghiorsiyum (yüz on sekiz) ile onurlandıracağı söylentileri dolaşmaya başlamıştı.

Ne var ki işler yolunda gitmedi. Ruslar ve Almanlar deneyleri tekrarlayarak sonuçları teyit etmeye çalıştıklarında, sadece kurşun

ve kripton buldular, ortada yüz on sekizinci element yoktu. Bu garip sonucun kasıtlı bir şekilde ortaya çıkarılmış olabileceğini düşünen Berkeley ekibi deneyi bir kere daha tekrarladı. Aylarca denemelerine rağmen onlar da istedikleri sonuca ulaşamadılar. Şaşkın haldeki Berkeley yönetimi devreye girdi. Geriye dönüp yüz on sekizinci elementin orijinal verilerine baktıklarında korkunç bir şey fark ettiler, veri falan yoktu. Yüz on sekizinci elementin varlığına dair hiçbir kanıt yoktu, uzun araştırmaları sonunda kanıt yerine tek buldukları, veri analizlerinin son turlarında rastladıkları karman çorman 1'ler ve 0'lardı. Bütün işaretler, tüm önemli radyasyon detektörlerini ve onları yöneten bilgisayar yazılımlarını kontrol eden Victor Ninov'un veri dosyalarına yanlış artılar girdiğini ve onları gerçek saydığını gösteriyordu. Periyodik tabloyu büyütmenin, anlaşılması zor yaklaşımıyla ilgili öngörülemeyen bir tehlikeydi bu. Elementler tümüyle bilgisayarda var olduklarından, herhangi biri bilgisayar korsanlığıyla bütün dünyayı kandırabilirdi.

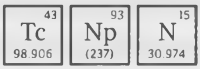
Yerin dibine geçen Berkeley yüz on sekizinci elementi keşfettikleri iddiasını geri çekti. Ninov kovuldu ve Berkeley laboratuvarı büyük bütçe kesintilerine maruz kaldı. Ninov ise, geçmişte çalıştığı Alman laboratuvarı onun eski veri dosyalarını gözden geçirerek onun deneylerinin çifte kontrolünü yapıp, bulgularının bazılarını geri çekmesine rağmen, verilerde sahtekarlık yaptığını bugüne kadar hep reddetti. Belki de daha kötüsü, ABD'li bilimciler ağır elementler üzerine çalışmak için Dubno'ya seyahat etmek zorunda kaldılar. Sonunda 2006 yılında uluslararası bir ekip, on milyar kere milyar kalsiyum atomunu kaliforniyum hedefine çarpıştırıp üç adet yüz on sekizinci element atomu elde ettiğini açıkladı. Bu iddiaya da hemen itirazlar geldi. Fakat kabul edilecek olursa (çünkü edilmemesi için hiçbir sebep yok), bu keşif periyodik tabloda ghiorsiyumun var olma ihtimalini tamamen ortadan kaldıracak. Onların laboratuvarında gerçekleşen bu keşifte son söz Rusların olacak ve bilindiği kadarıyla onların gönlünden geçen ad "flyoriyum".

III.
BÖLÜM

PERİYODİK KARIŞIKLIK: KARMAŞANIN DOĞUŞU

8

Fizikten Biyolojiye



Glenn Seaborg ve Al Ghiorso bilinmeyen element avcılığını yeni bir entelektüel düzeye taşıdılar, fakat periyodik tablodaki boşlukları dolduran bir tek onlar değildi. Aslında *Time* dergisinin 1960 yılında "Yılın Adamları" olarak gösterdiği ABD'li on beş bilimciye ne Seaborg ne de Ghiorso dahildi. Bu onura, onlardan bir önceki dönemin en büyük element ustası Emilio Segrè layık görülmüştü. Seaborg henüz bir üniversite öğrencisiyken, Segrè tablonun en oynak ve anlaşılması en zor elementini yakalamıştı.

Fütüristik bir görüntü kazandırmak amacıyla, derginin o sayısının kapağına ufacık, titreşen, kırmızı bir atom çekirdeği yerleştirmişlerdi. Çevresinde elektronlar yerine, okul yıllıklarındaki öğretmen fotoğraflarına bakıp kıs kıs gülen herkesin bildiği ciddiyette ve yapmacık pozlarda on beş vesikalık bulunuyordu. Burada genetikçiler, astronomlar, lazer öncüleri ve kanser araştırmacıları, ayrıca geleceğin öjenik savunucusu William Shockley gibi kıskanç bir transistör bilimcisi de yer alıyordu. (Hatta aynı sayıda Shockley, geliştirdiği ırk teorilerine açıklama getirme fırsatını kaçırmamıştı.) Fotoğrafların verdiği okul yıllığı hissine rağmen ekip çok tanınmıştı. *Time*, ABD biliminin beklenmedik uluslararası hakimiyetiyle övünülecek bir seçim yapmıştı. Nobel Ödülleri'nin ilk kırk yılında, 1940'lara ka-

dar ABD'li bilimciler on beş ödül, sonraki yirmi yılda ise kırk iki ödül kazanmıştı.[32]

Yahudi bir göçmen olan Segrè, ABD'nin bilimsel açıdan çok kısa bir sürede öne çıkmasını İkinci Dünya Savaşı ile gelen mültecilere bağlıyordu. Elli beş yaşındaydı ve bu on beş kişinin yaşlıları arasındaydı. Fotoğrafı derginin sol üst çeyreğinde, daha aşağıda ortada resmedilmiş olan elli dokuz yaşındaki Linus Pauling'in sol üstünde yer alıyordu. Periyodik tablo kimyasının dönüşümüne katkıda bulunan Segrè ve Pauling yakın arkadaş olmasalar da, ilgi alanları üzerine sohbet edip yazışmışlardı. Segrè bir keresinde radyoaktif berilyum deneyleri için Pauling'den tavsiye istemiş, sonradan da Pauling Segrè'ye, kaşiflerinden biri olduğu ve *Britannica Ansiklopedisi*'ne yazdığı periyodik tablo hakkındaki makalesinde bahsetmek istediği seksen yedinci element (fransiyum) için geçici bir isim sormuştu.

İkisi kolaylıkla aynı fakültede çalışmış olabilirdi, aslına bakarsanız olmalıydı da. 1922 yılında Oregon dışından işe alınan, çiçeği burnunda, ateşli bir kimyacı olan Pauling, Berkeley'deki California Üniversitesi'nde görevli Gilbert Lewis'e (sürekli Nobel Ödülü'nü kaybeden kimyager) bir mektup yazarak oradaki yüksek lisans eğitimi hakkında bilgi istemişti. Lewis cevap vermeye tenezzül bile etme-

---

32- *Time*'ın kapağındaki Segrè, Shockley ve Pauling dışındaki diğer on iki bilimci George Beadle, Charles Draper, John Enders, Donald Glaser, Joshua Lederberg, Willard Libby, Edward Purcell, Isidor Rabi, Edward Teller, Charles Townes, James Van Allen ve Robert Woodward'du.

Time'ın "Yılın Adamları" makalesi Shockley'in ırklar üzerine şu sözlerini içeriyordu. Bunları bir iltifat olarak söylemiş olsa da, Bunche hakkındaki bu sözleri o zamanlar bile garip kaçmıştı. Bugün ise tüyler ürperticidir. "Bilimcilerin o nadir soyundan, bir çalışmanın pratik uygulamalarına zaman ve ilgi harcanmasına karşı hiç müsamaha göstermeyen bir teorici olan 50 yaşındaki William Shockley şöyle diyor: 'Bir araştırmanın ne kadarının saf bilim ve ne kadar uygulama olduğunu sormak, Ralph Bunche'nın ne kadar zenci, ne kadar beyaz kanı taşıdığını sormaya benzer. Esas önemli olan Ralph Bunche'nın büyük bir adam olmasıdır.'"

Bu makale aynı zamanda Shockley'in transistörün esas mucidi olduğu efsanesinin pekişmiş olduğunu da gösterir. 1936'da MIT'den mezun olduktan sonra Bell Telefon Laboratuvarları'nda işe başlayan teorik fizikçi Shockley, daha önce bir salon gösterisinden ibaret olan, silisyum ve germanyumun bir fotoelektrik cihaz olarak kullanımına bir işlev kazandıran ekibin de üyesidir. Shockley ve çalışma arkadaşları, büyük germanyum parçalarını ülkenin hızla gelişen elektronik endüstrisinde vakum tüplerinin yerini alan kristalleri, transistörlere çevirdikleri için Nobel'i kazanmıştır.

diğinden, Pauling 1981 yılına kadar bir öğrenci ve öğretim görevlisi olarak yıldızının parladığı California Teknoloji Enstitüsü'ne kaydoldu. Ancak neden sonra Berkeley, Pauling'in mektubunu kaybettiğini fark etti. Lewis mektubu görmüş olsaydı, Pauling'i kesinlikle kabul eder, sonra da onu hayatının sonuna kadar Berkeley'de kalmaya ikna ederdi. (Lewis'in en iyi mezunlarını fakülteye bağlamak gibi bir politikası vardı.)

Ardından Segrè de Pauling'e katılabilirdi. 1938 yılında Benito Mussolini, Hitler'in önünde eğilip İtalya'daki bütün Yahudi profesörleri işten attığında, Segrè de faşist Avrupa'dan kaçan Yahudi mülteciler kervanına katıldı. Bu da yetmezmiş gibi, Segrè'nin Berkeley'de göreve geldiği koşullar da aynı ölçüde küçük düşürücüydü. İtalya'daki işinden kovulduğu sırada Segrè, California Üniversitesi Berkeley Radyasyon Laboratuvarı'nda araştırma iznindeydi. Aniden evsiz ve korku içinde kalan Segrè, Radyasyon Laboratuvarı'nın yöneticisine tam zamanlı bir iş için yalvardı. Yönetici daha düşük bir maaşla ona iş verebileceğini söyledi. Başka hiçbir seçeneği olmadığını varsayarak Segrè'ye yüzde 60 kesinti ile aylık 300 dolar yerine, 116 dolar maaş önerdi. Segrè kaderine razı gelerek anlaşmayı kabul etti. Sonra da nasıl geçindireceğini kara kara düşündüğü İtalya'daki ailesini yanına aldırdı.

Segrè bu olayı hafif atlattı ve sonraki yıllarda başta Pauling olmak üzere, ikisi de kendi alanlarında birer efsaneye dönüştüler. Bugün meslekten olmayanların adını bile duymadığı en büyük bilimciler arasında sayılıyorlar. Fakat aralarında büyük oranda unutulan ve *Time* dergisinin kesinlikle lafını bile etmediği ortak bir bağ daha var. Pauling ve Segrè bilim tarihindeki en büyük hatalardan ikisini yapmalarının utancı ile sonsuza dek birlikte anılacak.

Bilimdeki hatalar her zaman uğursuz sonuçlar doğurmaz. Sertleştirilmiş lastik, teflon ve penisilin hep hatalar sonucu bulunmuştur. Camillo Golgi yanlışlıkla bir elementi beyin dokusu üzerine döktükten sonra, sinir hücrelerinin ayrıntılarını görünür hale ge-

tiren bir yöntem olan osmiyum boyamasını keşfetmiştir. On altıncı yüzyıl bilgini ve öncü bir kimyager olan Paracelsus'un cıva, tuz ve kükürtün evrenin temel atomları olduğunu iddia etmesi gibi açık seçik bir yalan bile, simyacıları akla ziyan altın arayışından uzaklaştırarak, gerçek kimyasal analize öncülük etmelerini sağlamıştır. Sakarlık sonucu yapılan keşifler ve kaba yanlışlıklar tarih boyunca bilimi ilerletmiştir.

Pauling ve Segrè'ninkiler ise bu tarzda değil, görmezden gel, müdüre söyleme tarzında hatalardı. Onların lehine bir tek şu söylenebilir: Her ikisi de o kadar karmaşık projeler üzerine çalışıyorlardı ki, tekil atomların kimyasına çakıldıklarından, atom sistemlerinin nasıl hareket etmesi gerektiğini açıklayan kimyayı atlamışlardı. Yine bu iki adam, aydınlanmasına yardım ettikleri periyodik tablo üzerinde biraz daha dikkatli çalışarak hata yapmaktan kaçınabilirlerdi.

Hatalardan bahsetmişken, başka hiçbir element kırk üç numaralı elementten daha fazla "ilk kez" keşfedilmemiştir. Element dünyasının Loch Ness canavarıydı o.

1828 yılında bir Alman kimyager "polonyum" ve "pluranyum" adlı yeni elementlerin keşfini duyuruyordu ve bunlardan birinin kırk üç numaralı element olduğunu tahmin ediyordu. Sonuç olarak her ikisinin de saf iridyum olduğu ortaya çıktı. 1846 yılında başka bir Alman "ilmenyum"u keşfetti, fakat bu da aslında niyobyumdu. Sonraki yıl başka biri "pelopyum"u keşfetti, oysa bu da niyobyumdu. Kırk üç numaralı element için sonunda 1869'da güzel haberler gelmeye başladı, Mendeleyev kendi periyodik tablosunu oluşturmuştu ve kırk iki ile kırk dördüncü elementler arasında bir boşluk bırakmıştı. Fakat kendisi "iyi bilim" olmasına rağmen, Mendeleyev'in çalışması pek çok "kötü bilim"e cesaret verdi, çünkü insanları, bulmaya önceden hazır oldukları şeyi aramaya teşvik ediyordu. Mendeleyev'in takipçisi Ruslar sekiz yıl sonra tablodaki kırk üç numaralı kutuya, olması gerekenden yüzde 50 ağır olduğu halde,

kendilerinden emin bir şekilde "davyum"u yerleştirdiler. Sonradan bunun üç elementin karışımı olduğu anlaşıldı. Sonuçta 1896 yılında yirminci yüzyıl için en uygun zamanda "lusiyum" keşfedildi ve itriyum gibi ıskartaya çıkarıldı.

Yeni yüzyıl daha zalim geldi. 1909 yılında Masataka Ogawa doğduğu yerin adından (*Nippon*: Japonya) esinlenerek adlandırdığı "niponyum"u keşfetti. Bütün önceki yapay kırk üçler, kirlenmiş ve karışmış başka örneklerden veya daha önce keşfedilmiş eser elementlerden geliyordu. Ogawa ise gerçekten yeni bir element keşfetmişti. Kırk üç numaralı elementi ele geçirme savaşında, tablodaki diğer boşlukları umursamadı ve kimse çalışmasını destekleyemeyince utanarak geri çekildi. Ancak 2004 yılında bir vatandaşı Ogawa'nın verilerini yeniden gözden geçirdi ve o zamanlar daha keşfedilmemiş olan yetmiş beş numaralı element renyumu bilmeden izole ettiğini ortaya çıkardı. Artık toprağa karışmış olan Ogawa, en azından bir şey keşfettiği için mutlu mu olurdu, yoksa yaptığı hata yüzünden kafasını taşlara mı vururdu, söylemek zor.

Yetmiş beş numaralı element, 1925 yılında üç Alman kimyageri –Otto Berg, Walter Noddack ve Ida Noddack– tarafından kesin olarak keşfedildi. Ren Nehri'nden esinlenerek buna renyum adını verdiler. Kırk üç numaralı elementin keşfine bir çentik de onlardan geldi ve Prusya'daki bir bölgeden esinlenerek "masuryum" adını verdiler. On yıl kadar sonra milliyetçiliğin talan ettiği Avrupalı bilimciler Almanlara özgü, neredeyse şoven denebilecek bu isimlerden (Ren ve Mazuri, Birinci Dünya Savaşı'nda Almanya'nın zafer bölgeleriydi) rahatsız olunca, Almanların itibarını sarsmak üzere kıta çapında propogandalar yapılmaya başladı. Renyum verileri güvenilir görünüyordu, bu nedenle bilimciler daha baştan savma görünen "masuryum" keşfine yoğunlaştılar. Bazılarına göre kırk üç numaralı elementi Almanlar keşfetmiş olabilirdi, fakat bu üçlünün makalesinde izole ettikleri "masuryum"un miktarını binlerce kez fazla tahmin etmek gibi özensiz hatalar vardı. Sonuçta kırk üçüncü element için

başka bir iddiadan şüphelenen biliminsanları bu bulguyu geçersiz ilan ettiler.

Nihayet 1937 yılında Emilio Segrè ve Carlo Perrier bu elementi izole etmeyi başararak, bu yeni çalışmadan nükleer fizik alanında yararlandı. Kırk üç numaralı elementin yerkabuğundaki neredeyse bütün atomları milyonlarca yıl önce radyoaktif olarak kırk iki numaralı element molibdene parçalandığından bulunamadığı ortaya çıktı. Berg ve Noddack'lar gibi birkaç miligram için tonlarca cevheri incelemek yerine, İtalyanlar ne olduğundan habersiz ABD'li bir meslektaşlarından biraz molibden imal etmesini istediler.

Birkaç yıl önce Ernest Lawrence (zamanında Berg ve Noddack'ların kırk üç numaralı elementle ilgili iddialarına "hayal ürünü" demişti) radyoaktif elementleri seri şekilde üretebilsin diye kiklotron adlı bir atom kırıcı icat etmişti. Yenilerindense, bilinen elementlerin izotoplarını üretmekten zevk alıyordu. 1937 yılında Amerika seyahati sırasında Segrè, Lawrence'ın laboratuvarını ziyaret ettiğinde, kiklotronda yenilenebilir molibden parçaları kullanıldığını duydu. Bu koşullarda dahili Geiger sayacı deliye dönüyordu. Atık haline gelen bazı parçalara bakmak için izin istedi. Haftalar sonra Segrè'nin ricasıyla Lawrence, kırık dökük bir miktar molibden şeridini bir zarfın içinde İtalya'ya gönderdi. Segrè'nin önsezileri doğru çıkmıştı: Şeritlerin üzerinde Perrier ile birlikte kırk üç numaralı elementin kalıntılarını buldular. Periyodik tablonun en sinir bozucu boşluğunu doldurmuşlardı.

Doğal olarak Alman kimyagerler "masuryum" iddialarından vazgeçmediler. Hatta Walter Noddack İtalya'daki ofisinde Segrè'yi ziyaret ederek kendisiyle tartıştı. Üzerinde gamalı haçlar olan askeri üniforma benzeri bir kıyafetle adeta karşısındakine gözdağı veriyordu. Ancak aynı sıralarda başka bir politik baskıyla karşı karşıya olan Segrè'nin bu tehdide pabuç bırakmaya niyeti yoktu. Segrè'nin çalıştığı Palermo Üniversitesi, onun yeni elementini Palermo'nun Latincesinden esinlenerek "panormiyum" olarak ad-

landırmasını istiyordu. Belki de "masuryum" üzerine dönen milliyetçi tartışmalar nedeniyle temkinli davranan Segrè ve Perrier, bunun yerine Yunancada "suni" anlamına gelen "teknetyum" ismini tercih ettiler. Sıkıcı ama uygun bir seçim olmuştu, ne de olsa teknetyum insan yapısı ilk elementti. Fakat bu tercihin Segrè'nin hayatını kolaylaştırmayacağı ortadaydı. Böylece 1938 yılında yurtdışına çıkarak, Lawrence'ın idaresinde Berkeley'de araştırma izni ayarladı.

Lawrence'ın molibdeni neden istediğini ona açıklamayan Segrè'ye kin beslediğine dair elimizde bir kanıt yok, ama aynı yıl ona beklentisinden az maaş veren Lawrence'tan başkası değildi. Aslında Lawrence bir keresinde İtalyan'ın duygularını umursamaksızın, her ay 184 dolarlık bir tasarrufu, değerli kiklotronu gibi ekipmanlara harcayabileceği için ne kadar mutlu olduğunu ağzından kaçırmıştı. Böylece Lawrence fonlarını güvenceye almada ve araştırmayı yönetmedeki bütün yeteneğine karşın, insanlarla ilişkisinde ne kadar kalın kafalı olduğunu göstermişti. Lawrence parlak bir bilimciyi işe aldığında diktatör tavrı başka bir şekle dönüşüyordu. Hatta destekçisi Glenn Seaborg bile o zamanlar bilimdeki en önemli keşifler olan yapay radyoaktiviteyi ve nükleer fisyonu keşfedenin Avrupalılar değil, Lawrence'ın dünyaca ünlü ve delicesine kıskanılan Radyasyon Laboratuvarı olması gerektiğini söylemişti. İkisini de ıskalamış olmalarından büyük üzüntü duyan Seaborg'a göre, "utanılması gereken bir başarısızlık"tı bu.

Yine de Segrè bu son meselede Lawrence'ın tarafını tutmuş olabilir. 1934 yılında efsanevi İtalyan fizikçisi Enrico Fermi dünyaya uranyum örneklerini nötronlarla bombardıman ederek doksan üç numaralı elementi ve diğer transuranik elementleri keşfettiğini duyurduğunda (sonradan yanlış olduğu ortaya çıktı), laboratuvarın en kıdemli asistanı Segrè'ydi. Fermi uzun zamandır bilimdeki en kıvrak zeka olarak itibar görüyordu, fakat bu olayda düşünmeden karar vermesi onu hataya sürükledi. Aslına bakarsanız, transuraniklerden

çok daha kayda değer bir keşfi gözden kaçırmış, diğerlerinden yıllar önce uranyum fisyonunu gerçekleştirmiş, ancak farkına bile varmamıştı. 1939 yılında iki Alman bilimci Fermi'nin sonuçlarına karşı çıktığında, bütün laboratuvar afallamıştı, (Fermi bu çalışmasıyla çoktan Nobel Ödülü'nü kazanmıştı bile) özellikle Segrè'nin düş kırıklığını hissetmemek mümkün değildi. Ekibi yeni elementler analiz etmekten ve tanımlamaktan sorumluydu. İşin kötüsü o anda Segrè, 1934 yılında fisyon olasılığı üzerine bir makale okuduğunu ve bunu kötü planlanmış ve temelsiz bulup dikkate almadığını hatırladı. Makus talihine bakın ki makale Ida Noddack'ındı.[33]

Daha sonraları tanınmış bir bilim tarihçisi (ünlü yaban mantarı avcılığını da belirtmeden geçmeyelim) olan Segrè, fisyon hatası üzerine iki kitap yazdı ve aynı vurguyu iki kitabında da dile getirdi: "Ida Noddack, olasılığını açıkça belirttiği bir makalesini, hem de özellikle dikkatimize sunarak göndermiş olmasına rağmen, fisyon elimizden kaçtı... Bu körlüğümüzün sebebini biz de bilmiyoruz." (Bir tarih meraklısı olarak kitabında, fisyonu keşfetmeye en fazla yaklaşan iki insanın, Ida Noddack ve Marie Curie'nin kızı Irène Joliot-Curie'nin ve bunu sonunda keşfetmiş olan Lise Meitner'ın da kadın olduğuna dikkat çekebilirdi.)

Ne yazık ki Segrè transuranik elementlerin var olmadığı bilgisini çok yalın bir şekilde öğrendi ve sonradan bizzat sorumlu olduğu korkunç hatasını yaptı. 1940'larda biliminsanları uranyumdan hemen önceki ve sonraki elementlerin geçiş metalleri olduğunu düşünüyorlardı. Bunların aritmetiğine göre doksanıncı elementin dördüncü sütunda; doğal olmayan ilk elementin (doksan üç) ise yedinci sütunda teknetyumun altında olması gerekiyordu. Fakat modern tabloda

33- Toplamda, Ida Noddack'ın kimyacı olarak iniş çıkışlı bir çizgisi vardır. Yetmiş beş numaralı elementin bulunmasına yardımcı olmuş ama ekibinin kırk üç numaralı elementle çalışma hatası yüzünden karman çorman olmuştur. Nükleer fisyonu herkesten yıllar önce öngörmüş ama aynı zamanlarda, periyodik tablonun yeni izotopların çoğalmasıyla, işe yaramaz bir antik kalıntı haline geldiğini ileri sürmeye başlamıştır. Noddack'ın neden her izotopun kendi başına bir element olduğunu düşündüğü açık değildir. Ama öyle düşünmüş ve diğerlerini periyodik sistemi hurdaya ayırmak gerektiğine ikna etmeye çalışmıştır.

görüldüğü gibi, uranyum çevresindeki elementler geçiş metalleri değildir. Bunlar ender toprak elementlerinin altında tablonun en aşağısında yer alır ve kimyasal tepkimelerde teknetyum gibi değil, ender topraklar gibi davranır. Yani başa dönecek olursak kimyagerlerin körlüğünün sebebi açıktır. Periyodik tabloya saygılarına rağmen, periyodikliği yeteri kadar ciddiye almamışlardır. Ender toprak elementlerin, garip ve yapışkan kimyaları yinelenmeyen ilginç istisnalar olduğunu düşünmüşlerdir. Fakat kimyaları tekrarlanır: Uranyum ve diğerleri tam da ender topraklar gibi elektronlarını f-kabuklarında taşır. Bundan dolayı temel periyodik tabloda aynı noktada sıçramak ve tepkimelerde onlar gibi davranmak zorundadırlar. Fisyonun bomba etkisindeki keşfinden bir yıl sonra, Segrè'den birkaç oda ötede çalışan bir meslektaşı doksan üç numaralı elementi bulmak üzere bir deneme daha yapmaya karar verdi ve bir miktar uranyumu kiklotronda ışınladı. Bu yeni elementin yukarıdaki sebepler nedeniyle teknetyum gibi davranacağına inanarak Segrè'den yardım istedi, çünkü teknetyumu Segrè keşfetmişti ve kimyasını herhangi birinden daha iyi biliyordu. Hevesli bir element avcısı olan Segrè örnekleri test etti. Kıvrak zekalı patronu Fermi'nin yolundan giderek, bunların teknetyumun ağır kuzenleri gibi değil ender topraklar gibi davrandığını duyurdu. Segrè "Transuranik Elementler için Başarısız Bir Araştırma" gibi hüzünlü bir başlık altında bunun sıradan bir nükleer fisyon olduğunu açıkladığı bir makale karaladı.

Fakat Segrè işine devam ederken, meslektaşı Edwin McMillan bir sıkıntı hissediyordu. Bütün elementlerin kendine has radyoaktif imzaları vardır ve Segrè'nin "ender topraklar"ının imzaları diğer ender topraklarınkinden farklıydı ve bu durum anlamsız geliyordu. Dikkatli bir muhakemeden sonra, McMillan örneklerin belki de ender toprakların kimyasal kuzenleri olduğu ve temel periyodik tablodan ayrıştığı için onlar gibi hareket ettiklerini gördü. Bundan dolayı bir ortağıyla birlikte Segrè'ye işini yarıda bıraktırarak, ışınlamayı ve kimyasal testleri tekrarladılar ve birdenbire doğanın

ilk yasaklı elementi olan neptünyumu keşfettiler. Buradaki ironiye dikkat edin. Fermi'nin altında çalışan Segrè nükleer fisyon ürünlerini transuranikler gibi yanlış tanımladı. Glenn Sebaorg'un dediği gibi, "Sonuçta bu deneyiminden ders çıkarmayarak, Segrè bir kez daha kimyayı dikkatlice takip etme gereği duymamıştı". Aksine Segrè neptünyumu da yarım yamalak bir fisyon ürünü olarak tanımlamıştı.

Bir biliminsanı veya belki de bir bilim tarihçisi olarak kendisinden şiddetli bir şüphe duymamasına rağmen, Segrè daha sonraları olanı takdir edebildi. Bu çalışmasıyla 1951'deki Nobel Ödülü'nü McMillan kazandı. Fakat İsveç Akademisi transuranikleri keşfinden dolayı Fermi'yi ödüllendirdi; böylece bir hatayı kabul etmektense, meydan okurcasına McMillan'ı sadece "transuranyum elementlerinin *kimyası*"nı belirlemekten dolayı ödüllendirmiş oldu. Dikkatli ve hatasız kimya onu doğruya götürdüğünden belki de bu önemsiz değildi.

* * *

Segrè'nin kendisinden fazlasıyla emin olduğu doğruysa da, California'daki dahi Linus Pauling ile karşılaştırıldığında bu hiçbir şey değildi.

1925 yılında doktorasını kazandıktan sonra Pauling bilim evreninin merkezi olan Almanya'da on sekiz aylık bir burs kazandı. Bugün bütün bilimcilerin İngilizce iletişim kurması gibi o zamanlar da Almanca hakimdi. Ama henüz yirmili yaşlarında olan Pauling'in Avrupa'da kuantum mekaniği üzerine öğrendikleri, sonradan ABD kimyasının Alman kimyasını geçmesine ve onun da *Time* dergisinin kapağına yerleşmesine yaradı.

Pauling kuantum mekaniğinin atomlar arasındaki kimyasal bağları (bağ kuvveti, bağ uzunluğu, bağ açısı, neredeyse her şeyi) nasıl yönlendirdiğini ortaya çıkarmıştı. Kimyanın Leonardo'suydu, Leonardo'nun insanları çizdiği gibi bütün anatomik detayları doğru

olarak elde eden ilk kişiydi. Temelde kimya, bağ oluşturan ve yıkan atomlar üzerine bir çalışma olduğundan, Pauling uykudaki bu alanı modernize etmişti. Bir meslektaşı Pauling'in "kimyanın ezberlenecek değil *anlaşılacak* bir şey olduğunu" kanıtladığını söylediğinde, kesinlikle en büyük bilimsel övgülerden birini almış oldu.

Bu başarısının ardından Pauling, temel kimya üzerine oynamaya devam etti. Daha sonra kar tanelerinin neden altı kenarlı olduğunu ortaya çıkardı, çünkü buzun yapısı altıgendi. Aynı zamanda Pauling basit fiziksel kimyanın ötesine geçmeye çok hevesliydi. Örneğin projelerinden birinde orak hücre anemisinin neden insanları öldürdüğünü açıklamıştı: Kırmızı kan hücrelerindeki şekli bozuk hemoglobin oksijeni taşıyamıyordu. Bu hemoglobin çalışması, birilerinin bir hastalığı düzgün işlemeyen bir moleküle[34] bağladığı ilk çalışma olmuştur ve doktorların ilaç geliştirme üzerine düşüncelerini değiştirmiştir. Daha sonraları 1948 yılında Pauling gripten yatarken proteinlerin alfa heliks adı verilen uzun silindirleri nasıl oluşturduğunu göstererek moleküler biyolojide devrim yapmaya karar verdi. Proteinlerin işlevi büyük oranda şekillerine dayanır ve Pauling proteinlerdeki tekil parçaların doğru şeklin ne olduğunu nasıl "bildiğini" gösteren ilk kişi oldu.

Bütün bu vakalarda Pauling ilaçlara dair belirgin katkılarda bulunmasına rağmen, onun asıl ilgisini çeken, küçücük atomların büyük yapılara birleşmesiyle, yeni özelliklerin neredeyse mucizevi bir şekilde nasıl ortaya çıktığı üzerineydi. Parçaların genelde bütüne dair hiçbir ipucu taşımamaları gerçekten muhteşemdir. Tek tek karbon, oksijen ve azot atomlarının aminoasit gibi yararlı bir şeye dö-

34- Meslektaşları Harvey Itano, S. Jonathan Singer ve Ibert Wells ile birlikte Pauling, kusurlu hemoglobinin, kusurlu hücreleri bir elektriksel alan içerisindeki jel boyunca ilerleterek, orak hücre anemisine neden olduğunu belirlemişti. Sağlıklı hemoglobine sahip hücreler, bu elektriksel alanda bir yöne giderken, orak hücreler ters yönde hareket ediyordu. Bu, iki molekül tipinin zıt yüklere sahip olduğu anlamına geliyordu. Bu farklılık sadece moleküler, atomdan atoma bir düzeyde meydana gelebilir. Daha sonra Francis Crick'in, Pauling'in orak hücre anemisinin moleküler temelleri hakkındaki teorisini ortaya koyduğu makaleyi, üzerinde büyük etkisi olan bir çalışma diye niteleyip alıntılar yapmasıysa oldukça tuhaf kaçmıştır. Çünkü Crick'in esas ilgilendiği, moleküler biyolojinin esas zorlu temel meseleleridir.

nüşebileceğini görmeden asla tahmin edemeyeceğiniz gibi, birkaç aminoasidin de bir canlıyı oluşturan proteinlere dönüşebileceğine dair bir öngörüde bulunamazsınız. Atomik ekosistemler üzerine olan bu çalışma, yeni elementler yaratmaktan öte bir karmaşıklığa atlamak demektir. Fakat bu karmaşıklık yanlış yorumlara ve hatalara da açık olmak anlamına gelir. Pauling'in alfa helikslerle elde ettiği kolay başarı ironiktir, çünkü diğer bir sarmal molekül olan DNA ile ilgili bir şeyler yapmış olsaydı, şimdiye kadar çoktan en ünlü beş biliminsanı arasına girmiş olurdu.

İsviçreli biyolog Friedrich Miescher, DNA'yı 1869 yılında keşfetmiş olmasına rağmen, diğer pek çok biliminsanı gibi Pauling de 1952 yılına kadar DNA ile ilgilenmemişti. Miescher yerel hastanelerden topladığı irinli bandajların üzerine, geride sadece yapışkan, belirsiz ve grimsi bir madde kalıncaya kadar alkol ve domuzların mide suyunu dökmüş, kalıntıyı test ettikten hemen sonra da deoksiribonükleik asidin biyolojide önemli olduğunu açıklamıştı. Ne yazık ki kimyasal analizler bunun içinde yüksek seviyede fosfor olduğunu gösteriyordu. O zamanlar biyokimyanın tek ilginç yönünün proteinler olduğu düşünülüyordu ve onlar da hiç fosfor içermediğinden DNA'nın bir kalıntı, moleküler bir uzantı olduğuna hükmedildi.[35]

Ancak 1952 yılında virüslerle yapılan bir deney bu önyargıyı altüst etti. Virüsler hücrelerin üzerine kenetlenir, sonra da genetik bilgilerini enjekte ederek onları gasp eder. Fakat kimse bu bilgiyi proteinlerin mi, yoksa DNA'nın mı taşıdığını bilmiyordu. Böylece iki genetikçi, virüsün fosfor-zengini DNA'sındaki fosforu ve kükürt-zengini proteinlerindeki kükürtü radyoaktif izleyicilerle etiketlediler. Gasp edilmiş birkaç hücreyi incelediklerinde, rad-

35- İlginç şekilde, biyologlar yavaş yavaş, -proteinlerin genetik biyolojinin her şeyi ve son noktası olduğu şeklindeki- Miescher dönemindeki eski görüşe dönüyor. Genler on yıllar boyunca biliminsanlarını meşgul etti ve gidecek gibi de görünmüyorlar. Ama şimdi bilimciler, genlerin canlı varlıkların hayret verici karmaşıklığına açıklama getiremeyeceğini ve çok daha fazlasının olup bittiğini fark etmekteler. Genom bilimi önemli bir temel alandır ama esas para kaynağı olan proteinlerin yapısını inceleyen proteomiktir.

yoaktif fosforun enjekte edilip ve aktarıldığını, fakat kükürtlü proteinlerin ortalıkta olmadığını gördüler. Genetik bilginin taşıyıcıları proteinler değil, DNA'ydı.[36]

Fakat DNA neydi? Biliminsanları bunun hakkında çok az şey biliyordu. Uzun sarmallardan oluşuyordu; her sarmalda fosfor-şeker omurgası ve ayrıca omurgadaki yumrular gibi dışarıya uzanan nükleik asitler vardı. Fakat sarmalların şekli ve birbirine nasıl bağlandıkları gizemini koruyordu, ancak bu gizemi çözmek önemliydi. Pauling'in hemoglobin ve alfa helikslerde gösterdiği gibi şekil, moleküllerin nasıl çalıştığı ile ilgilidir. Daha sonraları DNA'nın şekli moleküler biyolojinin zihinleri meşgul eden sorusu olacaktı.

Diğerleri gibi Pauling de bu soruya bir tek kendisinin cevap verecek kadar zeki olduğuna inanıyordu. Fakat bu sadece kibir değildi: Pauling daha önce hiç alt edilmemişti. Böylece 1952 yılında bir kalem, bir hesap cetveli ve ikinci el kabataslak verilerle DNA'nın şifresini kırmak üzere California'daki çalışma masasına oturdu. İlk başta doğru olmasa da, hantal nükleik asitlerin her sarmalın dış tarafında yer aldığına karar verdi. Aksi takdirde molekülün birbiriyle nasıl uyuştuğunu göremeyebilirdi. Buna uyumlu olarak fosfor-şeker omurgasını molekülün çekirdeğine doğru çevirdi. Pauling ayrıca kötü veriler kullanarak DNA'nın üçlü sarmal olduğunu düşündü, çünkü verilerini ıslak, canlı DNA'dan farklı kıvrımlara sahip kuru ve ölü DNA'dan almıştı. Bu tuhaf kıvrımlar kendi etrafında üç kez bağ yaparak, molekülün olduğundan daha bükülmüş görünmesine neden oluyordu. Kağıt üzerinde her şey mantıklıya benziyordu.

Pauling bir lisansüstü öğrencisinden hesaplamalarını kontrol etmesini isteyene kadar her şey yolundaydı. Öğrenci istenileni ye-

36- Adil olmak gerekirse, Alfred Hershey ve Martha Chase tarafından 1952 yılında gerçekleştirilen kükürt ve fosforlu virüs deneyleri, DNA'nın genetik bilgi taşıdığını ispatlayan ilk deneyler değildi. Bu onur, Oswald Avery'nin 1944'te yayımlanmış olan bakteri çalışmalarına aittir. Avery DNA'nın gerçek rolünü aydınlatmış olsa da, çalışmaları en başta herkes tarafından ciddiye alınmamıştır. İnsanlar ancak 1952'de, Hershey-Chase deneyleri Linus Pauling gibilerini DNA çalışmalarına yönelttikten sonra bu olguyu kabul etmeye başlamıştır.

rine getirdiğinde, bir şeylerin uyuşmadığını fark etti, ama hatanın kendisinde olduğunu düşündü. Sonunda Pauling'e fosfat moleküllerinin temel bir neden yüzünden uymuyor gibi göründüğünü söyledi. Kimya derslerinde nötr atomlar üzerindeki vurguya rağmen, bilgili kimyagerler elementleri bu şekilde düşünmezler. Doğada, özellikle de biyolojide pek çok element sadece iyonlar, yani yüklü atomlar halinde bulunur. Aslında Pauling'in çalışmasına göre DNA'daki fosfor atomları her zaman negatif yüklü olmalı, bundan dolayı da birbirlerini itmeliydiler. DNA'nın çekirdeğini darmaduman etmeden, üç fosfat sarmalını çekirdekte bir araya getiremezdi.

Lisansüstü öğrencisi derdini açıkladı, ama Pauling, tam da Pauling olduğundan, kibarca onu görmezden geldi. Eğer dinlemeyecekse neden birinin hesaplarını kontrol etmesini istediği bilinmiyor, fakat Pauling'in öğrencisinin söylediklerine kulak asmamasının nedeni açıktır. Bilimsel üstünlük ihtiyacı duymuş, diğer bütün DNA düşüncelerinin kendisininkinin taklidi olmasını dilemiştir. Genelde gösterdiği titizliğin aksine, molekülün anatomik detaylarının kendiliğinden çözüleceğini düşünmüş ve fosforları üç sarmala sıkıştırdığı modelini 1953 gibi erken bir tarihte yayınlatmıştır.

Bu arada Atlantik'in karşı tarafında Cambridge Üniversitesi'nde iki lisansüstü öğrencisi, kendilerini Pauling'in makalesinin baskı kopyasına verdiler. James Watson ve Francis Crick, Linus Pauling'in oğlu Peter ile aynı laboratuvarda çalışmıştı ve bu makaleyi onun özel izniyle ele geçirmişlerdi. Tanınmayan öğrenciler kariyer yapmak umuduyla bir heves DNA'yı çözmek istediler. Ne var ki Pauling'in makalesinde okuduklarından şaşkına döndüler. Aynı modeli bir yıl önce kendileri oluşturmuş, bir meslektaşları bu üçlü sarmalın nasıl da kalitesiz bir çalışma olduğunu gösterdiğinde utanarak geri çekmişlerdi.

Bununla birlikte bu azarlama sırasında bir diğer meslektaşları Rosalind Franklin bir sırrı ele verdi. Franklin moleküllerin şekli-

ni gösteren X-ışını kristalografisi üzerine uzmanlaşmıştı. Aynı yılın başlarında mürekkepbalığı sperminden aldığı ıslak DNA'yı incelemiş ve DNA'nın iki sarmalı olduğunu hesaplamıştı. Almanya'da çalışırken Pauling de kristalografi çalışmıştı ve Franklin'in düzgün verileri onda olsaydı, muhtemelen DNA'yı hemen çözerdi. (Onun elindeki kurumuş DNA verileri de X-ışını kristalografisindendi.) Fakat lafını sakınmayan bir liberal olan Pauling'in pasaportu, ABD Dışişleri Bakanlığı'ndaki McCarthy'ciler tarafından iptal edildiğinden, 1952 yılında İngiltere'de gerçekleşen önemli bir konferansa katılamamıştı. Oysa burada Franklin'in çalışmasını dinleyebilirdi. Franklin'den farklı olarak, Watson ve Crick verilerini rakipleriyle paylaşmamıştı. Onun yerine gururlarını bir kenara bırakarak, çalışmalarını Franklin'in fikirleri üzerinden sürdürdüler. Çok geçmeden, Watson ve Crick daha önce yaptıkları bütün hataların Pauling'in makalesinde de olduğunu gördüler.

Güvensizliklerinden silkinerek, danışmanları William Bragg'a koşturdular. Bragg yıllar önce bir Nobel Ödülü kazanmıştı ve daha sonra alfa heliksin yapısı gibi temel keşifleri, bir tarihçinin belirttiği gibi, "lafını esirgemeyen ve reklam peşindeki" anlı şanlı rakibi Pauling'e kaptırmaktan hoşlandığı söylenemezdi. Bragg, Watson ve Crick'i üçlü sarmal utancından sonra DNA üzerine çalışmaktan men etmişti. Fakat ikisi Pauling'in büyük yanlışını gösterip, çalışmayı gizlice sürdürdüklerini söylediklerinde Bragg, ufukta Pauling'i yenmek adına bir şans gördü ve onlara çalışmalarını devam ettirmeleri için yeşil ışık yaktı.

İlk olarak Crick, Pauling'e bu fosforlu çekirdeğin nasıl bozulmadan kaldığını soran, tedbiri elden bırakmayan bir mektup yazdı, Pauling'in teorilerinin bunun tamamen imkansız olduğunu söylediğini düşünüyordu. Bu mektup hiçbir yere varmayan hesaplamalarla Pauling'in dikkatini dağıttı. Peter Pauling bu iki öğrencinin sonuca çok yaklaştıkları konusunda onu uyardığı halde, baba Pauling elindeki üçlü sarmal modelinin doğruluğunun kanıtlanacağında ıs-

rar etti. Pauling'in inatçı olmasına rağmen aptal olmadığını ve enin-de sonunda hatasını göreceğini bilen Watson ve Crick fikirler üzerinden çalışmaya devam ettiler. Deney yapmak yerine, diğer insanların verilerini zekice yorumladılar. Sonunda 1953 yılında kayıp ipucunu başka bir biliminsanından gasp ettiler.

Bu adam onlara DNA'daki dört nükleik asidin (A, C, T ve G olarak gösterilen) her zaman çift olarak eşit oranlarda görüldüğünü söylemişti. Yani DNA'daki A oranı yüzde 36 ise, T de her zaman yüzde 36 oranındaydı. Her zaman. Aynısı C ve G için de geçerliydi. Buna göre Watson ve Crick, A ile T'nin ve C ile G'nin DNA'nın içinde eşleşmesi gerektiğinin farkına vardılar. İşin tuhaf yanı, aynı biliminsanı aynı şeyi Pauling'e de yıllar önce bir deniz seyahati sırasında söylemişti. Gezisinde geveze bir meslektaşı tarafından rahatsız edildiğine sinirlenen Pauling ona bağırıp çağırmıştı. Dahası, mucizelerin mucizesi, bu iki çift nükleik asit bir yapbozun parçaları gibi rahatça birbirlerine uyuşuyorlardı. DNA tam da bu yüzden böylesine sıkı paketleniyordu, öyle bir sıkılık ki Pauling'in fosforları içeri döndürmesinin temel nedenini geçersiz hale getiriyordu. Bu şekilde, Pauling kendi modeli ile cebelleşirken, Watson ve Crick kendilerininkinin içini dışına çevirdiler; bu sayede artık iki negatif fosfor iyonu birbirine dokunmuyordu. Bu durum onlara bükülmüş merdiven gibi olan ünlü ikili sarmalı verdi. Her şey kontrol edilmişti ve Pauling kendine gelemeden[37], bu modeli 1953 yılının 25 Nisan'ında *Nature*'ın bir sayısında yayınladılar.

Peki Pauling üçlü sarmalı ve tersine dönmüş fosforları ile toplum içinde düştüğü aşağılanmaya nasıl tepki verdi? Üstelik bir de yüzyılın en büyük biyolojik keşfini rakibi Bragg'ın laboratuvarına kap-

37- DNA bozgunundan sonra, Linus Pauling'in eşi Ava onu fena azarlamıştı. DNA'nın şifresini çözebileceğini varsayarak, Pauling başta hesaplamaları üzerine çok yoğunlaşmamıştı. Onu Ava aydınlattı; "Eğer DNA bu kadar önemli bir şeyse, niye onun üzerine daha fazla çalışmıyorsun?" Yine de Linus onu çok seviyordu ve California Technology Enstitüsü'nde uzun bir süre kalıp o zamanlar çok daha iyi bir okul olan Berkeley'e geçmemesinin bir nedeni, Berkeley Fakültesi'nin en seçkin üyelerinden biri olan ve sonradan Manhattan Projesi'nin başında yer alan Robert Oppenheimer'ın bir zamanlar Ava'yı baştan çıkarmaya çalışmış olmasıydı. Bu Linus'u çılgına çeviriyordu.

tırmıştı? Akıl almaz bir ağırbaşlılıkla! Benzer koşullarda hepimizin aynı ağırbaşlılığı gösterebileceğini umalım. Pauling hatalarını ve mağlubiyeti kabul etti, hatta Watson ile Crick'i 1953 yılında kendi düzenlediği profesyonel bir konferansa çağırarak destekledi. Makamı düşünüldüğünde Pauling'in asil ruhlu olduğu teslim edilmelidir; ilk zamanlarda savunduğu çifte sarmal öyle olduğunu gösterdi.

1953'ten sonra yıllar hem Pauling hem de Segrè için çok daha verimli geçti. 1955 yılında Segrè ve Berkeley'den bir diğer biliminsanı Owen Chamberlain anti-protonu keşfettiler. Anti-protonlar normal protonların aynadaki görüntüleridir, bunların da negatif yükü vardır, zamanda geriye doğru yolculuk yapabilirler ve korkutucu şekilde, size, bana ya da herhangi bir başka "gerçek" maddeye temas ettiklerinde onları ortadan kaldırırlar. Anti-maddenin varlığına dair 1928 yılındaki tahminden sonra anti-maddenin bir türü olan anti-elektron (veya pozitron) 1932'de çabucak ve kolayca keşfedilmişti. Fakat anti-proton, parçacık fiziği dünyasının bulunamayan teknetyumu gibi kaldı. Segrè'nin bunun izini yıllarca süren yanlış başlangıçların ve şüpheli iddiaların ardından bulması, hiç vazgeçmemesinden kaynaklandı. Aynı sebeple, dört yıl geçip de büyük yanlışları unutulduktan sonra, Segrè Fizik alanında Nobel Ödülü kazandı.[38] Buna uygun olarak tören için Edwin McMillan'ın beyaz yeleğini ödünç almıştı.

---

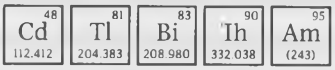
38 - Son darbe, Segrè'nin Nobel Ödülü'nün, bu fikirleri antiprotonu keşfetmek için yapılan deneyleri tasarlarken yürüttüğüne dair bazı (muhtemelen temelsiz) ithamlarla lekelenmesi oldu. Serge ve meslektaşı Owen Chamberlain, mücadeleci bir fizikçi olan Oreste Piccioni'yle, parçacık ışınlarına mıknatısla odaklanma ve yol gösterme yöntemleri üzerine çalışmayı kabul etmiş, fakat Piccioni'nin fikirlerinin işe yaradığını reddederek, onu temel makalelerinin yazarları arasına katmamışlardı. Piccioni'nin daha sonra antinötronun keşfine de katkısı olmuştu. Segrè ve Chamberlain 1959'da ödülü kazandıktan sonra Piccioni, adam yerine konmamasına karşı öfkesini yıllarca içinde taşıdı ve sonunda 1972'de onlara karşı 125.000 dolarlık bir dava açtı. Ama hakim, bilimsel kavrayış eksikliğinden değil ama, olayın üzerinden on yıldan fazla geçmiş olmasından dolayı davayı reddetti.

Şu satırlar 27 Nisan 2002 tarihli *New York Times*'ta Piccioni'nin ölüm haberinden: "Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı'nda onursal öğretim görevlisi olan Dr. William A. Wenzel onun için, 'Her an kapınızı çalıp dünyanın en iyi fikrini yakaladığını söyleyebilir. Oreste'nin çok sayıda fikri vardı, dakikada on tanesini ortaya saçardı. Bazılar iyi, bazıları değildi. Bununla birlikte çok iyi bir fizikçiydi ve deneyimize büyük katkı yapmıştı.' dedi."

DNA konusunda yarışı kaybeden Pauling de bir teselli ödülü aldı: 1954 yılında kimya alanında gecikmiş bir Nobel Ödülü. Pauling sonradan yeni alanlara yöneldi. Kronik soğuk algınlıklarından yılmış bir şekilde, aşırı miktarlarda vitamin alarak kendi üzerinde deneyler yapmaya başladı. Her ne sebepten olursa olsun vitaminler onu iyileştiriyor gibi görünüyordu. Bunu büyük bir heyecanla başkalarına anlattı. Sonunda bir Nobel Ödülü sahibi olarak onaylanması, C vitamininin soğuk algınlığını tedavi etmesi gibi bilimsel yönden güvenilmez düşünceler de (kusura bakmayın!) dahil, bugün hâlâ güçlü bir şekilde devam eden besin takviyesi modasını hızlandırdı. Bunun yanında Manhattan Projesi'nde çalışmayı reddeden Pauling, dünyanın önde gelen nükleer silah karşıtı aktivistlerden biri oldu. Protestolara katılıyor ve *Savaşa Hayır!* adlı kitaplar kaleme alıyordu. Hatta 1962 yılında sürpriz şekilde ikinci bir Nobel Ödülü kazandı ve kimseyle paylaşmadan iki Nobel alan tek kişi oldu. Bununla birlikte, o yıl Stockholm'deki kürsüyü, tıp ve fizyoloji alanında iki kişiyle paylaştı: James Watson ve Francis Crick.

9

Zehirli Koridor: "Aah aah"



Pauling biyolojinin kurallarının kimyanınkilerden daha narin olduğunu en zor yoldan öğrendi. Aminoasitlerin kimyasal olarak canına okuyabilir ve sonuçta hareketlenmiş fakat bozulmamış aynı molekül demetlerini elde edebilirsiniz. Canlı bir varlığın kırılgan ve daha karmaşık proteinleri benzer bir zorlamaya maruz bırakıldığında, mesela ısı, asit veya hepsinden kötüsü hilebaz elementler karşısında güçten düşecektir. En azılı elementler kendilerini çoğu zaman hayat veren mineraller ve mikro-besinlermiş gibi göstererek, canlı hücrelerdeki savunmasız bir durumu istismar edebilir. Bu elementlerin hayatı nasıl ustalıkla mahvettiğine dair hikayeler periyodik tablonun karanlık olaylarından bir başkasını gösterir. "Zehirli koridor"un maceraları da bunlardandır.

Zehirli koridordaki en hafif element olan kadmiyumun kötü ünü, Japonya'nın içlerindeki eski bir madene kadar uzanır. Madenciler MS 710 yılında değerli metaller bulmak amacıyla Kamioka madenlerini kazmaya başlamıştı. Sonraki yüzyıllarda, bazı askeri komutanlar ve sonrasında da büyük işadamları bölge üstüne rekabet ederlerken, Kamioka dağlarından altın, kurşun, gümüş ve bakır çıkarılıyordu. Fakat madencilerin kadmiyumu işlemeye başlaması için, ilk maden damarının bulunmasının üzerinden on iki yüzyıl geçmesi

gerekecekti. Madenlerin şöhretini kirleten ve Japoncada acıyı ifade eden "*İtai-itai!*" deyişiyle anılmasına yol açan da bu metaldi.

1904-1905 Rus-Japon Savaşı ve on yıl sonraki Birinci Dünya Savaşı Japonların zırhlarda, uçaklarda ve cephanede kullanmak üzere, aralarında çinkonun da bulunduğu çeşitli metallere olan ihtiyacını çok artırmıştı. Kadmiyum periyodik tabloda çinkonun altında yer alır ve bu iki metal dünya kabuğunda ayırt edilemeyecek şekilde karışmış halde bulunur. Kamioka'dan çıkartılan çinkoyu saflaştırmak için, madenciler muhtemelen bu karışımı kahve gibi kavurmuş, asitle filtre etmişler ve kadmiyumu ayırmaya çalışmışlardı. O günün çevre mevzuatına uyarak, kadmiyum atığını öylece dereye tepeye boşaltmışlar, kadmiyum da buralardan yeraltı sularına karışmıştı.

Bugün kimse kadmiyumu bu şekilde dökmeyi aklının ucundan bile geçirmez. Kadmiyum bataryalarda ve bilgisayar parçalarında korozyonu engelleyecek bir kaplama olarak çok değer kazanmıştır. Ayrıca renklendiricilerde, bronzlaştırıcı kremlerde ve lehimlerde kullanımına dair de uzun bir mazisi vardır. Yirminci yüzyılda insanlar parlak kadmiyumu son moda fincanlara çizgi çizmek için bile kullanmıştı. Fakat bugünlerde kimsenin kadmiyumu sokağa başıboş atmamasının asıl nedeni yol açacağı tıbbi sorunlardır. Üreticiler bardaklarda kadmiyum kullanımından vazgeçtiler, çünkü her yıl yüzlerce insan limonata gibi asitli meyve sularının bardağın duvarındaki kadmiyum ile karışması yüzünden hastalanıyordu. 11 Eylül 2001 saldırısından hemen sonra kurtarma çalışmasına katılanlarda solunum sistemi hastalıkları baş gösterdiğinde, bazı doktorlar diğer maddelerin yanı sıra hemen kadmiyumdan şüphelendiler, çünkü Dünya Ticaret Merkezi kulelerinin yıkılışı ile binlerce elektronik cihaz buharlaşmıştı. Tahminler doğru çıkmasa da, tıbbi yetkililerin hiç duraksamadan kırk sekiz numaralı elementi işaret etmeleri dikkat çekicidir.

Ne yazık ki bu tahminler Kamioka madenlerinde yüzyıl kadar önce yaşananlardan kaynaklanır. Daha 1912 yılında doktorlar böl-

gedeki pirinç üreticilerinin dehşet verici yeni hastalıklara yenik düştüğünü fark ettiler. Çiftçiler, özellikle de hesaplandığı kadarıyla her elli vakadan kırk dokuzu kadın olmak üzere, eklem ve kemik ağrısı ile iki büklüm hale geliyorlardı. Çoğu zaman böbrekleri de zarar görmüş oluyordu; kemikleri her gün yaptıkları işlerin basıncıyla yumuşamıştı ve çatırdıyordu, öyle ki bir doktor hasta bir kızın nabzını ölçerken bileğini kırmıştı. 1930'lar ve 1940'larda militarizmin Japonya'yı ele geçirmesiyle, bu gizemli hastalıkta da patlama yaşandı. Çinkoya olan talep arttıkça, maden cevherleri ve atık dağlardan akmaya devam etti ve vilayet (Japonya'da eyalet yapısına benzer yerel idareler) sıcak çatışmaların uzağında olduğu halde, İkinci Dünya Savaşı sırasında pek az bölge Kamioka madenleri civarındakiler kadar acı çekmişti. Hastalık köyden köye ilerledikçe, kurtulabilen kurbanların inleme seslerinden esinlenerek *itai-itai* veya "aah aah" hastalığı olarak adlandırılmaya başladı.

Ancak savaş bittikten sonra, 1946 yılında Kamioka'dan Noboru Hagino adlı bir doktor itai-itai hastalığı üzerine çalışmaya başlayabildi. Önce hastalığa yetersiz beslenmenin yol açmış olabileceğini düşünse de, bu teori başlı başına savunulabilecek bir şey değildi, o nedenle dikkatini çiftçilerin ilkel çeltik tarlalarından, Batılı yüksek teknoloji kazı yöntemlerinin uygulandığı madenlere yöneltti. Bir halk sağlığı profesörünün yardımıyla, itai-itai vakalarını gösteren epidemiyolojik bir harita oluşturdu. Ayrıca madenler üzerinden akan ve millerce uzaktaki tarlaları sulayan Jinzu Nehri'nin akışını gösteren bir hidrolojik harita yaptı. Üst üste koyduğunda iki harita neredeyse aynı görünüyordu. Yerel ürünleri test ettikten sonra Hagino pirincin bir çeşit kadmiyum süngeri olduğunu keşfetti.

Doktorun özenli çalışması çok geçmeden kadmiyumun patolojisini ortaya çıkardı. Çinko önemli bir mineraldir ve kadmiyum nasıl toprakta çinko ile birleşiyorsa, vücutta da çinkoyla karışarak onun yerine geçer. Kadmiyum bazen de kükürtle kalsiyumu vücuttan atıp

onların yerine geçer ki bu da insanların kemiklerini neden etkilediğini açıklar. Ne yazık ki kadmiyum hantal bir elementtir ve diğerleriyle aynı biyolojik görevleri yerine getiremez. Daha da kötüsü vücuda bir kez girdi mi, bir daha dışarı atılamaz. Hagino'nun ilk başta şüphelendiği yetersiz beslenmenin etkisi de azımsanamazdı tabii. Bölgedeki beslenme büyük oranda önemli besinlerden yoksun pirince dayalı olduğundan çiftçilerin vücutları bazı mineralleri alamıyordu. Kadmiyum bu mineralleri öyle iyi taklit ediyordu ki, besin yönünden umutsuz olan çiftçilerin vücut hücreleri, onu organlarına normalden çok daha yüksek oranlarda bağlıyordu.

1962 yılında Hagino sonuçları kamuoyuna açıkladı. Tahmin edilebilir ve belki de anlaşılır nedenlerle Mitsui Madencilik ve Dökümcülük yasal sorumluluğu üstlenmeyi reddetti (o sadece asıl hasarı gerçekleştiren şirketi satın almıştı). Mitsui utanmadan Hagino karşıtı bir kampanya başlattı. İtai-itai'yi incelemek üzere bölgede tıbbi komisyon oluşturulduğunda, bu hastalık üzerine dünya çapında bir uzman olan Hagino'nun komisyona alınmamasını sağladı! Hagino, Nagazaki'de yeni itai-itai vakaları üzerine çalışmalarına devam etti ve buradaki sonuçlar iddialarını daha da güçlendirdi. Hagino'ya karşı bir araya gelmiş olmasına rağmen vicdan azabı çeken bölge komisyonu, kadmiyumun hastalığa neden olabileceğini kabul etti. Nihayetinde de Hagino'nun kanıtları karşısında ezilmiş olan ulusal sağlık komisyonu, kadmiyumun kesinlikle itai-itai hastalığına neden olduğu hükmüne vardı. 1972 yılı itibariyle maden şirketi hayatta kalan 178 kişinin zararına karşılık yıllık 2,3 milyar yenden fazlasını ödemek zorunda kaldı. On üç yıl sonra, kırk sekiz numaralı elementin dehşeti Japonya'da hâlâ sürerken, film yapımcıları serinin son filmi *Godzilla'nın Dönüşü*'nde Godzilla'yı öldürmek üzere filmdeki Japon ordusuna kadmiyum uçlu füzeler göndertmişti. Godzilla'ya bir hidrojen bombasının hayat vermiş olduğunu düşününce, bu sahnenin element adına çok olumsuz bir görüntü sunduğunu söyleyebiliriz.

İtai-itai hastalığı geçen yüzyılın Japonya'sındaki tek olay değildi. 1900'ler boyunca üç kez daha (iki kere cıva, bir kere de kükürtdioksit ve azotdioksit ile) Japon köylüleri kendilerini büyük endüstriyel zehirlenmenin kurbanları olarak buldular. Bu vakalar Japonya'nın Dört Büyük Çevre Kirliliği Hastalığı olarak bilinmektedir. Üstüne üstlük ABD 1945 yılında adaya bir uranyum ve bir plütonyum bombası attığında binlerce insan daha radyasyon zehirlenmesine maruz kaldı. Fakat atom bombaları ve Dört Büyük'ün üçü, Kamioka yakınlarındaki uzun ve sessiz facianın gerisinde kaldı. Ne yazık ki bu facia oradaki insanlar için o kadar da sessiz geçmemiş, kurbanların ağzından o inleme eksik olmamıştı: "İtai-itai."

Kadmiyum elementler arasındaki en kötü zehir değildir ve tabloda bir çeşit nörotoksin olan cıvanın üzerinde yer alır. Cıvanın sağında ise periyodik tablo üzerindeki en dehşet verici sabıkalılar sıralanır. Zehirli koridorun merkezi: talyum, kurşun ve polonyum.

Bu kümelenme kısmen rastlantısaldır, fakat güneydoğu köşesindeki yüksek zehir yoğunluğunun kimyasal ve fiziksel nedenleri vardır. Birinci neden mantığa aykırı bir şekilde, bu ağır metallerin hiçbirinin uçucu olmamasıdır. Ham sodyum veya potasyum su ile tepkimeye girdiğinden, yutulduğunda içinizdeki hücrelerle temas ettiğinde patlar. Fakat potasyum ve sodyum doğada bu kadar saf ve tehlikeli halde bulunmayacak kadar reaktiftir. Zehirli koridor elementleri ise kurnazca gizlenirler ve patlamadan önce vücudun derinliklerine kadar inebilirler. Üstelik bu elementler (pek çok ağır metal gibi) koşullara bağlı olarak farklı sayılarda elektron verebilirler. Örneğin potasyum her zaman K^{+} olarak tepkimeye girse de, talyum Tl^{+} veya Tl^{+3} haline gelebilir. Sonuçta talyum pek çok elementi taklit edebilir ve pek çok farklı biyokimyasal oyuğa kıvrılıp yerleşebilir.

Seksen bir numaralı talyumun tablo üzerindeki en ölümcül element olarak görülmesinin nedeni budur. Hayvan hücrelerinin potasyumu vakumlamak için özelleşmiş iyon kanalları vardır ve talyum

bu kanallar aracılığıyla, genellikle deri ozmosu yoluyla vücuda sızar. Vücuda bir kere girdiğinde potasyum rolünü bırakır. Proteinlerdeki temel aminoasit bağlarını sökmeye başlar ve bunların özenle hazırlanmış kıvrımlarını çözerek proteinleri kullanışsız duruma getirir. Kadmiyumdan farklı olarak talyum kemiklere veya böbreklere saplanmaz, fakat moleküler bir Moğol kabilesi gibi yağmacı ve göçebe, amaçsız bir şekilde dolanır durur. Her atomu çok büyük hasara neden olabilir.

Bu yüzden talyum zehirleyicinin zehri olarak bilinir, yiyecek ve içeceklere zehir katmaktan neredeyse estetik bir zevk alan insanların elementidir. 1960'larda Graham Frederick Young adında kötülüğüyle ün salmış bir İngiliz delikanlısı, seri katillerin heyecan dolu hikayelerini okuduktan sonra çay fincanlarına ve tencerelere talyum serpiştirerek kendi ailesi üzerinde denemeler yapmaya başlamıştı. Hemen bir akıl hastanesine gönderildi, ama sonra hiç nedensiz salıverildi. Ardından çalıştığı yerde yöneticiler de dahil yetmiş kişiyi daha zehirledi. Zehirlenenlerden sadece üçü öldü, çünkü Young acı çekmelerini uzatmak isteğiyle ölümcül olmayan dozlar tercih etmişti.

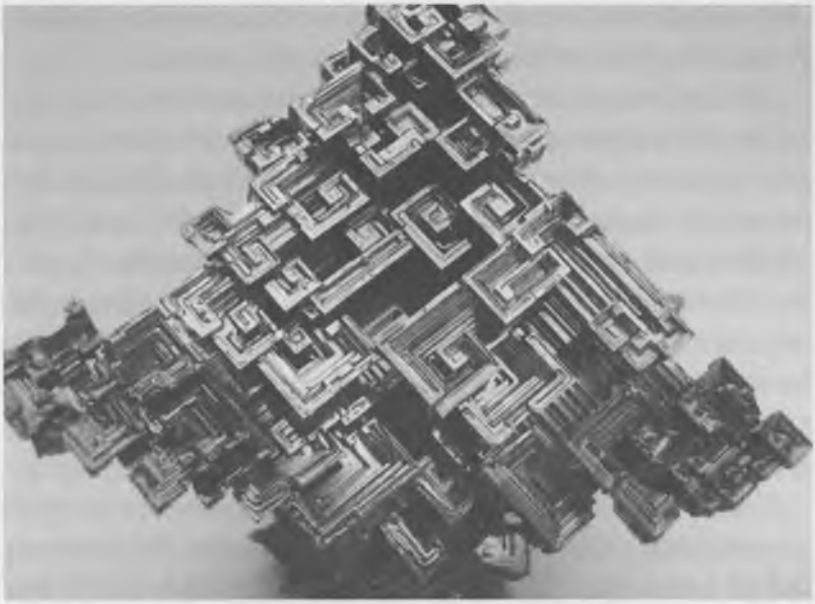
Young'ın kurbanları tarihte tek değildir. Talyumun casusların, yetimlerin ve zengin yaşlı halaların ölümüyle dolu dehşet verici bir geçmişi vardır.[39] Karanlık hikayeler anlatmaktansa, belki de seksen birinci elementin saç dökmesiyle ilgili matrak bir hikaye anlatmak daha iyi olur. CIA, Küba'yı kafasına taktığı yıllarda, Fidel Castro'nun çoraplarına talyum bulaştırılmış bir tür talk pudrası serpme planı hazırlamıştı. Casuslar bu zehrin öldürmeden önce, Castro'nun başta meşhur sakalı olmak üzere vücudundaki bütün tüyleri dökerek,

39 - İnsanlar hâlâ talyum yüzünden ölüyor. 1994'te eski bir soğuk savaş deposunda çalışan Rus askerleri, bu elementin karıştığı beyaz toz dolu bir teneke kutu buldular. Bu tozla ayaklarını pudraladılar, tütünlerini harmanladılar. Hatta raporlara göre bazı askerler burnundan çekti. Tümü gizemli ve beklenmeyen bir şekilde hastalandı ve bazıları öldü. Bir Irak savaş pilotunun iki çocuğuysa içine talyum katılmış bir doğum günü pastası yüzünden öldüler. Bu zehirlenme olayının nedeni bilinmiyor ama Saddam Hüseyin diktatörlüğü sırasında bu elementi kullanırdı.

onu yoldaşlarının karşısında kuşa çevireceğini umuyor ve eğleniyorlardı. Bu planın neden uygulanmadığını bilemiyoruz!

Talyum, kadmiyum ve diğer söz konusu elementlerin zehir olarak çok iyi iş görmesinin başka bir nedeni de, ezelden beri ortalıkta olmalarıdır. Sadece kadmiyum gibi vücutta birikip kalmaları anlamında değil; bu elementler daha ziyade oksijen gibi, asla radyoaktif hale gelmeyen kararlı, küreye yakın şekilli çekirdekler oluşturma eğilimindedir. Bu yüzden yerkabuğunda hâlâ çok miktarda bulunurlar. Örneğin daima kararlı olan en ağır element kurşun, büyülü bir sayı olan seksen iki numaralı kutuda yer alır. Neredeyse-kararlı en ağır element bizmut bunun komşusudur, yani seksen üç numaralı kutudadır.

Tuhaf bir element olan bizmut, zehirli koridorda şaşırtıcı bir rol oynadığından daha yakın bir incelemeyi hak eder. Önce bizmutla ilgili bazı basit bilgiler: Bizmut pembemsi tonda beyaz bir metal olmasına rağmen, yanarken mavi alev verir ve sarı duman çıkarır. Kadmiyum ile kurşun gibi bizmut da boya ve renklendiricilerde yaygın olarak kullanılmaktadır ve genelde ejder yumurtası olarak bilinen çatırtılı havai fişeklerde "kırmızı kurşun"un yerini alır. Ayrıca periyodik tablodaki elementlerin birleşimiyle oluşan neredeyse sonsuz sayıdaki olası kimyasalın arasında bizmut, donduğunda genleşen ender parçalardan biridir. Göllerin üstündeki, altında balıkların dolaştığı sıradan buz yüzünden, bu durum bize o kadar da tuhaf gelmeyebilir. Ama katılar neredeyse her zaman kendilerini sıvılardan daha sıkı toparladığından, bu davranış periyodik tabloda eşsizdir ve teorik olarak bir bizmut gölü de aynı şekilde hareket edecektir. Üstelik bizmut buzu muhtemelen muhteşem görünecektir. Bizmut her zaman mineraloglar ve element meraklıları için gözde bir dekoratif eşya olmuştur, çünkü karmakarışık bir gökkuşağı merdiveni gibi dönen, özel kristal yapıda taşlar oluşturabilir. Yeni donmuş bizmut, teknikolorla renklendirilerek hayat verilmiş Escher çizimleri gibidir.



Bizmut elementinin soğuyarak merdiven şeklinde bir kristal örüntüsüne dönüştüğünde oluşturduğu şeklin teknikolor sarmalları. Bu kristal bir yetişkin eli kadardır. (Ken Keraiff, Krystals Unlimited.)

Radyoaktif maddenin daha derin yapısını araştıran bilimciler de bizmuttan faydalanmıştır. Biliminsanları yıllar boyunca belirli elementlerin zamanın sonuna kadar kalıp kalmayacağına dair karmaşık hesaplamaları çözememişlerdi. 2003 yılında Fransa'da fizikçiler saf bizmutu dışarıdan gelecek bütün müdahaleleri engellemek üzere özenli kaplamalara sararak yarı ömrünü, yani yüzde 50'sinin bozunması için gereken süreyi belirlemek amacıyla kablolarla detektörlere bağladılar. Yarı ömür radyoaktif elementler için kullanılan yaygın bir ölçüm yöntemidir. Yaklaşık kırk kilo ağırlığındaki bir kova radyoaktif X elementinin yirmi kiloya düşmesi 3,14159 yıl alıyorsa, yarı ömrü 3,14159 yıl demektir. Bir 3,14159 yıl daha geçince on kilo kadar kalacaktır. Nükleer teori, bizmutun yarı ömrünün yirmi milyar kere milyar yıl olduğunu söyler; yani evrenin yaşından çok daha fazladır. Evrenin yaşını kendisiyle çarparsanız, aynı rakama ulaşır-

sınız ve yine de herhangi bir bizmut atomunun yok oluşunu görme şansınız yüzde ellidir. Fransız deneyi az çok *Godot'yu Beklerken*'e benzese de, işe yaramıştı. Fransız bilimcileri yeterli miktarda bizmut toplamış ve birkaç çürüme olayına tanıklık edebilecek kadar sabırlı davranmıştı. Deney bizmutun kararlı atomların en ağırı olmak yerine, ortadan kalkacak son element olabilecek kadar uzun yaşayacağını kanıtlamıştı.

(Şimdilerde Japonya'da da bütün maddenin sonunda bozunup bozunmayacağını belirlemek amacıyla Beckettvari benzer bir deney yapılıyor. Bazı biliminsanları elementlerin yapıtaşı olan protonların, en az 100 milyar kere trilyon kere trilyon yıl olan yarı ömürleri ile çok çok az kararsız olduğunu hesapladı. Yılmak bilmez yüzlerce biliminsanı bir maden kuyusunun derinliklerinde ultra-saf, ultra-durgun sudan oluşan devasa bir yeraltı havuzu kurarak, onu gözetimleri altında bir proton ayrıldığında uyarı veren çok hassas sensörlerle çevrelediler. Kuşkusuz başarı şansı olmayan bir proje, yine de Kamioka madenlerinin öncekine kıyasla çok daha iyi bir iş için kullanıldığını söyleyebiliriz.)

Bizmut hakkındaki bütün gerçekleri itiraf etmenin zamanı geldi. Evet, bizmut teknik olarak radyoaktiftir. Periyodik tablodaki koordinatları size seksen üç numaralı elementin sağlığınıza hiç iyi gelmeyeceğini ima eder. Arsenik ve antimon ile aynı sütunu paylaşır, en kötü ağır metal zehirleri arasına sıkışmıştır. Buna rağmen bizmut tehlikesizdir. Hatta tedavi edicidir: Doktorlar ülseri yatıştırmak için bizmut reçetesi verir ve sıcak pembe Pepto-Bismol ilacındaki "bis" bizmuttan gelir. (İnsanlar kadmiyumlu limonatadan ishal olduğunda antidotu genelde bizmuttur.) Periyodik tablonun bütününe baktığımızda, bizmut büyük olasılıkla tablodaki en yanlış yerdeki elementtir. Bu ifade tabloda matematiksel bir tutarlılık bulmak isteyen kimyagerler ve fizikçilerde hüsrana neden olabilir. Oysa nereye bakmanız gerektiğini biliyorsanız, tablonun zengin ve tahmin edilemez hikayelerle dolu olduğunun yeni bir kanıtıdır.

Aslında bizmutu hilkat garibesi bir anomali gibi etiketlemektense, bir çeşit "asal metal" olarak düşünebilirsiniz. Barışçı asal gazların periyodik tabloyu, farklı şekilde şiddetli iki grup elemente bölmesi gibi, uzlaştırıcı bizmut da, zehirli koridor boyunca, yukarıda gördüğümüz klasik, kusturucu ve ciddi acılara neden olan zehirlerden, aşağıda göreceğimiz yakıcı radyoaktif zehirlere geçişi gösterir.

Bizmutun ilerisinde gizlenmiş halde polonyum bulunur: zehirleyicilerin nükleer çağdaki zehri. Talyum gibi o da tüylerin dökülmesine neden olur. Kasım 2006'da Alexander Litvinenko adlı eski bir KGB ajanının Londra'da bir restoranda polonyum katılmış suşi ile zehirlenmesi üzerine bütün dünya bunun farkına varmıştır. Çok ender bulunan bir element olan astatini şimdilik atlarsak, polonyumdan sonra radon gelir. Bir asal gaz olan radon renksiz ve kokusuzdur, hiçbir şeyle tepkimeye girmez. Fakat ağır bir element olduğundan havanın yerini alır, akciğerlerde çöker ve akciğer kanserine neden olan ölümcül radyoaktif parçacıklar açığa çıkartır; zehirli koridorun sizi öbür tarafa postalayabileceği bir başka yol da budur.

Aslında radyoaktivite tablonun alt kısımlarında baskındır. Radyoaktivite sekizli kuralının tepeye yakın elementlerde oynadığı rolün aynısını oynar: Ağır elementlerle ilgili neredeyse bütün yararlı şeyler, radyoaktif hale nasıl ve ne kadar hızla geldiklerine bağlıdır. Graham Frederick Young gibi tehlikeli elementlere takıntılı genç bir ABD'linin hikayesi buna iyi bir örnektir. Ama David Hahn bir sosyopat değildi. Onun felaketlere yol açan gençlik yılları, insanlara yardım etme tutkusundan kaynaklanıyordu. Ancak bir delikanlınınki kadar büyük bir hırsla, dünyanın enerji krizine çözüm bulmak ve petrol bağımlılığına son vermek istiyordu. On altı yaşındaki bu Detroit doğumlu genç, 1990'larda gizlice yürüttüğü Kartal İzci Gençler projesinin bir parçası olarak çılgına dönmüş şekilde, annesinin arka bahçesindeki küçük barakada bir nükleer reaktör inşa etti.

David 1950'lerin eğitsel filmlerindeki gibi ürkütücü bir ciddiyetle yazılmış *Kimya Deneyleri Altın Kitabı*'ndan etkilenerek, küçük

şeylerle işe koyuldu. Kimya onu o kadar heyecanlandırıyordu ki, besindeki kimyasallar hakkında iştah kaçırıcı gerçekleri söylemekten kendini alıkoyamadığı için kız arkadaşının annesi onun misafirleriyle konuşmasını yasaklamıştı. Fakat ilgisi sadece teoride kalmadı. Pek çok ergenlik öncesi kimyageri gibi David de kendi kimya setini oluşturdu ve odasının duvarlarını havaya uçuracak ya da halısını tutuşturacak bir şiddetle kimyasallarla oynamaya başladı. Annesi onu önce bodruma sürgün etti, sonra da onu çok mutlu edecek bir şekilde arka bahçedeki barakaya. Aslında diğer pek çok yeniyetme bilimciden farklı olarak David kimyada pek ilerliyormuş gibi görünmüyordu. Bir keresinde bir izci toplantısından önce, üzerinde çalıştığı yalancı bronzlaştırıcı bir kimyasal yüzünde patlayıp tıslayınca cildi turuncuya boyanmıştı. Bir keresinde de ancak kimya konusunda kara cahil birinin deneyeceği bir işe kalkışmış, bir tornavidayı bastırarak (çooook kötü bir fikir) yanlışlıkla saf potasyum dolu bir kabı patlatmıştı. Bir göz hastalıkları uzmanı aylar sonra hâlâ gözünden plastik parçaları topluyordu.

Bu olaydan sonra da felaketler devam etti, buna rağmen David reaktör gibi gittikçe karmaşıklaşan projelere girişiyordu. Başlangıç olarak nükleer fizik hakkındaki azıcık bilgisini uygulamaya kalkıştı. Bu bilgileri okuldan edinmiş değildi, kaldı ki iyi bir öğrenci bile değildi. Ne öğrendiyse, nükleer enerji lehinde yazıp gönderdiği ateşli broşürlere karşılık, on altı yaşındaki "Profesör Hahn" entrikasına inanıp hayali öğrenciler için deneyler tasarlamak isteyen hükümet yetkilileri ile yazışmalarından öğrenmişti.

Başka şeylerin yanı sıra David üç temel nükleer süreç hakkında bilgi edinmişti: füzyon, fisyon ve radyoaktif çözünme. Hidrojen füzyonu yıldızlara enerji verir, en kuvvetli ve etkili süreçtir, fakat dünya üzerindeki nükleer güçte çok az rolü vardır, çünkü füzyonu tetiklemek için gereken sıcaklık ve basınçları kolaylıkla üretemeyiz. David bunun yerine uranyum fisyonuna ve fisyonun yan ürünü olan nötronların radyoaktivitesine bel bağladı. Aynı yükler birbirini itti-

ğinden, uranyum gibi ağır elementler pozitif protonları küçük çekirdeklerine bağlı tutmakta zorlanırlar. Bu nedenle tampon madde görevi görsün diye nötronlardan da vazgeçerler. Ağır bir atom aşağı yukarı eşit boyutlarda daha küçük iki atoma ayrıştığında, daha hafif olan atomlar daha az nötron tamponuna ihtiyaç duyar; bu nedenle de fazla nötronları dışarı atarlar. Bazen bu nötronlar yakınlardaki ağır atomlar tarafından emilir, bu atomlar kararsız hale gelir ve bir zincirleme reaksiyonla daha fazla nötron açığa çıkarırlar. Bir bombada yapılan şey, sadece bu sürecin işlemesine izin vermektir. Reaktörlerse, fisyonu daha uzun süre devam ettirmek istendiğinden, daha fazla müdahale ve kontrol gerektirir. David'in karşısına çıkan temel mühendislik engeli, uranyum atomlarının fisyona uğrayıp nötronlarını serbest bırakmasından sonra ortaya çıkan daha hafif atomların kararlı olması ve zincirleme reaksiyonu sürdürmemesiydi. Sonuçta konvansiyonel reaktörler yakıt eksikliğinden yavaş yavaş ölürler.

Bunun farkına varan David, peşinde koştuğu atom enerjisi onur madalyasının korkunç şekilde ötesine geçerek, radyoaktif türlerin akıllıca kombinasyonu sayesinde kendi yakıtını üreten bir "kendini besleyen reaktör" inşa etmeye karar verdi. Reaktörün ilk güç kaynağı kendi kendine fisyona giren uranyum-233 topaklarıydı. 233 sayısı uranyumun 141 nötronu ve 92 protonu olduğunu gösterir; buradaki fazla nötron sayısına dikkat edin. Fakat uranyum biraz daha hafif elementlerden bir kılıf ile örtülmeliydi; bu da toryum-232 idi. Fisyon olaylarından sonra, toryum bir nötron emerek toryum-233 haline gelecekti. Kararsız toryum-233 bir elektron atarak beta bozunmasına uğrar ve doğada bütün yükler dengede olacağından, negatif bir elektron kaybettiğinde toryum bir nötronu pozitif bir protona dönüştürür. Eklenen bir adet proton toryumu tabloda bir yanındaki elemente, yani protaktinyum-233'e dönüştürür. Bu da kararsızdır, yani protaktinyum da bir elektron fırlatır ve başladığınız şeye, yani uranyum-233'e geri döner. Büyülü bir şekilde radyoaktif hale

gelen elementleri yalnızca doğru yolla bir araya getirmek suretiyle daha fazla yakıt elde edersiniz.

David bu projeyle sadece haftasonları ilgilenebiliyordu, çünkü anne babasının boşanmasından sonra vaktinin ancak bir kısmını annesinin evinde geçiriyordu. Organlarını sağlama almak amacıyla diş hekimlerinin kurşun önlüğünden edinmişti. Arka bahçedeki barakada ne zaman birkaç saat geçirecek olsa kıyafetlerini ve ayakkabılarını çıkarıyordu. (Annesiyle üvey babası sonradan, güzel kıyafetleri bir kenara attığını fark ettiklerini ve bunu tuhaf bulduklarını söylediler. David'in onlardan daha akıllı olduğunu ve ne yaptığını bildiğini varsaymakla yetinmişlerdi.)

Yaptığı bütün işler içinde, muhtemelen projenin en kolay kısmı toryum-232'nin bulunmasıydı. Toryum bileşiklerinin erime noktaları çok yüksektir, dolayısıyla ısıtıldıklarında aşırı parlak hale gelirler. Ev ampullerinde kullanılmaları fazla tehlikeli olsa da, endüstriyel tesislerde, özellikle de madenlerde toryum lambalarının kullanımı yaygındır. Toryum lambalarında, fitiller gibi tel filamanlar yerine, gömlek adı verilen küçük tel ağlar kullanılır. David bir toptancıdan yüzlerce yedek gömlek siparişi verdiğinde kimse nedenini sormamıştı. Ardından kimyadaki gelişimini sergileyerek, bir şalomayla sürekli ısı sağlayıp gömlekleri toryum külü haline gelene kadar eritti. Bu külü, açık bataryaları tel kesicilerle keserek elde ettiği, neredeyse 1000 dolar değerindeki lityum ile işledi. Reaktif lityum ve külün bir Bunsen bekinde ısıtılması toryumu saflaştırdı, böylece David'in reaktör çekirdeğine güzel bir kılıf sağladı.

Ne yazık ki, ya da belki de neyse ki, David radyoaktif kimyayı ne kadar iyi öğrenmiş olursa olsun, fiziği gözden kaçırmıştı. David'in ilk başta ihtiyacı, uranyum-235'in toryumu ışımaya tutması ve onu uranyum-233'e dönüştürmesiydi. Bu amaçla, radyoaktiviteye rastladığında *klik-klik-klik-klik* uyarısı veren bir Geiger sayacını Pontiac arabasının gösterge panosu üzerine yerleştirdi ve ormanda bir uranyum noktasına rastlayacakmış gibi Michigan kırsalında gezin-

tiye çıktı. Ama sıradan uranyum çoğunlukla uranyum-238 halinde bulunur, bu da zayıf bir radyoaktivite kaynağıdır. (Kimyasal olarak aynı olan uranyum-235 ile uranyum-238'i ayrıştırarak cevheri zenginleştirmenin yolunu bulmak Manhattan Projesi'nin en büyük başarılarından biriydi.) David sonunda Çek Cumhuriyeti'ndeki yarım yamalak bir tedarikçiden bir miktar uranyum cevheri elde etti, fakat bu da sıradan, fakir uranyumdu, yani uçucu değildi. Sonuçta bu uygulamadan vazgeçen Hahn toryumu ışımaya uğratmak ve uranyum-233'ü bu yolla elde etmek üzere bir "nötron silahı" yaptı, fakat silah güç bela çalıştı.

Sonradan sansasyonel birkaç haberde David'in barakada bir reaktör inşa etmeye çok yaklaştığı belirtilmesine rağmen, aslında o kadar da yaklaşmış değildi. Efsanevi nükleer bilimci Al Ghiorso David'in fisyona uğrayabilir malzemenin milyar kere milyar kez azı ile işe başladığı tahmininde bulunmuştu. David kesinlikle tehlikeli maddeler toplamış ve bunlara ne kadar maruz kaldığına bağlı olarak ömrünü kısaltmıştı. Fakat insanın kendini radyoaktiviteyle zehirlemesinin pek çok farklı yolu varken, bu malzemeleri doğru zamanlama ve kontrollerle, faydalı bir şeyler elde edecek şekilde kullanmanın çok, çok az yolu bulunur.

Yine de polis David'in planını ortaya çıkardığında hiç riske girmedi. Bir gece geç saatlerde onu park etmiş bir arabanın etrafında bir şeyleri dürtüklerken buldular ve tekerlek çalan bir serseri olduğunu sandılar. Onu gözaltına alıp sıkıştırdıktan sonra Pontiac arabasını araştırdılar. David onları kibarca (ama pek akıllıca sayılmayabilir) arabanın radyoaktif madde ile dolu olduğu konusunda uyardı. Garip tozlarla dolu şişeler de buldular ve sorgulamak üzere David'i alıkoydular. David barakada bulunan, çok fazla ilerleme katettiğinden ve patlayıp dev bir çukur oluşturmasından korktuğu için çoğunu söktüğü radyoaktif ekipmandan söz etmeyecek kadar kurnazdı. Federal ajanlar David'in kimin yetki alanına girdiğini tartışırken (çünkü daha önce kimse nükleer güçle illegal yoldan dünyayı kurtarmaya çalışma-

mıştı) dava aylarca sürdü. Bu arada evinin incelenmesinden korkan David'in annesi bir gece barakadaki laboratuvara girdi ve neredeyse her şeyi çöpe attı. Aylar sonra koruyucu giysiler içindeki görevliler barakadan kalanları iyice aramak üzere komşuların arka bahçelerine hücum ettiler. O zaman bile geride kalan kutular ve cihazlar normal seviyeye göre binlerce kat fazla radyoaktivite gösteriyordu.

Hiçbir art niyeti olmadığından (ve henüz 11 Eylül yaşanmadığından) David büyük oranda paçayı kurtardı. Fakat anne babasıyla geleceğine dair tartışmaya girdi ve liseden mezun olduktan sonra nükleer denizaltılarda çalışmak hayaliyle donanmaya yazıldı. David'in hikayesi düşünüldüğünde, donanmanın muhtemelen başka şansı yok gibiydi, ama reaktörlerde çalışmasına izin vermek yerine, onu mutfak personeline yazıp güverteyi falan temizlettiler. Zavallıcık asla kontrollü ve denetlenen bir tesiste bilimsel çalışma yürütemedi. Kim bilir, belki de böyle bir yerde şevki ve yeni yeni gelişen marifetleri sayesinde iyi işler yapabilirdi.

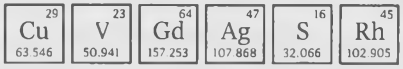
Ne yazık ki radyoaktif izcimizin hikayesi kötü sonla bitti. Askeriyeyi bıraktıktan sonra David banliyödeki hayatına geri döndü ve etrafta aylaklık etmeye başladı. 2007 yılında, vukuatsız geçen birkaç yılın ardından polis onu kendi binasında duman detektörlerini kurcalarken (aslında çalarken) yakaladı. David'in sicili düşünüldüğünde bu önemli bir suçtu, çünkü duman detektörleri radyoaktif bir element olan amerisyum ile çalışır. Amerisyum güvenilir bir alfa parçacığı kaynağıdır ve bu parçacıklar detektörlerin içindeki bir elektrik akımına yönlendirilebilir. Duman akımı engelleyen alfa parçacıklarını emer ve cırlak bir ses çıkarmaya başlar. Fakat David amerisyumu kendi basit nötron silahını yapmak için kullanmıştı, çünkü alfa parçacıkları belirli elementlerden nötronları serbest hale getiriyordu. Aslında daha önce henüz bir izciyken, yaz kampında duman detektörü çalarken yakalanmış ve kamptan atılmıştı.

2007 yılında fotoğrafı medyaya sızdığında David'in yüzünde yüzeyi kabarcıklı yaralar vardı, sanki akut aknesi varmış da her sivil-

ceyi kanayana kadar sıkmış gibiydi, ancak otuz bir yaşındaki birinin genelde aknesi olmazdı. Kaçınılmaz olarak David'in daha fazla nükleer deneyle yeniyetmeliğini yeniden yaşadığı sonucuna varıldı. Bir kez daha kimya, periyodik tablonun kandırmacalarla dolu olduğunu bir türlü anlamak istemeyen David Hahn ile dalga geçiyordu. Tablonun tabanı boyunca sıralanmış ağır elementlerin, zehirli koridordaki elementler gibi insanı klasik yollarla zehirlememelerine rağmen, bir hayatı mahvedebilecek kadar sinsi olduklarını hatırlatan berbat bir uyarı oldu.

10

İki Element Al,
Sabaha Bir Şeyin Kalmaz



Periyodik tablo değişkendir ve elementlerin çoğu da karmaşıktır. Anlaşılması zor elementler vücutta anlaşılması güç işler yapar; bu eylemler genelde kötüdür, ama bazen iyi de olabilirler. Bazı koşullarda zehirli bir element, başka koşullarda hayat kurtarabilir. Metabolizmaya beklenmedik şekillerde katılan kimi elementler kliniklerde yeni tanı yöntemleri sağlayabilir. Element ve ilaçların etkileşimi, periyodik tablonun bilinçsiz kimyasal posasından, hayatın kendi kendine nasıl ortaya çıktığını da aydınlatabilir.

Elementlere dayalı bazı ilaçların geçmişi tahmin edilenden çok daha eskiye dayanır. İddialara göre Romalı memurlar sağlıklı bir hayat sürdürüyor, çünkü yemeklerini gümüş tabaklarda yiyorlardı. Her ne kadar madeni para vahşi hayatta kullanışlı olmasa da, Amerika'ya göç eden öncü aileler, el değmemiş bölgelerden yük arabalarıyla geçerken süt kavanozlarının içine en az birer gümüş paralık yatırım yapıyorlardı, ancak amaç paralarını emniyete almak değil, sütün bozulmasını engellemekti. Söylenenlere bakılırsa, beyefendiliğiyle ünlü astronom Tycho Brahe, 1564 yılında loş bir ziyafet salonunda sarhoşken giriştiği bir kılıç düellosunda burun köprüsü-

nü kaybettikten sonra gümüş bir burun protezi ısmarlamıştı. Gümüş modaya uygundu, fakat daha da önemlisi enfeksiyona engel oluyordu. Tek sorun, belirgin metalik rengi yüzünden, Brahe'nin yanında kavanoz kavanoz fondöten taşımak ve sürekli olarak burun protezinin pürüzlerini kapatmak zorunda kalmasıydı.

Sonraları Brahe'nin mezarını kazarak vücudunu çıkaran meraklı arkeologlar, kafatasının ön tarafında yeşil bir tabaka gördüler. Anlaşılan Brahe gümüş yerine, daha ucuz ve hafif olan bakır bir burun kullanıyordu.[40] (Kim bilir, belki de küpe değiştirir gibi, girdiği ortama göre burun değiştiriyordu.) Bakır ya da gümüş fark etmez, çünkü her iki durum da anlatacağımız hikayeye uygun düşüyor. Uzun zamandır kocakarı ilacı muamelesi görüp gözardı edilmiş olsalar da, modern bilim bu elementlerin antiseptik özellikleri olduğunu doğrular. Halk sağlığı için gümüş kullanmak çok pahalıya gelir, fakat artık binaların kanal ve boru sistemlerinde standart olarak bakır kullanılmaktadır. Bakırın halk sağlığı kariyeri 1976 yılında, ABD'nin 200. kuruluş yıldönümü kutlamaları sonrasında, Philadelphia'daki bir otelde salgın bir hastalık patlak verdiğinde başladı. Temmuz ayında daha önce hiç görülmemiş bir bakteri binanın havalandırma sistemindeki nem kanallarına süzüldü, burada çoğaldı ve havalandırma deliklerinde ilerledi. Birkaç gün içinde oteldeki yüzlerce insan "grip"ten yatağa düştü ve otuz dördü hayatını kaybetti. Otelin kongre merkezi o hafta Amerikan Lejyonu adlı bir gruba kiralanmıştı; bütün kurbanlar onlardan çıkmadığı halde, virüsün yol açtığı hastalık Lejyoner olarak tanındı.

Salgının ardından çıkarılan yasalar daha temiz hava ve su sistemlerini zorunlu hale getiriyordu. Bakır da altyapı sisteminin geliştiril-

40- Arkeologlar Brahe'nin takma burnunu araştırmanın dışında, bıyıklarında da cıva zehirlenmesinin izlerini buldular. Bu muhtemelen onun simya çalışmalarının bir sonucuydu. Brahe'nin acı ölümün bilinen hikayesi, onun idrar kesesindeki bir sorun yüzünden öldüğü şeklindedir. Bir gece kraliyet ailesinden küçük soylularla bir akşam yemeği ziyafeti sırasında çok fazla içki içen Brahe, sosyal olarak kendisinden üstte insanlardan önce kalkmayı doğru bulmadığından tuvalete gitmez. Saatler sonra eve gittiğinde ise işeyemez ve acı dolu on bir günün ardından ölür. Bu hikaye bir masal gibi anlatılır ama aslında gökbilimcinin ölümünde cıva zehirlenmesinin de payının olması muhtemeldir.

mesinde en basit ve ucuz çözümdü. Mantar veya algler gibi belli bakteriler bakırdan yapılmış bir şeyin üzerinde hareket ederlerse, bakır atomlarını emerler ve metabolizmaları bozulur (insan hücreleri ise bakırdan etkilenmez). Mikroplar birkaç saatte boğularak ölür. Oligodinamik veya "kendini sterilize eden" bu etki, metalleri ahşap veya plastikten daha steril hale getirir. Aslına bakarsanız, kamusal alanlarda pirinç kapı tokmakları ve metal korkuluklar kullanmamızın nedeni de budur. Ayrıca ABD topraklarındaki madeni paraların çoğu neredeyse yüzde 90 oranında bakır içerir veya bakırla kaplıdır. Havalandırma borularında bakır sistemlerin kullanılması borularda çoğalan virüsleri de temizler.

Kımıldayan küçük hücreler için benzer şekilde ölümcül olan başka bir element de otuz üç numaralı vanadyumdur. Erkekler üzerinde ilginç etkilere sahip olan vanadyum, şimdiye kadar bulunan en iyi sperm öldürücüdür. Sperm öldürücülerinin çoğu sperm hücrelerinin etrafındaki yağlı zarı çözer. Ne var ki bütün hücreler yağlı bir zarla kaplı olduğundan, bunlar genellikle vajina duvarını da tahriş ederek kadınları maya enfeksiyonuna açık hale getirirler. Haliyle hiç hoş bir durum değil! Vanadyum ise dağınık bir çözünmeden kaçınır ve basitçe sperm kuyruğundaki krank milini çatlatır. Bu kuyruklar sonradan kopar ve spermi tek kürekli sandal gibi fıldır fıldır döndürür.[41]

Ancak vanadyumu piyasada sperm öldürücü olarak bulamazsınız, çünkü herkesin bildiği gibi bir element veya ilacın deney tüplerinde istediğiniz etkilere sahip olması, onu güvenli bir tıp malzemesi haline getirebileceğiniz anlamına gelmez. Bütün potansiyaline rağmen vanadyum insan metabolizması için güvenilir bir ele-

41 - Vanadyum hakkında başka bilgiler: Bazı canlıların kanında, nedendir bilinmez, demir yerine vanadyum bulunur. Bu onlardan kiminin kanını kırmızıya, kimininse elma yeşili ya da maviye döndürür. Molibden ve tungsten gibi, çeliğe azıcık katıldığında, ağırlığını çok az artırarak adamakıllı sertleşmesini sağlar. Henry Ford bir keresinde, "Neden vanadyum olmadan otomobil olmaz?" diye hayıflanmıştır.

ment değildir. Her şey bir yana, kandaki glikoz seviyesini gizemli bir şekilde yükseltip düşürür. Bu nedenle hafif zehirli olmasına rağmen, Fuji Dağı'nın vanadyum zengini su kaynaklarından gelen vanadyum suyu diyabete karşı bir tedavi olarak internette satışa sunulmaktadır.

Diğer elementler etkili ilaçlara dönüşümünü tamamlamıştır; örneğin şimdiye kadar hiçbir işe yaramayan gadolinyum bugün olası bir kanser katilidir. Eşleşmemiş elektronlarının bolluğu sayesinde değerli olan gadolinyumun elektronları diğer atomlarla bağ kurmaya can atmasına rağmen, kendi atomları içinde birbirine en uzak mesafede dururlar. Elektronlar kabuklarda yaşar ve bu kabuklar orbital adı verilen ve her biri iki elektron barındırabilen yataklara bölünür. Her elektron, onun yanına oturmaya mecbur kalan başka biri gelene dek orbitalde tek başına oturur. Elektronlar lütfedip de ikili oturduklarında mızmızlanırlar. Her zaman yanındakinin tersi yönde "spin"le (elektronun manyetik alanıyla ilgili bir özelliktir bu) otururlar. Elektronların bağlanması, spin ve mıknatıslar garip gelebilir, fakat spin yapan her yüklü parçacığın minik dünyalar gibi kalıcı manyetik alanları vardır. Bir elektron karşıt spinde diğer bir elektronla eşleştiğinde manyetik alanları birbirini sıfırlar.

Ender toprak sütununun ortasında yer alan gadolinyum, kendi başına duran en fazla sayıda elektrona sahiptir. Bu kadar çok eşleşmemiş ve birbirini etkisiz hale getirmeyen elektrona sahip olması gadolinyumun herhangi başka bir elementten çok daha güçlü bir şekilde mıknatıslanmasına neden olur, bu da manyetik rezonans görüntülemesi (MR) için iyi bir özelliktir. MR cihazları, vücut dokusunu güçlü mıknatıslarla yavaşça mıknatıslayarak ve sonra mıknatısları atarak çalışır. Alan serbest kaldığında, doku gevşer, kendisine rastgele bir yön verir ve manyetik alanda görünmez hale gelir. Gadolinyum gibi yüksek seviyede manyetik parçaların gevşemesi daha uzun sürer ve MR cihazı bu farkı yakalar. Böylece gadolinyumu tümör-hedefleyen ajanlara, yani sadece tümörleri yakala-

yıp bunlara bağlanan kimyasallara iliştiren doktorlar, MR taramasında tümörleri daha kolay fark ederler. Gadolinyum temelde tümör ile sağlıklı doku arasındaki kontrastı ortaya çıkarır; kullanılan cihaza göre, tümör ya gri bir doku denizinin ortasındaki beyaz bir ada gibi görünür ya da parlak beyaz bir gökyüzünde kapkara bir bulut gibi durur.

Üstelik gadolinyum tümör teşhisinden fazlasını yaparak, yoğun radyasyon ile tümörleri öldürmenin yolunu da sunabilir. Gadolinyumun eşleşmemiş elektron dizisi normal vücut dokusunun kolaylıkla ememeyeceği kadar büyük miktarlarda nötron emmesine imkan verir. Nötronların emilmesi gadolinyumu radyoaktif hale getirir ve nükleer tepkimeye girdiğinde etrafındaki dokuyu keser. Normalde vücut içinde nano seviyedeki bir atom bombasının tetiklenmesi kötüdür, fakat tümörlerin gadolinyumu emmesi sağlanabilirse, bu durum düşmanımın düşmanı gibi bir etki yaratır. Ayrıca gadolinyum DNA'yı tamir eden proteinleri de engellediğinden, tümör hücreleri parçalanmış kromozomlarını yeniden bir araya getiremezler. Hedefine odaklanmış bir gadolinyum saldırısı, kanser hücrelerini öldürürken etraflarındaki her şeyi yakıp yıkan kemoterapinin de, normal kanser radyoterapisinin de karşısında muazzam bir gelişme olacaktır. Bu tekniklerin ikisi de yıkıcıdır, oysa gadolinyum bir gün onkologların kesip biçmeden cerrahi müdahale yapmasına izin verebilir.[42]

Ne yazık ki tüm bunlar, altmış dört numaralı gadolinyumun mucizevi bir ilaç olduğu anlamına gelmiyor. Vücudun düzenli kullan-

42 - Gadolinyumun dışında altın da kanser tedavisi için umut olmuştur. Altın vücuttan geçecek olan kızılötesi ışınları emer ve bunu yaparken aşırı derecede ısınır. Tümörlü hücrelere altın kaplı parçacıkların gönderilmesi, doktorların çevredeki dokuya zarar vermeden tümörü kavurmalarına olanak sağlar. Bu yöntem, 2003 yılında başlayan lösemi hastalığı yüzünden yirmi altı kez kemoterapi gören bir işadamı ve radyo teknisyeni olan John Kanzius tarafından geliştirilmişti. Kemoterapiden bunalıp hırpalanmış ve hastanede gördüğü kanserli çocukların da etkisiyle çaresizliğe gömülmüş halde daha iyi bir yol olması gerektiğine karar verdi. Gece yarısında metal parçacıkları ısıtma fikrini buldu ve karısının fırın tavalarını kullanarak bir prototip makine yaptı. İlk denemesini, bir sosisin yarısına, içine çözünmüş metalleri enjekte edip yoğun radyo dalgalarının olduğu bir hazneye koyarak yaptı. Sosisin müdahale edilmiş yarısı kızarırken, diğer yarısı hâlâ soğuktu.

madığı her element gibi gadolinyumun da yan etkileri var. Raporlara göre sistemden atılamadığı takdirde böbrek sorunlarına yol açıyor, kaslar ölü katılığının erken safhalarındaki gibi sertleşiyor ya da deri solumayı zorlaştıracak kadar katılaşabiliyor. MR'da alınmış gadolinyum yüzünden sağlığının bozulduğunu iddia eden insanların kurduğu bir internet ağı bile var.

Doğrusunu söylemek gerekirse, internet anlaşılması güç tıbbi elementlere dair yaygın iddiaların araştırılması için ilginç bir yerdir. Zehirli bir metal olmayan neredeyse her elementi, hatta ara sıra bunları da içeren besin takviyelerini satan bazı alternatif ilaç siteleri bulabilirsiniz. Günümüzde internette neredeyse her elemente maruz kaldığı gerekçesiyle birilerine dava açmaya hazır insanlar ve bunlara hizmet veren avukatlar bulmak rastlantı olmasa gerek. Şimdiye dek sağlık guruları mesajlarını avukatlardan çok daha geniş bir alana yaymış görünüyor. Üstelik geçmişi kocakarı ilaçlarına kadar uzanan tıbbi elementler (pastilin içindeki çinko gibi) daha da popüler hale geliyor. Bir yüzyıldır insanlar kocakarı ilaçlarının yerine kademeli olarak reçeteli ilaçlar almaya başladı. Ancak Batı ilaçlarına karşı azalan güven, bazı insanların yeniden gümüş gibi "ilaçlar"a yönelmesine neden oldu.

Gümüş de bakır gibi antiseptik özellikler taşır, ancak sindirildiğinde cildi maviye boyar. Hem de kalıcı olarak... Aslına bakarsanız durum kulağa geldiğinden daha kötüdür, çünkü gümüşlü cilde "mavi" demek basit kaçar. Bunu duyduğunuzda aklınıza eğlenceli bir elektrik mavisi gelebilir, ama gerçekte insanın teni soluk, grileşmiş bir zombi Şirin rengine dönüşür.

Neyse ki arjiri adı verilen bu durum ölümcül değildir ve iç hasara yol açmaz. 1900'lerin başlarında frengisini tedavi etmek üzere aşırı dozda gümüş nitrat almış bir adam "Mavi Adam" adıyla bir gösteri bile yapmıştı (bu arada tedavi işe yaramamıştı). Günümüzde de, Montana doğumlu, Özgürlükçü Parti üyesi olgun ve solgun Stan Jones ürkütücü seviyede mavi olmasına rağmen, 2002 ve 2006

yıllarında Amerikan Senato seçimlerine adaylığını koymuştu. Medya gibi Jones da kendiyle fazlasıyla eğleniyordu. Yolda onu parmakla gösteren çocuklara ve yetişkinlere ne söylediği sorulduğunda ruhsuz bir şekilde, "Cadılar Günü kostümümü denediğimi söylüyorum," demişti.

Ayrıca Jones nasıl arjiri olduğunu anlatmaktan zevk alıyordu. Komplo teorilerine kayıtsız kalamayan Jones, 1995 yılında Y2K bilgisayar çöküşünü ve özellikle de yaklaşan kıyamette olası antibiyotik kıtlığını saplantı haline getirdi. Bağışıklık sistemini güçlendirmek üzere arka bahçesinde dokuz voltluk bataryalara bağlı gümüş kabloları su fıçılarına daldırarak ağır-metal içkisini damıttı. Bu kadar kuvvetli bir elektrik akımı suda çok fazla gümüş iyonunu çözeceğinden, en ateşli gümüş taraftarlarının bile bunu tavsiye edeceğini sanmıyorum. Jones, Y2K fos çıkana kadar dört buçuk yıl boyunca hiç sektirmeden gümüşlü içkisini yudumladı.

Bu fiyaskoya ve peş peşe gelen seçim kampanyaları sırasında kendisine bön bön bakılmasına rağmen Jones pişmanlık duymadı. 2002 yılı seçimlerini kaybetmesinden bir yıl sonra ulusal bir dergiye şu demeci vermişti: "Aşırı dozda gümüş almış olmam benim hatam, fakat yine de bunun dünyadaki en iyi antibiyotik olduğuna inanıyorum... Eğer Amerika'da biyolojik bir saldırı olursa veya herhangi bir hastalığa yakalanırsam hemen bunu alırım. Hayatta kalmak mora dönmekten çok daha önemlidir."

Stan Jones'un tavsiyesine rağmen, çağımızın en iyi ilaçları izole edilmiş elementler değil karmaşık bileşiklerdir. Yine de modern ilaçlar tarihinde, beklenmedik birkaç element çok önemli görevler üstlenmiştir. Bu tarih büyük oranda Gerhard Domagk gibi daha az bilinen kahraman bilimciler hakkındadır, fakat asıl Louis Pasteur ve onun maddenin özünde bulunan biyolojik moleküllerin tek el kullanma özelliği, yani bakışımsızlıkla yaptığı özgün keşifle başlar.

Çok fazla ihtimal yok, ya sağ elinizi kullanıyorsunuz ya da kul-

lanmıyorsunuz, yani solaksınız. Vücudunuzdaki her proteindeki her aminoasidin solak bir kıvrımı vardır. Aslında var olan her canlı formunda neredeyse her protein sadece solaktır. Eğer astrobiyologlar bir meteorun veya Jüpiter'in uydusunun üzerinde bir mikrop bulurlarsa deneyecekleri ilk şey proteinlerinin bakışımsızlığı olacaktır. Proteinler solaksa, mikrop muhtemelen dünyadan gelen bir kirlenmedir. Eğer değilse kesinlikle uzaylı yaşamı olacaktır.

Pasteur bir kimyager olarak kariyerine yaşamın en mütevazı parçalarını çalışarak başladığı için bakışımsızlığın farkına varabilmiştir. 1849 yılında, daha yirmi altı yaşındayken, bir şarap üreticisi tarafından kendisinden şarap üretiminin zararsız bir atığı olan tartarik asidi incelemesi istenmişti. Üzüm çekirdekleriyle maya kalıntıları tartarik asit üreterek çürür ve bu madde şarap fıçılarındaki tortuda kristaller halinde birikir. Mayadan çıkan tartarik asidin tuhaf bir özelliği vardır. Onu suda çözüp solüsyona dikey yönlü bir ışık verdiğinizde ışınlar dikey düzlemden saat yönünde bükülecektir. Bunu bir kadranı döndürmeye benzetebiliriz. Endüstriyel, insan yapımı tartarik asidin böyle bir özelliği yoktur. Dikey ışın doğru ve dik bir şekilde yüzeye çıkar. Pasteur bunun nedenini bulmayı amaçlamıştı.

Bu durum iki tür tartarik asidin kimyalarının farklılığından ileri gelmiyordu. İkisi de tepkimelerde aynı şekilde davranıyordu, ikisinin de element bileşimleri aynıydı. Pateur ancak kristalleri büyüteçle incelediğinde farkı yakalayabildi. Mayadan gelen tartarik asit kristallerinin tamamı küçük, birbirinden ayrılmış solak yumruklar gibi tek bir yönde kıvrım yapıyordu. Endüstriyel tartarik asit ise her iki yöne de kıvrılıyordu; yani sağ ve sol yumrukların bir karışımıydı. İyice meraklanan Pasteur cımbız yardımıyla tuz boyutundaki tanecikleri sol yönlüler ve sağ yönlüler olarak ayırmaya başladı. Sonra her grubu suda çözdü ve daha fazla ışın gönderdi. Tam da şüphelendiği gibi, mayaya benzeyen kristaller ışığı saat yönünde döndürdü, bunun ayna görüntüsü halindeki kristaller ise ışığı saat yönünün tersine döndürdü, üstelik tam da aynı dereceyle.

Pasteur sonuçları, bazı bileşiklerin ışığı bükebileceğini ilk keşfeden Jean Baptiste Biot adlı akıl hocasına anlattı. Yaşlı adam kendi gözleriyle görmek istedi, deneyin zarafetine o kadar kapıldı ki neredeyse kendisini tutamayıp ağlıyordu. Pasteur tartarik asidin iki aynı, fakat birbirinin ayna görüntüsü olan formu olduğunu göstermişti. Daha da önemlisi, Pasteur sonradan bu düşüncesini, canlılığın, moleküllerin tek elliliğine veya "bakışımsızlık"a yönelik güçlü bir meyli olduğunu gösterecek şekilde genişletti.

Pasteur daha sonra bu parlak çalışmada biraz şansının da yaver gittiğini kabul etti. Diğer pek çok molekülden farklı olarak tartarik asidin ayna görüntüsü olarak görülmesi kolaydı. Ayrıca bakışımsızlık ile ışığı döndürme arasındaki bağlantıyı tahmin edebilen kimse olmadığı halde, Pasteur'ün yanında, optik döndürme deneyleri sırasında kendisine rehberlik edecek Biot vardı. Şansla birlikte hava da onlarla işbirliği içindeydi. Pasteur hazırladığı tartarik asidi pencere eşiğinde soğutuyordu. Asit sadece 26°C'nin altındaki sıcaklıklarda sol yönlü ve sağ yönlü kristallere ayrışır ve o mevsim biraz daha sıcak olsaydı tek elliliği hiçbir zaman keşfedememiş olabilirdi. Yine de Pasteur başarısının sadece bir kısmını şansa borçlu olduğunu biliyordu. Kendisinin de söylediği gibi, "Şans sadece hazırlıklı olan akla iyilik eder".

Pasteur bu "şansı" hayatı boyunca devam ettirebilecek kadar yetenekliydi. Bunu ilk yapan olmasa da, steril bir şişedeki et suyu üzerine zekice bir deney gerçekleştirdi ve havanın kesinlikle "canlandırıcı bir element" içermediğini, yani ölü maddeden canlı oluşturabilecek herhangi bir ruh içermediğini kanıtladı. Hayat sadece periyodik tablodaki elementlerden oluşmuştu. Pasteur ayrıca enfeksiyona yol açan hastalıkları engellemek için sütün kaynatılması işlemini, yani pastörizasyonu geliştirdi ve kuduz aşısı ile genç bir çocuğun hayatını kurtardı. Ulusal bir kahraman haline gelen Pasteur, hastalıklara yol açan mikrop teorisini geliştirmek üzere Paris dışında kendi adını vereceği bir enstitü açmak için de bu ününden yararlandı.

1930'larda intikamcı ve kindar birkaç bilimcinin laboratuvar yapımı ilk farmasötiklerin nasıl çalıştığını bulduğu ve bunu yaparak Pasteur'ün entelektüel soyundan gelen, dönemin büyük mikrobiyologu Gerhard Domagk'a köstek oldukları yer de Pasteur Enstitüsü'dür.

1935 yılının sonlarında Domagk'ın kızı Hildegard, Almanya, Wuppertal'deki evlerinin merdiveninde elinde bir dikiş iğnesi ile tökezledi. İğne eline battı, küçük bir delik açtı ve içinde kırıldı. Doktor kırık parçayı çıkarmasına rağmen, Hildegard cansızlaştı, ateşi yükseldi ve kolunda acımasız bir streptokok enfeksiyonu baş gösterdi. Kızı kötüleştikçe, Domagk da tedirginlik içinde kıvranıyordu, çünkü o dönemde bu tip enfeksiyonların sonu çoğunlukla ölümdü. Bakteri bir kez çoğalmaya başladı mı, bilinen hiçbir ilaç onu durduramıyordu.

Aslında bir ilaç ya da daha doğrusu deneme sürecindeki bir ilaç vardı. Domagk'ın bir süredir laboratuvarında test ettiği kırmızı bir endüstri boyasıydı bu. 20 Aralık 1932'de iki ayrı batından gelmiş farelere ölümcül dozun on katı kadar streptokok bakterisi enjekte etmişti. Doksan dakika sonra bu iki gruptan birine prontosil adı verilen endüstri boyasını enjekte etmişti. O güne kadar önemsiz bir kimyager olan Domagk, dört gün sonra laboratuvarına fareleri kontrole gitti. Boya enjekte ettiği farelerin hepsi hayattaydı, diğerleriyse ölmüştü.

Geceleri Hildegard'ın başında nöbet tutan Domagk'ın karşı karşıya olduğu tek şey bu değildi. Alışılmadık biçimde kükürt atomu içeren halkalı bir organik molekül olan prontosilin öngörülemeyen başka özellikleri de vardı. O zamanlar Almanlar boyaların, yaşamsal organlarını yanlış renge boyayarak mikropları öldürdüğüne inanıyorlardı. Fakat prontosil faredeki mikroplara karşı ölümcül olsa da, test tüplerindeki bakterileri etkilemiyordu. Bakteriler kırmızı sıvının içinde mutlu mutlu yüzüyorlardı. Kimse sebebini bil-

miyordu ve bu cehalet yüzünden pek çok Avrupalı doktor, enfeksiyon tedavisinde cerrahiden daha etkisiz olduğu gerekçesiyle, Alman "kemoterapi"sini reddediyordu. Domagk bile bu ilaca güvenmemişti. 1932'deki fare deneyi ile Hildegard'ın kazası arasındaki süreçte insanlar üzerindeki belirsiz klinik deneyler iyi sonuç vermiş, fakat nadir de olsa ciddi yan etkilere rastlanmıştı (insanların yüzünün ıstakoz gibi kızarmasını saymıyorum bile). Daha büyük bir amaç için klinik deneylerinde insanların ölüm riskini kabul edebilirdi, ama kendi kızını riske atmak bambaşka bir şeydi.

Domagk, Pasteur'ün elli yıl önce Fransa'da genç bir annenin kuduz köpek saldırısına uğramış ve zorlukla yürüyen oğlunu kendisine getirdiğinde yaşadığı durumda kaldı. Pasteur çocuğa sadece hayvanlar üzerinde denenmiş bir kuduz aşısı yaparak çocuğun hayatını kurtarmıştı.[43] Pasteur lisanslı bir doktor değildi ve başarısız olduğu takdirde adli kovuşturma tehdidi altında olmasına rağmen aşıyı uygulamıştı. Domagk ise başarısız olursa, kızını öldürmüş olmanın yükünü taşıyacaktı. Hildegard güçten düşüyor, Domagk ise birinde koşuşturan, diğerinde öylece yatan farelerle dolu iki kafesi düşünüyordu. Hildegard'ın doktoru kızın kolunu kesmek zorunda kalacağını söylediğinde, Domagk ihtiyatı bir kenara bıraktı. Her türlü deney protokolünü çiğneyerek bir miktar ilacı gizlice laboratuvarından çıkardı ve kızına kan rengindeki serumu enjekte etmeye başladı.

Başlangıçta Hildegard kötüye gitti. Sonraki birkaç hafta boyunca ateşi bir yükselip bir alçaldı. Sonunda babasının fare deneyinden tam üç yıl sonra Hildegard'ın durumu istikrar kazandı. Kolunun kesilmesine gerek kalmadan hayatını sürdürebilecekti.

Sevinçten havalara uçan Domagk klinik deneyleri yönlendirmemek adına gizli deneyinden meslektaşlarına söz etmedi. Fakat mes-

---

43- Pasteur'un kuduzdan kurtardığı küçük çocuk sonradan Pasteur Enstitüsü'nde bekçi oldu. Trajik şekilde, 1940 yılında Alman askerleri Fransa'yı işgal ettiklerinde hâlâ bekçiydi. Bir subay, Meister'den Pasteur'un kemiklerini görmek için mezarını açmasını isteyince, böyle bir şeye iştirak etmektense intihar etmeyi seçti.

lektaşlarının Domagk'ın büyük başarı elde ettiğini, yani ilk gerçek antibakteriyel ilacı bulduğunu düşünmeleri için Hildegard'ın hikayesini duymaları gerekmiyordu. İlacın keşfinin büyüklüğü hakkında şimdi ne söylesek abartmış olmayız. Domagk'ın zamanındaki dünya pek çok açıdan moderndi. İnsanlar trenlerle kıtalar arası yolculuk yapabiliyor, telgrafla uluslararası iletişim kurabiliyordu, ancak yaygın enfeksiyonlara karşı hayatta kalma umutları yoktu. Prontosille, tarihin başlangıcından bu yana insanlar üzerinde yıkıcı etkisi olan salgın hastalıkları ilk kez fethedebilir, hatta onları yok edebilirlerdi. Geriye bir tek prontosilin nasıl çalıştığı sorusunu cevaplamak kalıyordu.

Yazar olarak mesafemi korumam gerektiğini biliyorum, fakat aşağıdaki açıklamama bir de özür eşlik etmeli. Sekizli kuralının faydası açıklandıktan sonra, hâlâ istisnalar bulunduğunu ve prontosilin tam da bu kurala uymadığından bir ilaç olarak başarılı olduğunu söylemekten nefret ediyorum. Özellikle iradesi kuvvetli elementler tarafından sarıldıysa, kükürt dış kabuk elektronlarının altısını birden kiraya verir ve sekizlisini bir düzineye genişletir. Prontosilde ise kükürt bir elektronunu karbon atomlarının benzen halkasıyla, diğer birini kısa bir azot zinciriyle ve diğer ikisini açgözlü iki oksijen atomuyla paylaşır. Bu da on iki elektron ile altı bağ demektir. Kükürt haricindeki hiçbir element bunu başaramaz. Kükürt periyodik tablonun üçüncü satırında yer alır, yani sekiz elektrondan fazlasını alabilecek ve bütün bu önemli parçaları bir araya getirecek kadar büyüktür. Hatta yine üçüncü satırda olduğundan, her şeyi etrafında üç boyutlu düzende yerleştirebilecek kadar küçüktür.

Öncelikle bir bakteriyolog olan Domagk bütün bu kimyadan bihaberdi ve nihayet sonuçlarını yayınlamaya karar verdi, bu sayede diğer bilimciler prontosilin nasıl çalıştığı konusunda kendisine yardımcı olabilirdi. Fakat düşünülmesi gereken başka şeyler vardı. Domagk'ın çalıştığı kimya karteli I. G. Farbenindustrie (IGF, sonradan Fritz Haber'in Zyklon B'sini üreten şirket) zaten prontosili boya

olarak satıyordu, fakat 1932 yılı Noel'inden hemen sonra prontosilin ilaç olarak patentini genişletme başvurusunda bulunmuştu. İlacın insanlarda işe yaradığına dair klinik kanıtlar sayesinde, IGF bunun fikri mülkiyet hakkını elde tutmaya sıcak bakıyordu. Domagk sonuçlarını yayınlamak istediğinde, şirket onu prontosilin tıbbi patenti alınıncaya kadar beklemeye zorladı. Avukatlar çene çalarken insanlar ölüyordu, haliyle Domagk ve IGF eleştirilere maruz kaldı. Daha sonra IGF diğer firmaların prontosili keşfetmesini engelleme gayretiyle Domagk'ın bilinmeyen ve sadece Almanlara özel bir dergide makalesini yayınlamasına izin verdi.

Önlemlere ve prontosilin devrim niteliğindeki vaatlerine rağmen ilaç pazara düştüğü anda tepkileri üzerine çekti. Yabancı doktorlar bunun hakkında sert söylevler veriyor, çoğu ilacın işe yarayacağına hiç ihtimal vermiyordu. 1936 yılında ciddi bir boğaz enfeksiyonuna yakalanan Franklin Delano Roosevelt Jr.'un hayatını kurtarana ve *New York Times*'ta manşetlere çıkana kadar, prontosil ve onun kimsesiz kükürt atomu bir türlü saygınlık kazanamadı. Sonunda IGF'nin kazandığı onca para düşünülürse, Domagk prontosili altına çeviren bir simyacıya dönüşmüş, prontosilin çalışma prensibini bilmemesi önemini yitirmişti. Satışlar 1936 yılında beş kat ve sonraki yıl beş kat daha artış gösterirken, cehalet kimin umurundaydı.

Bu arada Fransa'da Pasteur Enstitüsü'ndekiler de Domagk'ın az bilinen makalesini araştırıyorlardı. Fikri mülkiyet karşıtı (çünkü patentlerin temel araştırmaları engellemesinden nefret ediyorlardı) ve Cermen karşıtı (çünkü Almanlardan nefret ediyorlardı) Fransızlar, IGF patentini batırma kavgasına giriştiler. (Dahiler için bir motivasyon kaynağı olarak kindarlığı asla hafife almayın!)

Prontosil, bakteriler söz konusu olduğunda, reklamını yaptıkları kadar iyi iş görüyordu, fakat Pasteur laboratuvarlarında prontosilin vücutta izlediği yolda bazı tuhaflıklar vardı. Öncelikle, bakteriyle savaşan prontosil değil, memeli hücrelerinin prontosili ikiye bölerek ürettiği bir türevi, yani sülfonamid idi. Böylece test tüplerin-

deki bakterilerin neden etkilenmediği anında açıklanmış oldu: Test tüpünde prontosili parçalayarak "aktifleştirecek" bir memeli hücresi yoktu. İkincisi, merkezindeki atomu ve yan zincirlerindeki altı bacaklı ahtapotu ile sülfonamid, her hücrenin DNA'yı eşlemede ve üremede kullandığı bir besin olan folik asit üretimini engelliyordu. Memeliler folik asidi besinlerden alır, yani sülfonamid hücrelerine ayak bağı olmaz. Fakat bakteriler kendi folik asidini üretmek zorundadır, aksi takdirde mitoza giremez ve yayılamazlar. Uzun sözün kısası, Fransızlar Domagk'ın bakteri öldürücüsü değil, bakteri doğum kontrol yöntemi keşfettiğini gösterdiler!

Prontosilin bu analizi hayret verici bir haberdi, üstelik sadece tıbbi yönden de değil. Prontosilin önemli bir parçası olan sülfonamid yıllar önce keşfedilmişti. 1909 yılında I. G. Farbenindustrie[44] tarafından patenti alınmıştı, fakat şirket sadece bir boya olarak test ettiğinden cansızdı. 1930'ların ortaları itibariyle bu patent sonlanmıştı. Pasteur Enstitüsü'ndekiler sonuçlarını sevinçle yayınladılar ve böylece bilgilerini dünya üzerindeki herkesle paylaşarak prontosil patentinin alınmasının da önünü kesmiş oldular. Domagk ve IGF de, tahmin edileceği üzere sülfonamidin değil, prontosilin en önemli bileşen olduğunu öne sürerek durumu protesto ettiler. Fakat onlara karşı kanıtlar biriktikçe iddialarından vazgeçmek zorunda kaldılar. Rakipleri yayıldıkça ve başka "sülfa ilaçları" sentezlendikçe, şirket ürün yatırımından milyonlar ve kardan da muhtemelen yüzlerce milyon kaybetti.

Domagk'ın profesyonel hayal kırıklığına rağmen, akranları ne yaptığını anlamışlardı ve fare deneyinden sadece yedi yıl sonra, 1939'da Pasteur'un varisine Nobel Tıp ve Fizyoloji Ödülü verdiler. Ne var ki Nobel kazanmak Domagk'ın hayatını bir hayli zora so-

44- Domagk'ın çalıştığı IGF, Nazilerin toplama kamplarında gaz odalarında kullandığı Zyklon B gazının üreticisi olarak sonradan kötü ün salacaktı. Şirket İkinci Dünya Savaşı'ndan hemen sonra çöktü ve yöneticilerinin çoğu, Nazi hükümetine saldırgan bir savaş yürütmesinde ve mahkumlarla esirlere insanlık dışı muamelesinde yardım etmekten Nuremberg mahkemesinde yargılandı. IEGF'nin devamcıları şimdi Bayer ve BASF'tadır.

kuyordu. Hitler, 1935 yılı Nobel Barış Ödülü'nü Nazi karşıtı ve barışsever bir gazeteciye verdiklerinden, Nobel komitesinden nefret ediyordu ve herhangi bir Almanın Nobel Ödülü almasını öylece yasaklayıvermişti. Hal böyleyken Gestapo, Domagk'ı işlediği "suç"tan dolayı tutukladı ve ona acımasızca davrandı. İkinci Dünya Savaşı çıktığında Domagk Nazileri kangren olmuş askerleri iyileştirebileceğine ikna ederek (ilk anda inanmayı reddettiler), günahını biraz olsun bağışlattı. Fakat Müttefikler'in de sülfa ilaçları vardı ve 1942 yılında Domagk'ın ilaçları Almanya'yı mahvetmeye kararlı Winston Churchill'i de iyileştirdiğinde, Domagk'ın popülerliği artmadı. Kızının hayatını emanet ettiği ilaç, şimdi kendi hayatını tehdit ediyordu.

İnsanlar artık bir çeşit hayat iksiri gibi gördükleri sülfonamidi her boğaz ağrısında ve nezlede talep eder hale geldi. ABD'de kolay para kazanmaya hevesli bir satıcı antifriz ile tatlandırdığı sülfaları kapı kapı dolaşıp satarak bu manyaklıktan çıkar sağlamaya başladığında, haftalar içinde yüzlerce insan öldü. Söz konusu her derde deva bir ilaç olduğunda, insanların saflığının sınırı olmadığının bir başka kanıtı daha yaşanmıştı.

Antibiyotikler Pasteur'ün mikroplar hakkındaki keşiflerinin doruk noktasıdır. Fakat bütün hastalıklara mikroplar neden olmaz, pek çoğu kimyasal veya hormonal sorunlara dayanır. Ancak Pasteur'ün biyolojiye yaptığı diğer büyük katkı olan bakışımsızlığın benimsenmesinden sonra, modern ilaçlar bu ikinci tür hastalıkları hedef almaya başladı. Pasteur, rastlantı ve hazırlıklı akla dair düşüncesini öne sürmesinin ardından, gerçekten çok gizemli bir şeyi kastettiği için daha derin bir merak duygusu uyandıran, canlılığın yaşamasını sağlayanın ne olduğuna ilişkin başka bir şey daha söyledi. Canlılığın derinlerde bakışımsızlığa eğilimi olduğunu belirledikten sonra Pasteur bunun "halihazırda ölü madde kimyası ile canlı madde kimyası arasında çizilebilecek belirgin bir hudut çizgisi" olduğunu öne sür-

dü. Canlılığı neyin tanımladığını merak ediyorsanız, kimyasal yönden cevap buradadır.

Pasteur'ün bu ifadesi biyokimyaya bir yüzyıl boyunca rehberlik etti, bu süreçte doktorlar hastalıkları anlamada inanılmaz bir ilerleme kaydetti. Aynı zamanda bu görüş, hastalıkların tedavisinin bakışımsız hormonlar ile bakışımsız biyokimyasallara ihtiyaç duyacağını gösterdi ve bilimciler zekice ve yol gösterici olmasına rağmen, Pasteur'ün hükmünün kendi cehaletlerinin kurnazca altını çizdiğini de anladılar. Bilimcilerin laboratuvarda yapabildikleri "ölü" kimya ile hayatı destekleyen canlı hücre kimyası arasındaki uçuruma dikkat çeken Pasteur bunu aşmanın kolay bir yolu olmadığının da farkındaydı.

Yine de insanlar denemeyi sürdürdüler. Bazıları esansları ve hayvan hormonlarını damıtarak bakışımsız kimyasallar elde etti, ancak seçtikleri yol epey meşakkatliydi. (1920'lerde Chicago'dan iki kimyager ilk saf testosteronun birkaç gramını elde edebilmek uğruna bir ağılda tonlarca ağırlıkta boğa testisi ezmek zorunda kalmışlardı.) Olası bir diğer uygulama da Pasteur'ün keşfettiği ayrımı boş verip biyokimyasalların hem sol hem de sağ yönlülerini aynı anda üretmekti. Basit olan buydu, çünkü istatistiksel olarak bakışımsız molekülleri üreten tepkimeler aşağı yukarı eşit oranlarda sol ve sağ yönlüler ortaya çıkarıyordu. Ancak uygulamada bir sorun vardı, birbirinin ayna görüntüsü olan moleküller vücutta farklı özellikler sergiliyordu. Limonların ve portakalların lezzetli kokusu biri sağ yönlü, diğeri ise sol yönlü olan aynı temel moleküllerden kaynaklanır. Yanlış yönlü moleküller sol yönlü biyolojiye zarar verebilir. Alman ilaç şirketlerinden biri, 1950'lerde hamile kadınlardaki sabah bulantısına karşı bir tedavi pazarlamaya başladı, fakat etken maddenin iyi huylu ve iyileştirici formu yanlış yönlü formu ile karışık haldeydi, çünkü araştırmacılar bunları ayrıştıramamıştı. Taliomid, beraberinde getirdiği garip doğum kusurlarıyla (özellikle de bacaksız veya kolsuz doğan bebekler ya da elleri ve ayakları kaplumbağa yüzgeci gibi göv-

deye yapışık olanlar) yirminci yüzyılın en kötü ünlü ilacı oldu.[45]

Talidomid felaketi yayıldıkça, bakışımsız ilaçlara yönelik umutlar da iyice azaldı. Fakat insanların talidomid bebekler için yas tuttuğu dönemde, St. Louis'ten William Knowles adlı bir kimyager bir tarım şirketinin Monsanto'daki özel laboratuvarında rodyum ile oyalanmaya başladı. Knowles, Pasteur'ü bir çırpıda atlatıverdi ve "ölü" maddenin aslında canlı maddeye hayat verebileceğini keşfetti.

Knowles'ın elinde düz ve iki boyutlu bir molekülü vardı; üç boyutlu molekülün solak versiyonu Parkinson gibi beyin hastalıklarında umut vaat ettiğinden, bunu üç boyutluya dönüştürmek istiyordu. Yaşanan sıkıntı, doğru bakışımsızlığın elde edilmesiydi. İki boyutlu nesneler bakışımsız olamaz, buna karşın sağ eliniz şeklindeki düz bir karton parçası tersine çevrilerek sol el haline getirilebilir. Bakışımsızlık sadece z ekseninden kaynaklanır. Fakat bir tepkimedeki cansız kimyasallar ellerden birini veya diğerini yapmayı bilmezler. Kandırılmadıkları sürece her ikisini birden yaparlar.

Knowles'ın kandırmacası bir rodyum katalizörüydü. Katalizörler, tepkimeleri sıradan hayatlarını sürdüren fanilerin anlayamayacağı seviyelere kadar hızlandırırlar. Bazı katalizörler tepkime hızlarını milyonlar, milyarlar, hatta trilyonlarca kat artırır. Rodyum da fazlasıyla hızlı çalışır. Knowles bir rodyum atomunun haddi hesabı olmayan sayıdaki iki boyutlu moleküllerini şişirebileceğini bularak, rodyumu halihazırda bakışımsız olan bir bileşiğin merkezine yerleştirdi ve bakışımsız bir katalizör yaratmış oldu.

Zekice olan kısmı, hem rodyum atomlu bakışımsız katalizörün

45- Bir grup bilimci, talidomidin tahripkar etkisinin neden klinik denemeler boyunca devam ettiğini araştırdı. Temel moleküler nedenlerden dolayı talidomid, fare yavrularında doğuştan gelen kusurlara sebep olmaz. Talidomid üreten Alman şirketi Grünenthal fare deneylerinden sonra titiz insan deneyleri yapmamıştı. İlaç ABD'de hamile kadınlar için asla onaylanmadı; çünkü Gıda ve İlaç İdaresi başkanı Frances Oldham Kelsey, onu geçirmek için uygulanan lobi baskısına boyun eğmedi. Tarihin ilginç kıvrımlarından birinde, talidomid şim cüzam gibi hastalıkların tedavisinde dikkat çekici etkisiyle yeniden ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda iyi bir kanser karşıtı etkendir çünkü yeni kan damarlarının oluşmasını engelleyerek (korkunç doğum kusurlarına neden olması da bu yüzdendir, çünkü embriyo organları gelişimleri için gerekli besinleri alamazlar) tümörlerin gelişimini sınırlar. Pek çok hükümet doktorların, doğurganlık yaşındaki kadınlara -hamile kalma ihtimallerini gözeterek- bu ilacı vermesini engellemek için katı protokoller getirmiştir.

hem de hedefteki iki boyutlu molekülün parçalı ve hacimli olmasıydı. Bu nedenle birbirleriyle tepkimeye girmek üzere güç kullandıklarında, bunu iki obez hayvanın çiftleşmeye çalışması gibi yapıyorlardı. Bu da bakışımsız bileşiğin rodyum atomunu iki boyutlu molekülün içine sadece bir pozisyondan sokabileceği anlamına geliyordu. Ayrıca bu pozisyondan, kollar ve yağlı göbek yerindeyken, iki boyutlu molekül üç boyutlu hale sadece bir boyuttan açılabilirdi.

Çiftleşme sırasındaki bu sınırlı manevra yeteneği rodyumun tepkimeleri ileri saran katalizörlük yeteneğiyle birleşince, bakışımsız bir rodyum katalizörü üreten Knowles zor işin sadece bir parçasını yapıp yakasını kurtarabilecekti ve yine de doğru yönlü moleküller toplayacaktı.

Yıl 1968'di ve modern ilaç sentezinin başlayıp 2001 yılında Knowles'ı Kimya dalında Nobel Ödülü ile onurlandıracak bir andı.

Rodyumun Knowles için ürettiği ilaç, Oliver Sacks'ın *Uyanışlar* adlı kitabıyla ünlenen bir bileşik olan levo-dihidroksifenilalanin, yani L-dopa idi. Kitap L-dopa'nın, 1920'lerde ileri Parkinsonlu seksen hastayı uyku hastalığından (*Encephalitis lethargica*) nasıl uyandırdığına dair belgeler içeriyordu. Seksen kişinin tamamı kuruma yerleştirilmiş, çoğu kırk yılını nörolojik bir bulanıklık içinde geçirmişti, birkaçı ise sürekli katatoni halindeydi. Sacks bunları "enerjiden, güçten, girişkenlikten, motivasyondan, iştahtan, etkiden veya tutkudan tamamen yoksun... hayalet kadar gerçekdışı ve zombiler kadar pasif... tükenmiş volkanlar" olarak tarif ediyordu.

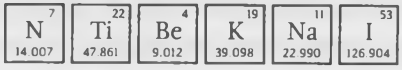
1967 yılında bir doktor Parkinson hastalarını beyindeki kimyasal dopaminin bir öncülü olan L-dopa ile tedavi ederek büyük bir başarı elde etmişti. (Domagk'ın prontosili gibi, L-dopa da vücutta biyolojik olarak aktif hale getirilmeliydi.) Fakat molekülün sağ ve sol yönlü formlarını ayrıştırmak çok zordu ve ilacın kilosu yaklaşık 10.000 dolar ediyordu. Mucizevi bir şekilde, neden öyle olduğunun farkına varmadan, "1968'lerin sonlarına doğru L-dopa'nın maliyeti hızla düşmeye başladı," diye not düşen Sacks, Knowles'ın keşfi ile öz-

gürleşti. Vakit kaybetmeden New York'taki katatonik hastalarını tedaviye başladı ve "1969 baharında... hiç kimsenin hayal edemeyeceği veya öngöremeyeceği bir şekilde, bu 'tükenmiş volkanlar' birden hayata geri döndü".

Buradaki volkan metaforu doğrudur, çünkü ilacın etkileri tamamen iyi huylu değildi. Bazı insanlar düşüncelerini yarıştıracak seviyede hiperkinezi gösterdi ve diğerleri halüsinasyon görmeye veya hayvanlar gibi eşyaları kemirmeye başladı. Fakat bu unutulmuş insanların neredeyse hepsi önceki uyuşukluk hallerindense, L-dopa deliliğini tercih ettiler. Sacks, ailelerinin ve hastane çalışanlarının bu insanları neredeyse ölü kabul ettiğini, hatta bazı kurbanların da kendilerini bu şekilde gördüğünü anlatır. Knowles'ın ilacının sadece so yönlü versiyonu onları yeniden canlandırabilmişti. Yani Pasteur'ün doğru yönlü kimyasalların hayat veren özellikleri olduğuna dair hükmü doğruluğunu bir kez daha kanıtlamıştı.

11

Elementler Nasıl Aldatır?



Rodyum gibi sıradan gri bir metalin L-dopa gibi harika bir şey üretebileceğini kimse tahmin edemezdi. Fakat kimya alanında yüzyıllarca süren çalışmalardan sonra, elementler hâlâ bazen iyi bazen de tehlikeli biçimlerde bizi şaşırtmaya devam ediyor. Elementler bilinçsiz ve otomatik nefes alıp veriş düzenimizi altüst edebilir; bilinçli duyularımızı birbirine karıştırabilir; hatta iyodun yaptığı gibi en yüksek insani becerilerimize ihanet edebilir. Kimyacıların elementlerin kaynama noktaları ya da dünya kabuğundaki miktarları gibi pek çok özelliğini tümüyle kavradıkları doğrudur. Hatta kimyanın kutsal kitabı olan yaklaşık dört kilo ağırlığındaki 2804 sayfalık *Kimya ve Fizik El Kitabı*'nda elementlerin fiziksel özellikleri ihtiyacınız olandan çok daha fazla ondalık basamaklar boyunca sıralanmıştır. Elementler atom seviyesinde tahmin edilebilir davranışlar sergilerler. Ne var ki biyolojinin karmaşası ile karşılaştıklarında bizi şaşkına çevirirler. Doğal olmayan koşullarla karşılaştığında en bezgin, en sıradan elementler bile sürpriz yapabilirler.

19 Mart 1981'de beş teknisyen, NASA'nın Cape Canaveral'daki kumanda merkezinde bir simülasyon uzay gemisinde bir paneli iptal ederek motor üzerine yerleştirilen arka bölüme girmişlerdi. Otuz üç saatlik bir "işgünü", mükemmel şekilde taklit edilen bir roket kal-

kışıyla nihayet sona ermişti. NASA birimi şimdiye kadar tasarlanan en gelişkin uzay aracı olan *Columbia*'nın Nisan ayındaki ilk görevine fırlatılmasıyla ilgili olarak kendisine son derece anlaşılır bir güven duyuyordu. Günün en zor kısmı bitmiş, sonuçtan hoşnut ve yorgun haldeki teknisyenler rutin sistem kontrolü için kompartımana girmişlerdi. Saniyeler sonra ürkütücü bir huzurla yere yığıldılar.

1967 yılında üç astronotun *Apollo I* eğitimleri sırasında yanarak ölmesinden bu yana, NASA yeryüzünde veya uzayda hiçbir can kaybı yaşamamıştı. O dönemde mütemadiyen roketin taşıdığı yükü azaltmaya çalışan NASA, uzay gemilerinde yüzde 80 oranında azot içeren (toplam ağırlığın yüzde 80'i) hava yerine, saf oksijen kullanıyordu. Ne yazık ki NASA'nın 1966 yılına ait bir teknik raporda farkına vardığı üzere, "atmosferdeki azotun bir miktar ısıyı emecek veya olmazsa engelleyecek şekilde seyreltilmediği durumlarda, saf oksijende [alevler] daha hızlı veya sıcak yanar." Oksijen moleküllerindeki (O_2) atomlar ısıyı emdiği anda birbirlerinden ayrılır ve yanlarındaki atomlardan elektron çalarak ortalığı cehenneme çevirirler. Ateşin çılgınca daha sıcak yandığı bir cümbüştür bu. Oksijenin fazladan kışkırtılması gerekmez. Bazı mühendisler astronot giysilerindeki cırtcırttan oluşabilecek bir statik elektriğin bile saf ve güçlü oksijeni ateşlemesinden endişe duyuyorlardı. Yine de rapor "reaksiyona girmeyen gazlar yanıcılığı baskılamanın bir aracı olarak düşünülse de... bu ilaveler sadece lüzumsuz olmakla kalmaz, aynı zamanda aşırı derecede karmaşıktır da" şeklinde sonlanıyordu.

Atmosfer basıncının olmadığı ve sadece az miktarda dahili gazın bir uzay gemisini içe doğru çökmekten koruduğu uzayda bu sonuç doğru olabilirdi. Fakat yeryüzündeyken, dünyanın ağır havasında gerçekleştirilen eğitim sırasında NASA teknisyenleri, duvarları çökmekten korumak amacıyla simülatörlere daha fazla oksijen pompalamak zorundaydılar, böylesi bir durumda küçücük kıvılcımlar bile saf oksijenle çılgın gibi yanacağından, çok daha büyük bir tehlike anlamına geliyordu. 1967 yılındaki bir eğitim sırasında açık-

lanamayan bir kıvılcım çaktığında alevler modülü yutmuş ve içeri-deki üç astronotu küle çevirmişti.

Felaketlerin bazı şeyleri aydınlığa kavuşturmada üstüne yoktur. NASA bundan sonra reaksiyona girmeyen gazların, karmaşık olsun-lar ya da olmasınlar, bütün araç ve simülatörler için gerekli olduğu-na karar verdi. 1981 yılı *Columbia* görevi sırasında kıvılcım çıkar-maya yatkın bütün kompartımanları asal azot (N_2) ile doldurdular. Elektronikler ve motorlar azot ortamında da çalışırlar ve aniden bir kıvılcımda oksijene oranla moleküler formuna daha sıkı kilitlenen azot bunları boğar. Azot yüklü bir kompartımana giren işçiler ba-sitçe gaz maskesi takmak veya azot tamamen dışarı pompalanıp so-lunabilir hava geri dönene kadar beklemek zorundaydılar ve bu ön-lem 19 Mart'ta alınmamıştı. Durumun farkında olmayan teknisyen-lerin bölmeye girmeleriyle yere yığılmaları bir olmuştu. Azot nöron-ların ve kalp hücrelerinin oksijeni emmesini engellediği gibi, hüc-relerin zor zamanlar için depoladığı az miktarda oksijeni de yürüt-müş, bu da teknisyenlerin ölümünü hızlandırmıştı. Kurtarma ekip-leri teknisyenleri hemen dışarı çıkardı, ancak sadece üçünü hayata döndürebildi. John Bjornstad ölmüş, Forrest Cole ise 1 Nisan günü komada hayatını kaybetmişti.

NASA'ya haksızlık etmeyelim, önceki yıllarda azot yeraltındaki madencileri ve parçacık hızlandırıcılarında çalışan insanları da ok-sijensiz bırakmıştı[46], üstelik her seferinde korku filmlerini andıran şekillerde. İçeriye giren ilk kişi belirgin bir neden olmaksızın anın-da yere yığılıyordu. İkinci ve bazen de üçüncü kişiler içeriye atlıyor ve aynı şekilde yere yığılıyordu. Ölmeden önce kimsenin mücade-

46- Üniversitedeki profesörlerimden biri, -NASA'daki kazaya çok benzer koşullarda gerçekleşen- 1960'larda Los Alamos'taki bir parçacık hızlandırıcıdaki azot boğulmasından dolayı insanların nasıl öldükleriyle ilgili bir hikayeyle beni alıkoymuştu. Los Alamos'taki ölümlerden sonra, profesörüm gü-venlik önlemi olarak üzerinde çalıştığı hızlandırıcılardaki gaz karışımına yüzde 5 karbondioksit daha ekledi. Daha sonra bir mektubunda bana "yüksek lisans öğrencisi operatörlerimizden biri aynı şeyi yaptığında, tesadüfen bir yıl sonra bunu teste tabi tuttum [başka bir ifadeyle, durağan havayı dışarı pompalamayı ve oksijenlenmiş havayı geri içeri almayı unuttum.] Basınç kazanına tamamıyla durağan hava ile girdim... omuzlarımı delikten içeri doğru alırken tamamıyla çaresizdim, nefes alma merke-zimden gelen "daha çok nefes al" komutları nedeniyle hızlı hızlı soluyordum," diye yazmıştı.

le edemiyor olması korkunçtu. Oksijen yokluğuna rağmen panik yaşanmıyordu. Daha önce suyun altında kapana kısılmış gibi kaldıysanız, bu durumu aklınız almayabilir. Hayatta kalma içgüdüsüyle suyun yüzeyine çıkmak için çırpınırsınız. Fakat kalbimizin, akciğerlerimizin ve beynimizin oksijeni tespit etmesini sağlayan bir ölçüm aleti yoktur. Bu organlar sadece iki şeyi algılar: herhangi bir gaz soluyup solumadığımızı ve açığa karbondioksit çıkarıp çıkarmadığımızı. Karbondioksit kanda çözünerek karbonik asit oluşturur, yani her nefesimizde CO_2 boşaltıp asit ortaya çıkardığımız sürece beynimiz sakin kalır. Bunun pek de başarılı bir evrim modeli olduğu söylenemez. Oksijen seviyelerini izlemek daha anlamlı olurdu, çünkü asıl ihtiyacımız olan budur. Hücreler içinse karbonik asidin sıfıra yakın olup olmadığını kontrol etmek daha kolaydır, bu genellikle yeterlidir ve böylelikle minimum iş yapmış olurlar.

Azot bu sisteme köstek olur. Kokusuz ve renksiz olduğundan damarlarımızda asit oluşumuna yol açmaz. Onu kolaylıkla soluruz, bu şekilde ciğerlerimiz rahatlar ve zihinsel hiçbir tepki ortaya çıkarmaz. Tanıdık bir sinyal ile vücudun güvenlik sisteminin etrafından dolanarak "kibarca öldürür". (Azot sütunundaki elementlerin geleneksel grup ismi olan "pniktojen" kelimesi Yunancada "tıkanma" veya "boğma" anlamındaki bir kelimeden gelir.) Yirmi iki yıl sonra Teksas üzerinde parçalarına ayrılarak, kaderine terk edilecek uzay aracı *Columbia*'nın ilk kurbanları olan NASA çalışanları, muhtemelen azot sisinde başları dönerek uyuşuk halde ölüme yürüdüler. Fakat otuz üç saat çalıştıktan sonra herkes aynı şekilde hissedebilirdi. Karbondioksiti kolayca dışarı verebildiklerinden bilinçlerini kaybetmeden önce zihinsel yönden sadece biraz daha fazlasını hissettiler ve azot beyin faaliyetlerini sona erdirdi.

Mikroplar ve diğer canlı yaratıklarla mücadele etmek zorunda olan vücudun bağışıklık sistemi, solunum sisteminden çok daha karmaşıktır. Ancak bu kandırılmaya karşı daha uyanık olduğu anlamına

gelmez. En azından periyodik tablo bağışıklık sistemine karşı bazı kimyasal kurnazlıklarla kendi çıkarına vücudu kandırabilir.

1952 yılında İsveçli doktor Per-Ingvar Brånemark kemik iliğinin yeni kan hücrelerini nasıl ürettiği üzerinde çalışıyordu. Sağlam bir mideye sahip olan Brånemark bunu doğrudan izlemeye karar vererek, tavşanların kalça kemiklerinde delikler açtı ve bu delikleri güçlü ışık karşısında şeffaflaşan, yumurta kabuğu kalınlığında titanyum bir "pencere" ile kapladı. Gözlemleri tatmin ediciydi. Brånemark pahalı titanyum ekranlarını daha fazla deneyde kullanmak amacıyla çıkarmaya karar verdi, ama ekranlar sanki damarına basmak ister gibi, yerlerinden kımıldamadılar bile. Pencereleri (ve zavallı tavşanları) gözden çıkardı, ama aynı şey sonraki deneylerde de tekrarlandı. Titanyumun her seferinde kalça kemiğini mengene gibi sardığını fark edince daha derin bir incelemeye girişti. Gördüğü şey genç kan hücrelerini izlemekten daha cazip gelmişti, çünkü protez alanında bir devrim yapmak üzereydi.

Antik dönemlerden bu yana, doktorlar kayıp uzuvların yerine hantal ahşap uzantılar yerleştiriyordu. Sanayi devrimi sırasında ve sonrasında metal protezler yaygınlaşmıştı. Hatta Birinci Dünya Savaşı'ndan sonra yüzünden yaralanan bazı askerler, çıkarılabilir kalay yüzlerle, dikkat çekmeden kalabalığa karışabiliyorlardı. Fakat kimse metal ve ahşabı vücuda entegre edemiyordu. İster altın, ister çinko, magnezyum veya krom kaplı domuz mesanesinden yapılmış olsun, bağışıklık sistemi bütün çabaları reddediyordu. Bir kan araştırmacısı olan Brånemark bunun nedenini biliyordu. Normalde kan hücresi grupları yabancı maddenin etrafını çevirir ve bunu kaygan, lifli bir kolajen gömleğe sarar. Bu yabancı parçayı kuşatma ve sızıntıyı engelleme mekanizması, mesela bir av kazası sonucunda vücutta kalan iri saçmalarda çok işe yarar. Fakat hücreler istilacı yabancı madde ile kullanışlıyı birbirinden ayırt edebilecek kadar akıllı olmadığından, implantasyondan birkaç ay sonra yeni uzuv kolajen ile sarılarak kaymaya veya kopup ayrılmaya başlayacaktır.

Metabolizmaya giren demir gibi metallerde de aynı durum meydana geldiğinden ve vücut eser miktarlarda bile titanyuma ihtiyaç duymadığından, titanyum bağışıklık sisteminin kabul edebileceği bir aday olarak görülmüyordu. Ancak Brånemark titanyumun hücreleri bir şekilde hipnotize ettiğini keşfetmişti. Titanyum bağışıklık tepkisi yaratmıyordu, hatta yirmi ikinci element, sanki gerçek kemikle arasında hiçbir fark yokmuşçasına, vücudun osteoblastlarını, yani kemik oluşturan hücrelerini kendisine yapışmaları için kandırıyordu. Titanyum kendini vücuda tamamen entegre edebiliyor ve kendi çıkarına vücudu aldatabiliyordu. 1952 yılından bu yana titanyum diş implantlarında, vidalanan parmaklarda ve annemin 1990'ların başında edindiği kalça soketi gibi değiştirilebilir soketlerde standart uygulama olarak kullanılıyor.

Kireçlenme, genç yaşına rağmen annemin kalçasındaki kıkırdağı soymuş ve kemiği sivri uçlu bir havan tokmağı gibi üzerine geldiği kemiği oyacak hale getirmişti. Tam kalça protezi takıldığında annem sadece otuz beş yaşındaydı. Ucunda top bulunan titanyum çubuk ve leğen kemiğine vidalanmış bir soket, doğranmış kalça kemiğine bir demiryolu bağlantısı gibi çekiçle çakılmıştı. Birkaç ay sonra annem yıllardır ilk defa ağrısız yürürken, ben de herkese coşkuyla annemin Bo Jackson ile aynı ameliyatı olduğunu anlatıyordum.

Ne yazık ki annemin ilk kalçası biraz da etrafındaki bakıcıların işini kolaylaştırmak istemediğinden, dokuz yılda işe yaramaz hale geldi. Ağrı ve inflamasyon geri dönünce başka bir cerrah grubu onu yeniden ameliyata almak zorunda kaldı. Yalancı kalça soketinin içindeki plastik bileşenin pul pul dökülmeye başladığı ve vücudun görev duygusuyla, plastik parçalara ve bunların etrafındaki dokulara saldırarak onları kolajenle sardığı anlaşıldı. Fakat leğen kemiğine demirlenmiş titanyum soket bozulmamıştı, hatta yeni titanyum parçasını oturtmak için onu çıkartmak gerekiyordu. İki kez kalça ameliyatı geçirmiş en genç hasta olmasının hatırına, Mayo Kliniği'ndeki cerrahlar anneme eski soketini hediye ettiler. Evde hâlâ ambalajında

sarılı duruyor. Boyutu ikiye bölünmüş bir tenis topu kadar ve on yıl sonra bugün bile bir miktar beyaz kemik mercanı karanlık gri titanyum yüzeye kopmaz şekilde yapışmış duruyor.

Bilinçsiz bağışıklık sistemimizden daha gelişmiş olanıysa, fiziksel yapımız ile aklımız arasında köprü olan (dokunma, tat alma ve koklama gibi) duyularımızdır. Fakat hangi canlı sistemi olursa olsun, her gelişmişliğin yeni ve beklenmedik bir hassasiyete yol açtığını da şimdiye kadar anlamış olmamız gerekiyor. Dünya hakkında doğru bilgi edinmek açısından ve tehlikeden korunalım diye duyularımıza güveniriz. Duyularımızın gerçekten ne kadar kolay aldatılabilir olduğunu öğrenmek ise biraz aşağılayıcı ve korkutucu gelir.

Ağzınızın içindeki uyarı alıcıları, bir kaşık çorbayı ağzınızı yakmadan elinizden bırakmanızı söyler, garip ama salsa sosundaki acı biberler de aynı alıcıları tahrik eden kapsaisin adlı bir kimyasal içerir. Nane ağzınızı serinletir, çünkü naneli metanol soğuk alıcılarına takılır ve sanki üzerinizden bir kutup rüzgarı geçmiş gibi sizi titretir. Elementler de koku ve tat duyularına aynı oyunları oynar. Adamın biri üzerine azıcık bir miktar tellür bile dökse, haftalarca keskin bir sarımsak gibi kokar ve odadan çıktıktan saatler sonra bile insanlar oradan geçtiğini anlayabilirler. Daha da şaşırtıcısı dört numaralı element berilyumun tadı şeker gibidir. İnsanlar yaşayabilmek adına şekerden gelen kolay enerjiye herhangi bir besinden daha çok ihtiyaç duyar ve vahşi dünyada binlerce yıllık besin avı tecrübesinden sonra şekeri tespit etmek amacıyla çok sofistike bir sistem evrimleştirdiğimize inanabilirsiniz. Ama küçük atomları halka şeklindeki şeker moleküllerine benzeyen, soluk renkli, eritmesi zor ve çözünmeyen bir metal olan berilyum da tat alma cisimciklerini aynı şekilde uyarır.

Bu aldatmaca hoş olabilirdi, ama küçük miktarlardayken tat-

lı olsa da, berilyumun birazcık fazlası bile zehirlidir.[47] Tahminlere göre, insan nüfusunun onda biri fıstık alerjisinin periyodik tablodaki karşılığı olan akut berilyum hastalığına aşırı duyarlıdır. Hatta diğerleri için bile berilyum tozuna maruz kalmak, bütün zamanların en büyük biliminsanı olan Enrico Fermi'nin ortaya çıkardığı gibi, silis solumanın neden olduğu kimyasal kaynaklı zatürreli akciğerlerde görülen yaraların aynısını oluşturabilir. Gençliğinde kendine fazla güvenen Fermi berilyum tozunu radyoaktif uranyum deneylerinde kullanıyordu. Berilyum bu deneyler için mükemmeldi, çünkü radyoaktif maddelerle karıştığında emilen parçacıkları yavaşlatıyordu. Ayrıca parçacıkların işe yaramaksızın havaya kaçmasına izin vermeyen berilyum, daha fazla parçacığı gevşekçe çarpacak şekilde gerisin geriye uranyum kafesine çiviliyordu. Sonraki yıllarda Fermi bu tepkimeler konusunda öyle cüretkarlaşmıştı ki, İtalya'dan ABD'ye taşınmasının ardından, ilk nükleer zincirleme reaksiyonu Chicago Üniversitesi'nin duvar tenisi kortunda başlatmıştı. (Neyse ki reaksiyonu durdurmak konusunda da uzmandı.) Fakat nükleer gücü ehlileştirirken, sıradan berilyum onun sonunu hazırladı. Yanlışlıkla kimyagerlerin bu pastacı tozundan çok fazla solumuştu. Elli üç yaşında zatürreye yenik düştü, ciğerleri iflas etmiş halde bir oksijen tüpüne bağlandı.

Berilyum aslında çok daha bilgili kişileri bile uyutabilir, çünkü insanların tat alma duyuları biraz tuhaftır. Beş tür tat alma cisimciği vardır ve bunların bazıları kuşkusuz güvenilirdir. Acı tat alma cisimcikleri besinleri, özellikle de bitkileri, elma çekirdeğindeki siyanür gibi zehirli azot kimyasalları var mı yok mu diye tarar. Uma-

47- Utanç verici şekilde, ABD hükümeti 1999'da yirmi altı bin biliminsanı ve teknisyenin –ki bunlardan yüzlercesi kronik berilyum hastalığına ve benzer rahatsızlıklara yakalanmışlardır- yüksek miktarlarda toz berilyuma maruz kaldığını itiraf etti. Zehirlenen insanların çoğu uzay teknolojisi, savunma ya da atom enerjisi gibi alanlarda çalışmaktaydı. Hükümet bu sanayilerin durdurulamayacak kadar önemli olduğuna karar verince, bu alanlarda ne güvenlik standartları ilerletilebildi ne de berilyuma alternatif geliştirilebildi. *Pittsburgh Post gazetesi* 30 Mart 1999'da uzun ve şiddetli bir manşetle konuyu gözler önüne sermişti. Gazetenin manşeti "Riskle geçen on yıllar"dı. Ama altbaşlıklardan biri hikayeyi daha iyi özetliyor: "Ölümcül İttifak: Sanayi ve Hükümet işçiler üzerinden nasıl silah seçti."

mi tat alma cisimcikleri glutamata kilitlenir. Bir aminoasit olan glutamat proteinlerin yapımında görev aldığından, bu tat alma cisimcikleri protein yönünden zengin besinlerle karşılaştığına dair beyni uyarır. Fakat tatlı ve ekşi tat alma cisimciklerini kandırmak kolaydır. Berilyum bazı bitki türlerinin meyvelerindeki özel bir protein gibi bunlara oyun oynar. Mirakulin adlı bu protein, asıl tatları değiştirmeden yiyeceklerdeki sevimsiz ekşiliği uzaklaştırır, örneğin elma şırası sirkesinin tadı elma şırasına ve Tabasco sosunun tadı da domates sosuna benzer. Mirakulin hem tat alma cisimciklerini ekşiye karşı duyarsızlaştırır, hem de tat alma cisimciklerine tatlı için bağlanıp bunları asitlerin ürettiği başıboş hidrojen iyonlarına (H^+) karşı tetikte tutar. Örneğin yanlışlıkla hidroklorik veya sülfürik asit soluyan biri, genellikle aşırı ekşi bir ham limon dilimi yemiş gibi dişlerinin kamaştığını hisseder. Fakat Gilbert Lewis'in de gösterdiği üzere, asitler elektron ve diğer elektrik yükleriyle yakından ilişkilidir. Basitçe söylersek, moleküler seviyede "ekşi" ifadesi, tat alma cisimciklerimiz açılıp da hidrojen iyonları içeri girdiğinde aldığımız tattır. Dilimiz yüklü parçacıkların akışından gelen elektriği asitlerle birleştirir. "Volt"a adını veren İtalyan kontu Alessandro Volta bunu zekice bir deney ile daha 1800'lerde keşfetmişti. Volta'nın gönüllülerden oluşturduğu bir zincirde herkes yanındakinin dilini çimdikliyordu. Sonra iki uçtaki gönüllüler parmaklarını batarya kablolarına bastırdılar. Sıranın iki yanı boyunca dizilmiş denekler anında diğerlerinin parmaklarından ekşi tat aldılar.

Tuzlu tat alma cisimcikleri de yük değişimlerinden etkilenir, fakat sadece bazı elementler üzerindeki yüklerden... Sodyum, dilimizin üzerindeki en güçlü tuzlu refleksini tetikler, fakat sodyumun kimyasal kuzeni olan potasyumun tadı da tuzludur. Her iki element de doğada yüklü iyonlar halinde bulunur ve muhtemelen dilin algıladığı sodyum veya potasyum değil, bu yüktür. Potasyum ve sodyum iyonları sinir hücrelerinin sinyal göndermesine ve kasların kasılmasına yardım ettiğinden, bu tat alma duyumuz evrimleşmiştir, bun-

ların sağladığı elektrik yükü olmadığı takdirde kelimenin tam anlamıyla beyin ölümü yaşarız ve kalbimiz durur. Dilimiz magnezyum ve kalsiyum gibi fizyolojik açıdan önemli diğer iyonların tadını da belli belirsiz tuzlu gibi algılar.[48]

Elbette tat alma duyumuz çok daha karmaşık olduğundan, tuzluluk son paragrafta anlatıldığı kadar düzenli değildir. Sodyum ve potasyumu taklit eden (örneğin lityum ve amonyum) fizyolojik açıdan önemli iyonları da tuzlu algılarız. Ayrıca sodyum ve potasyum birlikte bulundukları şeye bağlı olarak tatlı veya ekşi bile algılanabilir. Potasyum klorürde olduğu gibi bazen aynı moleküller düşük konsantrasyonlarda acıyken, yüksek konsantrasyonlarda tuzluya dönüşebilir. Ayrıca potasyum dili devredışı da bırakabilir. *Gymnema sylvestre* bitkisinin yapraklarında bulunan bir kimyasal olan ham potasyum gymnematı çiğnemek, ekşiyi tatlıya çeviren mucizevi mirakulin proteinini etkisiz hale getirir. Anlatılanlara göre, potasyum gymnemat çiğnedikten sonra dil ve kalbin genelde glikoz, sakkaroz veya früktozdan aldığı kokain benzeri sinyaller söner, dilin üzerinde yığın haline gelen ham şekerin tadı fazlasıyla kuma benzer.[49]

Uzun sözün kısası elementleri incelerken, berbat bir rehber olan tat duyumuza güvenemeyiz. Sıradan potasyumun bizi kandırıyor olması ilginçtir, fakat belki de beynimizin aşırı hevesli ve aşırı tatminkar zevk merkezleri besinler söz konusu olduğunda gerçekten esaslı bir iş görüyor. Berilyuma gelince... Fransız Devrimi'nden sonra

---

48- Philadelphia Monell Kimyasal Duyular Merkezi'ndeki bilimadamları, insanların tatlı, ekşi, tuzlu ve lezzetli (umami) tatlar gibi, kalsiyum için de ayrı bir tat duyuları olduğuna inanıyor. Bilimadamları, farelerde kalsiyum için olan tat duyusunu ve bazı insanların da kalsiyumla zenginleştirilmiş suya tepki verdiğini buldular. Peki kalsiyumun tadı neye benziyor? Merkezin yöneticisi bilimcilerden Micheal Tardoff bulgular üzerine, "kalsiyumun tadının kalsiyumsu olduğunu" söyledi. "Kalsiyumun nasıl tattığı hakkında bundan daha iyi bir kelime olamaz. Acı, belki biraz da ekşi. Fakat kesinlikle daha fazlası, çünkü kalsiyum için gerçek reseptörler sözkonusu".

49- Ekşi tat alma cisimcikleri de yeteneğini yitirebilir. Bu cisimcikler hidrojen iyonuna tepki verir, fakat 2009'da bilimadamları bunların karbondioksitin de tadını alabileceklerini keşfettiler. (CO_2, H_2O ile zayıf bir asit olan H_2CO_3 yapmak üzere birleştirilir. Belki bu nedenle bu tat alma cisimcikleri canlanır.) Doktorlar bunu, bazı reçeteli ilaçların, bir yan etki olarak, karbondioksitin tadını alabilme yetisini bastırdıklarını keşfettiler. Sonuçta ortaya çıkan tıbbi durum: Bütün karbonatlı içecekler tatsız olduğundan "mavi şampanya" olarak biliniyor.

Paris'teki bir kimyager tarafından izole edilene kadar kimse saf berilyum ile karşılaşmamıştı, belki de berilyuma karşı sağlıklı bir hoşnutsuzluk evrimleştirmeye zamanımız olmadığından bu element bizi aldatıyor olabilir. Kısmen de olsa çevremizin ürünü olduğumuz gerçeğini göz ardı edemeyiz. Beyinlerimiz kimyasal bilgiyi bir laboratuvarda veya kimya deneyleri tasarlarken ne kadar iyi ayrıştırırsa ayrıştırsın, duyularımız bilinçlerini kendileri oluşturur, böylece tellürde sarımsağı, berilyumda da toz haline getirilmiş şekeri görür.

En ilkel zevklerimizden biri olarak kalacak gibi görünen tat alma duyumuzun karmaşıklığı gerçekten de hayret vericidir. Tadın birincil bileşeni olan koku, mantıksal sinir işletim sistemimize uğramadan doğruca beyindeki duygusal merkezlere bağlanan tek duyumuzdur. Dokunma ve koku alma duyularının bir kombinasyonu olarak tat alma duyusu, duygusal depolarımızda diğer duyuların tek başına yaptığından çok daha derine gider. Dilimizle öpüşmemizin bir nedeni vardır. Ancak iş periyodik tabloya gelince, ağızlarımızı kapalı tutmak en iyisi!

Yaşayan bir beden Brezilya'da kanat çırpan kelebeğin kaosa neden olabileceği kadar karmaşıktır; örneğin rastgele bir elementi kan dolaşımınıza, karaciğer veya pankreasınıza enjekte ederseniz ne olacağına dair bir tahminde bulunamazsınız. Akıl veya beyin için de durum farklı değildir. İnsanların mantık, bilgelik ve yargılama gibi en yüksek becerileri bile iyot gibi elementler tarafından aldatılmaya açıktır.

İyodun aldatıcılığı kimyasal yapısından kaynaklanır. Elementler satırlarda soldan sağa doğru giderken ağırlaşırlar. 1860'larda Dimitri Mendeleyev atomik kütledeki artışın tabloya periyodikliğini verdiği ve maddenin evrensel bir yasası haline geldiği hükmüne varmıştı. Sorun doğanın evrensel yasalarının istisna kabul etmemesiydi, ne var ki Mendeleyev tablonun en alt sağ köşesindeki, özellikle dikkafalı bir istisnadan haberdardı. Tellür ve iyodun benzer elementlerin altında yer almaları için elli iki numaralı tellür elli üç numaralı iyodun soluna yerleşmelidir. Fakat tellür iyottan ağırdır ve

Mendeleyev kimyagerlere tartı cihazlarının onları kandırdığını ileri sürerek kaç kez fırça atmış olursa olsun, inatla ağır gelmeye devam eder. Gerçek gerçektir.

Bugünlerde bu sırasızlık durumu zararsız bir kimya entrikası, Mendeleyev'e yapılmış aşağılayıcı bir şaka gibi görünmektedir. Biliminsanlarının bildiği doksan iki doğal elementin içinde dört tane sırasız ikili vardır: argon-potasyum, kobalt-nikel, iyot-tellür ve toryum-protaktinyum. Hatta insan yapısı aşırı ağır elementler arasında da birkaç tane olduğu bilinmektedir. Fakat Mendeleyev'den bir asır sonra, iyodun daha büyük ve sinsi bir aldatmacası yakalanmıştır. Hindistan'daki milyonlarca insan arasında dolaşan ve günümüze kadar ulaşmış bir söylentiye bakılırsa, barış bilgesi Mahatma Gandhi iyottan kelimeye hakkını verecek kadar nefret ediyordu. Büyük olasılıkla bomba yapımında kullanılan uranyum ve plütonyumdan da hoşlanmazdı, fakat onun güçlü efsanesine sahip çıkmaya çalışan modern havarilerine göre, Gandhi özellikle elli üç numaralı elemente gizli gizli kin besliyordu.

1930 yılında, Gandhi ağır İngiliz tuz vergisini protesto etmek amacıyla Dandi'ye yapılan ünlü Tuz Yürüyüşü'nde Hintlilere öncülük etti. Hindistan gibi fakir bir ülkenin kendi başına üretebileceği ender ticari ürünlerinden biriydi tuz. İnsanlar deniz suyunu topluyor, buharlaştırıyor ve kuru tuzu çuvallarla sokakta satıyordu. İngiliz hükümetinin tuz üretiminden aldığı yüzde 8,2'lik vergi, açgözlülük ve saçmalık bakımından Bedevileri küredikleri kum veya Eskimoları yaptıkları buz için vergilendirmekle eşdeğerdi. Tuz vergisini protesto etmek üzere Gandhi ve yetmiş sekiz takipçisi, 12 Mart 1930'da yaklaşık 390 kilometrelik bir yürüyüş başlattılar. 6 Nisan'da, geçtikleri köylerden onlara katılan insanlarla beraber Dandi'nin kıyı kesimine vardıklarında, üç kilometreden uzun bir yürüyüş konvoyu oluşturuyorlardı. Gandhi kalabalığı etrafına topladı ve konuşmasının doruk noktasında tuz zengini bir avuç çamuru havaya kaldırarak haykırdı: "Bu tuz ile Britanya İmparatorluğu'nu temelinden sarsıyorum!" Bu da Hindis-

tan usülü Boston Çay Partisi'ydi. Gandhi insanlarını yasadışı, vergisiz tuz üretmeye teşvik etti ve on yedi yıl sonra Hindistan bağımsızlığını kazandığında, sıradan tuz Hindistan'da gerçekten çok yaygındı.

Sıradan tuzda sağlık için çok önemli bir içerik olan iyottan çok az bulunur. 1900'lerin başlarında Batılı ülkeler, beslenme rejimine iyot eklemenin sakat doğumları ve zihinsel bozuklukları önlemenin en ucuz ve etkili yolu olduğunu keşfettiler. 1922 yılında başta İsviçre olmak üzere pek çok devlet iyotlu tuzu zorunlu hale getirdi, çünkü tuz iyodu insanlara dağıtmanın ucuz ve kolay yoluydu. Aynı şekilde Hintli doktorlar da Hindistan'daki iyot fakiri topraklar ve yıkıcı orandaki yüksek doğum hızı düşünüldüğünde, tuzlarına iyot eklemenin milyonlarca çocuğu sakatlıktan kurtarabileceğini fark ettiler.

Fakat Gandhi'nin Dandi'ye yürüyüşünden yıllar sonra bile tuz üretimi insanlar tarafından insanlar için yapılan bir endüstriydi ve Batı'nın Hindistan'ı teşvik ettiği iyot katılmış tuz, sömürgeciliğin bir esintisi olarak algılandı. İyodun sağlığa faydaları daha açık hale geldikçe ve Hindistan modernleştikçe, 1950'ler ile 1990'lar arasında Hindistan hükümetlerinin iyotsuz tuz yasağı yaygınlaştı, ama aynı fikirde olmayanlar da vardı. 1998 yılında Hindistan federal hükümeti yasaya direnen üç eyaleti sıradan tuzu yasaklamaya zorladığında büyük bir tepkiyle karşılaştı. Küçük tuz üreticileri, eklenen işletme maliyetlerini protesto ettiler. Hindu milliyetçiler ve Gandhiciler tecavüzcü Batı bilimine ateş püskürdü. Hatta bazı hastalık hastaları herhangi bir temele dayanmaksızın, iyotlu tuzun kanser, diyabet, verem ve garip bir şekilde "hırçınlık"ı yaygınlaştıracağını savundu. Bu muhalifler deliler gibi çalıştılar ve sadece iki yıl sonra (Birleşmiş Milletler ve Hindistan'da korkudan şaşkına dönmüş bütün doktorlarla) başbakan sıradan tuz üzerindeki federal yasağı yürürlükten kaldırdı. Aslında teknik olarak sıradan tuz sadece üç eyalette serbest kalmıştı, ancak hareketin kendisi fiilen bir onay olarak yorumlandı. İyotlu tuz tüketimi ulusal çapta yüzde 13'e düştü, ardından da sakat doğumların sayısı yeniden tırmanışa geçti.

2005 yılında yeni bir başbakanın seçilmesiyle, sıradan tuz yeniden yasaklanmış olsa da, Hindistan'ın iyotla sınavı kolay kolay bitmeyecek gibi görünüyor, çünkü halk iyotsuz tuz yasağını Gandhi'ye hakaret olarak algılayarak öfkeden köpürüyor. Birleşmiş Milletler, Gandhi'yle bağı daha zayıf yeni bir nesile iyot sevgisini aşılamak umuduyla, çocuklardan evdeki tuzun bir kısmını okula getirmelerini istedi. Amaç öğretmenleri ile iyot yetersizliği üzerine deneyler yapmalarını sağlamaktı. Ne var ki savaş şimdiden kaybedilmiş gibi görünüyor. Yurttaşları için iyotlu tuz üretiminin Hindistan'a maliyeti yılda kişi başına sadece bir kuruş, fakat tuzun nakliyat maliyetleri çok yüksek, bunun sonucu olarak da ülkenin yarısının (yarım milyar insanın) düzenli olarak iyotlu tuz tüketmesi imkansız. Ülkede iyot eksikliğinin sonuçları doğuştan kusurların ötesinde korkunçtur. İyot eksikliği guatr hastalığına neden olur, boyundaki tiroit bezi berbat bir şekilde şişer. Eksikliğin devamı halinde tiroit bezi büzüşür. Tiroit, beyin hormonları da dahil, hormonların üretilip salgılanmasını düzenlediğinden, beden onsuz düzgün çalışamaz; dolayısıyla insanlar kolaylıkla zihinsel yeteneklerini kaybedebilirler.

Yirminci yüzyılın Gandhi gibi bir diğer seçkin barışseveri, İngiliz felsefeci Bertrand Russell bir keresinde iyot hakkındaki tıbbi olguları ölümsüz ruhların varlığına karşı bir vaka oluşturmak üzere kullanmıştı. "Düşünürken kullanılan enerjinin kimyasal bir temeli var gibi görünüyor..." diye yazmıştı. "Örneğin iyot yetersizliği akıllı bir adamı salağa çevirebilir. Zihinsel fenomen maddesel yapıyla bağlı gibi görünmektedir." Diğer bir deyişle iyot, Russell'ın nedenlerin, duyguların ve hafızanın beyindeki maddesel koşullarla bağlantılı olduğunu fark etmesini sağlamıştı. "Ruh"u bedenden ayırmanın bir yolu olmadığını görmüş ve insanların zengin zihinsel hayatlarının, bütün zaferlerinin kaynağının ve üzüntülerinin çoğunun tekrar ve tekrar kimya vasıtasıyla gerçekleştiği sonucuna varmıştı. Bizler yukarıdan aşağıya periyodik tablonun ürünüyüz.

IV.
BÖLÜM

İNSAN KARAKTERİNİN ELEMENTLERİ

12

Politik Elementler



İnsan aklı ve beyni bilinen en karmaşık yapılardır. Bunlar insana güçlü, anlaşılması zor ve genellikle çelişkili tutkular yükler ve periyodik tablo gibi basit ve bilimsel saflıktaki bazı şeyler bile bu tutkuları yansıtır. Sonuç olarak periyodik tabloyu hata yapabilen insanoğlu oluşturmuştur. Bunun da ötesinde, tablo zihinde beliren parlak fikirlerin eski kafalılıkla buluştuğu ve insan türünün en asil becerisi olan evreni anlama tutkusunun dünyayı oluşturan maddi öğelerle etkileşime girmek zorunda olduğu noktadadır, yani yeteneklerimizin sınırları ve zaaflarımızla yüklüdür. Periyodik tablo tüm beşeri alanlardaki hüsranlarımızı ve hatalarımızı somutlaştırır: ekonomi, psikoloji, sanat ve Gandhi'nin mirasında ve iyot denemelerinde olduğu gibi politikada. Elementlerin bilimsel tarihlerinden hiç de aşağı kalmayacak bir de sosyal tarihleri vardır.

Bu tarih en doğru şekilde, Gandhi'nin Hindistan'ı gibi kolonici güçler açısından piyon niteliğinde olan bir ülkeden başlanarak Avrupa boyunca incelenebilir. Polonya, ucuz bir tiyatro dekoru gibi dünya sahnesine giriş ve çıkışlarından dolayı "tekerlek üstündeki ülke" olarak adlandırılmaktaydı. Polonya'yı çevreleyen Rusya, Avusturya, Macaristan, Prusya, Almanya gibi imparatorluklar, bu düz ve savunmasız bölgede uzun süren savaşlar yapmış ve "Tanrı'nın oyun

bahçesi"ni sırayla siyasal olarak bölüşmüşlerdi. Geçmiş beş yüzyıl içinde herhangi bir yılın haritasına bakarsınız, büyük olasılıkla Lehistan (Polonya) haritada olmayacaktır.

Hiç şaşırtıcı olmamak üzere, dünyanın en ünlü Polonyalı biliminsanı Marie Skłodowska, Mendeleyev'in büyük tablolarını oluşturduğu sıralarda, 1867 yılında Varşova'da doğduğunda da Polonya diye bir ülke yoktu. Rusya bundan dört yıl önce, çoğu Polonyalının ölüme mahkum edildiği bir ayaklanmanın ardından Varşova'yı yutmuştu. Çarlık Rusya'sı kadınların eğitimi konusunda gerici fikirlere sahip olduğundan, küçük Marie'ye babası ders veriyordu. Skłodowska, ergenliğinden beri bilime eğilimliydi, ayrıca öfkeli siyasal gruplara katılıyor ve bağımsızlık için çalışmalar yapıyordu. Gösteriler giderek sıklaşıp da "yanlış" insanlara çatmaya başlayınca, Polonya'nın diğer büyük kültürel merkezi olan Krakov'a (ne yazık ki Krakov da o zamanlar Avusturya'nın parçasıydı) taşınmayı daha güvenli buldu. Orada bile çok istediği bilim eğitimini alamadı. Sonunda çok uzaklara, Paris'te Sorbonne'a taşındı. Doktorasını aldıktan sonra evine dönmeyi planlıyordu, fakat Pierre Curie'ye âşık olunca Fransa'da kaldı.

1890'larda Marie ve Pierre Curie belki de bilim tarihindeki en verimli işbirliğini başlattılar. Radyoaktivite o günlerin en gözde alanıydı ve Marie'nin en ağır doğal element olan uranyum üzerindeki çalışması çok önemli ve erken bir kavrayış sağladı: Bu elementin kimyası, fiziğinden farklıydı. Saf uranyumun her bir atomu mineral içindeki uranyum kadar radyoaktif ışın yaymaktaydı, çünkü bir uranyum atomu ile onu çevreleyen atomlar arasındaki elektron bağları (uranyumun kimyası), çekirdeğinin radyoaktif hale gelip gelmeyeceğini (uranyumun fiziği) veya ne zaman geleceğini etkilemiyordu. Böylece biliminsanları, örneğin erime noktasını bulmak için yapmak zorunda oldukları gibi, milyonlarca kimyasalı incelemek ve her birinin radyoaktivitesini tek tek ölçmekten kurtulmuştu. Sadece periyodik tablodaki doksan kadar elementi incelemeleri yetecek-

ti. Yaptıkları iş, örümcek ağlarını temizleyerek görkemli yapıyı ayakta tutan kirişleri açığa çıkartmak gibiydi; onlar da alanı büyük ölçüde temizlediler. Curieler bu buluşları ile 1903 yılında Nobel Fizik Ödülü'nü paylaştılar.

1897 yılında kızı Irène'i dünyaya getiren Marie, Paris'teki hayatından memnundu, fakat kendisini Polonyalı olarak görmekten de hiç vazgeçmedi. Aslında Curie, sayıları yirminci yüzyılda patlama yapan bir türün erken örneklerinden, mülteci bilimcilerden biriydi. Her insan etkinliği gibi bilim de politikadan ayrı düşünülemez; çekişmeler, kıskançlıklar ve küçük kurnazlıklar dikkate alınmadan bilim politikasına dair tam bir bakış açısı elde edilemez. Ama yirminci yüzyıl, imparatorlukların yayılmasının bilimi nasıl çarpıttığının en iyi ve en endişe verici tarihsel örneklerini barındırır. Politika belki de şimdiye kadarki en büyük iki kadın bilimcinin kariyerine zarar vermiş ve periyodik tabloyu yeniden çalışmaya yönelik en saf bilimsel çabalar bile kimyacılarla fizikçilerin arasının bozulmasına yol açmıştır. Her şey bir yana, politika, kafasını laboratuvardan çıkarmayan ve denklemlerinde yaptıkları gibi, çevrelerindeki dünyanın da sorunlarını muntazam bir şekilde çözmesini uman bilim insanlarının ahmaklığını kanıtlamıştır.

Nobel Ödülü almasından kısa bir süre sonra Curie başka bir temel keşif daha gerçekleştirdi. Uranyumu saflaştırma deneylerin ardından, normalde "atık" olarak kenara ayırdığı kısmın, garip bir şekilde uranyumdan üç yüz kat daha radyoaktif olduğunu fark etti. Bu atığın içinde bilinmeyen bir element bulunduğu fikrine kapılan Curie ve kocası, bir zamanlar kadavraları incelemede kullanılmış bir barakayı kiralayarak, bir kazanda binlerce kiloluk peşblendi, uranyum cevherini kaynatmaya başladılar. Doğru düzgün çalışabilmelerine yetecek miktarda tortu elde etmek üzere bu cevheri "kendi boyum kadar kocaman bir demir çubuk" ile karıştırdığını anlatacaktı Marie. Bu ağır ve can sıkıcı çalışma yıllarca sürdü, ama sonuçta *iki* yeni element ortaya çıkmıştı. Bunlar bilinen herhangi bir element-

ten çok, çok daha radyoaktif olduklarından, 1911 yılında bu kez Nobel Ödülü kimya dalından geldi.

Aynı işin farklı kategorilerde ödül alması garipsenebilir, fakat geçmişte atomik bilimler alanındaki ayrımlar bugünkü kadar net değildi. Daha önce kimya ve fizik alanındaki pek çok ödül periyodik tabloya bağlı çalışmalara verilmişti, çünkü biliminsanları henüz tabloyu düzenlemeye çalışıyordu. (Sadece Glenn Seaborg ve ekibinin doksan altıncı elementi yaratıp Marie'nin onuruna ona küriyum adını verdikleri zamanlarda bu alan kesinlikle kimya olarak değerlendirilmeye başladı.) Bununla beraber, Marie Curie o çağı birden fazla Nobel Ödülü ile kapatmış oluyordu.

Curieler yeni elementlerin kaşifleri olarak onları adlandırmaya hak kazandılar. Bu ilginç radyoaktif metallerin kendisinde yarattığı hisleri yansıtmak için Marie izole ettikleri ilk elemente, artık var olmayan ülkesinin anısına, Latincede Polonya anlamına gelen Polonia'dan esinlenerek, polonyum adını verdi. Daha önce başka hiçbir element politik bir nedenle adlandırılmamıştı ve Marie bu cesur tercihinin dünya çapında ilgi çekeceğini, Polonyalıların bağımsızlık savaşını güçlendireceğini düşünmüştü. Pek öyle olmadı. Toplum buna şöyle bir göz kırpıp uykuya daldı, sonra da Marie'nin kişisel yaşantısının müstehcen detaylarıyla uğraşmaya başladı.

Önce Pierre trajik bir şekilde at arabasının altında kalarak öldü.[50] Sadece yaşayanlara verilen Nobel Ödülü'nün ikincisini Pierre'in paylaşamamasının nedeni buydu. Birkaç yıl sonra hâlâ Dreyfus Olayı (Fransız ordusunun kanıtlar uydurup Dreyfus adlı Yahudi bir yüzbaşıyı vatan hainliğiyle suçladığı olay) yüzünden kaynayan ülkedeki saygın Fransız Bilimler Akademisi, hem kadın (bu doğrudur) hem de şüpheli bir Yahudi (bu ise doğru değildir) olduğu iddiası ile

50 - Büyük olasılıkla Pierre hiçbir koşulda çok yaşamayacaktı. Rutherford'un Pierre Curie'yi karanlıkta ışıldayan radyumla hayranlık veren bir deney yaparken anlattığı dokunaklı bir hatırası vardır. Cılız yeşil ışık altında, Rutherford'un gözü Pierre'in yaralarla kaplı, şişmiş ve iltihaplı parmaklarına takılır. Elleri öyle kötü durumdadır ki, deney tüpünü tutmakta bile son derece zorlanıyordur.



Moda Revigator, nükleer radyum ile kaplanmış bir çömlek. Kullanıcılar kabı su ile doldurur ve bir gece bekleyen su radyoaktif hale gelir. Talimatlarda günde altı veya daha fazla bardak içilmesi önerilir. (Ulusal Nükleer Bilimler ve Tarih Müzesi.)

Marie'nin katılımını reddetti. Çok geçmeden Marie ile meslektaşı –ve sonradan öğrenildiği kadarıyla aşığı– Paul Langevin birlikte Brüksel'deki bir konferansa katıldılar. Bayan Langevin kaba saba haberler yayınlayan küfürbaz bir gazeteye Paul ile Marie'nin aşk mektuplarını gönderdi. Utanç içindeki Langevin, Curie'nin onurunu kurtarmak adına düelloya tutuştu, fakat neyse ki kimse vurulmadı. Tek zayiat, Bayan Langevin'in bir sandalye darbesiyle Paul'ü nakavt etmesi oldu.

Langevin skandalı 1911'de patlamıştı ve Curie'ye bağlanmanın politik sonuçlarından ürken İsveç Bilimler Akademisi, Curie'nin ikinci Nobel Ödülü adaylığını iptal etmeyi tartıştı. Böyle bir şey yapmanın bilimsel vicdan ve adalet duygusuna uygun olmadığına karar verse de, Curie'den onurunu korumak istiyorsa törene katıl-

mamasını istedi. Marie yine de övünerek ortaya çıktı. (Marie'nin "Başkaları ne der?" kafasını umursamadan burnunun dikine gitmek gibi bir adeti vardı. Bir keresinde ünlü bir erkek bilimcinin evini ziyaretinde, karanlıkta parlayan bir şişe radyoaktif metal ile gösteri yapmak için ev sahibi ve başka bir adamla karanlık bir dolaba girmişlerdi. Gözleri karanlığa yeni alışmıştı ki kapının sertçe çalınışıyla irkildiler. Adamlardan birinin karısı, Curie'nin baştan çıkarıcı şöhretinin farkındaydı ve orada biraz uzun kaldıklarını düşünmüştü.)

Polonya'nın, Birinci Dünya Savaşı karmaşası ve Avrupa imparatorluklarının dağılmasıyla yeniden dirilip yüzyıllardır ilk kez bağımsızlığın tadını almasıyla, Marie de zorlu kişisel hayatında küçük bir rahatlama hissetti. Fakat ilk elementini Polonya'dan esinlenerek adlandırmasının bir katkısı olmamıştı. Üstelik Marie'nin, bir metal olarak işe yaramayan polonyuma bu ismi vermekte aceleci davrandığını da söyleyebiliriz, çünkü çok çabuk parçalanan bu element, Polonya için pekala alaycı bir metafora dönüşebilirdi. Ayrıca Latincenin de ölmesiyle, akıllara Polonia'dan çok, *Hamlet*'in titrek budalası Polonius'u getirmekteydi. Oysa ikinci element radyum, yarı saydam yeşil bir ışık saçıyordu ve sonradan bütün dünyada tüketici ürünlerinde kullanılmıştı. Hatta insanlar sağlık içeceği olarak radyum kaplı çöleklerde demlenen Revigator adlı bir su bile içtiler. (Rakip şirket Radithor da önceden süzülmüş radyum ve toryum suyunu şişeleyip satmıştır.)[51] Yani radyum her konuda ağabeyini gölgede bırakmış ve Curie'nin polonyumdan beklediklerini gerçekleştirmiştir. Tüm bunlar yetmezmiş gibi polonyum, sigara kaynaklı akciğer kanseriyle de ilişkilendirilir, çünkü tütün polonyumu aşırı emer ve yapraklarında biriktirir. Yakıldığında ve solunduğunda radyoak-

51 - Radyum çılgınlığının en ünlü zayiatı, dört yıl boyunca her gün bir şişe Radithor radyumu içen çelik kralı Eben Byers'tir. Eben, bunun kendisine ölümsüzlük getireceğine ikna olmuştu. Sonunda eriyip gitti ve kanserden öldü. Byers radyoaktivite konusnda herkesten daha fanatik değildi; o sadece istediği suyu içebilecek imkanlara sahipti.

tif duman akciğer dokusunu kirletir. Dünya üzerindeki bütün ülkeler içinde, sadece Polonya'yı defalarca ele geçiren Rusya polonyum üretmenin sıkıntısını yaşamaktadır. Tam da bu yüzden eski KGB ajanı Alexander Litvinenko, polonyum katılmış suşi yiyerek bütün saçlarını, yetmezmiş gibi bir de kaşlarını kaybedip, videolarda genç bir lösemi hastası gibi ortaya çıktığında, baş şüpheliler Kremlin'deki eski patronları oldu.

Tarihte sadece tek bir akut polonyum zehirlenmesi vakası Litvinenko'nun dramına yaklaşır: Marie'nin ince, üzgün yüzlü kızı Irène Joliot-Curie'ninki. Kendisi de parlak bir biliminsanı olan Irène ve kocası Frédéric Joliot-Curie, Marie'nin alanında ilerlemiş, hatta onun bir adım önüne geçmişlerdi. Sadece radyoaktif elementleri bulmanın ötesinde, Irène zararsız elementleri atomaltı parçacıklarla bombardımana tutarak suni yollarla radyoaktif atomlara dönüştürmenin bir yöntemini bulmuştu. Bu çalışma 1935'te kendi Nobel Ödülü'nü almasını sağladı. Ne yazık ki Joliot-Curie de atomik bombardımancı olarak polonyuma bel bağlamıştı. 1946 yılında, Polonya Nazi Almanya'sından çekilip alındıktan ve Sovyetler Birliği'nin yönetiminde bir kuklaya dönüştükten kısa süre sonra, laboratuvarında bir polonyum kapsülü patladı ve Irène annesinin sevgili elementini soludu. Litvinenko'nun toplum karşısındaki aşağılanmasını yaşamadı, ama Joliot-Curie de 1956 yılında lösemiden öldü; tıpkı yirmi iki yıl önce annesine olduğu gibi.

Irène Joliot-Curie'nin çaresiz ölümü iki açıdan ironiktir, çünkü onun ulaşılabilir hale getirdiği ucuz, suni radyoaktif maddeler sonradan hayat kurtaran tıbbi araçlar olarak kullanıldı. Küçük miktarlarda yutulduğunda, radyoaktif "izleyiciler" organları ve yumuşak dokuyu X-ışınlarının kemikte yaptığı gibi ışıklandırır. Dünya üzerindeki hemen hemen bütün hastanelerde bu izleyiciler kullanılır ve bir tıp alanı olan radyoloji bu işle uğraşır. Bu izleyicilerin, Juliot-Curie'nin o zamanlar yüksek lisans öğrencisi olan ve ev sahibinden

intikam almak isteyen bir arkadaşının elinde başka bir şeye dönüştüğünü öğrenmek ise ürkütücüdür.

1910 yılında, Marie Curie radyoaktivite üzerine ikinci Nobel Ödülü'nü almadan kısa bir süre önce, genç György Hevesy radyoaktivite üzerine çalışmaya İngiltere'ye gelmişti. Manchester'daki laboratuvar yöneticisi Ernest Rutherford hiç vakit kaybetmeden çok zor bir iş olan kurşun bloklarındaki radyoaktif atomları radyoaktif olmayanlardan ayırma görevini Hevesy'ye verdi. Sonradan bunun zor değil, imkansız olduğu ortaya çıkmıştır. Rutherford, radyum-D olarak bilinen radyoaktif atomların tek bir madde olduğunu varsaymıştı. Oysa radyum-D radyoaktif kurşun olduğundan kimyasal olarak ayrıştırılamaz. Bundan habersiz olan Hevesy, pes etmeden önceki iki yılını kurşun ve radyum-D'yi didikleyerek geçirmişti.

Macaristan'dan gelmiş kel, sarkık yanaklı, bıyıklı bir aristokrat olan Hevesy ev yaşantısında da hayal kırıklıkları yaşıyordu. Evinden çok uzaktaydı ve pansiyonundaki İngiliz yemeklerine değil, lezzetli Macar yemeklerine alışıktı. Pansiyonunda sunulan yemeklerde bir düzen olduğunun farkına varan Hevesy, pansiyon sahibesinin "taze" günlük etlerinin, lise kantininde pazartesi gününden kalan hamburgerlerin perşembe gününün acılı et yemeklerine dönüşmesine benzer bir durumdan şüphelendi. Pansiyon sahibesini biraz sıkıştırdı, kadının inkarları karşısında da gerçeği aramaya karar verdi.

O zamanlar laboratuvarda mucizevi bir buluş gerçekleştiriyordu. Hâlâ radyum-D'yi ayrıştıramamıştı, fakat bunu bir avantaja çevirebileceğini fark etmişti. Canlılar radyoaktif olan ve olmayan kurşunu aynı yolla metabolize eder ve radyum-D hareket ettikçe canlının vücudunda radyoaktivite işaretleri bırakır. Buradan yola çıkarak, az miktarda çözülmüş kurşunu canlı varlıklara enjekte etmenin ve sonrasında elementlerin izleyeceği yolu takip etmenin olasılığı üzerine düşünmeye başlamıştı. Bu işe yararsa damarlarla organlardaki molekülleri, emsali görülmemiş bir netlikle takip edebilecekti.

Hevesy bu düşüncesini canlı bir organizmadan önce, cansız bir doku üzerinde denemeye karar verdi. Biraz art niyetli bir deneydi bu. Bir gün akşam yemeğinde tabağına fazla fazla et aldı ve pansiyon sahibesi arkasını döndüğünde etin üzerine "sıcak" kurşun serpti. Kadın her zamanki gibi kalıntıları topladı ve ertesi gün Hevesy eve, laboratuvar arkadaşı Hans Geiger'den aldığı yepyeni bir radyasyon detektörü ile geldi. O akşamki gulaşın üzerinde gezdirdiğinde tahmin ettiği gibi Geiger sayacı çılgına döndü: *klik-klik-klik-klik*. Hevesy, pansiyon sahibesini bu kanıtla yüzleştirdi. Fakat romantik bir bilimci olarak Hevesy radyoaktivitenin gizemlerini açıklarken biraz abartmıştı. Öyle ki adli tıp biliminin yepyeni oyuncaklarıyla, zekice enselenmekten büyülenen pansiyon sahibesi kiracısına kızamamıştı bile. Buna karşın menüsünü değiştirdiğine dair herhangi bir tarihi kayıt bulunmamaktadır.

Element yapılı izleyicileri keşfettikten hemen sonra Hevesy'nin kariyeri canlandı ve kimya ile fizik arasında gidip gelen projeler üzerine çalışmaya devam etti. Ne var ki iki alan birbirinden ayrılıyor ve pek çok bilimci ikisinden birini seçiyordu. Kimyacılar biri diğerine bağlanan bütün halinde atomlarla ilgilenmeye devam ederken, fizikçiler atomların parçalarından ve kuantum mekaniği adı verilen, madde hakkında konuşmanın garip ama güzel bir yolu olan yeni alandan büyüleniyordu. Hevesy, Kopenhag'daki büyük kuantum fizikçisi Niels Bohr ile çalışmak için 1920 yılında İngiltere'yi terk etti. Böylece Bohr ile Hevesy'nin farkına varmadan kimya ile fizik arasındaki çatlağı gerçek bir politik uçuruma dönüştürdükleri yer Kopenhag oldu.

1922 yılına gelindiğinde, periyodik tablodaki yetmiş ikinci elementin kutusu hâlâ boş duruyordu. Kimyagerler elli yedinci element (lantanyum) ile yetmiş birinci element (lütesyum) arasındakilerin hepsinin ender toprak DNA'sı taşıdığını ortaya çıkarmıştı. Yetmiş ikinci element ise belirsizdi. Kimse bunu, ayrıştırılması zor olan ender toprak elementlerinin sonuna ekleyip ekleyemeyeceğini –ki

bu durumda element avcılarının son keşfedilen lütesyum örneklerini incelemesi gerekirdi– veya kesin olmadan, geçici biçimde, kendi sütunu olan bir geçiş metali olarak sınıflandırıp sınıflandıramayacağını bilmiyordu.

Rivayete göre, Niels Bohr yetmiş ikinci elementin lütesyum benzeri ender topraktan olmadığına dair neredeyse öklityen bir kanıt buldu. Elektronların kimyadaki rolünün iyi bilinmediğini unutmayalım ve Bohr bu kanıtını, elementlerin bu kadar elektronu sadece iç kabuklarında saklayabildiğini söyleyen kuantum mekaniğinin tuhaf matematiğine dayandırmıştı. Lütesyum ve f-kabukları her girinti ve çıkıntıda tıka basa doldurulmuş elektronlara sahiptir ve Bohr bir sonraki elementin, elektronlarını sergilemekten ve gerçek bir geçiş metali gibi davranmaktan başka şansı kalmadığı şeklinde akıl yürütmüştü. Bu nedenle Bohr, Hevesy ve fizikçi Dirk Coster'ı tabloda yetmiş ikiden yüksek numaralı bir element olan zirkonyumu ve onun muhtemel kimyasal benzerinin örneklerini tetkik etmeye gönderdi. Belki de periyodik tablo tarihindeki en kolay keşif olarak, Hevesy ve Coster yetmiş ikinci elementi ilk denemede buldular. Kopenhag'ın Latincedeki karşılığı Hafnia'dan esinlenerek, buldukları elementi hafniyum olarak adlandırdılar.

Gelişmelerin ardından, kuantum mekaniği pek çok fizikçinin desteğini alırken, kimyacılar kaba ve sezgilerini kullanamamakla itham edildiler. Elektronların sayılmasına dayanan bu gülünç yöntemin gerçek kimya ile çok az ilgisi olduğu ise sonradan öğrenildi. Yine de kimyacılar, Bohr'un laboratuvara ayak basmadan hafniyum üzerine yaptığı tahminleri hazmetmekte zorlandılar. Rastlantı eseri, Hevesy ve Coster keşiflerini Bohr 1922 yılında Nobel Fizik Ödülü'nü kabul etmeden hemen önce gerçekleştirmişti. Haberi Stockholm'da telgrafla alan Bohr da keşiflerini konuşması sırasında ilan etti. Buluşları sayesinde kuantum mekaniği, evrim bilimi gibi algılanmaya başladı, çünkü atom yapısında kimyadan daha derinlere inebilmişti. Bohr'dan önce Mendeleyev'e de olduğu gibi, meslektaşları haliha-

zırda bilimsel mistisizme eğilimi olan Bohr'a kahince nitelikler atfederek onu dolduruşa getirdiler.

Ama bu bir efsane. Gerçekse daha farklı. Bohr'u doğrudan etkilemiş bir kimyacı da aralarında olmak üzere, Bohr'dan önce en az üç kimyager, yetmiş ikinci elementi zirkonyum gibi geçiş metalleri ile bağlantılandıran makaleler yayınlamıştı (hatta bir tanesi 1895 yılına aitti). Bunlar kendi zamanlarının önündeki dahiler değil, kuantum fiziğine dair çok az bilgiye veya ilgiye sahip sıradan kimyacılardı. Öyle görünüyor ki Bohr hafniyumu yerine oturturken onlardan edindiği bilgiye dayanmıştı ve muhtemelen bunun tablodaki yerine dair daha az romantik, fakat geçerli bir *kimyasal* iddiayı rasyonelleştirmede kendi kuantum hesaplamalarını kullanmıştı.

Çoğu efsanede olduğu gibi burada da gerçek değil, sonuç öne çıktı. İnsanlar Bohr hakkındaki efsaneyi gerçeğe tercih etmişti. Efsane yayıldıkça, herkes Bohr'un hafniyumu sadece kuantum mekaniğiyle bulduğuna gerçekten inanmak istediler. Fizik doğanın mekanizmalarını hep daha küçük parçalara ayırarak çalışır ve pek çok biliminsanına göre, Bohr belirsiz ve köhne kimyayı, özelleşmiş ve ilginç bir fizik dalına dönüştürmüştü. Bilim felsefecileri de Mendeleyevci kimyanın öldüğünü ve alana Bohr fiziğinin hakim olduğunu ilan etmek üzere bu hikayeye balıklama atladılar. Bilimsel bir tartışma, alanlar ve sınırlarla ilgili politik bir çekişme halini aldı. Bilim de hayatın kendisinden farklı değildi.

Aynı efsane, şamatanın merkezindeki adamı, yani György Hevesy'yi de kahraman gibi gösterdi. Meslektaşları zaten Hevesy'yi hafniyum keşfiyle 1924 yılındaki Nobel Ödülü'ne aday göstermişti, fakat sanat meraklısı, amatör ressam bir Fransız kimyacı ile aralarında bir üstünlük tartışması vardı. 1907'de lütesyumu keşfeden Georges Urbain, Henry Moseley'i ender toprak elementi örneğiyle utandırmayı denemiş ama başaramamıştı. Çok sonraları, kendi örnekleriyle karışmış şekilde, hafniyumu da –hafniyumun ender bir toprak çeşnisini– bulduğunu iddia etti. Ancak Urbain'in çalışması

pek ikna edici bulunmadı. Ne yazık ki 1924 yılında Avrupa yaşanan tatsızlıklarla bölünmüş durumdaydı, bu nedenle üstünlük tartışması milliyetçi tonlarla yürütülüyordu. (Fransızlar, Danimarkalı Bohr ve Macar Hevesy'yi Alman olarak gördüler. Bir Fransız dergisi bütün bunların, sanki elementi Attila keşfetmiş gibi, "Hun koktuğunu" yazdı.) Kimyacılar da Hevesy'ye kimya ve fizikteki çifte "vatandaşlığı" nedeniyle itibar etmediklerinden, politik çekişmelerle Nobel komitesinin ödülü ona vermesini engellediler. Sonuçta 1924 yılında kimya dalındaki ödül boşta kaldı.

Üzülse de boyun eğmeyen Hevesy, Almanya'ya geçmek üzere Kopenhag'dan ayrıldı ve kimyasal izleyiciler üzerine yaptığı önemli deneylerini sürdürdü. Boş zamanlarında da, insan vücudunun ortalama bir su molekülünü ne kadar hızla (dokuz gün) geri dönüşüme sokabildiğinin belirlenmesine yardım etmek üzere bazı hidrojen atomlarında ilave bir nötron olan özel bir "ağır" su[52] içmeye ve her gün idrar miktarını ölçtürmeye gönüllü oldu. (Pansiyon sahibesi-et olayında da gördüğümüz üzere resmi araştırma protokolüne sadık kalmak gibi bir ünü yoktu.) Bütün bu süre boyunca, Irène Joliot-Curie gibi kimyacılar Nobel Ödülü'ne Hevesy'yi aday göstermeye

---

52- Hevesy ağır su deneylerini, kendisiyle birlikte japonbalıkları üzerinde de gerçekleştirdi. Bu deneyler epey bir japonbalığı kaybıyla sonuçlandı.

Gilbert Lewis de 1930'ların ilk yarısında, Nobel Ödülü kazanabilmek için son çare olarak ağır su kullandı. Harold Urey'in ekstra bir nötrona sahip ağır hidrojeni, yani döteryumu keşfiyle Nobel Ödülünü kazanabileceğini, bütün bilim adamları gibi Lewis de biliyordu. Tabi, Urey'in kendisi de... Akrabalarının alayları da dahil olmak üzere kötü giden bir kariyerin ardından, döteryumu keşfedip eve geldiğinde eşine, "tatlım, bütün problemlerimiz çözüldü," demişti.

Lewis, ağır hidrojenden yapılmış suyun biyolojik etkilerini araştırarak, kendini bu kaçırılmayacak ödüle adamaya karar verdi. Diğerlerinin fikri de aynı yöndeydi, fakat Ernest O. Lawrance başkanlığındaki Berkeley'in fizik bölümü, dünyanın en büyük ağır su kaynağına, biraz da kaza sonucu sahip oluverdi. Ekibin yıllardır radyoaktivite deneyleri için kullandığı bir su tankı vardı ve bu tankın içinde görece-li olarak çok yüksek yoğunlukta ağır su bulunuyordu (bir kaç ons kadar). Lewis, Lawrance'a ağır suyu saflaştırmasına izin vermesi için yalvardı. Lawrance deneyden sonra geri vermesi koşuluyla ikna oldu. Çünkü bu Lawrence'ın araştırmaları için de önemli olabilirdi.

Ne var ki Lewis verdiği sözü tutmadı. Ağır suyu izole ettikten sonra, bir fareye verdi ve ne olacağına baktı. Ağır suyun tuhaf özelliklerinden biri, tıpkı okyanus suyu gibi, vücut tarafından metabolize edilememesi sebebiyle içtikçe boğaz kurutan bir susamışlık hissi vermesiydi. Hevesy eser miktarda ağır suyu mideye indirmişti, bu yüzden vücudu gerçekten hiç bir şey hissetmedi, fakat Lewis'in faresi bir kaç saat içinde tüm ağır suyu içerek öldü. Bir fareyi öldürmek Nobel kazandıracak bir iş sayılmaz. Bu durum, tüm değerli suyunu aptal bir kemirgenin işlediğini öğrenen Lawrance'a inme inmesine neden oldu.

devam etti. Yıllarca ödüllendirilmeyen Hevesy biraz umutsuzluğa kapıldı. Fakat Gilbert Lewis'ten farklı olarak, bu haksızlık Hevesy'ye karşı bir sempati oluşturdu ve ödülsüzlük ilginç bir şekilde onun uluslararası camiadaki yerini güçlendirdi.

Bununla beraber, Yahudi ataları olan Hevesy kısa bir süre sonra Nobel Ödülü'nden yoksun kalmaktan daha korkunç sorunlarla karşılaştı. 1930'larda Kopenhag'a gitmek üzere Nazi Almanya'sını yeniden terk etti. Nazi fırtına birliklerinin Bohr Enstitüsü'nün kapısını çaldığı 1940 yılının Ağustos ayına kadar burada kaldı. Zamanı geldiğinde cesaretini kanıtladı. Biri Yahudi, diğeri Yahudi sempatizanı ve destekçisi iki Alman, Naziler yağmalamasın diye 1930'larda koruması için Bohr'a Nobel Ödülü altın madalyalarını emanet etmişlerdi. Hitler ülkeden altın çıkartılmasını devlete karşı suç ilan ettiğinden, madalyaların Danimarka'da bulunması pek çok kişinin idamına yol açabilirdi. Hevesy madalyaları gömmeyi önerdi, fakat Bohr bunun çok aleni olduğunu düşünüyordu. Hevesy'nin sonradan anlattığı kadarıyla "işgalci güçler Kopenhag sokaklarında ilerlerken, ben [Max von] Laue ve James Franck'ın madalyalarını eritmekle meşguldüm". Hevesy, altın gibi "kraliyet metallerini" eritebildiğinden simyacıları hayrete düşüren ve kral suyu adı verilen nitrik ve hidroklorik asitten oluşan yakıcı bir karışım kullanmıştı, ama hatırladığı kadarıyla bunu yapmak o kadar da kolay olmamıştı. Naziler Bohr Enstitüsü'nü yağmaladığında binayı herhangi bir suç kanıtı veya ganimet için derinlemesine taradılar, fakat beherdeki turuncu kral suyunu dokunmadan bıraktılar. 1943 yılında Hevesy Stockholm'e kaçtı; Zafer Günü'nden sonra laboratuvarına döndüğündeyse zararsız beheri bir rafta dokunulmamış halde buldu. Altını çöktürdü ve daha sonra İsveç Akademisi madalyaları Franck ve Laue için yeniden kalıba döktü. Hevesy'nin bu çileye dair tek şikayeti Kopenhag'a kaçarken, kaçırdığı laboratuvar iş günüydü.

Hevesy bu maceraların ortasında Juliot-Curie de dahil, meslektaşları ile işbirliği yapmayı sürdürdü. Aslında Hevesy, Juliot-

Curie'yi yirminci yüzyılın en büyük keşiflerinden birini yapmaktan alıkoyan büyük hataya bilmeden tanıklık etti. Bu keşfin onuru başka bir kadına, Hevesy'yi seven, Nazi zulmünden kaçan Avusturyalı bir Yahudi'ye nasip oldu. Ne yazık ki Lise Meitner'ın hem dünya işlerindeki hem de bilimsel konulardaki politik çekişmeleri Hevesy'ninkilerden daha kötü sonuçlandı.

Lise Meitner ve ondan genç ortağı Otto Hahn doksan birinci elementin keşfinden hemen önce Almanya'da birlikte çalışmaya başladılar. Elementin kaşifi Polonyalı kimyacı Kazimierz Fajans 1913 yılında elementin sadece kısa ömürlü atomlarını fark etmiş ve ona "brevyum" adını vermişti. Meitner ve Hahn 1917 yılında bu elementin atomlarının çoğunun yüz binlerce yıllık ömrü olduğunu gördüler, bu durumda "kısa" anlamına da gelen *breve*'den türemiş "brevyum" adı anlamsız kaldı. Bunun üzerine onlar da elementi protaktinyum veya (sonunda) bozularak dönüştüğü element olan "aktinyumun akrabası" diye yeniden adlandırdılar.

Haliyle Fajans "brevyum"un bu şekilde reddedilmesine karşı çıktı. Yüksek sosyeteden insanlar arasında zarafetiyle hayranlık toplayan Polonyalı bilimcinin, iş mesleki konulara geldiğinde kavgacı ve densiz olduğu söyleniyordu. Aslında Nobel Komitesi'nin 1924 yılında kimseye verilmeyen, Hevesy'nin kaçırdığı kimya ödülünü radyoaktivite üzerine çalışmalarından ötürü Fajans'a vermeyi kararlaştırdığına, fakat resmi açıklama yapılmadan önce bir İsveç gazetesinde Fajans'ın bir fotoğrafı ile "K. Fajans Nobel Ödülü'nü Kazanıyor" başlıklı yazı çıkınca, kibrini cezalandırmak için vazgeçtiklerine dair bir söylenti vardı. Fajans ise kendisine karşı dost canlısı olmayan etkili bir komite üyesinin, kişisel nedenlerle kendisini engellediğini iddia etti. (Resmi olarak İsveç Akademisi o yılın ödülünü boş bıraktığını ve ödül parasını, yüksek İsveç vergileri yüzünden önemli ölçüde azaldığından yakınılan bağışlara eklemek adına ellerinde tuttuğunu açıkladı. Fakat bu bahaneyi genel bir yaygara koptuktan

sonra öne sürdü. İlk başta sadece çoklu kategorilerde ödül olmayacağını açıklamış ve "kalifiye adaylar olmamasını" ayıplamıştı. Ayrıca Akademi'ye göre "bu tür bilgiler gizli sayılmalıydı", bu yüzden gerçek hikayeyi asla öğrenemeyebiliriz.)

"Brevyum"da yaşadıkları yenilgi ve "protaktinyum" batağına saplanmalarına rağmen, günümüzde doksan birinci elementi keşfetme onuru Meitner ile Hahn'a verilmiştir. Fakat isim değişikliğiyle sonuçlanan bu çalışmanın açığa çıkarılmayı bekleyen daha şaşırtıcı başka bir hikayesi vardır. Uzun ömürlü protaktinyumu ilan ettikleri makale, Meitner'in Hahn'a karşı pek alışılmadık düşkünlüğünü ve bağlılığını ele veriyordu. Söz konusu cinsellik değildi. Meitner hiç evlenmedi ve bir sevgilisi olduğuna dair de hiçbir kanıt öne sürülmedi, fakat en azından profesyonel şekilde Hahn'a vurulmuştu. Büyük olasılıkla Hahn'ın onun değerini fark etmesi ve Alman devleti kadın olduğu gerekçesiyle Meitner'a laboratuvar vermeyi reddettiğinde, onunla birlikte bir marangoz atölyesinde çalışmasından etkilenmişti. Atölyede her şeyden yalıtılmış bir halde, Hahn radyoaktif örneklerde hangi elementlerin olduğunu belirlemek üzere işin kimya kısmıyla uğraşıyor, Meitner ise Hahn'ın söylediklerine nasıl ulaştığını açıklamaya çalışarak işin fizik kısmıyla ilgileniyordu. Buna rağmen olağandışı bir şekilde, Meitner sonuca götüren *bütün* işi kendisi halletti ve protaktinyum deneylerini yayınladı, çünkü Birinci Dünya Savaşı sırasında Almanya'nın savaş koşulları Hahn'ın dikkatini dağıtmıştı. Yine de bu makaleden Hahn'ın da kredi almasını sağladı. (Bu iyiliği hatırlayın.)

Savaştan sonra da ortaklıklarını sürdürdüler. Almanya'da iki savaş arasındaki yıllar bilimsel açıdan hareketli geçmesine rağmen, işin politik yanının ne kadar ürkütücü olabileceğini görmüşlerdi. Bu yüzden temkini elden bırakmamaları gerekiyordu. Güçlü çenesi ve bıyığıyla iyi bir Alman örneği olan Hahn'ın, 1932 yılındaki Nazi diktasından korkacak bir şeyi yoktu. Hitler 1933'te ilk büyük sürgün dalgasıyla bütün Yahudi bilimcileri ülke dışına gönderdiğin-

de, Hahn bunu protesto etmek adına profesörlükten çekildi. Ancak seminerlere katılmayı sürdürdü. Tam bir Avusturyalı Protestan gibi yetiştirilmiş olmasına rağmen, Meitner'ın ataları Yahudiydi. Karakteri gereği ve belki biraz da sonunda kendi gerçek araştırma laboratuvarını elde etmiş olduğundan, tehlikeyi önemsemiyor gibiydi ve nükleer fizik alanındaki göz kamaştırıcı yeni keşiflere gömülmüştü.

Bu keşiflerin en büyüğü, Enrico Fermi'nin1934 yılında uranyum atomlarını atomik parçacık yağmuruna tutarak ilk transuranik elementleri oluşturduğunu duyurmasıydı. Bu doğru değildi, fakat insanlar periyodik tablonun artık doksan iki elementle sınırlı olmayacağı fikriyle donakalmışlardı. Nükleer fizik alanında bir havai fişek gösterisi gibi patlayan bu yeni düşünceler, bütün dünyada bilimle uğraşanları meşgul eder oldu.

Aynı yıl bu alandaki bir diğer öncü, Irène Joliot-Curie kendi bombardımanlarını gerçekleştirdi. Dikkatli bir şekilde yaptığı kimyasal analiz sonucunda, yeni transuranik elementlerin ilk ender toprak elementi olan lantanyuma benzediğini açıkladı. Bu da beklenmedik bir şeydi, öyle ki Hahn buna inanmadı. Uranyumdan büyük elementler, periyodik tabloda uranyumun yakınındaki hiçbir yerde minik metalik bir element gibi davranamazdı. Bu düşünceyle Hahn, Frédéric Joliot-Curie'ye lantanyumla kurdukları bağın saçmalık olduğunu kibarca söyledi ve transuraniklerin lantanyum gibi olmadığını kanıtlamak üzere Irène'in deneylerini yeniden yapmaya söz verdi.

1938'de Meitner'ın dünyası çöktü. Hitler Avusturya'yı topraklarına katarak, bütün Avusturyalılara Aryan kardeşleri olarak kucak açtı, fakat bu kardeşliğe hiçbir Yahudi dahil değildi. Yıllarca bilinçli bir şekilde görünmezliğe bürünen Meitner sonunda Nazi soykırımıyla karşı karşıyaydı. Bir meslektaşı onu ihbar ettiğinde, yanına sadece birkaç kıyafet ve on Alman markı alıp kaçmaktan başka seçeneği kalmadı. İsviçre'ye sığındı ve Nobel bilim enstitülerinden birinde işe kabul edildi.

Bütün bu zorluklara rağmen, Hahn Meitner'a sadık kaldı ve gizli

aşıklar gibi mektuplaşarak ve ara sıra Kopenhag'da buluşarak ortaklıklarına devam ettiler. 1938'lerin sonlarına doğru, bu buluşmalardan birinde Hahn biraz sarsılmış görünüyordu. Irène Joliot-Curie'nin deneylerini tekrar ettiğinde, kendisi bazı elementler bulmuştu. Bunlar sadece lantanyum –ve Irène'in bulduğu buna yakın diğer bir element olan baryum– *gibi* davranmakla kalmıyordu, aynı zamanda – bilinen her kimyasal teste göre– lantanyum ve baryumun ta kendisiydi. Hahn dünyadaki en iyi kimyager olarak anılsa da, bu bulgunun "bütün önceki deneyleriyle çeliştiğini" sonradan kabul etmek zorunda kaldı. Bu aşağılayıcı durumu Meitner'a da itiraf etti.

Meitner şaşırmamıştı. Transuranik elementler üzerine çalışan bütün büyük beyinlerin içinde, sadece Meitner bunların sanıldığı gibi olmadığını idrak etmişti. Meitner (yeğeni ve yeni ortağı olan Otto Frisch ile tartışmalarından sonra) Fermi'nin aslında yeni elementler değil, nükleer fisyonu keşfettiğini anladı. Fermi uranyumu daha küçük parçalara ayırmış, ama sonuçlarını yanlış yorumlamıştı. Joliot-Curie'nin bulduğu eka-lantanyum, ilk küçük nükleer patlamanın radyoaktif bir serpintisi olan düz lantanyumdu! Joliot-Curie'nin makalelerinin ilk taslaklarını gören Hevesy, sonraları bundan bahsederken, hayal gücünün sınırlarını zorlayan bu keşfe Joliot-Curie'nin çok yaklaştığını, fakat doğru yorumu kabul edebilmesine yetecek kadar "kendisine güvenmediğini" söylemişti. Aksine Meitner kendisine güveniyordu ve Hahn'ı diğer herkesin hatalı olduğuna ikna etti.

Doğal olarak, Hahn bu müthiş sonuçları yayınlamak istedi, fakat Meitner ile olan işbirliği ve ona karşı hissettiği borç bunu politik hilelerle yapmasını engelledi. Seçenekleri tartıştılar ve Meitner saygı göstererek, ana makalede sadece Hahn'ın ve asistanının adının bulunmasını onayladı. Meitner ve Frisch'in her şeyi anlamlı hale getiren teorik katkıları ise daha sonra ayrı bir dergide yayınlandı. Nükleer fisyon tam Almanya'nın Polonya'yı işgali ve İkinci Dünya Savaşı'nın başlangıcı sırasında basılan bu makalelerle doğmuş oldu.

Bu sayede Nobel Ödülü tarihindeki en berbat yanlışlıkla sonuçlanan umulmadık olaylar dizisi de başlamış oldu. Daha Manhattan Projesi bilinmiyorken, 1943 yılında Nobel komitesi nükleer fisyonu ödüllendirmeye karar verdi. Fakat bunu hak eden kimdi? Cevap açıkça Hahn'dı. Komite Meitner'ın katkıları hakkında bilimcilerin görüşünü almak doğrultusunda, ödülü bütünleyici bir karar daha çıkardı. Fakat savaş İsviçre'yi izole etmişti ve bu kararın uygulanması imkansız hale geldi. Bu yüzden komite aylar sonra ellerine ulaşan, bazen de ulaşmayan ve birçoğu özellikle saygın Alman dergilerinde yayınlanan Meitner'ı sansürleyen bilimsel makaleleri temel aldı. Kimya ile fizik arasındaki ayrım da bunu disiplinlerarası bir çalışma olarak ödüllendirmeyi zorlaştırıyordu.

Ödüllerin 1940 yılında durdurulmasından sonra, İsveç Akademisi 1944'te geriye dönük birkaç ödül verdi. İlk olarak 1943 yılında Hevesy nihayet kimya ödülünü kazandı (belki de kısmen politik bir jest yapıp mülteci bilimcileri onurlandırmak amaçlanıyordu.) 1945'te komite fisyonun daha tartışmalı bir konusunun peşine düştü. Nobel komitesinde hem Meitner'ın hem de Hahn'ın arkasını kollayan güçlü taraftarları vardı. Fakat Hahn'ın destekçisi, Hitler'den saklandığı zamanlara denk gelen birkaç yıl boyunca Meitner'ın "büyük öneme sahip" bir çalışma yapmadığını söyleme küstahlığını gösterdi. (İnsanlarla ödülü hak edip etmediklerine dair mülakat yapılması genel olarak kötü bir uygulama olsa da, komitenin neden hemen yanı başındaki Nobel enstitüsünde çalışan Meitner ile mülakat yapmadığı açık değildir.) Meitner'ın destekçisi ödülün paylaşılmasından yana ağırlığını koydu ve muhtemelen etkili de oldu. Fakat bu destekçi aniden ölünce, Mihver Devletler yanlısı komite üyeleri harekete geçtiler ve 1944 yılında ödülü Hahn tek başına aldı.

Müttefikler'in Almanya için atom bombası üzerinde çalıştığı şüphesiyle askeri gözetime aldığı Hahn daha sonra temize çıktı. Hahn ödülü hakkında konuşma yaparken utanç verici bir şekilde Meitner lehine hiçbir şey söylemedi. Sonuç olarak bir zamanlar pat-

ronlarına karşı gelecek kadar değer verdiği ve marangoz atölyesinde birlikte çalıştığı kadına hiçbir ödül verilmedi. Bazı tarihçilerin söylediği gibi, Meitner "disiplinlerarası önyargının, politik kalın kafalılığın, cehaletin ve düşmanlığın" kurbanı oldu.

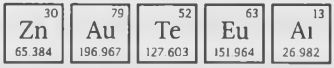
Elbette ki komite, 1946 yılında ya da sonrasında, tarih Meitner'ın katkılarını ortaya çıkardıktan sonra, bu durumu düzeltebilirdi. Manhattan Projesi'nin mimarları bile ona olan borçlarını itiraf etmişlerdi. Fakat *Time* dergisinin bir zamanlar dediği gibi "kız kurusu gibi asabi" olmakla ünlü Nobel Komitesi hatalarını kabul etmeye yanaşmıyordu. Nobel kaybetmenin acısını iyi bilen Kazimierz Fajans gibi diğer bilimciler tarafından hayatı boyunca aday gösterilmesine rağmen, Meitner 1968 yılında hiçbir ödül alamadan öldü.

Neyse ki "tarih kendi bilançosuna sahiptir". Aslında 1970 yılında Glenn Seaborg, Al Ghiorso ve diğerleri yüz beş numaralı transuranik elementi Otto Hahn'dan esinlenerek hahniyum olarak adlandırdılar. Fakat isim verme hakkı konusunda tartışmalar çıktı ve uluslararası bir komite, sanki hahniyum ismi Polonyalıymış gibi, 1997 yılında elementin ismini değiştirerek dubniyum olarak adlandırdı. Elementlerin adlandırılmasına dair özel kurallar bulunduğundan[53] (her isim sadece bir kez kullanılırdı) hahniyum ismi sonradan başka bir element için değerlendirilmedi. Nobel Ödülü Hahn'ın aldığı tek şey oldu. Komite sonradan Meitner'ı, yılda bir verilen bu ödülden çok daha seçkin bir onurla taçlandırdı. Yüz dokuzuncu element bundan sonra sonsuza kadar meitneryum olarak anılacaktı.

53- Bir element için isim önerildiğinde, bu ismin periyodik tabloda bulunmak için tek bir hakkı vardır. Eğer bu element için kanıt yetersiz bulunmuş ya da kimyanın uluslararası yönetici kuruluşu (IUPAC) elementin ismine karşı çıkmışsa, o isim kara listeye alınır. Bu Otto Hahn'ın durumu için tatmin edici bir yanıt olabilir. Fakat bu aynı zamanda kimsenin bir elementi, Irene ya da Frederic Joliot-Curie'nin anısına "joliotyum" olarak adlandıramayacağı anlamına da gelir. Çünkü "joliotyum" daha önce resmi olarak yüz beşinci element için önerilmiş bir isimdir. "Ghiorsium"un başka bir şansının olup olmayacağı belirsiz. Ama belki "alghiorsiyum" olabilir. Gerçi IUPAC ad ve soyadının birlikte kullanılmasına soğuk bakıyor. Yüz yedinci element için nielsbohryum adını sadece bohryum lehine reddetmişti. Bu karar yüz yedinci elementi bulan Batı Almanya'yı pek memnun etmedi, çünkü "bohrium"un telaffuzu daha bor ve baryuma fazlasıyla benziyor.

13

Para gibi Elementler



Periyodik tablonun politik bir tarihi olduğunu kabul edersek, parayla ilişkisinin de daha uzun ve sıcak olduğunu teslim etmeliyiz. Pek çok metalik elementin hikayesi paranın tarihiyle iç içe girmeden anlatılamaz. Bu demektir ki, aynı elementlerin tarihi sahtekarlık tarihiyle de iç içedir. Farklı yüzyıllarda sığır, baharatlar, yunus dişleri, tuz, kakao çekirdeği, sigaralar, böcek bacakları ve lalelerin hepsi para gibi geçerli olmuş ve hiçbiri taklit edilememiştir. Metallerin ise değiştirilmesi kolaydır. Özellikle geçiş metalleri benzer kimyaya ve yoğunluklara sahiptir, çünkü elektron yapıları benzerlik gösterir, harmanlanabilir ve alaşımlarda bir diğerinin yerini alabilir. Kıymetli ve az kıymetli metallerin farklı kombinasyonları bin yıllardır insanları kandırmaktadır.

Milattan önce 700 civarında Frigya krallığının varisi Midas adlı bir prens vardı. Çeşitli söylentilere göre (Midas isimli iki hükümdar olabilir) Midas'ın maceralı bir hayatı oldu. Müzik tanrısı olan kıskanç Apollo, Midas'tan kendisi ile dönemin başka bir büyük lir çalgıcısı arasındaki hesaplaşmaya hakemlik yapmasını istedi ve Midas Apollo'yu değil de diğerini destekleyince kulaklarını eşek kulaklarına çevirdi. (Eğer müzik değerlendirmesi bu kadar kötüyse insan kulaklarını hak etmiyor diye düşünmüş olmalı.) Ayrıca söylendiği-

ne göre, Midas antik dünyadaki en güzel gül bahçesine sahipti. Bilimsel açıdan ise Midas kalayı, "siyah kurşun" (grafit) ve "beyaz kurşun" (güzel, parlak beyaz, zehirli bir kurşun pigmenti) minerallerini keşfetmesiyle tanınırdı. Krallık topraklarında çıkarılmasına rağmen kalayı keşfettiği doğru değildir. Tabii ki metalürji ile ilgili diğer bir orijinalliği, yani altın dokunuşu olmasaydı günümüzde kimse Midas'ı tanımazdı. Bir gece gül bahçesinden geçen sarhoş satir Silenus'u evinde misafir etti. Silenus hükümdarın misafirperverliğinden o kadar hoşnut kaldı ki Midas'tan bir hediye seçmesini istedi. Midas dokunduğu her şeyin altına dönüşmesini diledi. Öylesine bir lütuftu ki bu, kızına sarıldığında kızından oldu ve dudaklarına değen her yemek altına dönüştüğünden neredeyse canından da oluyordu.

Aslında gerçek kral bunlardan hiçbirini yaşamadı. Fakat Midas'ın bu efsanevi kimliğini boşuna kazanmadığına dair kanıtlar var. Bunun temelleri MÖ 3000'lerde Midas'ın topraklarının yakınlarında başlayan Bronz Çağı'na kadar dayanır. Kalay ve bakırın bir alaşımı olan bronzun kalıba dökülmesi günün en gelişmiş teknolojisiydi ve metal pahalı olmasına rağmen bu teknoloji Midas'ın hükümdarlığı döneminde çoğu krallığa yayılmıştı. Frigya'daki mezarında bronz kazanlar ve üzeri yazılı bronz kaselerle çevrili halde, Midas olduğu sanılan bir iskelet (fakat sonradan Midas'ın babası Gordias olduğu anlaşılmıştır) bulundu. Hatta çıplak iskeletin belinde bronz bir kemer bile vardı. Fakat "bronz" derken daha açık olmak zorundayız; iki parça hidrojenin bir parça oksijenle birleşip su oluşturmasına benzemez bu. Farklı oranlardaki metallerin oluşturduğu alaşımların hepsi bronz olarak kabul edilir ve antik dünyanın bronz metalleri bileşimindeki kalay, bakır ve diğer elementlerin oranına göre farklı renklerde görünür.

Frigya yakınlarındaki metal birikimlerinin bir özelliği çinkolu cevherlerin bol olmasıdır. Çinko ve kalay cevherleri doğada kaynaşır ve birinin yatağı diğerininkiyle kolaylıkla karıştırılabilir. Ne var ki

bakır ve çinko karışımıyla bronz değil, pirinç oluşur. Bilinen en eski pirinç dökümhaneleri de Midas'ın bir dönem hükümdarlık yaptığı Küçük Asya'nın bir bölümünde bulunmuştur.

Hâlâ açık değil mi? Gidip bronz ve pirinç bir şeyler bulun ve inceleyin. Bronz parlaktır, ama arkaplanda bakırın renkleri hissedilir. Pirincin parlaklığı ise daha çekici, daha incelikli ve biraz daha altınımsıdır. Yani Midas'ın dokunuşu aslında Küçük Asya topraklarındaki çinko dokunuşundan başka bir şey değildir.

Bu teoriyi test etmek için Türkiye'de Ankara Üniversitesi'ndeki bir metalürji profesörü ile birkaç tarihçi 2007 yılında Midas dönemine uygun ilkel bir fırın inşa ettiler ve içine yerel cevherleri doldurdular. Bunları eritip ortaya çıkan sıvıyı kalıba döktüler ve soğumaya bıraktılar. Asıl muhteşem olan şey, bunun esrarengiz bir şekilde altın külçesi gibi sertleşmesidir. Doğal olarak, Kral Midas'ın çağdaşlarının, onun değerli çinkodan yapılma kase, heykel ve kemerlerinin gerçek altın olduğuna inanıp inanmadıklarını bilmek imkansızdır. Fakat Midas hakkındaki efsaneleri yaratanlar bu insanlar değildir. Büyük olasılıkla, Küçük Asya'nın o bölgesini sonradan koloni haline getiren Yunan gezginleri, kendilerininkinden çok daha parlak olan Frigya "bronzları"na tutulmuşlardı. Eve gönderdikleri hikayeler yüzyıllar içinde, altın renkli pirinci gerçek altına çevirecek ve bir yerel kahramanın dünyevi gücünü bir dokunuşta değerli metaller yaratan doğaüstü bir güce dönüştürecek şekilde değişti. Bütün bunlardan sonra, Ovid'in dehası kendi *Metamorfozlar*'ı için hikayeye el attı ve ortaya daha makul bir mit çıktı.

İnsan kültürünün Midas haricindeki başka bir arketipi de çok uzaklardaki zenginliğe yelken açan gezginlerin kayıp altın şehri, yani El Dorado'yu bulma tutkusudur. Modern ve (biraz) daha gerçekçi zamanlarda bu rüya, altına hücum şeklini almıştır. Tarih dersine biraz ilgisi olan herkes, gerçek altına hücumun ayılar, böcekler, maden çöküntüleri, heyecan verici fahişeler ve kumardan mürekkep

korkunç, pis ve tehlikeli bir şey olduğunu bilir. Ne yazık ki bunlarla zengin olma ihtimali neredeyse sıfırdır. Aslında zerre kadar hayal gücü olan herhangi biri birkaç küçük saf külçe için monoton hayatını bir kenara atıp evinden ayrılmayı aklının ucundan bile geçirmez. Büyük macera tutkusu ve servet aşkı insan doğasına sonradan yerleşmiştir. Hal böyle olunca da, tarihte sayısız altına hücum hikayesiyle karşılaşırsınız.

Elbette doğa hazinelerinden bu kadar kolay ayrılmak istemez, işte bu nedenle amatör maden avcılarını engelleyebilmek adına demir piritini (demir disülfit) icat etmiştir. Demir pirit, çizgi romanlardaki veya hayallerdeki altın gibi, gerçeğinden çok daha göz alıcı bir şekilde parlar. Üstelik bir salağın altına hücumu, birkaç ahmaktan daha fazlasını ve açgözlülükten kör olmuş insanları aldatabilmiştir. Fakat muhtemelen tüm zamanların en utanç verici altına hücumu, 1896 yılında Avustralya'nın ücra bölgelerindeki topraklarda gerçekleşmiştir. Eğer demir pirit yapay altınsa, Avustralya'daki bu altına hücum altın avcılarının kendi bacalarını kazmalarla söküp molozları elekten geçirmesiyle sonlanan ve "aptalın aptalının altını" nedeniyle ortaya çıkan belki de tarihteki en büyük bozgun olmuştur.

Patrick (Paddy) Hannan'ın da içlerinde bulunduğu üç İrlandalı, 1893 yılında evden yirmi mil ötede bu ücra yerden geçerken atlarından birinin nalı düştü. (Tarihteki en şanslı kayıp vakası olabilirdi bu.) Sadece etrafta yürüyerek, kumları birkaç santim bile kazmak zorunda kalmadan, birkaç gün içinde yaklaşık dört kilo altın külçesi topladılar. Dürüst fakat kalın kafalı olan bu üçlü, bölge yetkililerine başvurarak bölgeyi kamu kayıtlarına geçirdiler. Bir haftada yüzlerce altın avcısı, tahmin edileceği gibi, şanslarını denemek üzere Hannan Keşfi'ne (bölgeye verilen isimdir) taarruza geçmişti.

Bir bakıma ortalık avantayla doluydu. Çölde geçirilen ilk aylarda altın sudan daha bereketliydi. Kulağa muhteşem geliyor, ama işin aslı öyle değil. Altını içemezsiniz. Her gün daha fazla madencinin doluşmasıyla kaynakların fiyatı yükselirken, maden arama alanın-

daki rekabet gittikçe şiddetlendi. İnsanlar altın için kazmaya başladı ve bazıları kasabada altın aramaktan daha kolay para kazanma yolları olduğunu fark etti. Hannan bölgesinde evler ve taş döşeli yolların yanı sıra birahaneler ve kerhaneler mantar gibi türedi. İnşaatçılar madencilerin kazıdan sonra bir kenara attıkları kayaları tuğla, çimento ve harç yapımında kullandılar, ne de olsa, kazılar devam ettikçe bu molozlarla yapılacak daha iyi bir şey bulunamazdı.

Ya da öyle sandılar. Altın mesafeli bir metaldir. Onu minerallerin ve cevherlerin içine karışmış halde bulamazsınız, çünkü diğer elementlerle bağlanmaz. Birkaç garip alaşım haricinde tanecikleri ve külçeleri saftır. İlk kez 1782 yılında Transilvanya'da izole edilmiş olan tellür, altına bağlanma özelliğiyle bir istisnadır. Tellür altınla birleşerek, cafcaflı isimleri ve berbat kimyasal formülleri olan bazı mineraller (krennerit, petzit, silvanit ve kalaverit) oluşturur. H_2O ve CO_2 moleküllerindeki güzel oranları bunlarda göremezsiniz, örneğin krenneritin formülü $(Au_{0,8}, Ag_{0,2})Te_2$'dir. Bu tellüritlerin renkleri de farklıdır ve bunlardan biri olan kalaverit bir çeşit sarı parlaklığa sahiptir.

Aslında altın gibi değil de, daha çok pirinç veya demir pirit gibi parlar, fakat bütün günü dışarıdaki güneşin altında geçirmişseniz, bu parlaklığa siz de aldanabilirsiniz. Eksperler mineralogların bagoşit olarak sınıflandırdığı bir çuval dolusu şeyi atarken, ham, kirli on sekiz yıllık kalaverit külçelerinin Hannan bölgesindeki yerel eksperi nasıl çektiğini hayal edebilirsiniz. Ayrıca bazı tellür bileşiklerinin (kalaverit değil, diğerlerinin) bin kez yoğunlaştırılmış sarımsağa benzeyen, kurtulması çok zor ve keskin bir koku yaydığını da unutmayın. Bunu satmak, kötü koku dışarı çıkmayacak şekilde yollara gömmek ve gerçek McCoy için kazmaya devam etmek en iyisidir.

Fakat insanlar Hannan bölgesine kazık çaktılar, dolayısıyla yemek ve su ucuzlamadı. Bir noktada kaynaklar konusundaki gerginlik öyle bir hal aldı ki, gerçek bir isyan patlak verdi. Olaylar kötüleştikçe, kazılarak çıkarılıp kenara atılan sarımsı tellür kayası hakkında de-

dikodular yayılmaya başladı. En deneyimli madenciler bile kalaveriti tanımazken, jeologlar yıllardır tanıyor ve özelliklerini biliyordu. Birilerine göre düşük sıcaklıklarda bozuluyordu ve bu da altın katkısını ayrıştırmayı kolaylaştırıyordu. Kalaverit ilk olarak Colorado'da 1860'larda bulunmuştu.[54] Tarihçilere göre, kampçılar bir gece açtıkları ateş çukurunun etrafındaki kayalardan altın sızdığını fark etmişti. Kısa süre sonra bu tip hikayeler insanları Hannan'a yönlendirdi.

Sonunda 29 Mayıs 1896'da kıyamet koptu. Hannan bölgesini inşa ederken kullanılan kalaverit, bir ton kaya içinde yaklaşık on beş kilo oranında altın içeriyordu ve madenciler bulabildikleri her lanet altın gramını yontarak çıkarmaya başladı. İnsanlar önce atık kayalardakine ulaşmak için çöp yığınlarına saldırdı. Bunlar temizlendikten sonra kasabanın kendisiyle devam ettiler. Kayalarla kapatılmış çukurlar yeniden eski hallerine döndü, kaldırımlar yontuldu. Yeni evinin baca ve fırınını altın tellürit dolu kiremitlerden inşa eden madencinin onları parçalarken çok da duygusal anlar yaşamadığını tahmin edebilirsiniz.

Onlarca yıl sonra, Kalgoorlie olarak yeniden adlandırılan Hannan Keşfi civarındaki bölge dünyanın en büyük altın üreticisi haline geldi. Buraya Golden Mile dediler ve Kalgoorlie, yerin altından altın çıkarmada dünyanın diğer bölgelerindekileri geride bırakan mühendisleriyle övünen bir yer oldu. Sonraki nesiller de atalarının aptalın aptalının altına hücumundan ders alarak kayaları rastgele kenara atmamayı öğrendiler.

Midas'ın çinkosu ve Kalgoorlie'nin tellürü kasıtsız aldatmacalara verilecek ender örneklerdir: Kasıtlı sahtekarlıklarla dolu para tarihindeki iki masum an. Midas'tan bir asır sonra Küçük Asya'daki

54 - Altın-Telleryum bileşiği Kolarado dağlarında bulunmuştur. Adı, küçük bir madenci kasabası olan Telluride'den gelir.

Lidya'da, ilk gerçek para olan ve elektrum adı verilen doğal bir gümüş-altın alaşımından yapılan madeni paralar ortaya çıktı. Bundan kısa bir süre sonra, şaşılacak derecede zengin diğer bir antik hükümdar olan Lidya kralı Krezüs gerçek bir para sistemi kurmaya çalışırken, elektrumu gümüş ve altın paralara nasıl ayrıştıracağını buldu. Krezüs'ün başarısının ardından, MÖ 540 yılında bir Yunan adası olan Sisam'daki Kral Polikrates düşmanlarına Isparta'da altınla kaplanmış kesme kurşunlarla rüşvet vermeye başladı. O zamandan beri bu kalpazanlar barmenin bira fıçısına su katması gibi, gerçek parayı biraz daha esnetmek için kurşun, bakır, kalay ve demir gibi elementleri kullanmaktadır.

Bugün kalpazanlık doğrudan sahtekarlık vakası olarak değerlendirilmektedir, fakat tarihin büyük bölümünde bir krallığın değerli metallerden oluşan varlığı onun ekonomik refahına o kadar bağlıydı ki, kalpazanlık vatan hainliğiyle eşdeğer görülürdü. Bu suçtan mahkum edilenler, en iyi olasılıkla asıldılar. Kalpazanlık gölge maliyetlerini anlamayan insanları her zaman etkilemiştir –dürüst ticaret yaparak kazanılacak paradan çok daha fazlasını kalpazanlıkla elde etmenin cazibesi söz konusu olsa gerek. Yine de bazı parlak zekaların bu suçları işlemesi önlendi ve güvenli, taklidi imkansıza yakın paralar tasarlandı.

Örneğin Isaac Newton analiz yasalarını ve muazzam yerçekimi teorisini türetmesinden çok sonra, 1600'lerin son birkaç yılında, İngiltere Kraliyet Darphanesi'nin başına geçti. Newton ellilerinin başlarındayken iyi maaşlı bir devlet görevi istemişti, fakat kendisine duyulan saygıdan dolayı çok paraya az iş gerektiren bir memuriyeti göze alamadı. O yıllarda kalpazanlık, özellikle de köşeleri tıraşlanarak madeni paraların "kırpılması" ve parçaların birlikte eritilerek yeni madeni paralar yapılması Londra'nın nispeten yoksul bölgelerine özgüydü. Büyük Newton ispiyoncular, ayak takımı, ayyaşlar ve hırsızlarla başını belaya soktu, fakat bundan kesinlikle zevk alıyordu. Sofu bir Hıristiyan olan Newton bu günahkarlar hakkında Eski

Ahit'in gazabıyla, merhamet göstermeksizin kovuşturma açtı. Hatta adı çıkmış, güvenilmez bir kalpazan olan ve Newton'u yıllarca darphanede dolandırıcılık suçlamasıyla kışkırtan William Chaloner'i astırıp halkın önünde karnını deştirdi.

Newton'un görev süresi boyunca madeni paralar üzerinde yapılan sahtekarlıklar egemenken, istifasından bir süre sonra dünya finans sistemi sahte kağıt paralar gibi daha büyük bir tehditle karşı karşıya kaldı. Kağıt para ilk kez Moğol imparator Kubilay Han tarafından 1200'lerde kullanıma sokulmuş, onu kullanmayı reddedenlerin idamına karar veren Kubilay Han'ın ikna gücünden olsa gerek, bu yeni para Asya'da hızla yayılmıştı. Avrupa'daysa kağıt para aralıklarla kullanılıyordu. İngiltere Bankası'nın 1694 yılında kağıt banknotlar basmaya başlamasıyla, kağıt paranın faydaları daha belirgin hale geldi. Madeni para yapımında kullanılan cevherler pahalıydı, madeni paranın kendisi kullanışsızdı ve buna dayanan zenginlik, düzensiz dağılım gösteren mineral kaynaklarına aşırı bağımlıydı. Ayrıca geçmiş yüzyıllarda metal işleme bilgisi yaygın olduğundan, madeni paralar kağıt paraya oranla insanların sahtekarlık yapmasını kolaylaştırıyordu. (Bugünlerde koşullar tersine dönmüştür. Lazer yazıcısı olan herkes istediği kadar 20 dolarlık banknot yapabilir. Uğraşmaya değecek olsa, nikelden geçer akçe şekillendirebilecek birini tanıyor musunuz?)

Eğer metal paraların alaşıma dost kimyaları dolandırıcıların lehine olsaydı, kağıt para çağında evropiyum gibi metallerin eşsiz kimyası, hükümetlere sahtekarlığa karşı savaş açmakta yardım edebilirdi. Bunların tümü evropiyumun kimyasının sonucudur, özellikle de atomlarındaki elektron hareketlerinin. Şimdiye kadar sadece elektron bağlarını, yani atomlar arasındaki elektronların hareketini tartıştık. Fakat elektronlar sabit bir hızla kendi çekirdekleri etrafında da döner, bu hareket genelde güneşin çevresinde dönen gezegenlere benzer. Güzel bir analoji olmasına rağmen, bütünüyle düşünüldüğünde bunun da bir sakatlığı olduğu görülür. Dün-

ya teorik olarak güneş etrafındaki pek çok yörüngeden birinde bulunabilir. Elektronlar ise bir çekirdek etrafında eski hiçbir yolu izleyemez. Farklı enerji seviyeleri arasındaki kabuklar içinde hareket eder ve birinci ile ikinci, ikinci ile üçüncü vb. arasında herhangi bir seviye farkı olmadığından, elektronların izleyebileceği yollar sınırlıdır. Yani kendi "güneş"lerinden sadece belirli bir mesafedeki yörüngeyi izleyebilir ve tuhaf açılarla dikdörtgen şekilli yörünge hareketi yaparlar. Ayrıca gezegenlerden farklı olarak elektronlar –ısı veya ışıkla tetiklendiğinde– düşük enerji seviyesinden boş ve yüksek bir enerji seviyesine sıçrayabilir. Elektronlar yüksek enerji seviyesinde uzun süre kalamaz, bundan dolayı yeniden geri çarparlar. Fakat basit bir ileri-geri hareketi değildir bu, çünkü her çarptıklarında ışık yayarak enerji açığa çıkarırlar.

Yayılan ışığın rengi başlangıç ve sonuç enerji seviyelerinin göreli yüksekliklerine dayanır. Yakın olan enerji seviyeleri arasındaki (ikinci ve birinci gibi) bir çarpma düşük enerjili kırmızımsı bir ışık, daha geniş mesafeli enerji seviyeleri arasındaki bir çarpma ise (örneğin beşinci ile ikinci) yüksek enerjili mor ışık açığa çıkarır. Çünkü elektronların sıçrayabilecekleri yer seçenekleri enerji seviyesi tam sayısıyla sınırlıdır, bu nedenle yayılan ışık da sınırlıdır. Atomlardaki elektronlar, bir ampul gibi beyaz değil de, çok özel ve çok saf ışıklar yayar. Her elementin kabukları farklı yüksekliklerde durur, bu sayede her element kendisine has renk bantları açığa çıkarır, tıpkı Robert Bunsen'ın beki ve spektroskobunda gözlemlediği hakiki bantlar gibi. Daha sonraları elektronların sadece tam sayılı seviyelere atladığı ve hiçbir zaman kesirli seviyelerde gezmediği bilgisi kuantum mekaniğinin temel kavrayışlarından biri haline gelmiştir. Kuantum mekaniği hakkında duyduğunuz her saçma şey, doğrudan veya dolaylı olarak bu süreksiz atlamalardan türemektedir.

Evropiyum ışığı çok iyi şekilde olmasa da yukarıda anlatıldığı gibi yayabilir: Evropiyum ve kardeşi lantanitler gelen ışığı veya ısıyı etkili bir şekilde emmez (kimyacıların uzun süre bunları tanımlamak-

ta zorlanmasının bir sebebi de budur). Fakat ışık uluslararası bir değerdir, atom dünyasında pek çok forma çevrilebilir ve lantanitler bunu basit emilimden farklı yayar. Buna da çoğu insanın karanlık ışıklar ve rengarenk posterlerden tanışık olduğu floresan[55] adı verilir. Genelde normal ışık yayılımı sadece elektronları kapsar, floresan ise bütün molekülleri kapsar. Ayrıca elektronlar aynı renkte ışığı emer ve yayarken (sarı girip sarı çıkar) floresan moleküller yüksek enerjili ışığı emer, fakat bunu düşük enerjili, görünür ışık olarak yayar. Bağlı olduğu moleküle göre evropiyum kırmızı, yeşil veya mavi ışık açığa çıkarabilir.

Bu değişkenlik sahtekarları korkutur ve evropiyumu kalpazanlığa karşı önemli bir araç haline getirir. Aslında Avrupa Birliği kağıt parasının mürekkebinde kendi adını verdiği bir elementi kullanmaktadır. Bu mürekkebi hazırlamak için AB hazine kimyagerleri floresan veren bir boyayı, boya moleküllerinin bir ucuna yapışan evropiyum iyonları ile dövmektedir. (Söylentilere göre AB bunun içeriğinin araştırılmasını yasadışı ilan ettiğinden kimse hangi boyalar olduğunu bilmiyor. Yasalara saygılı kimyagerler ise sadece yürütebilir.) Kimyagerler evropiyum boyasının iki parçadan oluştuğunu bilirler. İlki molekülün esas kısmını oluşturan alıcı veya antendir. Anten evropiyumun ememediği ışık enerjisini yakalayarak elementin emebileceği titreşim enerjisine dönüştürür ve bu enerjiyi molekülün ucuna gönderir. Orada bu enerji evropiyum elektronlarını uyarır ve bu elektronların yüksek enerji seviyesine geçmesini sağlar. Fakat elektron atlamasından, çarpma ve yayılımından hemen önce, gelen enerji dalgasının küçük bir kısmı antene geri "zıplar". Bunu izole haldeki evropiyum atomlarıyla yapmaz, fakat burada molekülün

55- Kolay ve sıkça karıştırılan bazı terimleri netleştirmek için: "ışıldama-luminesans" ışığı emen ve yayan tüm maddeler için kullanılan bir şemsiye terimdir. "Flüoresans" bu bölümde anlatıldığı gibi anlık bir süreçtir. "Fosforesans" flüoresansa benzer –yüksek frekansta ışık emen ve düşük frekansta ışı yayan molekülleri ihtiva eder– ama fosforesans yapan moleküller, ışığı bir batarya gibi emer ve ışık kapandıktan sonra bile uzun süre parıldamaya devam eder. Açık ki, flüoresans ve fosforesans periyodik tablodaki flüorin ve fosfordan, kimyaya bu özellikleri sergileyen moleküllerdeki bu iki dikkat çeken elementten türemiştir.

büyük kısmı enerjiyi kırar ve yok eder. Bu kayıp yüzünden elektronlar yeniden geri döndüğünde düşük enerjili ışık üretilir.

Peki bu kayma neden kullanışlıdır? Floresanlı boyalar evropiyumun gün ışığında görünmeyeceği şekilde seçilmiştir ve bir kalpazan mükemmel bir taklit ürettiğini düşünüp yanılabilir. Bir avro banknotunu özel bir lazer altından geçirin, lazer görünmez mürekkebi uyaracaktır. Kağıdın kendisi siyaha dönerken, evropiyum katılmış rastgele düzenlenmiş küçük lifler rengarenk takım yıldızlar gibi parlamaya başlar. Kağıt paraların üzerindeki Avrupa şekli, uzaylı gözleri gibi yeşil yeşil parlar. Pastel bir yıldız halkası sarı veya kırmızı bir hale oluşturur ve abideler, imzalar ve saklı mühürler koyu mavi parlar. Kağıt paralar üzerindeki bütün bu işaretlere bakan memurlar, kalp paraları kolayca ayırt edebilir.

Her banknotun üzerinde iki avro bulunur: biri her gün gördüğümüz avrodur, ikincisi ise birincisinin doğrudan üzerine gizlenmiş, gömülmüş bir koddur. Bu etkinin profesyonel eğitim olmadan taklit edilmesi aşırı zordur ve evropiyum boyalar, diğer güvenlik özellikleriyle birlikte, avroyu şimdiye kadar tasarlanmış en sofistike para birimi haline getirmiştir. Yine de avro banknotları sahtekarlığı durduramamıştır; insanlar nakit para bulundurmaktan vazgeçmediği sürece de muhtemelen imkansızdır. Fakat evropiyum periyodik tabloda en değerli metallerden biri olarak yerini almıştır.

Bütün bu sahtekarlıklara rağmen, tarih boyunca pek çok element geçerli para olarak kullanıldı. Antimon gibi bazıları fiyaskodur. Diğerleri ise korkunç koşullarda paraya dönüştü. İkinci Dünya Savaşı sırasında bir hapishanenin kimya tesisinde çalışırken, İtalyan yazar ve kimyager Primo Levi küçük seryum çubukları çalmaya başladı. Seryum çarpıştırıldığında kıvılcım saçar, bu özelliği onu ideal bir çakmak taşı yapar. Levi çok geç geldiği toplama kampında az kalsın açlıktan ölüyordu, bunun üzerine 1944 yılının Kasım ayında oradaki sivil çalışanlara ekmek ve çorba karşılığında seryum vermeye baş-

ladı. Bunun kendisine Ocak 1945'te Sovyet ordusu kampa girene kadar, yani iki ay daha erzak sağladığını ve hayatını kurtardığını tahmin ediyordu. Seryum üzerine edindiği bilgiyle bize büyük soykırım sonrası yazdığı başyapıtı *The Periodic Table*'ı [Periyodik Tablo] bırakmıştır.

Diğer elementlerin para yerine geçmesiyle ilgili örnekler hem daha acayiptir, hem de bu kadar işe yaramaz. Nükleer çalışmalardan etkilenen Glenn Seaborg, bu uygulamalarda çok değerli olduğundan plütonyumun dünya para piyasasının yeni altını olacağına inanıyordu. Belki de Seaborg'la dalga geçmek amacıyla, bir bilimkurgu yazarı radyoaktif atığın, bununla basılan madeni paralar radyoaktiviteyle damgalanmış olarak hızla dolaşıma gireceğinden, küresel kapitalizm için daha iyi bir para birimi olacağını öne sürmüştü. Tabii ki her ekonomik kriz döneminde altın veya gümüş standardına geri dönülür. Çoğu ülke yirminci yüzyıla kadar, kağıt paraları gerçek altın veya gümüşün dengi olarak görmüş ve insanlar bu kağıtları metallerle serbestçe takas etmiştir. Bazı edebiyat bilginleri L. Frank Baum'un 1900 yılında yayınlanan *Muhteşem Oz Büyücüsü* adlı kitabının, gümüşe karşı altın standardının göreli değerleri hakkındaki bir alegori olduğunu düşünür, çünkü burada Dorothy yakut değil, gümüş terlik giymektedir ve altın renkli taş bir yolda para yeşili bir şehre doğru seyahat etmektedir.

Metale dayalı bir ekonominin çağdışı görünmesinin bir sebebi var. Metaller likit halde olmamalarına rağmen, metal pazarı en kararlı ve uzun süreli zenginlik kaynaklarından biridir. Altın veya gümüş olması da şart değil. Satın alınabilecek elementler arasında en değerlisi rodyumdur. (Bütün zamanların en iyi satan müzisyeni olarak ödüllendirmek amacıyla *Guinness Rekorlar Kitabı*'nın 1979'da Beatle Paul McCartney'e rodyumdan yapılma bir disk vermesinin nedeni budur.) Fakat başka kimse Amerikalı kimyager Charles Hall'un periyodik tablodaki bir elementten, alüminyumdan kazandığı kadar hızlı ve çok para kazanmamıştır.



Şık mühendisler Washington Anıtı'nın tepesindeki alüminyum başlığı yeniliyor. ABD hükümeti, anıtı 1884 yılında alüminyumla taçlandırdı, çünkü aliminyum dünyadaki en pahalı (ve dolayısıyla en etkileyici) metaldi. (Bettmann/Corbis.)

1800'ler boyunca birkaç parlak kimyager kariyerlerini alüminyuma adamıştı, sonuç olarak bu elementin daha mı iyi, yoksa daha mı kötü olduğuna karar vermek zordur. Biri Danimarkalı diğeri Alman iki kimyager bu metali eşzamanlı olarak 1825 yılı civarında antik bir kanama durdurucu olarak kullanılan kantaşından çıkarmıştır. (Kantaşı kedi Sylvester gibi karikatür karakterlerin bazen yediği ve ağızlarını buruşturan tozdur.) Mineraloglar alüminyumun parlaklığına aldandı ve hemen birkaç gramı yüzlerce dolar değerindeki gümüş veya platin gibi kıymetli bir metal olarak sınıflandırdı.

Yirmi yıl sonra bir Fransız alüminyumu piyasaya sokarak, bu yöntemleri endüstri için nasıl geliştireceğini buldu. Fiyatı altından bile pahalıydı. Bunun nedeni dünya kabuğundaki en yaygın metal olma-

sına rağmen, alüminyumun hiçbir zaman saf, ana damar formunda bulunmamasıydı. Her zaman başka bir şeye, genelde de oksijene bağlı halde bulunurdu. Saf örnekler mucize eseri görülürdü. Fransızlar bir keresinde kraliyet mücevherlerinin yanında alüminyum çubuklar sergilemişti, hatta İmparator III. Napolyon şölenlerine gelen özel misafirlerine değerli bir alüminyum çatal bıçak seti ayırmıştı. (Daha az önemsenen misafirlere ise altın bıçak ve kaşıklarla servis yapılıyordu.) ABD'de, hükümete çalışan mühendisler ülkelerinin endüstriyel zenginliğini sergilemek üzere, 1884 yılında Washington Anıtı'nın tepesine yaklaşık iki kiloluk bir alüminyum piramit yerleştirdi. Bir tarihçinin kayıtlarına göre bu piramidin kenarından tıraşlanacak yaklaşık 30 gramla, onu inşa eden işçilerin bir günlük yevmiyesi ödenebilirdi.

Alüminyumun dünyanın en değerli maddesi olarak geçen altmış yıllık saltanatı olağanüstüydü, fakat kısa süre sonra ABD'li bir kimyager her şeyi mahvetti. Metalin parlaklığı, gücü, cazibesi gibi özellikleri üreticileri boşuna umutlandırmıştı. Üstelik dünya kabuğunda her yerde bulunması metal üretiminde devrim potansiyeli taşıyordu, fakat kimse bunu oksijenden ayırmanın etkili bir yolunu bulamıyordu. Ohio'daki Oberlin Üniversitesi'nde Frank Fanning Jewett adlı bir kimya profesörü hayali bir alüminyum cenneti hakkında hikayelerle öğrencilerini eğlendiriyor ve bu cennetin metal uzmanlarını beklediğini anlatıyordu. Öğrencilerinden en azından biri profesörün bu hikayelerini ciddiye alacak kadar naif çıkmıştı.

Profesör Jewett son yıllarında, eski arkadaşlarına "en büyük keşfim bir insandı" diyerek, Charles Hall hakkında böbürleniyordu. Hall alüminyumu ayrıştırmak amacıyla bütün lisans yıllarını Oberlin'de Jewett ile çalışarak geçirdi. Tekrar ve tekrar başarısız oldu, fakat her seferinde daha akıllıca başarısız oldu. Nihayet 1886'da çözülmüş alüminyum bileşikli bir sıvı yoluyla el yapımı bataryalardan elektrik akımı geçirdi (güç kabloları yoktu). Akımdan gelen enerji sıçrama yaptı ve saf metali serbest bıraktı, böylece dakikalar içinde tankın

tabanında gümüş külçeler birikti. Bu işlem hem ucuz hem de kolaydı ve devasa tanklarda laboratuvar tezgahında olduğu kadar iyi sonuç verebilirdi. Kimya ödülleri arasında felsefe taşından bu yana en fazla peşinden koşulan şeyi Hall bulmuştu. "Mucizevi alüminyum çocuk" daha yirmi üç yaşındaydı. Fakat Hall'un serveti o kadar çabuk gelmedi. Kimyager Paul Héroult Fransa'da, aşağı yukarı aynı işlemi aynı zamanlarda gerçekleştirdi. (Bugün Hall ve Héroult alüminyum pazarına gülle gibi inen bu keşfin onurunu birlikte paylaşmaktadır.) 1887 yılında Avusturyalı birisi başka bir ayrıştırma yöntemi buldu. Bunun üzerine, Hall rekabet duygusuyla Pittsburg'da hemen Amerikan Alüminyum Şirketi veya Alcoa adıyla anılan şirketi kurdu. Bu şirket tarihteki en başarılı girişimlerden biri haline geldi.

Alcoa'daki alüminyum üretimi hızla büyüdü. 1888 yılının ilk aylarında Alcoa günde yaklaşık 23 kilo alüminyum çıkarıyordu, yirmi yıl sonra talebi karşılayabilmek için günlük yaklaşık 40 ton nakletmek zorundaydı. Üretim tırmandıkça fiyatlar düştü. Hall'un doğumundan yıllar önce alüminyumun kilogramı 1100 dolarken, tek bir adamın buluşu sayesinde yedi yılda 36 dolara düştü. Elli yıl sonra, enflasyon ayarlaması olmasa bile, Hall'un şirketi fiyatı kilogramı 50 sente geriletti. Böylesi bir büyüme ABD tarihinde muhtemelen seksen yıl sonra, silisyum-yarıiletken devrimi sırasında bir kez daha yaşandı.[56] Zamanımızın bilgisayar patronları gibi, Hall da büyük bir vurgun yapmıştı. 1914'teki ölümünden önce, Alcoa hisselerinin 30 milyon dolarlık kısmına sahipti (bugünkü değeri 650 milyon dolar civarındadır). Hall sayesinde alüminyum, hepimizin bildiği sıkıcı bir metal haline geldi; mısır konserveleri, beyzbol sopaları ve uçakların gövdesinin temel malzemesiydi. (Biraz devri geçmiş olsa da, hâlâ Washington Anıtı'nın tepesinde de oturmakta-

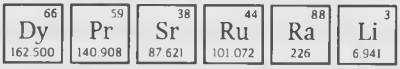
56 - Intel şirketinin kurucularından Moore'un, 1965'te yaptığı hesaplara dayanarak ileri sürdüğü "Moore yasası"na göre, mikroçipler üzerindeki silisyum transistörlerin sayısı her on sekiz ayda iki katına çıkacaktır. Bu hesap şaşırtıcı bir şekilde o günden bu yana tuttu. Bu hesap alüminyum için de geçerli oldu. Alcoa işe başladıktan sonraki yirmi yıl içinde günde sadece 88.000 pound değil 400.000 pound alüminyum üretti. Alüminyum iyi iş yaptı ama yine de periyodik tablodaki komşusunu geçebilmiş değil.

dır.) Bence alüminyumun dünyanın en değerli veya en üretken metali olup olmadığına karar vermek size kalmış.

Bu kitapta sadece ABD'ye ait bir kullanım olan "alüminum" yerine uluslararası kullanımı (alüminyum) tercih ettim. Telaffuzla ilgili bu anlaşmazlık bu metalin hızla yükselişe geçtiği dönemlere kadar uzanır. 1800'lerin başlarında kimyagerler on üçüncü elementin varlığından bahsederken iki telaffuzu da kullandılar, fakat sonunda ekstra bir *y* eklemek konusunda uzlaştılar. Bu süreçler yeni keşfedilen baryum, magnezyum, sodyum ve stronsiyumda da yaşandı. Charles Hall elektrik akımı işlemlerinin patenti için başvuru yaptığı sırada, o da ekstra *y* kullandı. Fakat bu parlak metalin reklamını yaparken Hall'un dili daha gevşekti. Reklamlarda bu *y* harfinin yutulmasının kasıtlı mı, yoksa rastlantısal bir hata mı olduğu tartışıldı, fakat Hall "alüminum"u gördüğünde aklına her zaman parlak bir bozuk para geldi. Kendi ürününü zarif platinum ile benzeştirmek için bu *y* harfini sildi. Yeni metali çabucak moda oldu ve "alüminum" ekonomik açıdan Amerikalıların aklından silinmeyecek kadar önem kazandı. ABD'de her zaman olduğu gibi para konuşuyordu.

14

Sanatsal Elementler



Tarih boyunca bilim karmaşıklaştıkça, aynı ölçüde pahalılaştı. Bilimin ne zaman ve nasıl yapılacağını para, hem de çok büyük miktarda para belirlemeye başladı. 1956 yılında Alman-İngiliz romancı Sybille Bedford, "evrenin kurallarının ahırın arkasındaki atölyede zevkle keşfedilebileceği" dönemlerin üzerinden çok sular aktığını yazıyordu.

Bedford'un hüzünle andığı çağlarda, yani on sekizinci ve on dokuzuncu yüzyıllarda, çok az sayıda insan kendi bilimini yaptığı küçük bir atölyenin maliyetini karşılayabiliyordu ve bunların çoğu toprak sahibi beyefendilerdi. Yeni elementlerin kaşiflerinin üst sınıflardan olmasına rastlantı denemez, çünkü onlardan başka kimsenin oturup da bazı ne olduğu belirsiz kayaların neden yapıldığını araştıracak kadar boş vakti yoktu.

Kimya hakkında zerre kadar bilginiz olmasa da aristokrasinin periyodik tablodan vazgeçemediğini görebilirsiniz. Avrupa'daki beyefendiler klasikler üzerine kallavi bir eğitim almıştı. Seryum, toryum, prometyum gibi pek çok elementin ismi antik söylencelerden gelmiştir. Praseodim, molibden ve disprozyum gibi gerçekten komik görünen isimler ise Latince ile Yunancanın karışımıdır. Disprozyumun kardeş elementlerinden ayrıştırılması çok uğraş gerek-

tirdiğinden ismi "saklı küçük şey" anlamına gelmektedir. Praseodim benzer sebeplerle "yeşil ikiz" anlamını taşır, öbür yarısı da neodimdir, "yeni ikiz". Asal gazların isimleri çoğunlukla "yabancı" veya "inaktif" anlamındadır. 1880'lerde gururlu Fransız beyefendileri bile yeni elementleri kutsarken "Fransa" ve "Paris" isimlerini değil, Julius Caesar'a yaranmak ister gibi, filolojik yönden ölmek üzere olan "Galya" (galyum) ve "Lütesya" (lütesyum) isimlerini tercih etmişlerdir.

Bugün bütün bunlar garip görünebilir, ama yüzyıllardır bilim de pul koleksiyonculuğu gibi, bir meslek ve uzmanlıktan ziyade amatörce yapılan bir hobiydi. Biliminsanlarının antik diller üzerine eğitimi bilim eğitimlerinden daha iyiydi. Bilim henüz matematikselleşmemişti. Standartlar düşüktü ve etkin bir soylu, örneğin Johann Wolfgang von Goethe yetkinliğine bakılmaksızın, bilimsel tartışmalarda ön plana çıkabiliyordu.

Bugün Goethe eleştirmenlerin gözünde kapsamı ve insanın içindeki hisleri uyandırma gücü açısından Shakespeare'den sonra akla gelen ikinci isimdir ve yazarlığının ötesinde, hükümette etkin bir rol üstlenmiş ve neredeyse her tür politik tartışmada yer almıştır. Pek çok insan onu hâlâ en büyük, bugüne kadar yaşamış en hünerli ve kusursuz Alman olarak görmektedir. Ama itiraf etmeliyim ki benim Goethe hakkındaki ilk izlenimim biraz düzenbaz olduğu yönündeydi.

Üniversitedeyken bir yaz boyunca bir fizik profesörünün yanında çalışmıştım. Muhteşem bir hikayeciydi, fakat elektrik kablosu gibi temel teçhizatları sürekli bittiğinden, ben de sık sık bölümün bodrumdaki deposuna uğramak zorunda kalıyordum. Bu zindan gibi yerin şefi Alman aksanıyla konuşurdu. İşi açısından Quasimodo'ya benzettiğim, kocaman kollara ve göğse sahip bu bir yetmişlik adam genelde tıraşsız gezerdi ve omzuna kadar inen karışık saçları vardı. Kapısını her çaldığımda, gözlerini kısıp sorudan çok alay niteliğinde, "Hiç kablosu kalmamış mı?" sözü karşısında ne diyeceğimi bilemeden titrerdim.

Bu adamla ilişkim, onun eş okutmanlık yaptığı zorunlu bir dersi aldığım dönemde değişti. Laboratuvar dersiydi, yani sıkıcı saatler boyunca bir şeyler inşa ediyor ve kablolama yapıyorduk. Bu ölü geçen zamanda bir iki kere edebiyat üzerine konuştuk. Bir gün bana Goethe'den bahsetti, ne yazık ki daha önce hiç duymamıştım. Onun "Almanya'nın Shakespeare'i" olduğunu söyledi. "Bütün burnu havada Alman dallamaları, hep ondan alıntı yapar. Berbat! Sonra da 'Ne o? *Goethe*'yi tanımıyor musun?' diye sorarlar."

Goethe'yi okumuş ve vasat bulmuştu. Bense her tür güçlü görüşten etkilenecek kadar gençtim henüz ve bu itham Goethe'nin büyük bir düşünür olduğundan kuşku duymama neden oldu. Yıllar sonra daha geniş okumalar yaptıkça, Goethe'nin edebi zekasını takdir etmeye başladım. Yine de laboratuvar danışmanımın Goethe'nin vasatlığı konusunda bazı yönlerden haklı olduğunu kabul etmeliyim. Çığır açan, dünyayı değiştiren bir yazar olmakla birlikte, Goethe kendini tutamayıp felsefe ve bilimde de tam bir sanatçı coşkunluğuyla bazı iddialarda bulunmuştu.

1700'lerin sonlarında Goethe, Isaac Newton'un teorisini çürütmek üzere renklerle ilgili bir teori icat etti, fakat Goethe'nin "renklerin ışığın davranışları ve çileleri" olduğunu söyleyen tuhaf tezi bilim kadar şiire de dayanıyordu. Bir pozitivist gibi söylenmek istemiyorum, ama bu ifadenin kesinlikle bir anlamı yok. Ayrıca *Gönül Yakınlıkları* adlı romanını da evliliklerin kimyasal reaksiyonlar gibi çalıştığını söyleyen yapay bir düşünceyle doldurmuştur. Bu düşünce kapsamında, AB çiftini CD çifti ile etkileşime sokarsanız, bunlar doğal olarak kimyasal zina işleyebilir ve yeni çiftler ortaya çıkarabilir: AB+CD → AD+BC. Bu sadece bir ima veya metafor da değildi. Romandaki karakterler, gerçekten de hayatlarının cebirsel şekilde yeniden düzenlenmesini tartışıyorlardı. Romanın başka güçlü yanları (özellikle de tutkulu tasvirleri) olmasına rağmen, işe bilimi bulaştırmasaydı daha iyi ederdi.

Goethe'nin şaheseri *Faust*'ta bile simya üzerine eski spekülas-

yonlar vardır. Hadi en azından simya havalıdır, ama daha da kötüsü kayaların nasıl oluştuğuna dair "Neptüncüler" ile "Plütoncular"[57] arasında Sokrates usulü beyhude bir diyalog yaratılmıştır. Goethe gibi Neptüncüler kayaların okyanuslardaki, yani tanrı Neptün'ün diyarındaki minerallerin çökmesiyle oluştuğunu düşünüyorlardı; ne var ki yanılıyorlardı. Adlarını yeraltı tanrısı Plüton'dan alan Plütoncuların tezi *Faust*'ta Şeytan'ın kendisi tarafından savunuluyordu ve doğru olarak çoğu kayayı volkanların ve dünyanın derinliklerindeki ısının şekillendirdiğini ileri sürüyordu. Her zaman olduğu gibi, Goethe kendisini estetik açıdan tatmin ettiğinden kaybeden tarafı tuttu. *Faust, Frankenstein* gibi bilimsel kibrin güçlü bir hikayesi olarak kaldı. Fakat Goethe 1832 yılındaki ölümünün ardından kısa bir süre sonra bilim ile felsefenin ayrışacağını, insanların eserini tamamen edebi değeri açısından okuyacağını öğrenseydi kahrolurdu.

Yine de Goethe genel olarak bilime ve özel olarak periyodik tabloya son kez kalıcı bir katkıda bulundu. 1809 yılında devlet bakanı olan Goethe, Jena Üniversitesi kimya bölümünde açık bir pozisyona bir bilimci seçme yetkisine sahipti. Arkadaşlarından gelen tavsiyeleri dinledikten sonra, öngörülü bir şekilde başka bir Johann Wolfgang olan J. W. Döbereiner'ı bu göreve atadı. Döbereiner kimya derecesi olmayan, özgeçmişi zayıf, ilaç, tekstil, tarım ve maya endüstrisindeki bir dizi başarısızlıktan sonra kendisine bir şans da kimya alanında tanıyan taşralı bir adamdı. Fakat Döbereiner'ın endüstri alanındaki çalışması kendisine, büyük endüstriyel patlama döneminde Goethe gibi bir beyefendinin asla sahip olamayacağı, fakat hayran kalacağı pratik yetenekler kazandırmıştı. Goethe sonradan bu genç adama karşı ilgi duymaya başladı. Kırmızı lahananın neden gümüş kaşıklarda leke bıraktığı ve Madame de Pompadour'un diş macununun içeriğinin ne olduğu gibi günün ateşli kimya konularını tartışa-

57- Plütonculara, kimi zaman da ateş ve madencilik tanrısı Vulcan'dan esinlenerek Vulcancılar denirdi. Bu isim, kayaların oluşumunda volkanların rolüne vurgu yapar.

rak uzun mutlu saatler geçirdiler. Fakat bu arkadaşlık köken ve eğitimlerindeki ciddi farkları yok edemedi. Doğal olarak Goethe geniş kapsamlı ve klasik bir eğitim almıştı, hatta bugün bile biraz abartıyla da olsa her şeyi bilen adamların sonuncusu olarak selamlanması ondandır. Oysa böyle bir şey sadece sanat, bilim ve felsefenin ortaklıklarının çok olduğu zamanlarda mümkündü. Goethe ayrıca çok gezen bir dünya vatandaşıydı. Jena'daki pozisyona atanmadan önce Döbereiner, Almanya'dan hiç ayrılmamıştı ve Goethe gibi entelektüel beyefendiler ikinci sınıf J. W. gibi taşralılardan daha klasik bilimciler sayılıyorlardı.

İşte tam da bu nedenle Döbereiner'ın bilime en büyük katkısına ilham veren nadir element stronsiyumun, adını Helenik ya da Ovid'deki bir parçadan almaması yerinde olsa gerek. Stronsiyum periyodik tablo gibi bir şeyin var olduğunun ilk göstergesidir. Bir doktor bunu, Londra'nın kırmızı fener bölgesinde, Shakespeare'in eski Globe Tiyatrosu'na yakın bir hastanenin laboratuvarında 1790 yılında keşfetmiş ve onu çalıştığı minerallerin menşeine göre adlandırmıştı: Strontian İskoçya'da küçük bir madenci köyüydü. Döbereiner bu çalışmayı yirmi yıl sonra toparladı. Döbereiner'ın araştırmaları, elementleri doğrudan tartmanın yolunu bulmaya odaklanıyordu (bunun pratik değerini bir düşünün!) Stronsiyum ise yeni ve enderdi, yani bir meydan okumaydı. Goethe'nin de teşvikiyle bu elementin özelliklerini keşfe başladı. Stronsiyum üzerine düşüncelerini belirginleştirdikçe acayip bir şey fark etti: Bu elementin ağırlığı tam olarak kalsiyum ile baryum arasındaydı. Üstelik stronsiyumun kimyasına baktığında, tepkimelerde hem baryum hem de kalsiyum gibi davranıyordu. Stronsiyum bir şekilde biri hafif, diğeri ağır olan bu iki elementin karışımı gibi hareket ediyordu.

Merakı artan Döbereiner, daha fazla elementi tartmaya başladı ve diğer "üçlüler"i aramaya çıktı. Pat diye çıkan klor, brom ve iyot; kükürt, selenyum ve tellür ve daha fazlası... Her seferinde, ortadaki elementin ağırlığı kimyasal kuzenlerinin tam ortasına denk dü-

şüyordu. Bunun tesadüf olmadığına ikna olan Döbereiner, bu elementleri bizim bugün periyodik tablonun kolonları olarak tanımladığımız şekillerde gruplandırmaya başladı. Aslında elli yıl sonra periyodik tablolarla ortaya çıkan kimyacılar, Döbereiner'ın sütunları[58] ile yola koyulmuştu.

Döbereiner ile Dimitri Mendeleyev arasındaki elli yılın periyodik tablosuz geçmiş olmasının nedeni üçlü işinin kontrolden çıkmasıydı. Maddenin bir düzene bağlı kuruluşunun evrensel bir yöntemini bulmak amacıyla stronsiyum ve bunun komşularını kullanmak yerine, Hıristiyanlıktan, simyadan ve sayıların bir şekilde metafizik gerçekliği cisimleştirdiğini söyleyen Pisagor inanışından etkilenen kimyacılar, her yerde üçlüler görmeye ve bunların üçlü numerolojisini araştırmaya başladılar. Sırf üçleme hesabı yapmak için üçlemeleri hesapladılar ve ne kadar sağlıksız olduğunu önemsemeden her üçü-bir-yerde ilişkiyi kutsadılar. Yine de Döbereiner sayesinde stronsiyum, kocaman evrensel elementler şemasında doğru şekilde yerleştirilen ilk element oldu. Döbereiner önce kendi inancı, sonra da Goethe'nin desteği olmasaydı, bütün bunları ortaya çıkaramamış olacaktı.

Ardından 1823 yılında Döbereiner ilk taşınabilir aydınlatmayı icat etti ve kendisini destekleyen patronunun dahiden de öte görünmesini sağladı. Platinin yanabilir hidrojen gazını yüksek miktarda emme yeteneğine dayanan bu icat, bütün yemek pişirme ve ısınma işlemlerinde ateşe ihtiyaç duyulan bir dönemde, akıllara durgunluk veren, ekonomik bir nimetti. Döbereiner'ın lambası adı verilen aydınlatma, aslında onu dünya çapında neredeyse Goethe kadar ünlü yaptı.

Goethe kendi bilimsel çalışmalarında zayıf bir performans sergilemiş olsa da, yazdıkları bilimin asil bir şey olduğu düşüncesinin yayılmasına yardım etti ve himayesindeki Döbereiner kimyagerle-

58 - Döbereiner, daha kapsamlı kimyasal yakınlıklar kuramının bir parçası olarak, kendi element gruplamalarını üçlüler değil yakınlıklar olarak adlandırmıştı. Bu kavram Döbereiner'in Jena'daki derslerinin müdavimi olan Goethe'nin *Gönül Yakınlıkları*'na da esin kaynağı olmuştur.

ri periyodik tabloya çıkan yolu araladı. Bilim tarihinde en azından, sonunda onu tatmin edecek bir onur mevkiini hak etmiştir. Johann Wolfgang von Goethe'nin büyük şahsiyetlerden hiç aşağı kalmadığını anlatmak için, eski laboratuvar şefimden özür dileyerek şu alıntıya yer vermek istiyorum: "Bilim tarihi, bilimin kendisidir."
Goethe bilimin entelektüel estetiğini değerlendirdi ve bilimdeki güzelliğe değer biçen insanlar, periyodik tablonun simetrisinden ve Bachvari değişkenlikle gelen tekrarlarından zevk almaya baktılar. Ne var ki henüz tablonun bütün güzelliği ortaya çıkmış değildi. Altın, gümüş ve platinin kendisi hoştur; kadmiyum ve bizmut gibi diğer elementler mineral veya yağlı boyalardaki parlak ve renkli pigmentleri oluşturur. Elementler tasarım alanında, yani güzel günlük eşyaların yapımında da önemli bir rol oynar. Çoğu zaman yeni element alaşımları bir tasarımı işlevsellikten çıkarıp olağanüstü hale getiren güç ve esnekliğine bazı hemen göze çarpmayan katkılar sağlar. Ve doğru elementin zerk edilmesiyle, dolmakalem gibi sıradan bir şey bile (böyle söylemek ayıp olmayacaksa ki bazı kalem tutkunları hiç de ayıplamayacaklardır) krallara layık bir tasarıma sahip olabilir.[59]

1920'lerin sonlarında Macar (sonradan ABD'li) bir tasarımcı László Moholy-Nagy, "zorunlu değer yitirme" ile "suni değer yitirme" arasına akademik bir sınır çizdi. Zorunlu değer yitirme nesnelerin teknolojik açıdan kaçınılmaz rotasıydı. Tarih kitaplarında anlatıldığı gibi pulluklar yerini biçerdöverlere, tüfekler mitralyözlere, ağaç tekne gövdeleri ise çeliğe bırakır. Moholy-Nagy'nin savına göre suni değer yitirme ise yirminci yüzyılda baskın hale gelmiş-

59- Elementlerden esinlenmiş, krallara layık bir tasarım deyince akla gelen bir başka şey de Theodore Gray tarafından ağaçtan yontularak yapılmış, periyodik tablo şeklindeki bir kahve masasıdır. Masanın üzerinde Gray'in mevcut her elementten örnekleri yerleştirdiği yüzden fazla oyuk bulunur. Bunların arasında özellikle insan yapımı olanlar da vardır. Elbette ki bazılarından sadece çok küçük miktarlarda bulunur. Fransiyum ve astatin gibi bazı en nadir elementlerin yerinde uranyum kütleleri vardır. Gray'in tezi, bu kütlelerin içinde, derinlerde bir yerde, birkaç atom da olsa bu elementlerin varlığıdır. Gray bu noktada haklıdır ve aslında yapılabilecek olanın neredeyse en iyisini yapmıştır. Bunun dışında, tablodaki elementlerin çoğu gri metaller olduğundan, bunları birbirinden ayırmak çok zordur.



Meraklıları genelde Parker 51'i tarihteki en muhteşem kalem olarak anar. Her açıdan o zamana kadarki en zarif tasarım olarak... Kalemin ucu ender ve kalıcı bir element olan rutenyumla şekillendirilmiştir.
(Jim Mamoulides, www.PenHero.com)

ti. İnsanlar tüketim maddelerini eskidiğinden değil, komşularındaki tasarım daha yeni ve süslü olduğundan terk etmeye başlar. Bir tasarım sanatçısı ve biraz da felsefecisi olan Moholy-Nagy suni değer yitirmeyi maddeci, çocukça ve bir "ahlaki dağılma" olarak ifade eder. İnanması zor ama sıradan bir kalem, bir zamanlar ve hatta şimdi bile insanların üst sınıf şeylere açgözlülüğünün örneği sayılmaktaydı.

Kalemin Frodo'nun yüzüğüne benzer kariyeri, 1923 yılında bir adamla başladı. Yirmi sekiz yaşındaki Kenneth Parker aile işindeki yöneticileri şirketin parasını yeni bir tasarım olan lüks Duofold kalemine yatırmaya ikna etti. Akıllıca davranarak, büyük patron olan babası Bay Parker'ın Afrika ve Asya çevresinde uzun bir deniz seyahatine çıkıp kendisini veto edemeyecek kadar uzaklaşmasını beklemişti. On yıl sonra, Büyük Bunalım'ın en kötü günlerinde, Parker başka

bir üst sınıf model olan Vacumatic'i üreterek yeniden kumar oynadı. Bundan sadece birkaç yıl sonra artık patron oydu ve yepyeni başka bir tasarımı çıkarmaya can atıyordu. Parker, Moholy-Nagy'nin tasarım teorilerini yalayıp yutmuştu, fakat suni değer yitirme hakkında ahlaki serzenişlerin kendisini kısıtlamasına izin vermek yerine, bunu gerçek Amerikan tarzı olarak gördü. Çok para kazanmak adına eline bir şans geçmişti. Eğer satın alınacak daha iyi bir şey varsa, insanlar bunu ihtiyaçları olmasa bile alacaklardı. Böylece 1941 yılında Parker Kalem Şirketi'nin 51. kuruluş yıldönümünde, gelmiş geçmiş en değerli kalem olarak değerlendirilen, muhteşem ama tamamen gereksiz bir model olan Parker 51 piyasaya sürüldü.

Kalem çok zarifti. Kapakları altın ya da krom kaplamaydı ve kapağındaki kopçada altın tüylü bir ok vardı. Gövdesi dolgundu ve puro gibi ele alma isteği uyandırıyordu. Mavi Sedir, Nassau Yeşili, Kakao, Mürdüm Eriği ve Öfke Kırmızısı olarak adlandırdıkları zarif renklerdeydi. Kalemin ucu Hint siyahı renginde, etkileyici, kaligrafik tarzda bir gaga gibi sivriliyor, utangaç bir kaplumbağa kafasına benziyordu ve bu ağızdan mürekkebin çıkacağı, yuvarlanmış bir dil gibi duran ince altın bir kalem ucu uzanmaktaydı. Bu gösterişli çerçevenin içinde, kalemde patenti yeni alınmış bir plastik olan Lusit kullanılıyor ve silindir şeklinde yine patenti yeni alınmış bir sistem yer alıyordu. Bu sistem, kalemcilik tarihinde ilk defa kağıt üzerinde buharlaşıp havaya karışarak değil, kağıdın lifleri arasına sızıp emilerek anında kuruyan, o da yeni patentlenmiş bir mürekkebi iletiyordu. Kapağın gövdeye tık diye oturması bile iki patent gerektirmişti. Parker'ın mühendisleri çizim dehalarıydı.

Bu güzelliğin tek kusuru altın kalem ucu, yani kağıtla temas eden parçaydı. Yumuşak bir metal olan altın, yazma eyleminin sürtünme kuvvetiyle deforme oluyordu. Parker aslında bu ucu iridyum ve osmiyumun alaşımı olan osmiridyum bir halkayla kaplamıştı. Bu iki metal de dayanıklıydı, fakat nadir, pahalı ve ithali zor metallerdi. Ani bir yoklukta veya fiyat yükselmesinde tasarım elinde pat-

layabilirdi. Bu yüzden Parker, farklı seçenekler bulması için Yale Üniversitesi'nden bir metalürji uzmanını işe aldı. Bir yıl içinde şirket hurdadan hallice bir element olan rutenyumdan bir uç için yeni bir patent kayda geçirdi. 1944 yılında her Parker 51 rutenyumla kaplanmaya başladı.

Şimdi dürüst olmak gerekirse, Parker 51 üst düzey mühendisliğine rağmen, en temel görevi olan mürekkebi kağıda akıtmakta çoğu kalemle aşağı yukarı eşdeğerdi. Fakat bir tasarım ilahı olan Moholy-Nagy'nin de tahmin ettiği gibi, moda ihtiyaca baskın çıkmıştı. Şirket reklamları, yeni ucu sayesinde Parker 51'in kalemlerin tanrısal katına ulaştığını söyledi ve insanlar bunu almak uğruna eski Parker modellerini atmaya başladı. "Dünyanın en çok aranan kalemi" olan 51 bir statü sembolü haline geldi; en zarif bankacılar, borsacılar ve politikacılar, ondan başkasıyla çeklerini, faturalarını ve golf skor tablolarını imzalamaz oldu. General Dwight D. Eisenhower ve Douglas Mac-Arthur bile 1945 yılında Avrupa ve Pasifik'te İkinci Dünya Savaşı'nı sonlandıran anlaşmaları 51 ile imzaladılar. Böylesi bir tanıtımla ve savaş sonunda dünyayı tertemiz eden iyimserlik rüzgarı sayesinde, 1944 yılında 440 bin olan satışlar 1947'de 2,1 milyona; o zamanlar en ucuzu 12,50 dolar olan Parker 51'in fiyatı 50 dolara fırladı (bugünse 100 ile 400 dolar arasındadır). Yeniden doldurulabilir mürekkep haznesi ve uzun ömürlü rutenyum uç sayesinde kimsenin kalemi yenilemek zorunda kalmadığını düşünürsek, olağanüstü bir başarıydı bu.

Moholy-Nagy teorilerinin kolayca pazarlamaya dönüştürülmesinden hoşlanmamış olmalı, buna rağmen 51'e hakkını vermek zorunda kaldı. Eldeki dengesine, görünüşüne ve mürekkebi yağ gibi akıtmasına bayılıyordu, öyle ki bir keresinde kalemden mükemmel tasarım olarak bahsetmişti. 1944 yılında Moholy-Nagy, Parker'a danışmanlık yapmayı kabul etti. Ondan sonra da yıllarca ortalıkta Parker 51'in tasarımcısının Moholy-Nagy olduğuna dair söylentiler ısrarla varlığını sürdürdü. Parker 1972 yılına kadar farklı mo-

dellerde 51'ler satmaya devam etti. Fiyatı en yakın rakibininkinden iki kat daha pahalı olmasına rağmen, yapılan her kalemi yok sattı ve satışlardan 400 milyon dolar kazandı (bu rakam bugün birkaç milyar dolara ulaşmıştır).

Parker 51'in ortadan kalkmasından kısa süre sonra üst sınıf kalem pazarı da kurumaya başladı, çünkü 51 diğer kalemleri ikinci sınıf gösterirken, kalemler yavaş yavaş daktilo gibi teknolojilerle zorunlu değer yitimine uğradı. Fakat bu geçişin de anlatılması gereken, Mark Twain ile başlayıp periyodik tabloya kadar uzanan ironik bir hikayesi vardır.

1874 yılında Mark Twain bir daktilonun tanıtımını görür görmez, dünya çapındaki ekonomik bunalıma aldırmadan, 125 dolar (bugünün parasıyla 2400 dolar) bayılıp acayip pahalı bir daktilo aldı. Bir hafta geçmemişti ki daktilosunun başına oturmuş, onu elden çıkarmaya nasıl can attığına ilişkin mektuplar yazıyordu. Daktilonun küçük harfleri olmadığından, "AKILLARA ZARAR," diye hayıflanıyordu. Twain'in gerçek şikayetlerini huysuz ve aksi kişiliğinden ayırt etmek zordu, yani belki de abartıyordu. Yine de 1875 yılında daktilosundan kurtuldu ve bunun yerine iki şirketten yeni dolmakalemler kabul etmeye karar verdi. Pahalı kalemlere hayranlığı asla, hatta "kalemler yazsın diye ağız dolusu küfretmesi" gerektiğinde bile hafiflemedi. Parker 51'lerde buna gerek olmuyordu.

Her şeye rağmen, daktiloların son moda kalemlere karşı zafer kazanmasında herkesten fazla Twain rol oynadı. 1883 yılında ilk kez bir yayıncıya daktiloyla yazılmış kopya gönderen kişi oydu, *Missisippi'de Hayat*'ı kendisi değil ama sekreterine daktilo ettirmişti. Remington daktilo şirketi ondan kendi makinelerini kabul etmesini istediğinde (Twain pek istemeden başka bir tane almıştı), bu teklifi sevimsiz bir mektupla reddetti, ama Remington yine de

bu mektubu yayınladı.[60] Muhtemelen ABD'de en tanınan insan olan Twain'in markası başka olsa da bir daktiloya sahip olduğunu kabul etmesi yeterince destek sayılırdı.

Sevdiği kalemlere sövmesi ve nefret ettiği daktiloları kullanması hakkındaki hikayeler Twain'in çelişkisini gözler önüne seriyor. Goethe'nin edebi anlamda antitezi olmasına rağmen, sıradan ve halkçı Twain, Goethe'nin teknoloji konusundaki duygu karmaşasını paylaşıyordu. Twain'in bilimsel çalışmalar yapmak gibi bir iddiası yoktu, fakat Goethe de, Twain de bilimsel keşiflerden büyüleniyorlardı, buna karşın ikisi de *Homo sapiens*'in teknolojiyi doğru kullanma bilgeliğine sahip olduğundan şüpheliydi. Goethe'de bu şüphe kendini *Faust*'ta gösterdi. Twain ise bugünkü bilimkurguyu andıran şeyler yazdı. Gerçekten! Bir delikanlının nehir maceralarının aksine, icatlar, teknoloji, distopyalar, uzay ve zaman yolculuğu, hatta "Şeytan'a Satılmış" adlı şaşırtıcı hikayesinde periyodik tablonun tehlikelerini bile yazdı.

İki bin kelimelik bu hikaye, 1904 yılında çelik hisselerinin farazi iflasından hemen sonra başlar. Para, para diye kıvranan anlatıcı, ölümlü ruhunu Mefisto'ya satmaya karar verir. Anlaşmaya şekil vermek üzere Şeytan ile gece yarısı karanlık bir ağılda buluşurlar, biraz içki içerler ve ruhu için en makul fiyatı tartışırlar. Çok geçmeden, Şeytan'ın anatomisindeki anormallik yüzünden anlaşmadan vazgeçer, çünkü vücudu tamamen radyumdan yapılmıştır.

Twain'in hikayesinden altı yıl önce, Marie Curie bilim dünyasını radyoaktif element öyküleriyle hayrete düşürmüştü. Twain "Şeytan'a Satılmış"ta anlattığı cüretkar detayları bir araya getirmek

---

60- Twain'in Remington'a yazdığı ve şirketin kelimesi kelimesine yayımladığı mektup şöyleydi:
"Baylar; Lütfen adımı herhangi bir biçimde kullanmayınız. Hatta zaten bir makineye sahip olduğumu da lütfen açığa vurmayın. Bu daktiloyu kullanmayı tümüyle bıraktım, çünkü onu kullanarak yazdığım mektupların hiçbirisi olmadı ki, makineyi tarif etmemi istemeyen, onu kullanmakta nasıl bir mesafe kat ettiğimi sormayan bir mektupla yanıtlanmış olmasın. Mektup yazmayı sevmem ve insanların, benim bu merak doğuran bu küçük oyuncağı kullandığımı bilmesini istemiyorum.
Saygılarımla,
Saml. L. Clemens"

için bilim dünyasını çok yakından takip ediyor olmalıydı, çünkü o vakit bunlar kesinlikle çok taze haberlerdi. Radyumun radyoaktivitesi etrafındaki havayı elektrikle yükler; bu sayede Şeytan anlatıcının çok hoşuna giden biçimde yeşil ışık saçar. Ayrıca radyoaktivitesi onu ısıttığından, radyum sıcak bir kaya gibi daima çevresinden daha sıcaktır. Daha fazla radyum daha fazla ısı demektir. Sonuç itibariyle, Twain'in yaklaşık bir doksanlık ve "üç yüz" kiloluk Şeytan'ı parmağının ucuyla bir puroyu yakabilecek kadar sıcaktır. (Ama puroyu "Voltaire'e saklamak" üzere hemen söndürür. Bunu duyan anlatıcı, Şeytan'ın diğerlerine ve Goethe'ye elli puro daha almasını sağlar.)

Sonradan hikaye damıtılmış radyoaktif metaller hakkında bazı detaylara iner. Bu hikaye Twain'in en parlak işi sayılamaz. Ama iyi bir bilimkurgudan da beklenebileceği kadar ileri görüşlüdür. Radyum vücutlu Şeytan, karşısındaki insanları yakmamak için Curie'nin keşfettiği diğer yeni bir element olan polonyumdan koruyucu bir ceket giymektedir. Bilimsel açıdan bu olacak şey değildir, "jelatin film kadar ince" ve "transparan" bir polonyum kılıfı radyumun ısısına dayanamaz. Fakat polonyum daha büyük bir dramatik amaca hizmet ettiğinden Twain'i affedebiliriz. Şeytan bu sayede bir tehdit imkanı elde etmiştir: "Eğer derimi soyarsam, bütün dünya alev ve duman içinde tarihe karışır ve tükenen ayın kalıntıları, uzaydan gri küller halinde yağan kar gibi yeryüzüne dökülür!"

Twain tam da Twain olduğundan, Şeytan'ın güç sahibi olduğu bir sonla hikayeyi bitiremezdi. Vücudunda hapsettiği radyumun verdiği ısı, Şeytan'ın sonunda ne kadar ironik olduğunu fark etmeden, "Yanıyorum. Acı çekiyorum," diyerek itiraf edeceği kadar yoğundur. Fakat şaka bir yana, Twain 1904 yılında nükleer enerjinin korkunç gücü karşısında zaten titriyordu. Kırk yıl daha yaşayıp atom enerjisi yerine, nükleer füzeler arzulayan insanları görmüş olsaydı, eminim morali bozulur ve şaşkınlıkla kafasını sallardı. Goethe'nin pozitif bilime bodoslama dalışından farklı olarak, Twain'in bilime dair hikayeleri bugün hâlâ açıklamalarla da olsa okunabilmektedir.

Twain periyodik tablonun alt kısımlarını umutsuzlukla incelemişti. Fakat sanatçılar ve elementlere dair hiçbir hikaye, şair Robert Lowell'ın tablonun tepesindeki en ilkel elementlerden biri olan lityum elementiyle macerasından daha hüzünlü, daha şiddetli veya daha Faustçu değildir.

1930'ların başlarında, hepsi hazırlık sınıfında okuyan delikanlı arkadaşları Lowell'a, *Fırtına* adlı oyundaki uluyan canavar adam Caliban'dan esinlenerek "Cal" adını takmışlardı. Kimileri de bu lakabın Caligula'dan geldiğini söyler. Her iki durumda da bu isim, tıpkı van Gogh ve Poe gibi, sanatsal yönden donanımları bir tarafa, dehaları insan ruhu ve zihninin pek çoğumuz için erişilmez özel yönlerinden kaynaklanan çılgın sanatçılardan biri olan bu günahkar ve itirafçı şaire uymaktadır. Ne yazık ki Lowell'ın deliliği şiirlerinin dışında kontrol edilemez hale gelmiş, kaçıklığı hayatının tamamını ele geçirmişti. Bir keresinde kendisinin Bakire Meryem olduğuna inanmış ve ağzından tükürükler saçıp söylenerek bir arkadaşının kapısına dayanmıştı. Başka bir seferinde Bloomington Indiana'da, kollarını İsa gibi iki yana açarak anayoldaki arabaları durdurabileceğini düşünmüştü. Ders verdiği sınıflarda, anlamsız sesler çıkararak, hayretler içindeki öğrencilerin şiirlerini Tennyson veya Milton'un modası geçmiş tarzında yeni baştan yazarak saatler geçiriyordu. On dokuz yaşındayken nişanlısını terk ederek Boston'dan ayrılmış ve kendisine yol göstereceğini umduğu Tennesseeli bir şairin kır evine doğru yola çıkmıştı. Adamın hemen onu misafir edeceğini sanmış, oysa şair kibarca konakta oda olmadığını ve eğer kalmak istiyorsa, şaka yollu, çimlerin üzerinde kamp kurması gerekeceğini söylemişti. Lowell tamam dercesine başını sallayıp Sears'a gitmek üzere yola çıkmıştı. Oradan küçük bir çadır alıp çimlerde kamp kurmak üzere şairin evine dönmüştü.

Edebiyat camiası bu hikayelere bayılıyordu. 1950 ve 60'lar boyunca Lowell, ABD'nin ödüller kazanan, kitapları binlerce satan önde gelen şairlerinden biriydi. Herkes Lowell'ın sapkınlıkları-

nın çılgın ve ilahi bir şiir tanrıçasının dokunuşları sonucu olduğunu zannediyordu. O çağlarda yeni bir alan olan farmasötik psikoloji ise bu durumu başka bir şekilde açıklıyordu: Cal'daki kimyasal dengesizlik, onu manik depresif yapıyordu. Toplum şairin sadece vahşi yönünü görüyordu, onu yetersiz hale getiren karanlık ruh hallerini değil; öyle ki tüm bunlar onu ruhsal yönden kırılganlaştırıyor, ekonomik açıdan da çökertiyordu. Neyse ki ilk gerçek duygudurum düzenleyicisi lityum, ABD'ye 1967 yılında geldi. Psikiyatri koğuşuna kapatılmış ve doktorlar tarafından kemeriyle bağcıklarına el konmuş umutsuz Lowell ilaç tedavisine onay verdi.

Lityum ilaç olarak büyük bir potansiyel taşımasına rağmen, normalde hiçbir biyolojik rolü yoktur. Demir veya magnezyum gibi önemli bir mineral değildir, krom gibi besleyici bir iz element de değildir. Aslında saf lityum korkunç derecede reaktif bir metaldir. Taşınabilir lityum pillerin tiftikli, tüylü kumaş giysilerin ceplerinde anahtar veya bozuk paralarla kısa devre yapıp ateş aldığı bilinmektedir. İlaç formundayken lityum karbonat adı verilen bir tuz halindeki lityum, aslında ilaçlardan beklendiği gibi çalışmaz. Bir enfeksiyon durumunda mikropları öldürsün diye antibiyotik kullanırız. Fakat maninin zirvelerinde ya da depresyonun derinliklerindeyken lityum almak döngüyü düzenlemez. Lityum sadece sonraki dönemin başlamasını engeller. Biliminsanları daha 1886'larda lityumun etkisini bilmelerine rağmen, nasıl işlediği hakkında yakın zamana dek tek bir ipucuna bile sahip değildi.

Lityum duygu durumunu düzenleyen pek çok beyin kimyasalını uyarır ve etkileri karmaşıktır. En ilginci, lityumun vücudun sirkadiyen ritmini, yani iç saatini ilk konumuna döndürmesidir. Çevre koşulları, özellikle de güneş, normal insanların mizaçlarını ve gün içinde ne zaman bitkin düşeceklerini belirler. Bunlar yirmi dört saatlik döngüler halindedir. Bipolar bozukluğu olan insanlar güneşten bağımsız döngüler yaşayıp dururlar. İyi hissettiklerinde, beyinlerinde güneşli koşullardaki sinir hücresi uyaranları artar ve güneş ışığı

yok olduğunda miktarları azalmaz. Bazıları buna "patolojik coşku" adını verir, böyle insanlar nadiren uyku ihtiyacı duyarlar. Özgüvenleri o kadar kabarır ki kendilerini peygamber sanabilirler. Sonunda bu dalgalanmalar beyni tüketir ve ruhsal iflasa götürür. İleri manik depresifler, "melankoli" yaşadıklarında bazen günlerce, haftalarca yataktan çıkmazlar.

Lityum vücudun iç saatini kontrol eden proteinleri düzenler. Bu saat garip bir şekilde beynin derinliklerinde, özel nöronlardaki DNA'da işlev görür. Özel proteinler her sabah insan DNA'sına yapışır ve belirli bir zaman sonra bozularak ayrılırlar. Güneş ışığı, proteinleri tekrar tekrar ilk haline döndürür, bu sayede çok daha uzun süre tutunurlar. Aslında proteinler sadece karanlık çöktükten sonra, yani beyin çıplak DNA'nın "farkına varıp" uyarıcı üretimini durdurduğunda dökülür. Bu süreç manik depresiflerde ters işler, çünkü proteinler güneş ışığı yokken de DNA'ya sıkı sıkıya bağlı kalırlar. Beyinleri döngüyü durdurması gerektiğini anlayamaz. Bu noktada lityum proteinlerin DNA'dan ayrılmasına yardım eder, bu sayede de insanlar yatışır. Güneş ışığının gün boyunca lityuma baskın olduğunu ve proteinleri ilk haline getirdiğini bilmek gerekir, lityum sadece gece güneş ışığı gittiği zaman DNA'nın serbest kalmasına yardım edebilir. Burada lityum "güneş ışığı karşıtı" olarak iş görür. Nörolojik açıdan güneş ışığının etkisini tersine çevirir ve bu şekilde günlük saati yeniden yirmi dört saate sıkıştırır. Hem manik coşkunun oluşmasını, hem de çöküşün depresyona dönüşmesini engeller.

Lowell da lityum tedavisine hemen cevap verdi. Kişisel hayatı tam anlamıyla olmasa da daha düzenli hale geldi ve bir aşamada kendisinin iyileştiğini söyledi. Yeni ve tutarlı bakış açısıyla, kavgalar, içki alemleri ve boşanmalarla dolu eski hayatının pek çok insanı nasıl harap ettiğini görebiliyordu. Şiirlerindeki bütün içten ve dokunaklı mısraları arasında Lowell'ın yazdığı hiçbir şey, doktorlar lityum tedavisini başlattıktan sonra yayıncısı Robert Giroux'a yazdığı basit şikayet kadar ızdırap verici olmamıştır:

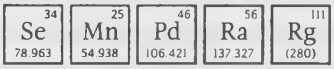
"Bu korkunç bir şey Bob. Katlandığım her şeyin ve sebep olduğum bütün acıların, beynimde küçücük bir tuzun eksikliğinden kaynaklandığını düşünmek çok korkunç."

Lowell lityumla hayatının iyiye gittiğini hissediyordu, ama lityumun onun sanatı üzerindeki etkisi tartışmalıdır. Lowell gibi pek çok sanatçı manik depresif bir döngüyü suskun ve monoton bir sirkadiyen ritimle değiştirebilmenin, onlara manik bir dikkat dağınıklığından ya da depresif bir durgunluktan etkilenmeksizin, üretken bir şekilde çalışma imkanı sağladığını düşünür. Yine de "tedavilerinden" sonra, yani çoğumuzun bir an bile yaşamadığı ruh haline giremez hale geldiklerinde, çalışmalarının zarar görüp görmediği hakkında kesin bir şey söylemek zordur.

Pek çok sanatçı lityumla düzelmiş veya sakinleşmiş olduğunu söyler. Lowell'ın arkadaşlarından biri onun hayvanat bahçesine nakledilen bir şey gibi göründüğünü söylemiştir. Kaldı ki 1967 yılından sonra şairliği değişmiş, daha kaba ve bilinçli bir şekilde daha az gösterişli bir hale gelmiştir. Ayrıca coşkulu aklıyla mısralar icat etmek yerine, özel mektuplardan mısralar çalmaya başlamış, haliyle alıntı yaptığı insanları kızdırmıştır. Bu tür bir çalışma Lowell'a 1974 yılında Pulitzer Ödülü kazandırmış olsa da pek iyi karşılanmadı. Özellikle hayat dolu gençlik çalışmalarıyla kıyaslandığında, bugün artık pek çok şiiri okunmamaktadır. Periyodik tablonun Goethe'ye, Twain'e ve diğerlerine verdiği bütün ilhamla karşılaştırıldığında, Lowell'ın lityumu ona sağlığını veren, fakat sanatını elinden alan bir vaka olmuş ve çılgın bir dehayı basit bir insana dönüştürmüştür.

15

Deliliğin Elementi



Robert Lowell çılgın sanatçılara bir örnektir, fakat kolektif kültürümüzde hepimizin aklına kazınmış bir de çılgın bilimci imgesi vardır. Periyodik tablonun çılgın bilimcilerinin, çılgın sanatçılara göre taşkınlık yapma eğilimleri daha az dı ve milletin diline düşmüş değillerdi. Psikolojik rahatsızlıkları daha incelikliydi ve hataları patolojik bilim[61] denilen özel bir deliliğin alanına giriyordu. Böylesi bir çılgınlıkla parlak bir zekanın yan yana bulunması gerçekten de akıllara durgunluk veriyor.

1832 yılında Londra'da bir terzinin oğlu olarak dünyaya gelen William Crookes, bu kitaptaki neredeyse bütün bilimcilerden farklı olarak asla bir üniversitede çalışmadı. On altı çocuğun en büyüğüydü ve sonradan kendisinin de on çocuğu oldu. Geniş ailesinin geçimini

---

61- "Patolojik bilim" sözcüğünün itibarı, kimyacı Irving Langmuir'in 1950'deki bir konuşmasına dayanır. Langmuir, Nobel Ödülünü alması ve yemekteki küstahlığıyla, -1. Bölüm'de de anlattığımız gibi- belki de Gilbert Lewis'i intihar etmeye sürüklemiş olan genç ve parlak bilimciydi. Daha sonra Langmuir bulut üreterek hava durumunu kontrol etmeyi kafasına taktı. Karışık süreçlerle gizlenmiş olsa da, bu neredeyse patolojik bilimin kendisiydi. En büyükler bile kusursuz değil.

Bu bölümü yazarken, Langmuir'in dar ve fazla yasacı patolojik bilim tanımından ayrıldım. Patolojik bilimin tanımı üzerine başka bir yaklaşım da 1992'de *American Scientist*'te yayımlanmış "Case Studies in Pathological Science" adlı çok okunan makalenin yazarı Denis Rousseau'ya aittir. Bu yaklaşımdan da, patolojik bilimin meşhur örnekleri kadar verilere dayanmayan paleontoloji gibi alanların bu kapsama dahil edilip edilmemesi konusunda ayrılıyorum.

sağlamak amacıyla elmaslar üzerine popüler bir kitap yazdı. Ayrıca *Chemical News* adlı kasıntı ve dedikoducu bir bilim haberleri dergisinde editör olarak çalışıyordu. Sakallı, sivri bıyıklı ve gözlüklü Crookes henüz otuz bir yaşındayken, İngiltere'nin önde gelen bilim kulübü Kraliyet Derneği'ne seçilmesini sağlayan selenyum ve talyum gibi elementler üzerine birinci sınıf bir çalışma yaptı. On yıl sonra dernekten kovulmasına ramak kalmıştı.

Crookes'un düşüşü 1869 yılında erkek kardeşinin denizdeki ölümüyle başladı. Aile servetlerine rağmen ya da belki de servetleri yüzünden, William ve Crookes ailesinin diğer üyeleri yaşadıkları büyük kederle neredeyse kafayı yediler. O dönemde Amerika'dan gelen spiritüalizm hareketi İngiltere'de aristokratların ve dükkan sahiplerinin evlerine kadar girmişti. Aşırı rasyonalist dedektif Sherlock Holmes'u yaratan Sör Arthur Conan Doyle gibi biri bile spiritüalizmde bir içtenlik ve gerçeklik bulabiliyordu. Yaşadıkları çağın ürünü olarak, zaten büyük çoğunluğu bilimsel eğitim ve içgüdüye sahip olmayan tüccarlardan oluşan Crookes klanı, içlerini rahatlatmak ve zavallı merhum Philip ile sohbet etmek uğruna ruh çağırma seanslarına katılmaya başladılar.

William'ın neden ailesinin peşine takıldığını bilemiyoruz. Belki dayanışma ruhundandır. Belki medyumun sahne amiri bir diğer kardeşi olduğundandır. Belki de diğerlerini bu işten vazgeçirmek istediğindendir. Çünkü günlüğünde böyle bir ruh "temas"ını sahtekar bir tören diye tanımlıyordu. Yine de medyumun ellerini kullanmadan akordeon çalmasını ve bir tahta üzerine iğne ile "otomatik mesajlar" yazmasını izleyince, içindeki kuşkucu kendisine rağmen uyandı. Karşı çıkmaları azaldı ve medyum öbür dünyadaki Philip'ten uğultulu mesajlar aktardıkça, William'dan da şaşkınlık nidaları yükselmeye başladı. Seanslara katılmaya devam etti, bu da yetmezmiş gibi mumlarla dolu odalarda dolanan ruhların uğultusunu görüntülemek üzere bilimsel bir cihaz icat etti. İçinde çok hassas bir rüzgargülü olan havası alınmış cam bir ampul biçimindeki yeni rad-

yometresinin Philip'i saptayıp saptamadığı bilinmese de tahmin etmek zor olmasa gerek. Ancak William bu toplantılarda aile üyeleriyle el ele tutuşurken hissettiklerini kafasından bir türlü atamayarak, düzenli bir katılımcı haline geldi.

Crookes'un durumu onu Kraliyet Topluluğu'ndaki çağdaş rasyonalistler arasında muhtemelen tek kişilik bir azınlığa dönüştürdü. Topluluk içindeki yeri Crookes için önemliydi, böylece gerçek eğilimlerini saklayarak 1870 yılında spiritüalizm üzerine bilimsel bir çalışma hazırladığını duyurdu. Kraliyet Topluluğu'ndaki meslektaşları, kendi kaba saba dergisinde bu düşüncenin sonunu getireceğini düşünerek mutlu oldular. Fakat sonuç pek de beklendiği gibi olmadı. Üç yıl boyunca ilahiler söyleyip toplantılara katılan Crookes, 1874 yılında kendisine ait *Quarterly Journal of Science* adlı dergide "Spiritüel Denilen Fenomene Dair İnceleme Notları" makalesini yayınladı. Egzotik topraklarda seyahat eden bir gezgin, paranormalin Marco Polo'su olarak görüyordu kendini. Fakat "havaya yükselme", "hayaletler", "darbe sesleri", "ışık saçan suretler", "masa ve sandalyelerin yerden yükselmesi" gibi bütün tinselci fesatlara saldırmak yerine, ne şarlatanlığın ne de kitle hipnozunun gördüklerini açıklayabileceğini ya da en azından *tamamen* açıklamaya yeteceğini söylüyordu. Eleştirmeksizin, kayıtsız şartsız bir onaylama söz konusu değildi, Crookes akla yatkın doğaüstü güçlerin bazı *kalıntılarını* bulabileceğini iddia ediyordu.[62]

Crookes'tan gelen bu ılımlı destek bile İngiltere'deki herkesi şaşırtmaya yetmişti. Spiritüalistler bile hızlıca kendilerine gelip Crookes'a şükretmeye başladılar. Bugün bile bazı hayalet avcıları onun şaibeli makalesini, en aklı başında insanların bile açık fikirlilikle yaklaştıkları takdirde dönüp dolaşıp spiritüalizme va-

62- William Crookes mistik, panteist, Spinozacı bir doğa görüşüne sahipti. Ona göre her şey "maddenin tek bir türü"nden geliyordu. Belki de bu yüzden hayaletlerle ve ruhlarla iletişim kurabileceğini düşünüyordu. Ne de olsa hepsi aynı materyalin parçalarıydı. Elbette biraz daha düşünürseniz, bu yaklaşım bir hayli saçmadır, çünkü Crookes'un ünü, her biri aslında maddenin değişik formları olan yeni elementleri keşfetmekten geliyordu.

racağının "kanıt"ı olarak kabul etmektedir. Crookes'un Kraliyet Topluluğu'ndaki çağdaşları ise şaşkın, fakat daha çok dehşete düşmüşlerdi. Crookes'un salon hileleriyle gözünün boyandığını, kalabalıkla birlikte sürüklendiğini ve karizmatik ruhani liderlerin etkisi altına girdiğini öne sürdüler. Ayrıca güvenilirliği şüpheli bilimsel makalesine de saldırmaya başladılar. Crookes medyumun barınağında sıcaklık ve basınçla ilgili, örneğin tinsel varlıkların soğuk ve sert havalarda dışarı çıkmayacağı gibi ipe sapa gelmez "veriler" kaydetmişti. Eski arkadaşları ona çabuk oltaya gelen, saftirik taşralı muamelesi yaparak kişiliğine saldırdılar. Spiritüalistler bugün Crookes'tan alıntı yapmayı sürdürüyorlar, bazı biliminsanları ise 135 yıllık New Age akımına bilimsel bir dayanak sağladığından onu affedemiyorlar. Hatta deliliğinin dayanağı olarak selenyum üzerine yaptığı çalışmayı gösteriyorlar.

Crookes daha gençken selenyum çalışmalarına öncülük etmişti. Selenyum eser miktardayken bütün hayvanlarda temel besin maddelerinden biri olmasına rağmen (örneğin insanlarda, AIDS hastalarının kanında selenyum eksikliği doğrudan ölüm habercisidir), yüksek dozlarda zehirli bir maddedir. Kovboylar bunu iyi bilir. Eğer göz kulak olunmazsa, sığırlar bezelye ailesinden tatula olarak bilinen, bazı çeşitleri topraktan selenyum emen bir çayır bitkisini çok fazla yiyebilir. Tatula otunu hapur hupur yiyen sığır sendeleyip tökezlemeye başlar. Ateşi çıkar, acı ve iştahsızlık çeker. Ancak hayvanlar yine de kafalarının iyi olmasından zevk alır. Selenyumun onları delirttiğinin en güvenilir işareti, bu berbat yan etkilerine rağmen sığırların tatulaya bağımlı hale gelmeleri ve her şeyi bırakıp bunu yemeleridir. Bir çeşit hayvan uyuşturucusu gibi düşünebilirsiniz. Hatta kimi hayalperest tarihçiler Little Bighorn Savaşı'nda Custer'ın yenilgisini atlarının savaştan önce tatula yemiş olmasına bağlar. Kökeniyle uyumlu olarak, "selenyum" Yunanca "ay" anlamındaki *selene*'den gelir ve Latincede "ay" anlamındaki *luna* ifadesi ise "çılgınca" ve "çılgınlık" kelimeleriyle bağlantılıdır.

Selenyumun zehirli etkisi düşünüldüğünde, geçmişe dönüp Crookes'un çılgınlığının sorumluluğunu selenyuma atmak akla yatkın olur. Fakat bazı gerçekler bu teşhisi çürütebilir. Selenyum genelde bir hafta içinde etkisini gösterir; Crookes ise selenyum çalışmalarını bitirdikten çok sonra, orta yaşının başlarında kaçıklık alametleri göstermeye başlamıştır. Ayrıca bugün pek çok biyokimyacı tatuladaki diğer kimyasalların çılgınlık ve sarhoşluğa katkıda bulunduğunu düşünmektedir. Son olarak belirtmek gerekirse, selenyum zehirlenmesinin klasik semptomu olan tüy dökülmesi Crookes'ta hiç görülmemiştir.

Crookes'un koca sakalı, deliliğini periyodik tablodaki diğer bir tüy dökücü olan talyuma bağlayan başka iddialara karşı da bir savunma olmuştur. Crookes talyumu yirmi altı yaşında keşfetmiş (Kraliyet Topluluğu'na seçilmesini sağlayan aslında bu buluştu) ve on yıl boyunca laboratuvarında bununla oynamaya devam etmişti. Ama belli ki favorilerini kaybetmeye yetecek kadarını bile solumamıştı. Bunun yanı sıra talyum (veya selenyum) ile kendinden geçmiş bir insan yaşlılığına kadar böyle cin gibi kalabilir miydi? Crookes sonunda 1874 yılında spiritüalist çevrelerden çekildi, kendisini yeniden bilime adadı ve en büyük keşiflerini gerçekleştirdi. İzotopların varlığını öne süren ilk kişi Crookes'tu. İcat ettiği yeni ve çok önemli bir cihazla kayalarda helyum bulunduğunu kanıtladı, böylece helyum ilk kez yerkürede saptanmış oldu. 1897 yılında şövalyelik nişanını alan Sir William radyoaktiviteye daldı, hatta kendisi farkına varmamış olsa da, 1900'de protoaktinyum elementini keşfetti.

Crookes'un spiritüalizme sapmasının en iyi açıklaması psikolojiktir, kardeşini kaybetmenin verdiği kederle harap olmuş ve patolojik bilime (daha bu terim bilinmezken) karşı koyamamıştır.

Patolojik bilimin ne olduğunu açıklarken, ağır bir kelime olan "patolojik" terimi hakkında herhangi bir kavram karmaşasını önlemek ve önce patolojik bilimin *ne olmadığını* açıklamak en iyisi. Bir

tür sahtekarlık *olmadığı* açıktır; zira patolojik bilime bağlı olanlar, başka kimse öyle düşünmese de kendilerinin haklı olduğuna inanırlar. Bilimsel yöntemlerin kesinliğinden uzak dursa da bilimin yasak bölgesinde izinsiz avlanan sözde bilimlerden de değildir. İnsanların, tehditlerden veya çarpık ideolojik eğilimlerinden dolayı sahte bir bilime bağlılık yemini ettiği Lysenkoculuk gibi politize olmuş bilim hiç değildir. Sonuç itibariyle, genel bir klinik delilik veya dengesiz bir inanış olarak tarif edilemez. Özel bir deliliktir; çok özenli ve bilimsel yönden açıklanan bir sanrıdır. Patolojik bilim insanları, her ne sebeple olursa olsun ilgilerini çeken ve bütün bilimsel zekalarını onun varlığını kanıtlamaya harcamalarını sağlayan, marjinal ve olmayacak bir fenomen seçerler. Fakat oyun başından itibaren uydurmadır, çünkü bilimleri sadece bir şeylere inanma ihtiyacının daha derin duygusal ihtiyaçlarına hizmet eder. Spiritüalizm kendi başına patolojik bilim değildir, fakat Crookes'un elinde, dikkatli "deneyleri" ve deneylerine kattığı bilimsel süslerden dolayı bu hale gelmiştir.

Aslında patolojik bilim her zaman uç alanlardan çıkmaz. Gayet mantığa uygun ama verilerle kanıtların nadir ve zor yorumlanır olduğu spekülatif alanlarda da ortaya çıkabilir. Örneğin paleontolojinin dinozorları ve diğer yok olmuş yaratıkları yeniden oluşturmakla uğraşan branşı, patolojik bilim üzerine başka bir örnek olay incelemesine olanak sağlamaktadır.

Elbette yok olmuş yaratıklar hakkında çok şey bilmiyoruz. Bütün bir iskelet bulmak zordur, yumuşak doku izleri yok denecek kadar azdır. Paleofaunayı yeniden oluşturan insanlar arasındaki bir espriye göre, fillerin soyu çok eski tarihlerde tükenmiş olsaydı, topraktan bir mamut iskeleti çıkaran birisi, hayalinde hortumu olan tüylü, kalın derili bir vücut değil, uzun dişli dev bir hamster canlandırabilirdi. Biz de diğer hayvanların çizgileri, sallanarak yürümeleri, dudakları, koca göbekleri, göbek delikleri, hortumları, kursakları, dört bölmeli mideleri ve hörgüçleri hakkında çok az şey biliyor olurduk;

kirpiklerini, popolarını, ayak tırnaklarını, yanaklarını, dillerini ve meme uçlarını saymıyorum bile. Eğitimli bir göz, fosilleşmiş kemiklerdeki oyuk ve çökmeleri modern yaratıkların kemikleriyle karşılaştırarak, yok olmuş türlerin kas sistemini, boyutlarını, koşma tarzını, diş yapısını, hatta çiftleşme alışkanlıklarını bile betimleyebilir. Paleontologların dikkat etmesi gereken asıl şey, çok uzak tahminlerde bulunurken temkinli olmaktır.

Patolojik bilim bu temkinliliğin avantajlarını kullanır. Temelde buna inananlar kanıtların muğlaklığını tam da bir kanıt olarak kullanırlar, biliminsanları her şeyi bilemeyeceğinden, kendi teorilerine de izin verilmelidir! Manganez ve megalodon vakalarında yaşananlar bu durumun ta kendisidir.

Hikayemiz İngiliz Kraliyet araştırma gemisi *Challenger*'ın Pasifik Okyanusu'nu incelemek üzere İngiltere'den yola çıktığı 1873 yılında başladı. Çok düşük teknolojili bir tesisata sahip olan ekip, gemiden denize yaklaşık beş kilometre uzunluğundaki halatlara bağlı devasa kovalar bırakarak okyanusun dibini taradı. Fantastik balıklar ve diğer mahlukların yanı sıra, fosilleşmiş patatese benzeyen, şişman, sert, mineralleşmiş dondurma külahı şeklinde düzinelerce kaya yukarı çekildi. Çoğunlukla manganezden oluşan bu iri parçalara okyanusun her tarafında rastlanmıştı, yani dünya üzerinde bunlardan milyarlarcası olmalıydı.

İlk sürpriz buydu. İkincisi ise tayfalar külahları çatlatarak açtığında yaşandı. Külah şeklindeki kalıntılar manganezin devasa köpekbalığı dişlerinin etrafında birikmesiyle oluşmuştu. Bir köpekbalığı dişi günümüzde en fazla 7 santimetre uzunluğundayken, manganez kaplı dişler 13 santimetreden fazlaydı (kemiği balta misali parçalayabilecek ağız pençeleri gibiydiler). Paleontologlar dinozor fosilleri ile aynı temel yöntemleri kullanarak (sadece dişlerine bakarak), dev köpekbalığının, yani megalodonun yaklaşık 15 metre uzunluğunda, 50 ton ağırlığında olduğunu ve saatte yaklaşık 80 kilometre hızla yüzebildiğini belirlediler. Muhtemelen ağzındaki 250

dişini megatonluk bir kuvvetle kapatıyor, çoğunlukla tropik sığ sulardaki balinalarla besleniyordu. Avlarının, onun hızlı metabolizmasına ve yırtıcı iştahına uygun olmayan çevre koşullarına sahip, daha soğuk ve derin sulara göç etmeleriyle ölmüş olmalıydı.

Bu kadarı işin bilimsel kısmıydı. Patoloji manganez ile başladı.[63] Köpekbalığı dişi okyanus tabanında kalır, çünkü bilinen neredeyse en sert biyolojik maddedir ve köpekbalığı leşinin derin okyanusun bozucu etkisine dayanabilen tek parçasıdır (çünkü çoğu köpekbalığının iskeleti kıkırdaksıdır). Köpekbalığı dişinin okyanusta çözünmüş haldeki onca metal arasından neden manganezle kaplandığı bilinmezken, her bin yılda yarım ila bir buçuk milimetre kaplandığı biliniyor. Buna göre bulunan dişlerin çoğu en az 1,5 milyon yaşında olduğundan, megalodonların nesli de o zamanlar tükenmiş olmalı.

İşler bu noktada karışıyordu, çünkü bazı megalodon dişleri gizemli bir şekilde yaklaşık on bir bin yıllık ince bir manganez tabakasıyla kaplıydı. Evrimsel açıdan düşünüldüğünde son derece kısa olan bu boşluğa balıklama atladılar. Sonuçta biliminsanlarının bir süre sonra on bin yıl öncesine ait bir diş bulmayacaklarını kim söyleyebilirdi ki? Veya sekiz bin yıl öncesine? Ya da daha sonrasına?

Bu düşüncenin nereye vardığını tahmin edebilirsiniz. 1960'larda hayal gücü fazla mesai yapan birkaç kişi megalodonların hâlâ yaşadığına ve okyanuslarda gizlendiğine ikna olarak, "Megalodonlar yaşıyor!" diye bas bas bağırmaya başladılar. 51. Bölge veya Kennedy suikastı hakkındaki söylentiler gibi bu efsane de asla tamamen yok olmadı. En yaygın efsane, megalodonların derin deniz dalgıçları olarak evrimleştiği ve günlerini karanlık derinliklerdeki deniz canavar-

63 - Elementlerle psikoloji arasındaki başka bir garip ilişki de şudur: Oliver Sacks sinemaya da uyarlanan *Uyanışlar* adlı eserinde, aşırı dozda manganezin insan beynine zarar verebileceğini ve bir tür Parkinson hastalığına yol açabileceğini kaydeder, ama çok ender görülen bir neden olduğu da kesin. Doktorlar manganezin neden çoğu toksik element gibi başka yaşamsal organlar yerine, doğrudan beyni hedeflediğini henüz çözebilmiş değil.

larıyal savaşarak geçirdiğiydi. Crookes'un hayaletleri gibi, megalodonların da ele geçirilemeyeceği *farz ediliyordu*. Böylece onları neden göremediğimizi kendilerince açıklıyorlardı.

Zihninin derinliklerinde bir yerde megalodonların hâlâ denizlerde kol gezdiğini hayal etmeyen insan yoktur herhalde. Ama içiniz rahat olsun, çünkü detaylı bir incelemeyle aksi ispatlanabilir. Her şey bir yana, manganez kaplaması ince olan dişler çok büyük olasılıkla okyanus tabanının altındaki hiç manganez biriktirmemiş yaşlı kayalardan sökülmüş ve suyla daha geç bir zamanda karşılaşmıştır ve muhtemelen on bir bin yıldan daha yaşlıdır. Üstelik her ne kadar deniz canavarlarıyla ilgili bazı tanıklıklardan söz edilse de, bu hikayelerin hepsi abartı sanatının ustaları denizciler tarafından anlatılmıştır. Ayrıca hikayelerdeki megalodon boyutları ve şekilleri uçuk farklılıklar gösterir. Anlatılanlara göre Moby Dick gibi bembeyaz bir köpekbalığının boyu neredeyse doksan metreydi! Ama işe bakın ki kimse fotoğrafını çekmeyi akıl edememişti. Sonuçta Crookes'un doğaüstü varlıklara şahitlik etmesi gibi, bu tür hikayeler de nesnel kanıtlarına dayanmıyor. Kalkıp da birkaç megalodonun evrimin elinden kurtulduğunu düşünmek hiç akla yatkın değil.

Fakat şüphe insanların inancını derinleştiriyor, bitmeyen megalodon avını patolojik hale getiriyor. Manganez bulgularını çürütmektense, biliminsanlarının hatalı olduğunu göstermeye çalışıyorlar, hem de düzenbazların (onların deyimiyle isyankarların) kahramanlık hikayeleriyle! Koelakant adlı ilkel derin deniz balığının bir zamanlar seksen milyon yıl önce tükendiğinin düşünüldüğünü, fakat 1938 yılında Güney Afrika'da bir balık pazarında görüldüğünü öne sürüp duruyorlar. Bu mantık gereğince, biliminsanları koelakant hakkında hata yaptığına göre, megalodon hakkında da yanılıyor olabilirler. Bu ihtimal bile megalodon sevdalılarına yetiyor. Onların hâlâ yaşadığına dair teorilerinde, kanıtlar değil duygusal eğilimler baskın çıkıyor. Bu da fantastiğin gerçeğe galip gelmesi umudundan başka bir şey değil!

Anlatacağımız bir sonraki vaka böylesi bir duyguya muhtemelen en iyi örnektir: Bütün zamanların en büyük patolojik bilimi, gerçek inananların kalesi, fütüristleri baştan çıkaran bilimsel yılan, yani soğuk füzyon.

Pons ile Fleischmann. Fleischmann ile Pons. Bunlar, Watson ve Crick'ten veya daha geriye gidersek Marie ile Pierre Curie'den bu yana en büyük bilim ikilisi olarak kabul ediliyordu. Ama şöhretleri kepazeliğe dönüştü. Günümüzde Stanley Pons ile Martin Fleischmann adları, biraz haksızca da olsa, sadece dolandırıcıları, dalaverecileri ve hilebazları çağrıştırıyor.

Pons ile Fleischmann'ı yaratan ve rezil eden deney çok basitti. 1989 yılında Utah Üniversitesi'ndeki bu iki kimyacı, içinde ağır su bulunan bir hazneye paladyum elektrotu yerleştirdiler ve içinden akım geçirdiler. Sıradan sudan akım geçirirseniz, H_2O sarsılır ve hidrojen ile oksijen gazları açığa çıkar. Ağır suda da buna benzer bir şey oluşur, fakat buradaki hidrojenin fazladan bir nötronu daha vardır. Bu yüzden Pons ile Fleischmann toplamda iki protonu olan normal hidrojen gazının (H_2) yerine, iki protonlu ve iki nötronlu hidrojen gazı molekülleri yarattılar.

Deneyi özel yapan, ağır hidrojenin paladyumla bileşimiydi. Bu bileşim beyazımsı bir metaldi ve hayrete düşüren bir özelliğe sahipti: Kendi hacminin dokuz yüz katı kadar hidrojen gazını yutabiliyordu. Yaklaşık 90 kiloluk bir adamın bir düzine dev Afrika filini, beli biraz-cık olsun genişlemeden yuttuğunu düşünün! Ağır sudaki paladyum elektrotu hidrojen toplamaya başladığında, Pons ile Fleischmann'ın termometresi çılgınca yükseldi. Gelen akımın yetersiz enerjisi düşünüldüğünde, su olması gerekenden ve hatta *mümkün olandan* çok daha fazla ısındı. Pons, ani bir ısı yükselişinde, aşırı ısınan H_2O'nun beherde delik açarak, önce laboratuvar tezgahını, sonra da alttaki beton zemini deldiğini kaydetmiştir.

Ya da en azından bazen böyle ani yükselişler oluyordu. Deney



Neredeyse dünya üzerindeki diğer bütün biliminsanlarının olumsuzlamasına rağmen, Stanley Pons ile Martin Fleischmann soğuk füzyonu oda sıcaklığında kendilerinin ürettiğini iddia ediyorlardı. Cihazları, içinde süper emici bir element olan paladyum elektrotlar bulunan ağır-su banyosundan oluşmaktaydı. (Özel Koleksiyonlar Departmanı, J. Willard Marriott Kütüphanesi, Utah Üniversitesi.)

kararsız ve değişkendi, aynı kurulum ve denemeler her seferinde aynı sonucu vermiyordu. Fakat bu iki adam paladyumun ne yaptığını saptamaktansa soğuk füzyonu, yani aşırı sıcaklığa ve yıldızlardaki basınca ihtiyaç duymayan, oda sıcaklığında gelişebilen füzyonu bulduklarını düşünmeye başladılar. Paladyumun, içine çok fazla ağır hidrojen sıkıştırabildiğinden, bir şekilde proton ve nötronlarını helyum oluşturacak şekilde kaynaştırdığını, dolayısıyla da çok fazla enerji açığa çıkardığını tahmin ediyorlardı.

Pons ile Fleischmann düşüncesizce davrandılar. Bir basın toplantısı düzenleyerek, dünyanın enerji sorununun ucuz ve kirliliğe yol açmayan bir yolunu bulduklarını açıkladılar. Medya hem paladyumun hem de bu göz alıcı iddianın hemen üzerine atladı. Ardından Utah'ta bir diğer fizikçinin, Steven Jones'un bunlara benzer füzyon deneyleri yaptığı ortaya çıktı. Fakat Jones alçakgönüllü iddialarda bulunduğundan fazla öne çıkmamıştı. Pons ile Fleischmann bir anda meşhur oldular. Kamuoyunun tepkisi biliminsanlarının bile akıllarını çeldi. Duyurudan kısa süre sonra Amerikan Kimya Topluluğu'nun bir toplantısında ikili ayakta alkış yağmuruna tutuldu.

Fakat buradaki bazı önemli noktaları gözden kaçırmamak gerekiyor. Fleischmann ile Pons'u alkışlayan pek çok bilimci muhtemelen akıllarından süper iletkenleri geçiriyordu. 1986 yılına kadar süper iletkenlerin -240°C'nin üzerinde etkili olmadığı düşünülürdü. İki Alman araştırmacı birden bu sıcaklığın üzerinde çalışabilen süper iletkenleri keşfettiler ve bir yıl gibi rekor bir sürede Nobel Ödülü kazandılar. Başka ekiplerin bu işe sarılmasıyla, birkaç ayda yaklaşık -173°C'de işgören "yüksek ısılı" itriyum süper iletkenlerini keşfettiler. (Bugün rekor yaklaşık -139°C'dir.) Sorun bu süper iletkenlerin mümkün olmadığını düşünen pek çok biliminsanının kendilerini aptal gibi hissetmeleridir. Koelakantların bulunmasının fizikteki karşılığı da buydu. Tıpkı megalodon romantikleri gibi, 1989 yılında da soğuk füzyon sevdalıları o günkü süper iletken çılgınlığına dikkat çekerek, normalde burunlarından kıl aldırmayan biliminsanlarının yargılarını askıya almalarına neden olabiliyorlardı. Gerçekten de soğuk füzyon fanatikleri eski dogmayı çökertme fırsatı karşısında sarhoş olmuş gibiydi. Onlar da patolojik bilimin tipik hezeyanına kapılmışlardı.

Buna rağmen birkaç kuşkucu, özellikle de Cal Tech'dekiler öfkeden kuduruyordu. Soğuk füzyon bu insanların bilimsel hassasiyetini, Pons ile Fleischmann'ın küstahlığı ise alçakgönüllülüklerini ra-

hatsız ediyordu. İkili sonuçlarını açıklarken, olağan emsal değerlendirme sürecini atlamışlardı. Zengin olmayı kafasına koymuş şarlatanlar olduklarını düşünenler de yok değildi, özellikle de acil araştırma fonundan 25 milyon dolar alabilmek uğruna Başkan George H. W. Bush'a başvurduktan sonra! Pons ile Fleischmann paladyum cihazları ve deneysel prosedürleri hakkındaki sorulara, sanki bu tür bir sorgulama küçük düşürücüymüş gibi cevap vermeyi reddederek, durumu daha da zorlaştırdılar. Düşüncelerinin çalınmasını istemediklerini söylüyorlardı, ama daha çok saklayacakları bir şeyler olduğu düşünüldü.

Ne var ki, dünyanın her yerinde (diğer bir soğuk füzyon iddiasının tam da o sıralar ortaya çıktığı İtalya hariç) şüpheleri artan bilimciler, bu iki adamın kendi paladyumlarını ve ağır-hidrojen deneylerini yutturmaya çalışmalarından bıkmıştı. Sonuçlarının geçersizliğini yüzlerine vurmaya başladılar ve çok geçmeden Baltimore'da yüzlerce kimyacı ve fizikçiden oluşan bir bilim topluluğu, muhtemelen Galileo'dan beri düzenlenen en büyük gözden düşürme operasyonu için Pons ile Fleischmann'a karşı toplandılar. İkilinin deneysel hataları gözardı ettikleri ve hatalı ölçüm teknikleri kullandıkları gözler önüne serildi. Bir biliminsanı, ortaya çıkan hidrojen gazını serbest bıraktıklarını ve elde ettikleri en büyük "füzyon" patlamasının *Hindenburg* tarzında bir kimyasal patlama olduğunu öne sürdü. (Masada ve tezgahta delikler açtığı söylenen füzyon patlaması gece, yani ortalıkta kimse yokken gerçekleşmişti.) Genelde bilimsel bir hatanın ortaya çıkarılması veya en azından tartışmalı bir sorunun çözülmesi yıllar alır, fakat soğuk füzyon ilan edilmesinden kırk gün sonra öldü. Konferansa katılanlardan biri karmaşayı şu iğneleyici ama pek de uyumlu olmayan dizelerle özetledi:

Topun ağzında olan, sevgili dostum, milyonlarca dolar,
Çünkü bazı biliminsanları bir termometre koydular
Ama sadece bir noktaya, başka yere koyamadılar.

Fakat meselenin psikolojik açıdan ilginç yönleri tartışılmamıştı. Bütün dünyaya temiz, ucuz enerji sağlamak söz konusuydu ve insanların tutkuyla bağlı oldukları böylesi inançlardan bir çırpıda vazgeçmelerini beklemek belki de mümkün değildi. Nitekim soğuk füzyon meraklıları daha da cesaretlendi. Pons ile Fleischmann iddialarından asla vazgeçmediler. Takipçileri bu ikiliyi (adlarını anmaya gerek bile görmeden) değerli asiler, soğuk füzyonu kavrayan yegane insanlar olarak savundular. 1989'dan bir süre sonra bazı muhalifler kendi karşıt deneylerini gerçekleştirdi, fakat soğuk füzyoncular aleyhlerindeki her sonucu örtbas ettiler, hatta bazen kendi bilimsel çalışmalarında yaptıklarından daha marifetli bir savunma ortaya koydular. Sonunda muhalifler vazgeçti. Cal Tech'te fizikçi olarak çalışan David Goodstein soğuk füzyon hakkında olup biteni mükemmel bir makaleyle özetledi: "Soğuk füzyoncular kendilerini kuşatma altındaki bir topluluk gibi gördüklerinden iç eleştirileri azdır. Deney ve teorileri kendi aralarında, görünüşte de olsa kabul etme eğilimindedirler, çünkü dışarıdan birilerinin dinlemesinden rahatsız olur ve eleştirmenlerin eline koz vermekten korkarlar. Bu koşullarda ayrıksı düşüncelerin sayısı artar ve burada ciddi bilim yapıldığına inananların durumu daha kötüleşir." Patolojik bilimin daha iyi, daha özlü bir tanımını hayal etmek zordur.

Pons ile Fleischmann'ın başlarına gelenin en merhametli açıklaması bu. Soğuk füzyonun palavra olduğunu bildikleri halde, kısa yoldan köşeyi dönmek isteyen şarlatanlar olmaları düşük bir ihtimal. Kaldı ki birinden tüyüp sonraki şehirde avanakları dolandırabilecekleri 1789 yılında değillerdi, foyaları hemen meydana çıkardı. Belki şüpheleri vardı, fakat hırstan gözleri kör olmuştu ve bir an dahi olsa, dünyanın gözünde parlak bir zeka olarak tanınmanın nasıl hissettirdiğini görmek istediler. Ayrıca ikili paladyumun garip özelliğinden dolayı sadece yanılmış bile olabilirler, çünkü günümüzde dâhi paladyumun o kadar çok hidrojeni nasıl yutabildiğini kimse çözebilmiş değil. Pons ile Fleischmann'ın çalışması *azıcık* düzeltilir ve

elbette onlar gibi yorumlanmazsa, paladyum-ağır su deneyleri acayip bir şeylerin döndüğünü düşündürebilir, çünkü deneyler sırasında metalden ilginç köpükler çıkar ve atomları alışılmadık biçimde kendilerini yeniden düzenlerler. Belki işin içinde bazı zayıf nükleer kuvvetler de vardır. Haklarını teslim etmek gerekirse, bu çalışmaları başlatanlar Pons ile Fleischmann oldu. Ne var ki istedikleri, bilim tarihine böyle geçmek değildi.

Çılgınlıktan nasibini alan her bilimci patolojik bilimin içinde boğulmadı. Tıpkı Crookes gibi patolojik bilimden gerçeklere dönüp büyük işler yapmaya soyunanlar olduğu gibi, başlangıçta patolojik bilim gibi duran, sonradan akla uygunluğu ortaya çıkan ender vakalar da vardır. Wilhelm Röntgen görünmez ışınlarla ilgili radikal keşfinin peşinden koşarken, kendisini hatalı çıkarmak adına elinden geleni yaptı, ancak yine de başaramadı. Bilimsel yöntem üzerindeki ısrarı ve inadı sayesinde, akli dengesi hassas olan Röntgen gerçekten de tarihi yeniden yazdı.

1895 yılının Kasım ayında Röntgen, Almanya'nın merkezindeki laboratuvarında atomaltı fenomeni üzerine çalışmalar da yeni ve önemli bir alet olan Crookes tüpüyle oynuyordu. Adını kaşifinden alan Crookes tüpü, her iki ucunda iki metal plaka bulunan havası boşaltılmış cam bir ampulden oluşmaktaydı. Bu plakalar arasından akım geçirince, vakumda karşı tarafa bir ışın atladı, sanki özel efekt laboratuvarında elde edilmiş bir ışık çatlağı gibiydi. Günümüzde bunun elektron huzmesi olduğu bilinse de, 1895 yılında Röntgen ve diğerleri için bu açıklığa kavuşturulması gereken bir muammaydı.

Röntgen'in meslektaşlarından biri, bir Crookes tüpüne küçük bir alüminyum folyo penceresi yaptığında (Per-Ingvar Brånemark'ın daha sonra tavşan kemikleri üzerine kaynak yaptığı titanyum penceresini andırır), ışının folyodan havaya doğru geçtiğini gözlemledi. Ancak çabucak söndü (hava bu ışının zehiri gibiydi), yine de birkaç santimetre uzağındaki fosforesans ekranı aydınlatabildi. Röntgen

kuruntulu bir şekilde bütün meslektaşlarının, en önemsiz olanlar da dahil deneylerini tekrarlamakta ısrar ediyordu. Dolayısıyla aynı yıl bu düzeneği yeniden inşa etti, fakat bazı değişiklikler yaptı. Crookes tüpünü siyah kağıtla kaplayarak ışının sadece folyodan kaçmasını kontrol altına aldı. Ayrıca plakalarını meslektaşlarının kullandığı fosforlu ışık saçan kimyasallar yerine, luminesans bir baryum bileşiğiyle boyadı.

Sonra olanlara dair söylentiler değişebiliyor. Röntgen plakalar arasında düzgün atlama yapan ışınından emin olmaya çalıştığı bazı testler yaparken bir şeyler dikkatini çekti. Bir söylentiye göre bu, Röntgen'in yandaki masaya destek yaptığı baryumla kaplanmış bir parça mukavvaydı. Ancak başka bir söylentiye göre, bu şakacı bir öğrencinin parmağını kullanarak baryumla *A* veya *S* harfleri çizdiği bir parça kağıttı. Renk körü olan Röntgen başlangıçta görüş alanının kenarında sadece beyaz bir hareketlenme gördü. Fakat akımı ne zaman açsa, baryum plaka (veya harf) parlıyordu.

Röntgen karartılmış Crookes tüpünden hiç ışık sızmadığına emin oldu. Karanlık bir laboratuvarda oturduğundan, ışıldamalara güneş ışığı neden olamazdı. Fakat Crookes ışınlarının havada, plakanın veya harfin üzerine atlayabilecek kadar uzun dayanmadığının da farkındaydı. Sonunda halüsinasyon gördüğünü düşünmeye başladı. Nedeninin tüp olduğuna kuşkusu yoktu, fakat opak siyah kağıttan geçerek bükülebilecek bir şey de bilmiyordu.

Böylece baryum kaplı ekrana destek yaptı ve elinin altındaki kitap gibi nesneleri, ışını bloke edecek şekilde tüpün yanına koydu. Kitap ayracı olarak kullandığı bir anahtarın silueti ekranda belirdiğinde gözlerine inanamıyordu. Bir şekilde *şeylerin içinden görebiliyordu*. Kapalı ahşap kutuların içindekilerle deneme yaptı; sonuç aynıydı, ahşabın içini görebiliyordu. Ancak asıl tüylerini ürperten, kara büyü yapılmış gibi hissettiği an, metal bir fişi tuttuğu andı: Elinin kemiklerini görüyordu. O anda Röntgen halüsinasyon olasılığını da eleyerek, tümden kafayı yemiş olduğuna hükmetti.



Bu ilk röntgen, Wilhelm Röntgen'in karısı Bertha Röntgen'in kemiklerini ve etkileyici yüzüğünü gösteriyor. Delirdiğinden korkan Wilhelm, baryum-kaplı plakada karısının da kendi kemiklerini görmesi sayesinde rahatladı. Daha iyimser olan karısı, bunun ölümün işareti olduğunu düşündü.

Röntgen'in X-ışınlarını keşfederken gösterdiği gayrete bugün gülebiliriz. Oysa bu çalışmadaki özeni fark etmek gerekir. Yeni ve radikal bir şey keşfettiğini düşünüp hemen sonuca atlamaktansa, bir yerlerde hata yaptığını düşünen bilimci, utanç içinde hatasını ortaya çıkarmayı kafasına koydu. Kendisini laboratuvarına kilitleyerek, amansız geçen yedi hafta boyunca çalışmalarına odaklandı. Asistanlarını kovdu, yemeklerini gönülsüzce yedi ve ailesiyle konuştuğundan daha fazla kendi kendine homurdanarak çalış-

maya devam etti. Crookes'tan, megalodon avcılarından veya Pons ile Fleischmann'dan farklı olarak, Röntgen bulgularını bilinen fiziğe uydurmak amacıyla çok büyük bir emek harcadı. Devrimci olmak istemiyordu.

Patolojik bilimden uzak durmak adına her şeyi yapmasına rağmen, Röntgen'in makaleleri, çıldırdığına olan inancını silkeleyip atamadığını göstermesi bakımından ilginçtir. Kendi kendine mırıldanmaları ve alışılmadık huyları diğer insanların onun akıl sağlığını sorgulamasına neden oluyordu. Karısı Bertha'ya şakaşyla karışık, "İnsanların 'Bizim ihtiyar Röntgen çıldırdı!' diyecekleri bir iş yapıyorum," dedi. Elli yaşına gelmiş kocasından bu lafı duyunca karısı telaşlanmış olmalı.

Röntgen'in kendi çalışmalarına duyduğu kuşkuya rağmen, Crookes tüpü her seferinde baryum plakalarını aydınlattı. Böylece Röntgen de keşfettiği bu olağanüstü olguyu belgelemeye başladı. Yukarıda bahsi geçen diğer üç patolojik vakadan farklı olarak, herhangi kısa süreli veya değişken etkileri, öznel kabul edilebilecek her bulguyu saf dışı bıraktı. Sadece banyo edilmiş fotoğraf plakaları gibi nesnel sonuçlara rağbet etti. Sonunda biraz daha güvenle, bir öğleden sonra Bertha'yı laboratuvarına getirdi ve onun elini de X-ışınlarına tuttu. Kemiklerini gören karısı korkuya kapılarak, ölümünü önceden gördüğünü düşündü. Bir daha Röntgen'in perili laboratuvarına girmeyi reddetti, fakat bu tepkisi Röntgen'i çok rahatlattı. Bertha ona bunların hayal ürünü olmadığını göstermişti.

Röntgen bitkin bir şekilde laboratuvarından dışarı çıktı ve bütün Avrupa'daki meslektaşlarını "röntgen ışınları" hakkında bilgilendirdi. Doğal olarak o da şüpheyle karşılandı, tıpkı Crookes'un daha sonraları megalodon ile soğuk füzyonun küçümsendiği gibi. Fakat Röntgen sabırlı ve tutarlıydı; birilerinin her itirazında, o olasılığı halihazırda incelediğini söyleyerek kanıtlarını sundu, ta ki meslektaşları itiraz edemez oluncaya dek. Normalde acı sonları olan patolojik bilim hikayelerinin mutlu sonla biten bir örneğiydi bu.

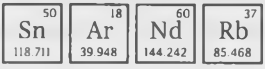
Biliminsanları yeni düşüncelere karşı acımasız olabilirler. Küçümsemeyle karışık, "Ne tür 'gizemli ışınlar' siyah kağıdın içinden görünmeden geçebilir ve vücudumuzdaki kemikleri aydınlatabilir ki Wilhelm?" diye sorduklarını hayal edebilirsiniz. Fakat Röntgen somut kanıtlarla ve tekrarlanan deneylerle onlara karşı durduğunda, çoğu eski düşüncelerini kenara atıp onunkileri kucakladı. Röntgen hayatı boyunca orta halli bir profesör olmasına rağmen, bütün biliminsanlarının kahramanı haline geldi. 1901 yılında ilk Nobel Fizik Ödülü'nü kazandı. Yirmi yıl sonra, Henry Moseley adlı bir fizikçi, periyodik tablo çalışmalarında devrim yapmak üzere aynı temel X-ışını düzeneğini kullandı. İnsanlar bir yüzyıl sonra keşfin hâlâ o kadar etkisi altındaydılar ki, 2004 yılında, o zamanlar periyodik tablodaki en büyük element olan yüz on bir numaralı unununyum elementinin adı röntgenyum olarak değiştirildi.

V.
BÖLÜM

BUGÜNÜN VE YARININ ELEMENT BİLİMİ

16

Kimyanın Yolu, Sıfırın Altına



Röntgen zekice ve kılı kırk yaran bilimin örneğini verdiği gibi, biliminsanlarına periyodik tablonun hep yeni sürprizlere gebe olduğunu da göstermiş oldu. Bugün bile elementler hakkında keşfedilecek yeni şeyler var. Fakat Röntgen'in zamanında kolay keşifler çoktan kapılmış, yeni keşifler de sağlam ve titiz ölçümler gerektiriyordu. Biliminsanları elementleri ağır koşullar altında, özellikle onlara donmamak için tuhaf hareketler yaptırtan aşırı soğuk koşullarda incelemek zorundaydı. Aşırı soğuk, kaşifler adına her zaman iyiye delalet değildir. Lewis ve Clark'ın varisleri 1911 yılına kadar Antarktika'nın büyük kısmını keşfederken, Güney Kutbu'na kimse ulaşamamıştı. Kaçınılmaz olarak oraya ilk ulaşan olmak için destansı bir yarış başladı, böylece olağandışı ısılarda kimyada neyin ters gidebileceğine dair tatsız ve ibret verici bir hikaye de başlamış oldu.

O yıl Antarktika standartlarına göre bile soğuktu, yine de Robert Falcon Scott'ın öncülük ettiği bir grup soluk benizli İngiliz güneye doğru doksan derece enlemine ulaşabilecek ilk grup olacaklarını açıklamıştı. Kafile köpeklerini ve erzakı hazırlayıp Kasım'da yola çıktı. Kafilenin çoğu destek ekibindendi, bunlar kutba ulaşacak küçük ekibin dönüş yoluna yemek ve yakıt bırakacaklardı.

Kafile yavaş yavaş azaldı ve sonunda aylarca büyük bir gayretle süren yürüyüşten sonra, Scott'ın öncülük ettiği beş kişilik ekip 1912 yılının Ocak ayında kutba ulaştı. Ama orada buldukları, kahverengi küçük bir çadır, bir Norveç bayrağı ve can sıkacak kadar dostça bir mektup oldu. Scott zaferi ekibiyle bir ay önce kutba ulaşan Roald Amundsen'e kaptırmıştı. Scott o anı defterine kısaca, "En kötüsü oldu. Bütün hayaller suya düştü," diye kaydetti ve ardından şöyle ekledi: "Yüce Tanrım! Burası berbat bir yer. Artık eve dönüyoruz ve umutsuz bir mücadele bizi bekliyor. Merak ediyorum, acaba başarabilecek miyiz?"

Scott'ın adamlarının da şevki kırılmıştı, dönüş yolculukları da zorlu geçecekti; Antarktika onları cezalandırmak ve bezdirmek için elinden geleni yapıyordu. Haftalarca kar fırtınalarında mahsur kaldılar. Sonradan bulunan günlükleri aşırı açlık, pislik, su kaybı, ısı kaybı ve kangrenle karşı karşıya olduklarını yazıyordu. En kötüsü ise yakıtlarının kalmamasıydı. Scott önceki yıl Kuzey Kutbu'na gitmiş ve gazyağı tenekelerinin üzerindeki deri contanın sızıntı yaptığını görmüştü. Yavaş yavaş yakıtının yarısını kaybetmişti. Güney Kutbu yarışında ise zenginleştirilmiş saf kalay lehimleri denedi. Fakat çamura batmış haldeki adamları dönüş yolunda onları bekleyen tenekelere ulaştığında, çoğunun boş olduğunu gördüler. Üstelik yakıtın çoğu yiyeceklerin üzerine akmıştı.

Gazyağı olmadan ne yiyecekleri pişirebilir ne de içmek için buzu eritebilirlerdi. Adamlardan biri hastalanıp öldü, diğeri soğuktan delirdi ve yoldan sapıp kayboldu. Scott da dahil, kalan son üçü yola devam etti. Ölüm onları 1912 yılının Mart ayının sonlarında yakaladı, İngiliz üssünün on bir mil uzağındaydılar ve son birkaç gecenin üstesinden gelememişlerdi.

Scott o zamanların Neil Armstrong'u gibiydi. Britanyalılar onun haberlerini heyecanla bekliyordu (hatta 1915 yılında bir kilise onun onuruna vitraylı pencereler takmıştı). Onu bu utançtan kurtarma telaşıyla bahaneler aradılar ve günah keçisi olarak da periyodik tab-

loyu seçtiler. Scott'ın lehim olarak kullandığı kalay, şekillendirilmesi çok kolay olduğundan, İncil zamanından bu yana değer verilen bir metaldi. Ne var ki metalürji uzmanları kalayı arıtma ve saflaştırmada iyi sonuçlara ulaştıkça, günlük hayattaki kullanımı kötüye gidiyordu. Saf kalaydan aletler, kalay madeni paralar veya kalay oyuncaklar soğuduğunda, kışın pencerede oluşan kırağıya benzer beyazımsı bir pas yüzeylerini deforme ediyordu. Sonra beyaz pas kabartılar oluşturuyor ve parçalanıp tükenene kadar kalayı zayıflatıp aşındırıyordu.

Demir pasından farklı olarak, kimyasal bir tepkime söz konusu değildi. Günümüzde bilindiği üzere, kalay atomları katı halde kendilerini iki farklı yolla düzenleyebilir ve düşük sıcaklıklarda güçlü "beta" formundan, dağılmış ve tozumsu "alfa" formuna geçebilirler. Farkı gözünüzün önüne getirmek için atomları bir kasa portakal olarak hayal edin. Kasanın tabanı, birbirine sadece teğet şekilde dokunan kürelerden tek bir tabakayla kaplıdır. İkinci, üçüncü ve dördüncü katmanları doldurmak için her atomu ilk katmandaki birinin tam üzerine gelecek şekilde dengeleyebilirsiniz. Bu form kristal bir yapıdır. Bir başka yol olarak da ikinci katmandaki atomları birinci katmandakilerin arasındaki boşluklara yerleştirebilirsiniz ve sonra üçüncü katmandakileri de ikincidekilerin arasındaki boşluklara yerleştirip, bu şekilde devam edersiniz. Bu da farklı yoğunlukları ve farklı özellikleri olan ikinci bir kristal yapı oluşturur. Bunlar atomları paketlemenin sadece iki yoludur.

Scott'ın adamlarının zorluk içinde keşfettikleri şey bir elementin atomlarının kendiliğinden zayıf kristalden güçlüye ya da güçlü kristalden zayıfa geçmesi durumudur. Genellikle yeniden düzenlenme sürecinin teşvik edilmesi, karbonu grafitten elmasa dönüştüren yeraltı ısısı ve basınç gibi aşırı koşullar gerektirir. Kalay yaklaşık 14°C'de değişken hale gelir. Ekim ayının ılık bir akşamı bile kabarcıklar oluşmasını tetikleyebilir ve daha soğuklar bu süreci hızlandırır. Kalay başka türlü etkilenmeyecek olsa bile, herhangi bir kötü uy-

gulama veya deformasyon da (buz üstüne fırlatılan tenekelerde oluşan göçükler gibi) da tepkimenin hızını etkileyebilirler. Küçücük bir hasar, bir yüzey kusuru bile yeterlidir. Durum bazen kalay cüzamı olarak adlandırılır, çünkü bir hastalık gibi içeriye doğru oyuk açar. Alfa-beta geçişi duyulabilir bir iniltiye sebep olan bir enerji açığa çıkartabilir; buna kalay çığlığı denir, aslında daha çok stereo statik gibi duyulmaktadır.

Kalayın alfa-beta geçişi tarih boyunca elverişli bir kimyasal günah keçisi olmuştur. St. Petersburg gibi kışları sert geçen birçok Avrupa ülkesinin yeni ve pahalı kilise orglarındaki kalay boruların, orgu çalan kişi daha tuşlara basar basmaz toza dönüşmesi üzerine efsaneleri vardır. (Gerçi bazı dindar vatandaşlar kalay yerine Şeytan'ı suçlamayı tercih eder.) Dünya tarihinden bir başka örnek daha verelim: 1812 kışında Napolyon aptal gibi Rusya'ya saldırdığında, adamlarının ceketindeki kalay kopçalar ayrılarak rüzgar her estiğinde Fransızların içliklerini ortaya çıkarmıştı. Scott'ın ekibinin karşılaştığı korkunç şartlar gibi, Fransız ordusu da Rusya'da uzun, zorlu koşullar yaşamıştı. Fakat elli numaralı elementin değişkenliği, büyük olasılıkla işleri daha da zorlaştırdı ve tarafsız kimya, tarafların yanlış kararlarından daha kolay suçlanacak bir bahane sundu.[64]

Scott'ın adamlarının boş tenekeler bulduğuna şüphe yok (çünkü günlüğünde böyle yazıyor), fakat kalay lehimdeki bu dağılmanın sızıntı sebebi olup olmadığı tartışmalıdır. Kalay cüzamı çok mantıklı geliyor, fakat diğer ekiplerin yıllar sonra bulunan tenekelerindeki lehim contaları sağlam kalmıştı. Scott daha saf bir kalay kullanmıştı, ama cüzamın tutunması için kalayın olabilecek en aşırı derecede saf

64 - Robert Falcon Scott'ın kötü kaderinin kalay cüzamından geldiği teorisinin kaynağı bir *New York Times* makalesinden kaynaklanıyor. Aslında makale, esas çuvallayanın, Scott'ın ekibinin yiyeceklerini ve diğer tedariklerini koyduğu konserve kutuların kendisi olduğunu söyleyen teoriyi öne çıkarıyordu. Ama insanlar ancak bundan sonra kalay lehimlerin ufalanmasına kabahat bulmaya başladılar. Tarihçilerin iddialarına göre, Scott'ın lehim için kullandığı şeyler, deri mühürlerden saf kalaya, kalay-kurşun alaşımlarına varana kadar çeşit çeşitti.

olması gerekir. Yine de sabotaj haricinde başka hiçbir mantıklı açıklama olmadığı gibi, bunu destekleyecek kanıt da yok. Öyle ya da böyle Scott'ın küçük ekibi buz üzerinde can verdi; onlar kısmen de olsa periyodik tablonun kurbanıydılar.

Madde çok soğuduğunda ve bir halden diğerine geçtiğinde acayip şeyler olur. Öğrenciler maddenin üç halini öğrenir: katı, sıvı ve gaz. Lise öğretmenleri genelde dördüncü bir hal ortaya atar. Plazma hali, yıldızlardaki elektronların çekirdekteki palamarlardan kurtulup gezmeye çıktığındaki aşırı ısınmış halidir.[65] Üniversitede öğrenciler süper iletkenleri ve süper sıvı helyumu da öğrenir. Lisans üstü profesörleri bazen kuark-yapışkan plazma veya dejenere madde gibi hallerle öğrencileri zorlarlar. Bu esnada birkaç çokbilmiş de jellerin neden başlı başına özel bir hal olarak sayılmadığını sorar. (Cevap mı? Jel gibi koloitler iki halin karışımıdır. Su ve jelatin karışımı çok esnek bir katı gibi veya çok uyuşuk bir sıvı gibi düşünülebilir.)

Önemli olan evrenin, maddenin katı, sıvı ve gaz gibi kaba saba kategorilerimizden daha öte hallere, parçacıkların farklı mikro düzenlerine ev sahipliği yapabilmesidir. Bu yeni haller jel gibi hibrit değildir. Bazı durumlarda, kütle ile enerji arasındaki ayrım ortadan kalkar. 1924 yılında Albert Einstein birkaç kuantum mekaniği denklemiyle vakit geçirirken böyle bir hali ortaya çıkardı. Daha sonra hesaplarından vazgeçti ve teorik keşfini var olamayacak kadar tuhaf olmakla tekzip etti. Aslına bakılırsa, 1995'te birileri yapana kadar da imkansız olarak kaldı.

Katı hal bazı yönlerden maddenin en temel halidir. Daha titiz ifade edersek, her atomun büyük çoğunluğu boş durur, fakat elektronların aşırı hızlılığı, bizim kör duyularımıza göre katılık yanılsaması

65- Plazma aslında evrendeki en yaygın madde biçimidir, çünkü yıldızların yapısındaki esas unsurdur. Çok soğuk olsalar da, plazmaları güneşten gelen kozmik ışınların gaz moleküllerini izole ettiği atmosferin en üst katmanlarında da bulabilirsiniz. Kuzeyde görünen ve kutup ışıkları (aurora borealis) denen esrarengiz doğal ışığın oluşumunda rolü vardır. Bu tür yüksek hızlı çarpışmalar antimaddenin oluşumuna da neden olur.

yaratır. En bezgin katılar bile genelde birden fazla kristal yapı oluşturmasına rağmen, atomlar tekrar eden, üç boyutlu bir dizilişte sıralanır. Günümüzde biliminsanları yüksek basınçlı kaplar kullanarak buzu on dört farklı şekilde kristaller oluşturmaya zorlayabilir. Bazı buzlar suda yüzmez batar, diğerleri altı kenarlı kar tanecikleri yerine palmiye yaprakları veya karnabahar kafası gibi şekiller oluşturur. Uzaylı bir buz 2038°C'ye ulaşana kadar erimez. Çikolata gibi saf olmayan ve karmaşık haldeki kimyasallar bile şekil değiştirebilen kristalimsi yapılar oluşturabilir. Hiç bayatlamış bir çikolata paketini açıp da iştah kaçırıcı o koyu rengi gördüğünüz oldu mu? Bu duruma, Antarktika'da Scott'ı ölüme götüren aynı alfa-beta geçişlerinin neden olduğu çikolata cüzamı diyoruz.

Kristal yapılı katılar en kolay düşük sıcaklıklarda oluşur ve sıcaklığın ne kadar düştüğüne bağlı olarak, bildiğinizi sandığınız elementler tamamen tanınmaz hale gelebilir. Uzak soygazlar bile katı forma girmeye zorlandıklarında, diğer elementlerle bir araya toplanmanın o kadar da kötü bir fikir olmadığına karar verir. Kanada asıllı kimyager Neil Barlett yılların dogmasını yerle bir ederek, 1962 yılında katı bir portakal kristali olan ilk asal gaz bileşiğini ksenonla yarattı.[66] Deney oda sıcaklığında, fakat sadece süper-asit kadar yakıcı bir kimyasal olan platin hekzaflorid ile gerçekleştirildi. En büyük asal gaz olan ksenon diğerlerinden çok daha kolay tepkimeye girer, çünkü elektronları çekirdeğine çok zayıf bağlanmıştır. Daha küçük, birbirine yakın duran asal gazlar tepkimeye girebilsin diye kimyagerler sıcaklığı çok düşürmek, hatta bunları temelde uyuşturmak zorunda kalır. Kripton, süper-reaktif flüorun üzerine tutunduğu sıcaklık olan yaklaşık -150°C'ye kadar iyi savaşmıştır.

Yine de kriptonu tepkimeye sokmak, argon üzerine bir şey ya-

66- Bartlett, ksenon üstüne bu önemli deneyi bir cuma günü yapmış, hazırlıklarını tamamlaması bütün gününü almıştı. Cam mührü kırıp tepkimenin gerçekleştiğini gördüğünde saat akşam yediyi geçmişti. Sevinç içinde koridora çıkıp arkadaşlarına seslendiğindeyse kendisini duyacak kimse kalmamıştı. Kutlamayı mecburen tek başına yaptı.

pıştırmakla karşılaştırıldığında, kabartma sodasıyla sirkeyi karıştırmaya benzer. Barlett'ın 1962 yılındaki ksenon katısından ve 1963'teki ilk kripton katısından sonra, 2000 yılında Finlandiyalı biliminsanları argon üretmek amacıyla doğru prosedürü bulana kadar sinir bozucu otuz yedi yıl geçmişti. Bu çok hassas bir deneydi; katı argon, hidrojen gazı, flüorin gazı, reaksiyonun devam etmesi için çok yüksek reaktiflikteki başlatıcı bir bileşik olan sezyum iyodür ve bunları -265°C'de fırınlamak üzere iyi zamanlanmış ultraviyole ışık patlamaları gerekiyordu. Isının biraz olsun artması bile argon bileşiğinin başarısızlıkla sonlanmasına neden oluyordu.

Bununla beraber, bu sıcaklığın altına inildiğinde argon fluorohydride (HArF) dayanıklı bir kristaldi. Biliminsanları bu başarılarını "Kararlı Bir Argon Bileşiği" başlıklı bir makalede duyurdu. Sadece ne yaptıklarını duyurarak bile yeteri kadar böbürlenmiş oluyorlardı. Biliminsanları uzayın en soğuk bölgelerinde bile minicik helyum ve neonun başka bir elementle asla bağ yapmayacağını düşündüğünden, argon şimdiye kadar insanların bileşik olmaya zorladıkları en zorlu element olma namını korumuştur.

Argonun alışkanlıklarını değiştirmeye yanaşmadığı düşünülürse, argon bileşiği oluşturmak büyük bir başarıdır. Ancak biliminsanları asal gaz bileşiklerini düşünmez, hatta kalaydaki alfa-beta değişimlerini, yani maddenin farklı hallerini bile görmezden gelirler. Atomların değişik yollarla etkileşime girdiği her farklı hal, kayda değer miktarda farklı enerjiye ihtiyaç duyar. Atomların yerlerinin çoğunlukla sabit olduğu katı halinin, parçacıkların birbiri etrafında yüzebildiği sıvı halinin ve parçacıkların bilardo topu gibi çarparak geri teptiği gaz halinin maddenin farklı halleri olmasının nedeni budur.

Yine de katılar, sıvılar ve gazların pek çok ortak yönü vardır. Birinde parçacıklar iyi tanımlanmış ve ayrıktır. Fakat bu bağımsızlık plazma haline kadar ısıttığınızda anarşiye yol açar ve atomlar birbirinden ayrılmaya başlar. Veya parçacıkların üst üste gelmeye başla-

dığı ve büyüleyici şekillerde birleştiği noktaya kadar soğuttuğunuzda maddenin ortak halleri ortaya çıkar.

Süper iletkenleri ele alalım. Bazı malzemeler hiçbir direnç göstermeksizin elektrik akımını iletirler. Bakır bir telin içindeki elektronlar bakır atomları arasında ve etrafında akar. Elektronlar atomlara çarptığında, bakır tel ısı olarak enerji kaybeder. Süper iletkenlerde, üzerlerinden akan elektronlar hiçbir zaman enerji kaybedip güçten düşmez. Aslına bakarsanız, süper iletken soğuk kaldığı sürece akım sonsuza dek devam edebilir. Bu özellik ilk olarak 1911 yılında -268°C'deki cıvada keşfedilmiştir. Yıllar boyunca çoğu biliminsanı süper iletken elektronlarının manevra yapacak daha çok alana sahip olduğunu düşünmüştür: Süper iletkenlerdeki atomların ileri geri titreşim yapacak çok daha az enerjisi vardır, bu da elektronlara akıp gidecek ve çarpmaları önleyecek daha geniş bir alan sağlar. Bu açıklama bir yere kadar doğrudur. Fakat 1957 yılında üç biliminsanının ortaya çıkardığı gibi, düşük sıcaklıklarda metamorfoza uğrayan bizzat elektronların kendisidir.

Bir süper iletkendeki atomları geçtiğinde, elektronlar atomların çekirdeğine asılır. Pozitif çekirdek biraz elektronlara doğru saparak yüksek yoğunluklu pozitif bir yük bırakır. Daha yüksek yoğunluklu yük diğer elektronları çeker, bu şekilde bir anlamda ilki ile eşleşmiş olur. Ancak elektronlar arasındaki bu eşleşme güçlü olmaz, daha çok argon ile flüor arasındaki zayıf bağa benzer. Eşleşme sadece atomların çok fazla titreşmediği ve elektronları ileriye atmadığı düşük sıcaklıklarda kendisini gösterir. Bu düşük sıcaklıklarda elektronlar yalıtılmış değildir; birbirlerine yapışıktır ve takımlar halinde çalışırlar. Ayrıca devre sırasında, bir elektron işini aksatırsa veya bir atoma çarparsa, ortakları hızlarını düşürmeden onu bir anda çekerler. Milyarlarca ve milyarlarca çift aynı şeyi yaptığı anda, söz konusu mikroskobik hal süper iletkenliğe dönüşür.

Süper iletkenin ne olduğunun açıklaması, onu geliştiren John Bardeen, Leon Cooper (elektron çiftleri de Cooper çiftleri olarak

adlandırılır) ve Robert Schrieffer'ın soyadlarından türetilen, süper iletkenliğin BCS teorisi olarak bilinir. Aynı zamanda germanyum transistörün kaşiflerinden olan John Bardeen, Nobel aldığı haberini duyduğunda elindeki yumurtaları yere düşürmüşlüğüyle de bilinir. Bardeen 1951 yılında Illinois'a gitmek üzere Bell Laboratuvarları'nı terk ettikten sonra kendisini süper iletkenliğe adamıştı. BCS üçlüsü altı yıl sonra bütünlüklü bir teori olarak ortaya çıktı. Kanıtları öylesine iyi ve kesindi ki bu çalışmaları sayesinde 1972 yılında Nobel Fizik Ödülü'nü kazandılar. Bardeen bu kez de transistörle çalışan yeni elektrikli garajının kapısını açmayı beceremediğinden, üniversitedeki basın toplantısını kaçırmasıyla anıldı. Fakat Stockholm'u ikinci ziyaretinde, 1950'lerde yapacağına söz verdiği gibi, iki yetişkin oğlunu İsveç kralına takdim etti.

Elementlerin süper iletken oldukları sıcaklığın da altına soğutulmalarıyla, atomlar üst üste biner ve birbirini yutacak kadar çılgınlaşır; buna koherent hal adını verilir. Koherent halin anlaşılması, okuduğunuz bölümde daha önce bahsi geçen, maddenin imkansız Einstein halinin anlaşılmasında çok önemlidir. Ancak onun için de ışığın doğasına ve bir zamanlar imkansız olarak görülen lazerlere dair kısa fakat elementler açısından zengin bir giriş gerektirir.

Bir fizikçinin garip ve estetik olmayan duygularını çok az şey, ışığın belirsiz, ikisi bir arada hali kadar hoşnut eder. Normalde ışığı dalgalar olarak düşünürüz. Aslında Einstein özel izafiyet teorisini kısmen, eğer ata biner gibi bu dalgalardan birine binerse, evrenin ona nasıl görüneceği (uzayın neye benzeyeceği, zamanın nasıl ilerleyeceği veya ilerlemeyeceği) üzerine düşünerek formüle etmiştir. (Bunu nasıl hayal etmiş olabileceğini sakın bana sormayın!) Einstein aynı zamanda ışığın bazen de fotonlar adı verilen parçacıklar halinde hareket ettiğini kanıtladı. Dalga ve parçacık görüşlerini birleştirerek (buna dalga-parçacık ikiliği denir) ışığın evrendeki en hızlı şey olduğu gibi, saniyede 186.000 mil hızıyla vakumda da mümkün olan en hızlı şey olduğu sonucuna vardı. Işığı dalga veya parça-

cık olarak saptamanız onu nasıl ölçtüğünüze göre değişir, çünkü ışık tam anlamıyla ne biri ne de diğeridir.

Vakumdaki bu haşin güzelliğine rağmen ışık, bazı elementlerle etkileşime girdiğinde baştan çıkar. Sodyum ve praseodim ışığın hızını saniyede 6 mile indirebilir, yani sesten daha yavaş hale getirebilir. Hatta bu tür elementler ışığı yakalayabilir, birkaç saniye boyunca bir beyzbol topu gibi tutabilir ve sonra farklı bir yöne fırlatabilir.

Lazerler ışığı daha kurnaz yollarla değiştirir. Elektronlar asansör gibidir; asla 1. seviyeden 3,5 seviyesine yükselmez veya 5. seviyeden 1,8 seviyesine düşmez. Elektronlar sadece tam sayılı seviyeler arasında sıçrama yapar. Uyarılmış elektronlar tekrar geriye düştüklerinde fazla enerjiyi ışık olarak boşaltırlar ve elektron hareketleri çok sınırlı olduğundan üretilen ışığın rengi de sınırlıdır. En azından teoride bunlar monokromatiktir. Pratikte ise farklı atomlardaki elektronlar eşzamanlı olarak 3. seviyeden 1'e veya 4'ten 2'ye düşer, her farklı düşüş de farklı bir renk ortaya çıkarır. Buna ek olarak, farklı atomlar farklı zamanlarda ışık açığa çıkarır. Bu ışık gözlerimize tekdüze gibi görünür, fakat foton seviyesinde düzensiz ve karmakarışıktır.

Lazerler bu zamanlama sorunundan, asansörün hangi katlarda durması gerektiğini sınırlandırarak (kuzenleri olan, aynı şekilde çalışan fakat görünmez ışık üreten maserlerdeki gibi) kurtulur. Bugünkü en güçlü ve en etkileyici lazerler neodim ile yükseltilmiş itriyum kristalleri içerir ve bir saniyeden kısa sürede, bütün ABD'den daha fazla güç açığa çıkaran ışınlar üretebilir. Lazerin içinde, hızla yanıp sönen ışık neodim-itriyum kristalleri etrafında dolanır ve inanılmaz derecede yüksek yoğunluklarda akıl almaz hızlarla hareket eder. Bu ışık akışı neodimdeki elektronları uyarır ve bunların normalden çok uzaklara sıçramasını sağlar. Yani asansör aniden onunca kata fırlayabilir. Yükseklikten birden başı döner ve örneğin hemen ikinci kata geri iner. Fakat normal çarpmalardan farklı olarak, elektronlar o kadar rahatsız durumdadırlar ki bozulurlar ve fazla enerji-

lerini ışık olarak serbest bırakmak yerine, sallanır ve ısı enerjisi açığa çıkarırlar. Ayrıca güvenli olan ikinci katta rahatlayarak asansörden ayrılır, oyalanır ve zemin kata inmek için acele etmezler.

Aslında aşağı doğru aceleyle harekete geçmeden önce hızla yanıp sönen ışık yeniden ışıldar. Böylece neodim elektronlarından daha fazlasını uçurarak onuncu kata gönderir ve geri çarpmalarını sağlar. Aynı işlem tekrar tekrar gerçekleştiğinde, ikinci kat kalabalıklaşır; ikinci katta birinciden daha fazla elektron biriktiğinde lazer "popülasyonun tersine dönmesi" haline erişmiştir. Bu noktada oyalanan elektronlardan bazıları zemin kata atlarsa zaten gergin ve kalabalık haldeki komşularını rahatsız edip onları balkondan aşağı düşürür ve diğerlerinin de düşmesine neden olur. Şu basit güzelliğe dikkat edin: Neodim elektronlarının tamamı aynı anda ikiden bire düşer, böylece hepsi aynı ışık rengini verir. Lazerin temelini işte bu koherent hal oluşturur. Lazer cihazının geri kalanı ışık ışınlarını toplar ve huzmeleri iki ayna arasında ileri geri sıçratarak biler. Fakat bu noktada neodim-itriyum kristali, koherent haldeki ve yoğunlaştırılmış ışığı, bazen termonükleer füzyonu tetikleyebilecek güçte ve bazen de gözün geri kalanını kızartmadan korneayı yontabilecek şekilde odaklanmış huzmeleri üretme işini tamamlamıştır.

Görüldüğü üzere lazerler bilimsel mucizelerden çok mühendislik harikalarıdır, fakat 1950'lerde lazerler (ve tarihsel olarak daha önce ortaya çıkan maserler) geliştirildiğinde gerçek bilimsel önyargılarla karşılanmıştır. Charles Townes, çalışan ilk maseri ürettikten sonra bile, kıdemli biliminsanlarının ona bezgin suratlarla bakıp, "Üzgünüm Charles, bunu yapmak imkansız," dediğini hatırlamaktadır. Aslında onlar "Sonraki Büyük Şey"i görmekten aciz, hayal gücünden yoksun, dar fikirli, karamsar insanlar değillerdi. Modern bilgisayarların (ve modern nükleer bombaların) temel mimarisinin tasarımına katkıda bulunan John von Neumann da, kuantum mekaniği açıklamasına kendi payına düşeni yapan Niels Bohr da, Townes'ın yüzüne karşı maserinin "mümkün olmadığını" söylemişti.

Bohr ve von Neumann bunu basit bir nedenle ıskaladılar: Işığın ikili yönünü unutmuşlardı. Daha özel anlamda, kuantum mekaniğinin ünlü belirsizlik yasası onları saptırmıştı. Bir kere anlaşıldığında maddenin yeni formlarını üretmeye yarayan güçlü bir araç olmasına rağmen, Werner Heisenberg'in belirsizlik yasası yanlış anlaşılmaya çok açıktır. Bu yüzden gelecek bölümde evren ile ilgili bu küçük bulmacaya değineceğiz.

Nasıl ki hiçbir şey fizikçileri ışığın ikili doğası kadar baştan çıkartamıyorsa, yine hiçbir şey onları uygulanamayacağı durumlarda birilerinin belirsizlik yasası hakkında yorum yapması kadar ürkütemez. Bütün duyduklarınıza rağmen, gözlemciler gözlemleme eylemi ile (neredeyse[67]) hiçbir şeyi değiştiremezler. Yasanın kendi bütünlüğünde, söylediği sadece şudur:

$$\Delta x \Delta p \geq h/4\pi$$

Bu kadar!

Eğer kuantum mekaniğini dilimize çevirirseniz ki bu her zaman risklidir, denklem şunu söyler: Bir şeyin pozisyonundaki belirsizliğin (Δx), hızındaki ve yönündeki belirsizlikle (momenti, Δp) çarpımı, her zaman için "h bölü dört kere pi sayısı"ndan büyüktür veya bu sayıya eşittir. (Buradaki h, çok küçük bir sayı olan, birden neredeyse 100 trilyon kere trilyon kez küçük olan Planck sabitidir. Sayının

67- Şimdi katı tutumumdan birazcık geri adım atarak şunu ekleyeyim. Çoğu insanın belirsizlik ilkesiyle, ölçme işleminin ölçmeye çalıştığınız şeyde değişikliklere yol açtığı fikrini, yani gözlemci etkisini, aynı şey sanmalarının birkaç nedeni var. Elektronlar, protonlar ya da başka parçacıklar kadar küçük olmasalar da ışık fotonları, bilimcilerin araştırdığı en minik şeylerdendir. Dolayısıyla hızlarını ölçmek için parçacıkların üzerine fotonları fırlatmak, damperli bir kamyonun hızını ölçmek için küçük bir spor arabayla çarpmaya benzer. Sonuçta bir bilgiye ulaşırsınız, ama kamyonu yoldan çıkarmak pahasına. Ufuk açmış pek çok kuantum fiziği deneyinde, bir parçacığın dönüşünü, hızını ya da pozisyonunu gözlemek, deneyin gerçekliğini garip biçimde başkalaştırır. Bununla birlikte, gerçekleşen herhangi bir değişikliği anlamak için belirsizlik ilkesini anlamanız gerektiğini söylemekte haklılık payı olsa da, değişikliğin kendisinin nedeni, belirgin bir olgu olan gözlemci etkisidir.

Tabii ki, insanların bu ikisini aynı sanmasının asıl nedeni, büyük olasılıkla toplum olarak bizlerin, bir şeyi gözleyerek onu değiştirme fikrini anlaşılır kılacak bir metafora ihtiyaç duymamızdır. Belirsizlik ilkesi bu ihtiyacı giderir.

bu kadar küçük olmasının nedeni, belirsizlik yasasının elektron veya foton gibi çok küçük şeylere uygulanıyor olmasıdır.) Diğer bir deyişle, eğer bir parçacığın yerini çok iyi biliyorsanız, momentini kesin olarak bilemezsiniz; momentini biliyorsanız yerini bilemezsiniz.

Bu belirsizliklerin, bir şeyleri ölçerken elinizde kötü bir cetvelin bulunması gibi bir belirsizlik olmadığına dikkat edin. Bunlar doğada zaten var olan belirsizliklerdir. Işığın kısmen dalga, kısmen de parçacık olarak, nasıl tersine çevrilebilir bir doğası olduğunu unutmayın. Bohr ile von Neumann lazeri reddederken, ışığın parçacıklar veya fotonlar gibi hareket ettiği yollara saplanıp kaldılar. Lazerler fotonların yerinin belirsizliğini bir hiç haline getirecek kadar kesin ve odaklanmış gibi geliyordu onlara. Bunun anlamı da momentteki belirsizliğin çok büyük olmasıydı, yani fotonlar herhangi bir enerjiyle veya herhangi bir yöne uçabilmeliydi, ama o da sıkı şekilde odaklanmış huzme düşüncesiyle çelişiyordu.

Oysa ışığın dalgalar şeklinde de hareket ettiğini ve dalgalar için kuralların farklı olduğunu göz ardı ettiler. Bir dalganın nerede olduğunu nasıl söyleyebilirsiniz ki? Dalga doğası gereği yayılır, yani kendiliğinden bir belirsizlik kaynağıdır. Üstelik parçacıklardan farklı olarak, dalgalar birbirini yutabilir ve bir diğeriyle birleşebilir. Bir göle atılan iki taşın en yüksek dalgaları taşların arasında kalan alanda ortaya çıkacaktır, çünkü bu alan her iki taraftan gelen daha küçük dalgalardan enerji alır.

Lazerde ise, iki değil hepsi bir araya gelip ışık dalgaları ortaya çıkaran trilyonlarca ve trilyonlarca "taş" (yani elektronlar) vardır. Ancak belirsizlik yasasının parçacık gruplarına değil de, sadece tekil parçacıklara uygulanabilmesi önemlidir. Işık parçacıklarının kümesi olan bir huzmedeki herhangi bir fotonun nerede olduğunu söylemek imkansızdır. Huzmedeki her bir fotonun yerinin bu kadar belirsiz olması sayesinde, enerjisini ve yönünü kesin bir kanala yönlendirerek lazer yapabilirsiniz. Bu delikten faydalanmak zordur, fakat bir kere parmaklarınızı içine soktuğunuzda fazlasıyla güçlüdür.

Tam da bu nedenle *Times*, Townes'u (Pauling ve Segrè ile birlikte) 1960'ta "Yılın Adamı" olarak onurlandırdı ve Townes maser çalışmasıyla 1964 yılında Nobel kazandı.

Çok geçmeden biliminsanları da bu deliğe fotonlardan çok daha fazlasının girebileceğini fark etti. Işık huzmelerinin parçacık/dalga ikili doğasına sahip olması gibi, protonlar, elektronlar ve diğer sert varsayılan parçacıklar da ne kadar derinine inilir ve incelenirse o kadar bulanıklaşır. En derin ve gizemli kuantum seviyesindeki madde belirsiz ve dalga gibidir. Belirsizlik yasası dalgalar etrafındaki duvarları çizmenin sınırına dair matematiksel bir ifade olduğundan, derinlere inildikçe bu parçacıklar da belirsizliğin koruması altına girer.

Yeniden belirtmek gerekir ki bu sadece küçük skalalarda, yani Planck sabiti olan h'nin, birden 100 trilyon kere trilyonlarca kez küçük bir sayının hiç de küçük sayılmadığı skalalarda çalışır. Ancak insanlar bundan biraz fazla anlam çıkarmıştır. Kimileri, $\Delta x \Delta p \geq h/4\pi$ denkleminin, günlük hayatta bir şeyleri değiştirmeksizin onları gözlemleyemeyeceğimizi, nesnelliğin bir sahtekarlık olduğunu ve biliminsanlarının bir şey bildiklerini düşünerek kendilerini kandırdığını "kanıtladığını" iddia ettiler. Gerçekteyse nano seviyedeki belirsizliğin bizim makro skalamızda bir şeyleri etkilediği tek bir durum vardır, o da maddenin tuhaf hali, yani Bose-Einstein yoğunlaşması (BEY).

Hikaye, 1920'lerin başlarında, hantal ve gözlüklü Hintli bir fizikçi olan Satyendra Nath Bose'un bir derste bazı kuantum mekaniği denklemleri üzerine çalışırken yaptığı bir hatayla başlar, çünkü hatası sonucunda ulaştığı "yanlış" cevaplar fotonların özellikleri üzerine yapılmış deneylerle çok iyi ("doğru" teoriden çok daha iyi) örtüşüyordu.[68]

68- Bose'nin hatası istatistikseldi. Eğer havaya attığınız iki paradan birinin yazı birinin tura gelmesi olasılığını hesaplamak isterseniz, doğru cevabı dört seçeneği yan yana yazarak kolaylıkla hesaplayabilirsiniz: YY, TT, YT, TY. Yani 2/4, 1/2. Bose ise basitçe YT ve TY'yi tek bir sonuç olarak alıp cevabı 1/3 olarak bulmuştu.

Fizikçilerin tarih boyunca sık sık yaptığı gibi Bose da, sonradan itiraf ettiği üzere neden yaptığını bilmeden, hatasının doğru olduğunu iddia etmeye karar vererek bir makale yazdı. Görünen hatası ve bir Hintli olarak anlaşılmaması, Avrupa'da yayınlanan dergilerin kendisini reddetmesine neden oldu. Yılmayan Bose makalesini doğrudan Albert Einstein'a gönderdi. Einstein bunu yakından inceleyip Bose'un cevabının zekice olduğuna karar verdi. Buna göre, fotonlar gibi belirli parçacıklar ayırt edilemez hale gelene kadar birbirinin üstüne düşebilirdi. Einstein makaleyi biraz toparlayıp Almancaya çevirdi ve Bose'un çalışmasını sadece fotonları değil, bütün atomları kapsayan ayrı bir makale olarak genişletti. Şöhretini kullanarak iki makaleyi de birbiriyle ilintili olarak yayınlattı.

Einstein, makalelere atomların yeteri kadar soğutulduğunda (süper iletkenlerden bile milyarlarca kez daha soğuk) maddenin yeni bir hale doğru yoğunlaşacağını vurgulayan birkaç satır ekledi. Bununla birlikte o kadar soğuk atomlar üretme yeteneği, ileri görüşlü Einstein'ın bile algılayamayacağı kadar günün teknolojisini aşıyordu. Yoğunlaşmasının anlamsız bir merak olduğunu düşündü. Biliminsanları on yıl kadar sonra Bose-Einstein'ın bu maddesine şöyle bir göz attıklarında, bunu küçük atom ceplerinin birbirine bağlandığı bir tür süper sıvı helyum gibi gördüler. Süper iletkenlerdeki Cooper elektron çiftleri de bir şekilde BEY gibi davranıyordu. Fakat süper sıvılardaki ve süper iletkenlerdeki birbirine bağlanma sınırlıydı ve hiç de Einstein'ın tasavvur ettiği hal gibi (onunkisi soğuk, aralıklı bir sisti) değildi. Her şeye rağmen, helyum ve BCS tayfası Einstein'ın varsayımını takip etmedi. 1995 yılında Colorado Üniversitesi'nden iki zeki bilimcinin, rubidyum atomlarından bir gazla bunu yeniden gündeme getirmesine kadar BEY üzerine başka bir şey yapılmadı.

Gerçek BEY'i mümkün hale getiren ilk teknik gelişme, temeli Bose'un fotonlar hakkında benimsediği düşünceye dayanan lazerdi. Lazerler genelde bir şeyleri ısıttığından bu fikir biraz saçma gelebi-

lir. Ama lazerler doğru kullanıldığında atomları soğutabilir de. Temel ve nano düzeyde, sıcaklık sadece parçacıkların ortalama hızlarını ölçer. Sıcak moleküller çarpışan kızgın küçük yumruklardır, soğuk moleküller ise sürüklenir. Başka bir deyişle, bir şeyi soğutmanın yolu parçacıklarını yavaşlatmaktan geçer. Lazer soğutmasında, biliminsanları hayalet avlar gibi birkaç huzmeyi karşıya geçirir ve bir "optik tortu" tuzağı yaratırlar. Gazın içindeki rubidyum atomları tortudan fırladığında, lazer onları düşük yoğunluklu fotonlar halinde atar. Rubidyum atomları çok daha büyük ve güçlü olduğundan, makineli tüfekle göz alıcı bir asteroite ateş açmak gibidir bu. Boyut uyumsuzluğuna rağmen, bir asteroitin yeterli sayıda mermiyle vurulması sonunda onu durdurur. Rubidyum atomlarının başına gelen de tam budur. Her yönden fotonları emdikten sonra yavaşlar, yavaşlar, biraz daha yavaşlar ve sıcaklığı mutlak sıfıra bir derecenin 1/10.000'i kadar yaklaşır.

Fakat bu ısı bile BEY için cehennem sıcağı gibidir (şimdi Einstein'ın neden bu kadar karamsar olduğunu anlayabilirsiniz). Colorado ikilisi Eric Cornell ve Carl Wieman rubidyum gazında geriye kalan "en sıcak" atomların bir mıknatıs tarafından sürekli emildiği ikinci bir soğutma fazı geliştirdi. Temel olarak bir kaşık çorbaya üflemenin karmaşık bir yoluydu bu, yani daha sıcak atomları uzaklaştırarak soğutma gibi. Yüksek enerjili atomlar uzaklaştıkça, bütündeki sıcaklık da düşmeye devam eder. Bunu yavaşça yaparak ve her seferinde en sıcak birkaç atomu uzaklaştırarak, biliminsanları ısıyı mutlak sıfırın bir derecenin milyarda biri (0.000000001) kadara indirebildiler. Sonuçta iki bin rubidyum atomundan oluşan örneklem yıkılarak, evrenin bilinen en soğuk, en yapışkan ve en kırılgan kütlesi olan Bose-Einstein yoğunlaşmasına dönüştü.

Fakat "iki bin rubidyum atomu" demek, BEY'in neden bu kadar özel olduğunu anlamayı zorlaştır, çünkü buradaki durum iki bin rubidyum atomunun yan yana gelmesi gibi değildi. Bu bir tekillikti ve belirsizlik yasasıyla ilişkisini açıklıyordu. Yine söyleyelim, ısı sadece

atomların ortalama hızlarını ölçer. Eğer moleküllerin ısısı bir derecenin milyarda birine kadar inerse, bu bir hız sayılmaz, yani bu hızdaki belirsizlik anlamsız miktarda düşüktür. Hatta sıfırdır. Ve atomların bu seviyede dalga gibi olan doğası sayesinde, yerlerine dair belirsizlik de bir o kadar büyük olmalıdır.

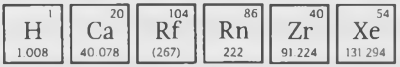
O kadar büyük ki iki bilimci durmadan rubidyum atomlarını soğuttu ve bunları bir araya sıkıştırdı. Atomlar şişmeye, yayılmaya, birbiri üstüne gelmeye ve sonunda birbiri içinde kaybolmaya başladı. Geriye, teoride (eğer çok kırılgan olmasaydı) mikroskop altında görülebilecek büyüklükte hayaletimsi bir "atom" kaldı. Belirsizlik yasasının aniden gelip neredeyse insani boyutlardaki bir şeyi etkileyebildiğini gördüğümüz tek olay da buydu. Maddenin bu yeni halini yaratmak 100.000 dolardan ucuza mâl oldu. BEY yanmadan sadece on saniye bir arada durabildi, ancak bu süre bile Cornell ve Wieman'a 2001 yılı Nobel Ödülü'nü kazandırmaya yetti.[69]

Teknoloji gelişmeye devam ettikçe, biliminsanları da maddelerden BEY oluşturmakta daha iyi hale geldiler. Bilimciler yakında ışın lazerlerinden bin kat daha güçlü ultra-odaklanmış atom huzmeleri fırlatan "cisim lazerleri" üretme yeteneğine veya katılığını kaybetmeden birbiri içinden akabilen "süper katı" buz küpleri üretme olanağına kavuşacak. Gelecekte bu tür şeyler, en az yaşadığımız olağanüstü çağda ışın lazerlerinin ve süper sıvıların yaptığı gibi hayranlık uyandıracak.

69- Cornell ve Wieman Nobel Ödülü'nü, onlardan hemen sonra BEY'i meydana getiren ve onun olağandışı bazı özelliklerini keşfeden Alman fizikçi Wolfgang Ketterle'le paylaştı. Ne yazık ki Cornell kazandığı ödülün mutluluğunu pek uzun yaşayamadı. 2004 yılında Cadılar Bayramı'ndan birkaç gün önce grip ve omuz ağrısıyla hastaneye kaldırıldı ve ardından komaya girdi. Basit bir boğaz enfeksiyonu metastaz yaparak nekrotizan fasit denilen şiddetli bir yumuşak doku enfeksiyonuna dönüştü. Cerrahlar sol kolunu omzuyla birlikte keserek enfeksiyonu durdurmaya çalıştılar, ama işe yaramadı. Cornell, doktorlar durumunu kontrol altına alıncaya kadar üç hafta boyunca yarı ölü halde yattı. Sonunda tümüyle iyileşti.

17

İhtişamlı Küreler: **Kabarcık Bilimi**



Bilim periyodik tablodaki her buluşu, BEY'de olduğu gibi maddenin egzotik ve karmaşık hallerine kadar derinlemesine incelemek zorunda değildi. Şans ve bilim perileri isabetli şekilde işbirliği yaptığında, bildiğimiz sıvılar, katılar ve gazlar bile zaman zaman bazı sırları açığa vurabilirler. Söylenceye göre, bilim araç gereçlerinin tarihteki en önemli parçalarından birinin keşfi, sadece bir bardak biranın *üzerinden* değil, aynı zamanda bir bardak bira *sayesinde* gerçekleşmiştir.

Yirmi beş yaşlarında, mütevazı, çiçeği burnunda bir öğretim görevlisi olan ve Michigan Üniversitesi çevresindeki barlara sık sık uğrayan Donald Glaser bir gece bira bardağındaki kabarcıklara bakıyordu ve doğal olarak parçacık fiziği üzerine düşüncelere daldı. 1952 yılında biliminsanlarının, K mezon, müon ve pionlar gibi, alışılmış protonların, nötronların ve elektronların manevi kardeşleri olan egzotik ve kırılgan parçacık türleriyle ilgili kullandıkları bilgi, Manhattan Projesi'nden ve nükleer bilimden geliyordu. Fizikçiler bu parçacıkların periyodik tabloyu maddenin temel haritası olmaktan çıkartacağından kuşkulanıyor, hatta bunu umuyorlardı, çünkü atom altından daha derin dehlizleri inceleyebileceklerdi.

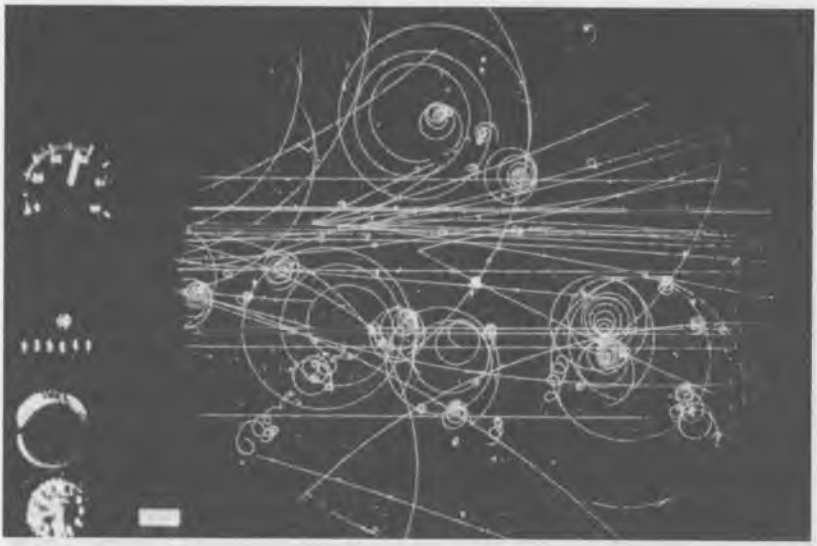
Fakat daha ileri gitmek için, bu ölçülemeyecek kadar küçük parçacıkları "görmenin" ve nasıl davrandıklarını takip etmenin iyi bir yolunu bulmalıydılar. Kısa dalgalı saçlı, gözlüklü ve yüksek alınlı Glaser'a göre cevap birasındaki kabarcıklardaydı. Sıvılardaki kabarcıklar kusurların ve uyuşmazlıkların etrafında oluşur. Örneğin şampanyadaki kabarcıklar kadehteki mikroskobik çiziklerde oluşur; biradaki çözünmüş karbondioksit cepleri de kabarcıkların oluşmasına neden olur. Glaser bir fizikçi olarak sıvıların ısındıkça ve kaynama noktasına yaklaştıkça kabarcıklar oluşturma eğiliminde olduğunu (ocağın üzerindeki bir kap suyu düşünün) biliyordu. Aslında bir sıvı kaynama noktasının altındayken de, herhangi bir uyaranın varlığında hemen kabarcık çıkarmaya başlar.

İyi bir başlangıç, fakat yine de sadece temel fizik bilgisi! Glaser'a şöhretini kazandıran şey sonradan attığı zekice adımlardı. Ender K mezonlar, müonlar ve pionlar sadece bir atomun çekirdeği, yani onun yoğun özü paramparça olduğunda açığa çıkar. 1952 yılında, içindeki "silah" sayesinde soğuk gaz atomlarındaki ultra hızlı atomik torpidoların ateşlendiği, bulut çemberi adı verilen bir cihaz ortaya çıktı. Müonlar, K mezonlar ve diğerleri doğrudan vuruşlardan sonra bazen çemberin içinde görünüyor ve gaz, parçacıkların yolu boyunca sıvı damlacıkları haline geliyordu. Fakat Glaser'a göre, gaz yerine bir sıvının kullanılması daha anlamlıydı. Sıvılar gazlardan binlerce kat daha yoğundu, bu nedenle atomik silah, örneğin sıvı hidrojene yönlendirilirse çok daha fazla çarpışma oluşacaktı. Buna ek olarak, sıvı hidrojen kaynama noktasının biraz altında tutulduğunda, hayali bir parçacıktaki enerjinin küçük bir kısmı bile Glaser'ın birasındaki gibi hidrojeni kabarcık haline getirecekti. Ayrıca Glaser bu kabarcık denemelerini fotoğraflayabileceğini, boyut ve yüklerine göre farklı parçacıkların farklı denemeleri veya spiralleri nasıl terk ettiğini ölçebileceğini düşünüyordu. Söylencenin devamına göre, Glaser bardağındaki son köpüğü yudumladığında bütün meseleyi çözmüştü.

Bilimcilerin inanmak istedikleri şeyin mutlu bir tesadüfle bulunuşunun bu hikayesi, ne yazık ki pek çok efsane gibi tamamen doğru değil. Glaser kabarcık haznesini icat etti, fakat bir bar peçetesi üzerinde değil, laboratuvarda kılı kırk yaran deneylerle. Ne var ki gerçek, efsaneden daha acayip. Glaser kabarcık çemberini yukarıda açıklandığı üzere çalışması amacıyla tasarlamıştı, fakat ufak bir farkla.

Kim bilir hangi nedenle (belki de üniversitenin büyüsünden çıkamadığından), genç adam atomik silahın hedef alması gereken sıvı olarak hidrojeni değil, birayı seçti. Biranın atom altı biliminde çağın önemli bir buluşuna önderlik edeceğine gerçekten inanıyordu. Onun geceleri laboratuvara gizlice Budweiser sokmaya çalıştığını, yüksük boyutundaki beherleri birayla doldurduğunu, bunları neredeyse kaynama noktasına kadar ısıttığını ve fizikte bilinen en egzotik parçacıkları üretmek üzere bombardımana tutarken, belki de bir şişeyi de bilim ile kendi midesi arasında paylaştırdığını hayal edebilirsiniz.

Bilim adına kederli bir son olsa da, Glaser'ın daha sonra söylediği gibi, bira deneyleri fos çıktı. Ayrıca buharlaştırılmış biranın pis kokusundan da kimse hoşnut değildi. Yılmayan Glaser deneylerini yeniden düzenledi ve (dinozorları öldüren asteroit ile ün yapmış) meslektaşı Luis Alvarez kullanılabilecek en duyarlı sıvının hidrojen olduğunu tespit etti. Sıvı hidrojen yaklaşık -252°C'de kaynar, bu sayede çok küçük miktarlardaki ısı bile kabarcık oluşturur. En basit element olan hidrojen, diğer elementlerin (veya biranın) parçacıkları çarpıştığında neden olabileceği karışık sorunlara yol açmaz. Glaser'ın düzeltmeler yaptığı "kabarcık haznesi" 1960 yılında onu *Time*'ın, Linus Pauling, William Shockley ve Emilio Segrè'nin de dahil olduğu on beş kişilik "Yılın Adamı" listesine sokacak kadar etkili oldu. Ayrıca daha otuz üç yaşındayken Nobel Ödülü'nü kazandı. Daha sonra Berkeley'e gittiğinde tören için Edwin McMillan ve Segrè'nin beyaz yeleğini ödünç aldı.



Boyut ve yüklerine göre farklı atom altı parçacıklar, bir köpük çemberinde patladıkça farklı sarmallar ve spiraller yapar. Aslında yollar, buz gibi bir sıvı hidrojen banyosunda güzelce yerleştirilmiş kabarcıklardır. (CERN'in izniyle.)

Kabarcıklar genelde önemli bir bilimsel araç olarak görülmez. Doğada her yerde bulunmalarına ve çok kolay üretilmelerine rağmen (veya bunun sonucu olarak) yüzyıllardır oyuncak yerine konulmuşlardır. Ancak 1900'lerde, fizik baskın bilim olarak öne çıktığında işler değişti ve fizikçiler bir anda evrendeki en basit yapıları araştırmak üzere bu oyuncaklara pek çok görev yükledi. Günümüzde ise biyoloji etkin olduğundan, biyologlar kabarcıkları hücrelerin, yani evrendeki en karmaşık yapıların gelişimini araştırmak amacıyla kullanıyor. Kabarcıklar bilimin her alanındaki deneyler için muhteşem doğal laboratuvarlar olduklarını kanıtladılar ve bilimin bugünkü tarihi bu "ihtişam küresi" incelemelerine paralel okunabilir.

Kabarcıkların üst üste gelerek küresel şekillerini kaybettiği köpük gibi kolayca kabarcık oluşturan element kalsiyumdur. Hücrelerin dokuları oluşturması gibi kabarcıklar da köpükleri oluşturur ve vücuttaki köpük yapıya en güzel örnek (tükürük haricinde) sün-

gerimsi kemiktir. Genelde köpüklerin en fazla tıraş köpüğü kadar sağlam olabileceğini düşünürüz, fakat hava doldurulmuş başka bazı maddeler tamamen kuruduğunda veya soğuduğunda sertleşir ve sıkılaşır. NASA uzay mekiklerini uzaydan atmosfere dönerken korumak amacıyla özel köpükler kullanır; kalsiyumla güçlendirilmiş kemikler de benzer şekilde güçlü fakat hafiftir. Hatta bin yıllardır heykeltıraşlar mermer ve kireç taşı gibi bükülebilir ama sağlam kalsiyum taşını oyarak mezar taşları, dikili taşlar ve putlar üretmiştir. Bu taşlar, küçük deniz yaratıklarının ölmesiyle kalsiyum bakımından zengin kabukların dibe batıp okyanus tabanında birikmesi sonucu oluşur. Kemikler gibi kabuklar da doğal gözeneklere sahiptir, fakat kalsiyumun kimyası onların elastik kuvvetini artırır. Yağmur suyunda olduğu gibi, doğal suyun çoğu küçük bir oranda asidiktir; kalsiyum mineralleri ise biraz baziktir. Su kalsiyum gözeneklerine sızdığında, ikisi de az miktarda karbondioksit açığa çıkaracak şekilde tepkimeye girer ve böylece taş yumuşar. Büyük ve jeolojik bir düzeyde düşünüldüğünde, yağmur suyu ile kalsiyum arasındaki tepkimeler mağara olarak bildiğimiz devasa boşlukları oluşturur.

Kalsiyum kabarcıkları anatomi ile sanatın ötesinde, dünya ekonomisini ve imparatorlukları da şekillendirmiştir. İngiltere'nin güney yakası boyunca uzanan kalsiyum zengini pek çok koy doğal değildir. MÖ 55 civarında kireçtaşına bayılan Romalılar buraya taşındıklarında kireçtaşı ocakları açtılar. Jül Sezar'ın gönderdiği öncü birlikler İngiltere'de Beer yakınlarında etkileyici, krem renkli kireçtaşının farkına vararak, Romalıların bina cephelerini süslemek üzere taşları çıkarmaya başladılar. Beer'den gelen İngiliz kireçtaşı daha sonra Buckingham Sarayı'nın, Londra Kulesi'nin ve Westminster Kilisesi'nin inşasında kullanıldı. Deniz kenarı uçurumlarından çıkarılan bu taşların yeriniyse ağzı açık oyuklar aldı. 1800'ler itibariyle, denizcilik yaparak ve labirentlerde ebelemece oynayarak büyümüş birkaç çocuk, kotralarıyla gittikleri Normandiya'dan arakladıkları Fransız brendisi, keman, tütün ve ipeği saklamak için çocukluk

günlerindeki gibi kalsiyum mağaralarını kullanmaya karar verdiler.

Bu kaçakçılar (veya kendi tercih ettikleri isimle serbest ticaret erbapları) İngiliz hükümetinin Napolyon'a nispet yapıp, Fransız ürünlerinden zorla topladığı nefret edilesi vergileri ve az bulunan vergilendirilmiş ürünlerin büyük talep görmesi nedeniyle başarılı oldular. Majesteleri'nin sahil güvenliğinin kaçakçılığa karşı aldığı önlemlerin yetersiz kalması, Parlamento'yu 1840'larda ticaret yasalarını liberalleştirmeye yöneltti. (Bu yasalar serbest ticareti ve o da Büyük Britanya'yı üzerinde güneşin hiç batmadığı bir imparatorluğa dönüştüren ekonomik refahı beraberinde getirdi.)

Bütün bu tarih boyunca, kabarcık biliminin uzun bir geçmişi olduğunu zannedebilirsiniz, fakat öyle olmadı. Yağın köpüklü suyu neden ılıttığını bulan Benjamin Franklin ve lazımlığındaki taze, köpüklü idrar üzerine deneyler yapan, hatta bunu tatmaktan hoşlanan Robert Boyle gibi saygın beyinler, kabarcıklara yönelik amatörce çalışmalar yaptılar. İlkel fizyologlar yarı yaşayan, yarı kesilmiş köpeklerin kanına bazen kabarcıklı gazlar gibi şeyler verdiler. Fakat bilim insanları çoğu kez kabarcıkların kendisini, yapısını ve formunu dikkate almadı. Hatta kabarcıklar üzerine çalışmayı entelektüel açıdan bayağı bulup küçümseyerek, "sezgisel bilimler" olarak adlandırdıkları alanlara bıraktılar. Sezgisel bilimler patolojik değildir, daha ziyade at beslemek veya bahçe bakımı gibi doğal fenomenleri soruşturur ve uzun süreli kontrollü deneyler yerine daha çok önsezilere ve yıllıklara dayanır. Kabarcık çalışmasıyla uğraşan sezgisel bilimse aşçılıktı. Fırıncılar ve biracılar ekmeği mayalamak için uzun süre mayayı ve karbonatlı birayı (ilkel kabarcık makineleri) kullandılar. Fakat on sekizinci yüzyılda Avrupa'nın üst düzey mutfak şefleri yumurta beyazını çırparak yumuşacık, kocaman köpükler elde etmeyi öğrendiler ve bugün bayıldığımız bezeler, delikli peynirler, kremalar ve köpüklü kahveler üzerine denemeler başladı.

Bununla birlikte aşçılar ve kimyagerler birbirlerine güvenmezler; kimyagerler aşçıları disiplinsiz ve bilimsellikten yoksun, aşçılar ise

kimyagerleri steril manyakları olarak görürler. Kabarcık bilimi ancak 1900'lerde saygı gören bir alana evrildi. Kabarcıklara gönül veren Ernest Rutherford ve Lord Kelvin çalışmalarının neye yol açacağı hakkında çok da fikir sahibi değillerdi. Aslında Rutherford o zamanlar periyodik tablonun derinliklerindeki lehimcilikle daha fazla ilgileniyordu.

1895 yılında Yeni Zelanda'dan Cambridge Üniversitesi'ne taşınmasından kısa bir süre sonra Rutherford kendisini o günün olan radyoaktivite, genetik ve nano-teknolojisine adadı. Doğal coşkusu Rutherford'u deneysel bilime yönlendirdi, fakat bu alanda pek deneyimli sayılmazdı. Çocukluğunu bir aile çiftliğinde bıldırcın avlayarak ve patates sökerek geçirmiş birisi olarak, Cambridge'in temiz giyimli efendileri arasında kendisini "aslan kılığında bir eşek" gibi hissediyordu. Denizaygırlarınınkini andıran bir bıyığı vardı, radyoaktif örnekleri öylece cebinde taşıyordu, kötü sigaralar ve pipo içiyordu. Laboratuvarda, ekipmanları doğru dürüst çalışmadığında sağlam küfürler savuruyordu. Sonra da bu küfürleri telafi etmek istercesine (muhtemelen dindar karısı ona küfretmeyi yasaklamıştı), karanlık laboratuvarında yürürken yüksek sesle ve akortsuz bir şekilde "İleri, Hıristiyan Askerleri" şarkısını söylüyordu. Canavarı andıran tasvirine karşın, Rutherford'un öne çıkan bilimsel tavrı çok zarifti. Büyük olasılıkla bilim tarihinde, fiziksel aygıtlar aracılığıyla doğanın sırlarını açıklayan daha başarılı başka kimse yoktu. Ayrıca bir elementin diğerine nasıl dönüştüğü gizemini çözmede kullandığı zarafetin başka bir örneği de yok.

Rutherford Cambridge'den Toronto'ya taşındıktan sonra, radyoaktif maddelerin çevrelerindeki havaya nasıl radyoaktivite bulaştırdıklarını araştırmaya başladı. Marie Curie'nin çalışması üzerinden ilerleyen Rutherford daha kurnaz davrandı. Curie'ye (ve diğerlerine) göre, lambaların havayı ışık akınına uğratmasına benzer şekilde, radyoaktif element de havayı yüklü hale getiren bir çeşit "saf radyoaktivite" gazı açığa çıkartıyordu. Rutherford bu "saf

radyoaktivite"nin kendi radyoaktif özelliklerine sahip, henüz bilinmeyen bir element olmasından şüpheleniyordu. Sonuç itibariyle Curie kabarcık çıkaran yüzlerce kilo siyah maden cevherini kaynatarak mikroskobik radyum ve polonyum örnekleri elde etmeye aylar harcarken, Rutherford kısa bir yol fark etti ve doğanın kendisi için çalışmasına izin verdi. Basitçe, kaçan gaz kabarcıklarını yakalamak amacıyla, ters çevrilmiş bir beherin altına aktif örnekleri bıraktı, sonra geri gelip ihtiyacı olan bütün radyoaktif materyali topladı. Rutherford ve meslektaşı Frederick Soddy bu sayede radyoaktif kabarcıkların aslında yeni bir element, yani radon olduğunu kanıtladılar. Ayrıca bir elementin başka elemente dönüştüğünü de fark ettiler, çünkü numune radonun hacmi büyüdükçe beher altındaki örnek de orantılı olarak küçülüyordu.

Rutherford ve Soddy hem yeni bir element buldular, hem de periyodik tabloda bir yerden bir yere zıplamak için yeni kurallar keşfettiler. Elementler bozulmaya uğradıkça yana doğru hareket edebiliyor ve tablonun kutuları arasında atlama yapıyordu. Heyecan verici bir keşif, ama aynı zamanda kafirce bir şeydi bu. Bilim kurşunu altına çevirebileceğini iddia eden kimya düzenbazlarını aforoz etmeyi başarmıştı, ama Rutherford ve Soddy yeniden bunlara kapı açıyordu. Soddy sonunda daha fazla dayanamadı ve ağzından baklayı çıkardı: "Rutherford, bu bir transmutasyon!" Rutherford'un ise tepesi atmıştı.

"Aman ha, Soddy," diye gürledi. "Sakın buna transmutasyon deme. Simyacı diye kafamızı uçururlar!"

Üstelik radon numunesi daha ürkütücü bir bilime gebeydi. Rutherford radyoaktif atomlardan kaçıp giden küçük parçaları alfa parçacıkları olarak adlandırdı. (Ayrıca beta parçacıklarını da keşfetti.) Parçalanan elementlerin jenerasyonları arasındaki ağırlık farkına göre, alfaların aslında kaynayan bir sıvıdan kopan ve kabarcıklar halinde kaçan helyum atomları olabileceğini düşünüyordu. Eğer doğruysa elementler periyodik tabloda iki boşluk atlamaktan daha faz-

lasını yapabilirdi; uranyum helyum açığa çıkarabiliyorsa, elementler de tabloda bir uçtan diğerine sıçrayabilirdi.

Fikrini denemek isteyen Rutherford, fizik departmanındaki cam üfleyicilerde iki ampul yaptı. Sabun-baloncuğu inceliğindeki bir tanesinin içine radon pompaladı. Daha kalın ve geniş olan diğeriyse ilkinin çevresini kapladı. Alfa parçacıkları ilk cam kabuktan geçmeye yetecek enerjiye sahipti, fakat ikinciden geçemiyordu; bu yüzden ikisinin arasındaki vakumlu boşlukta sıkışıp kaldı. Birkaç gün geçmesine rağmen, deneysel anlamda önemli bir sonuç alınamamıştı, çünkü yakalanan alfa parçacıkları renksizdi ve manalı bir şey yapmıyordu. Fakat sonra Rutherford bu boşluktan batarya akımı geçirdi. Tokyo veya New York'ta bulunduysanız, nasıl olduğunu bilirsiniz. Diğer bütün asal gazlar gibi, helyum da elektrikle uyarıldığında parlar. Rutherford'un gizemli parçacıkları da helyumun tipik yeşil ve sarı renginde parlamaya başladı. Rutherford temelde alfa parçacıklarının erken bir "neon" ışığı ile helyum atomlarından kaçtığını kanıtlamış oldu. Zarafetinin ve büyük bilime yönelik inancının mükemmel bir örneğiydi bu.

Rutherford kendine özgü sezgisiyle, alfa-helyum bağlantısını 1908 yılı Nobel Ödülü'ne kabul konuşması sırasında duyurdu. (Bu ödülü kazandığı gibi, en sonuncusu kendi ölümünden en az kırk yıl sonra, 1978 yılında Nobel alan on bir bilimciye de danışmanlık yaptı, onları kendi elleriyle eğitti.) Bulguları Nobel dinleyicilerini kendinden geçirdi. Buna rağmen Rutherford'un helyum çalışmasının en hızlı ve pratik uygulaması Stockholm'de birçoğunun gözünden kaçtı. Fakat dört dörtlük bir deneyselci olan Rutherford, gerçekten büyük bir araştırmanın, sadece verili bir teoriyi desteklemek veya aksini kanıtlamakla yetinmediğini, daha fazla deneyin önünü açtığını biliyordu. Özellikle alfa-helyum deneyi dünyanın gerçek yaşı hakkındaki eski teolojik-bilimsel tartışmanın yeniden gündeme gelmesine yol açtı.

Dünyanın yaşı hakkında, kısmen bir dayanağı olan ilk tahmin 1650 yılında, İrlandalı başpiskopos James Ussher'dan gelmiş-

ti. Ussher, İncil'deki soy listesi gibi "veriler"den geriye doğru sayarak ("... ve Serug otuz yıl yaşadı ve baba Nahor... ve Nahor yirmi dokuz yıl yaşadı ve baba Terag..." vs), Tanrı'nın dünyayı MÖ 4004'te 23 Ekim'de yarattığını hesaplamıştı. Şimdi bize çok komik gelen bir tarihe ulaştığı ortada! Ancak elindeki kanıtlarla yapabileceğinin en iyisini yapmıştı. Zaten çok geçmeden bu tarihin gerçekten fersah fersah uzak olduğu anlaşıldı. Fizikçiler termodinamik denklemleri kullanarak, kesin rakamlı tahminler tutturabilirdi. Sıcak kahvenin derin dondurucuda soğumasına benzer şekilde, dünyanın soğuk uzayda sürekli ısı kaybettiği biliniyordu. Fizikçiler ısı kaybetme hızını ölçerek ve dünya üzerindeki her kayanın eriyik halde olduğu geçmişe doğru giderek dünyanın yaşını tahmin edebilirlerdi. On dokuzuncu yüzyılın önemli bilimcilerinden, Lord Kelvin olarak da bilinen William Thomson yıllarını bu soruya harcadı ve 1800'lerin sonlarında dünyanın yirmi milyon yıl önce doğmuş olması gerektiğini duyurdu.

Bu hesap insan muhakemesinin bir zaferiydi, ne var ki Ussher'ınki kadar da yanlıştı. 1900'lerde diğer bilimciler gibi Rutherford da, saygınlık ve cazibe açısından fiziğin diğer bilimleri geride bıraktığını düşünüyordu (Rutherford, "Bilimde *sadece* fizik var; diğerleri olsa olsa pul koleksiyonculuğu..." demekten zevk alıyordu, daha sonra Nobel Ödülü'nü kimya dalında aldığında bu sözlerini yutmak zorunda kaldı), ama bu durumda fizik pek işe yaramadı. Charles Darwin insanların basit bir bakteriden sadece yirmi milyon yıl içinde evrimleşmelerinin imkansız olduğunu öne sürerken, savları bir hayli ikna ediciydi. İskoç jeolog James Hutton'ın takipçileri bu kadar kısa sürede ne bir dağın ne de bir kanyonun oluşabileceğini söylüyordu. Fakat Rutherford uranyum kayalarında helyum kabarcıkları aramaya başlayana kadar, kimse Lord Kelvin'in bu hayranlık uyandıran hesaplamalarına karşı bir çözüm sunamamıştı.

Bazı taşların içinde uranyum atomları iki protona sahip alfa parçacıkları atar ve doksan numaralı element olan toryuma dönüşür.

Daha sonra toryum, başka bir alfa parçacığı atarak radyumu doğurur. Radyum ise radonu doğurur, radon polonyumu ve polonyum ise kararlı kurşunu doğurur. Gayet iyi bilinen bir bozulmadır bu. Fakat Rutherford alfa parçacıkları dışarı atıldıktan sonra, taşların içinde küçük helyum kabarcıkları oluşturduğunun farkına vardı. Temel görüş helyumun asla diğer elementlerle tepkimeye girmeyeceği veya onlar tarafından çekilmeyeceği yönündeydi. Yani kireçtaşının içindeki karbondioksitten farklı olarak, taşların içinde helyum bulunmamalıydı. Taş içindeki helyum radyoaktif çürüme sırasında ortaya çıkmış olmalıydı. Bir taşın içinde çok fazla helyum bulunması bu taşın yaşlı olduğu anlamına gelir, az miktarlar ise genç olduğunu gösterir.

1904 yılı civarında Rutherford kendisi otuz üç, Kelvin seksen yaşındayken kayaları inceleme işlemi üzerine düşündü. Bilime yaptığı bütün katkıya rağmen, Kelvin'in kafası yaşlandıkça karışmaya başlamıştı. O günlerde heyecan verici yeni teoriler öne sürebiliyordu, örneğin periyodik tablodaki bütün elementlerin, en derin seviyesindeyken, farklı şekillerde burkulmuş "eter boğumları" olduğunu söylemişti. Radyoaktivitenin sarsıcı, hatta korkutucu bilimini kendi dünya görüşüyle birleştirmesi Kelvin'in bilimsel anlayışına çok zarar vermişti. (Marie Curie'nin bir zamanlar onu radyoaktif bir elementin parlamasını göstermek üzere dolabın içine sokmak zorunda kalmasının nedeni de buydu, onu bu tehlikeye uyandırmak istemişti.) Rutherford ise dünya kabuğundaki radyoaktivitenin aşırı ısı ürettiğini anlamıştı, ancak bunu açıklarsa yaşlı adamın ısı kaybı üzerine kurduğu teoriler berbat olacaktı.

Düşüncelerini açıklamaya can atan Rutherford Cambridge'de bir ders ayarladı. Biraz bunamasına rağmen Kelvin'in bilim camiasındaki gücü sürüyordu ve yaşlı adamın en gurur duyduğu teoriyi yıkmak, ters tepip Rutherford'un kariyerini tehlikeye atabilirdi. Rutherford konuşmasına ihtiyatla başladı, fakat şansı yaver gitti, çünkü konuşmasına başlar başlamaz Kelvin ön koltukta uyuyakal-

dı. Rutherford bir an önce sonuçlarına geçme telaşına düştü, fakat tam Kelvin'in çalışmasını yerle bir edecek bölüme başlamıştı ki yaşlı adam tazelenmiş bir şekilde uyandı.

Kürsüde kapana kısılmış haldeyken, birden Rutherford'un aklına Kelvin'in bir sözü geldi. Anlaşılması güç tipik bilimsel dilde şöyle diyordu: Kelvin'in dünyanın yaşı hakkındaki hesaplamaları *birileri dünya içinde ekstra bir ısı kaynağı keşfetmediği sürece* doğrudur. Rutherford bu saklı kaynağın radyoaktivite olması gerektiğinden bahsetti ve ustaca kıvırarak Kelvin'in yıllar öncesinden radyoaktivitenin keşfini öngördüğünü söyledi. Ne deha ama! Yaşlı adam mutluluktan gözleri parlayarak izleyicilere göz attı. Rutherford'un saçmaladığını düşünüyordu, fakat iltifatını geri çevirecek de değildi.

1907 yılında Kelvin'in ölümüne kadar arkaplanda kalmayı tercih eden Rutherford, sonrasında helyum-uranyum bağlantısını kanıtladı. Artık onu durduracak küçük hesaplar kalmamış, akranları arasında seçkin biri haline gelmişti. (Hatta sonrasında periyodik tabloda yüz dört numaralı element rutherfordiyumu keşfederek bilim dünyasının kraliyet ailesine de dahil oldu.) Lord Rutherford bir miktar ilkel uranyum taşını aldı, içindeki mikroskobik kabarcıklardan helyumu akıttı ve dünyanın en azından 500 milyon yaşında olduğunu açıkladı. Kelvin'in tahmininden yirmi beş kat daha fazla olmasına karşın, gerçeğin ancak onda biri kadar doğruydu. Yıllar sonra taşlar konusunda daha deneyimli jeologlar işi ondan devraldılar ve helyum ceplerinin dünyanın yaşının en azından iki milyar yıl olduğunu kanıtladığını gösterdiler. Bu sayı hâlâ gerçeğin yarısı kadardı. Ne var ki radyoaktif taşların içindeki küçük, durağan kabarcıklar sayesinde insanlık nihayet kozmosun hayret verici yaşıyla yüzleşmeye başlıyordu.

Rutherford'dan sonra, taşların içindeki küçük element kabarcıklarını kurcalamak jeolojide standart bir uğraş haline geldi. Taklit mücevherlerde zirkonyum içeren bir mineral olan zirkonun kullanılması, özellikle bu uygulamanın meyvelerinden biridir.

Kimyasal nedenlerle zirkonlar dayanıklıdır. Zirkonyum periyodik tabloda titanyumun altında yer alır ve sahte elmas üretiminde kullanılır. Kireçtaşı gibi yumuşak taşlardan farklı olarak, pek çok zirkon dünyanın erken yaşlarından beri, genelde daha büyük kayaların içinde sert haşhaş tohumları gibi kaldı. Eşsiz kimyasından dolayı, zirkon kristalleri oluştuğunda, başıboş uranyumu vakumladı ve kendi içinde atomik kabarcıklar halinde paketledi. Zirkonlar kurşunu da sevmediklerinden, (meteorların yaptığının aksine) onu kıstırıp dışarı attı. Bu da uzun sürmedi, çünkü uranyum kurşuna dönüştü, fakat zirkonlar kurşun parçacıkları üzerinde yeniden çalışırken sorun yaşadı. Sonuç olarak bugün kurşunfobik zirkonların içinde bulunan herhangi bir kurşun, uranyumun soyundan gelmek zorundadır. Hikayenin buraya kadarı tanıdık gelmiş olmalı: Zirkonların içindeki kurşunun uranyuma oranını ölçtükten sonra, tek iş sıfırıncı yıla kadar grafiği uzatmaya kalır. Öyle ki "dünyanın en yaşlı taşı" olarak kaydedilen herhangi bir şey duyduğunuzda (muhtemelen zirkonların en uzun süre hayatta kaldığı yerler Avustralya ya da Grönland'dır), bunları tarihlendirmek için zirkon-uranyum kabarcıkları kullanıldığından emin olabilirsiniz.

Kabarcıklar diğer bilim alanlarında da bir paradigma olarak benimsendi. Glaser kendi kabarcık çemberiyle deneyler yapmaya 1950 yılında başlamıştı ve yine aynı tarihlerde John Archibald Wheeler gibi bir teorik fizikçi de evrenden, en temel seviyesinde, köpük olarak söz etmeye başladı. Bu boyutlarda, atomlardan milyarlarca trilyon kez daha küçük boyutlarda, Wheeler şunu hayal ediyordu: "Atomik ve parçacık dünyasının cam gibi pürüzsüz uzay zamanı çökecek.... Kelimenin tam anlamıyla sol ve sağ, önce ve sonra olmayacak. Olağan uzunluk kavramları ortadan kaybolacak. Olağan zaman düşüncesi uçup gidecek. Gidişatın bu haline kuantum köpüğünden daha iyi bir isim hayal edemiyorum." Bazı kozmologlar bugün, köpükten tek bir alt-mikro-nano-kabarcık serbestçe kayıp gittiğinde ve üssel bir hızla genişlemeye başladığında, evrenin tamamının he-

men yok oluşa sürükleneceğini tahmin ediyor. Bu güzel teori, bunun neden olabileceği dışında, pek çok şeyi açıklıyor.

Wheeler'ın kuantum köpüğünün entelektüel soyu, klasik dünyanın nihai fizikçisi Lord Kelvin'e kadar uzanır. Köpük biliminin mucidi olmasa da (bu onur kör bir Belçikalı'ya, Joseph Plateau'ya aittir) Kelvin ömrünü tek bir sabun kabarcığını incelemekle geçirebileceği gibi sözlerle bu bilimi popülerleştirmiştir. Ne kurnazlık ama! Oysa laboratuvar defterlerine göre Kelvin kabarcık çalışmasının taslağını bir sabah yatağında tembelce uzanırken formülleştirmişti ve bu konuda sadece kısa bir makale yazmıştı. Yine de birbirine kilitlenen kabarcıklardan bir koloni oluşturmak için, bu beyaz sakallı Viktoryen'in su ve gliserin küvetlerinde etrafı epey ıslattığına dair muhteşem hikayeler vardır. Hatta bu kabarcıkların *kare şeklinde* olduğu bile anlatılır.

Ayrıca Kelvin'in çalışması bir ivme oluşturarak, gelecek nesillere ilham verdi. 1917 yılında, biyolog D'Arcy Wentworth Thompson, *Büyüme ve Form Üzerine* adlı çığır açan kitabında hücre gelişimiyle ilgili olarak Kelvin'in teoremlerindeki kabarcık formasyonunu uyguladı. Kitap bir zamanlar "En iyi İngilizce bilim yıllığı kitabı" olarak biliniyordu. Modern hücre biyolojisi bu şekilde başladı. Hatta bugünkü biyokimya araştırmaları, kabarcıkların yaşamın nedeni olduğunu düşündürür. İlk kompleks organik moleküller dalgalı okyanuslarda değil, Kuzey Kutbu'ndaki gibi buz tabakalarının altında, su kabarcıklarının içinde oluşmuş olabilir. Su fazlasıyla ağır bir moleküldür ve donduğunda kabarcıkların içinde çözünmüş haldeki organik molekülleri, "katışık maddeler"i de kendisiyle birlikte ezer. Kabarcıklardaki bu yoğunluk ve sıkışma, molekülleri kendilerini eşleyen sistemler halinde birleştirmeye yeterli enerjiyi sağlayabilir. Hatta doğanın bu kabarcıkların ozalit kopyasını o zamandan bu yana kopyaladığını söylemek bile mümkün. İlk organik moleküllerin buzda mı, yoksa okyanusta mı oluştuğundan bağımsız olarak ilkel hücreler kesinlikle proteinler veya RNA veya DNA'yı saran ve onla-

rı aşınmaktan veya tükenmekten koruyan kabarcık şekilli yapılardır. Bugün, dört milyar yıl sonraki hücreler bile kabarcık şeklindedir.

Kelvin'in çalışması askeri bilime de ilham vermiştir. Birinci Dünya Savaşı sırasında Lord Rayleigh, savaş zamanı çok önemli bir sorun olan, denizaltının gövdesi sağlam kalırken, pervanelerinin dağılmaya ve bozulmaya bu kadar meyilli olmasının nedenini ele almıştı. Dönen pervanelerden çıkan kabarcıkların bunların etrafında dolandığı ve şekerin dişlere saldırmasına benzer aşındırıcı bir güçle metal bıçaklara saldırdığı ortaya çıktı. Denizaltı bilimi kabarcık araştırmalarında başka bir buluşun daha yolunu açtı, gerçi o zamanlar bu buluşun pek gelecek vaat etmediği düşünülmüş, biraz da tehlikeli bulunmuştu. Alman U-botları teknolojisi sağ olsun, sonar (suyun içinde hareket eden ses dalgaları) üzerine çalışmak 1930'larda çok modaydı. En azından iki araştırma ekibi, jet motoru seviyesinde bir sesle bir tankı salladığında ortaya çıkan kabarcıkların bazılarının patladığını ve mavi veya yeşil ışıltılarla parıldadığını keşfetti. Biliminsanları denizaltılar geliştirmekle daha fazla ilgilendiğinden, sonoluminesan denen bu parıltılar üzerine giden kimse olmadı, fakat elli yıldır nesilden nesile aktarılan bilimsel bir salon muhabbeti olarak kaldı.

1980'lerin ortasında bir meslektaşı Seth Putterman ile alay etmemiş olsaydı, öyle de kalmaya devam edebilirdi. Putterman, Los Angeles'ta California Üniversitesi'nde akışkan dinamiği üzerine çalışıyordu. Biliminsanları bir açıdan uzak galaksiler hakkında, kanalizasyon borularından taşan türbülanslı suya oranla daha fazla şey bilir. Meslektaşı, Putterman gibilerin cehaletiyle dalga geçiyordu, çünkü ses dalgalarının kabarcıkları ışığa nasıl dönüştürebildiğini asla açıklayamayacaklarını iddia ediyordu. İlk başlarda Putterman da bunun bir efsane olduğuna inanıyordu. Fakat sonra sonoluminesan üzerine çıkan sınırlı sayıdaki araştırmaya göz attı ve tüm zamanını vererek yanıp sönen kabarcıkları çalışmak üzere önceki çalışmasını sonlandırdı.

Putterman düşük teknolojili ilk deneylerinde, köpek düdüğü frekansına ayarlı iki stereo hoparlör arasına bir beher dolusu su yerleştirdi. Beherin içine koyduğu, tost makinesinden alınma bir ısıtma teli kabarcıkları karıştırıyor, ses dalgaları onları suyun içinde yakalıyor ve havaya yükseltiyordu. Sonra eğlenceli kısım geldi. Ses dalgaları verimsiz, düşük şiddetteki kanallar ile yüksek şiddettekiler arasında değişkenlik gösteriyordu. Yakalanan küçük kabarcıklar düşük basınca, tıpkı bir odayı dolduran balon gibi, hacmini binlerce kat artırıp şişerek tepki veriyordu. Ses dalgaları en düşük seviyeye ulaştığında, yerçekiminin 100 milyar katı büyüklüğünde kuvvetler altında, yüksek basınç cephesi yırtıldı ve kabarcık hacmi yarım milyonda birine kadar düştü. Esrarengiz ışığın kaynağının bu süpernova çarpışması olmasında şaşırılacak bir yan yoktu. Ama kabarcığın ezilerek "tekillik" haline geçmesine (bu terim kara delik çalışmaları dışında ender kullanılır) rağmen bozulmadan kalması inanılmazdı! Basınç artışlarından sonra kabarcık, sanki patlamamış, hiçbir şey olmamış gibi yeniden dışarıya çıkıyordu. Sonra yeniden eziliyor ve yeniden ışıldıyordu, bu işlem saniyede binlerce kez tekrar ediyordu.

Putterman daha sonra basit ekipmanlarını daha karmaşık olanlarla değiştirdi ve periyodik tabloyla devam etti. Kabarcıkların ışıldamasına neyin sebep olduğunu açıklamak için farklı gazlar denemeye başladı. Bildiğimiz havadaki kabarcıkların bile güzel mavi ve yeşil çıtırtılar ürettiğini ortaya çıkardı. Havanın yüzde 99'unu meydana getiren saf azot ve oksijen, sesi hangi hacim veya tizlikte gönderirse göndersin ışık saçmıyordu. Bunun üzerine Putterman, argonu buluncaya kadar havadaki eser gazları kabarcıklara pompalamaya başladı.

Argon bir asal gaz olduğundan durum acayipti. Hatta Putterman'ın (ve kabarcık bilimcilerinin artan kadrosunun) çalışmaya katabildiği diğer gazlar da argonun kimyasal kuzenleri olan kripton ve özellikle ksenondu. Aslında ksenon ve kripton sonar ile sallandığın-

da, suyun içinde 19427°C'de (bu sıcaklık güneşin yüzey sıcaklığından çok daha fazladır) cızırdayan "kavanozda yıldızlar" üreterek, argondan daha parlak bir ışık veriyordu. Fakat bu kafa karıştırıcıydı, çünkü ksenon ve kripton genellikle endüstride yangınları veya kontrolden çıkmış tepkimeleri baskı altına almak için kullanılır ve bu sıkıcı asal gazların bu kadar yoğun kabarcıklar üretebileceğini düşünmek için hiçbir neden yoktur.

Elbette eğer asallıkları gizli bir servet değilse... Kabarcıkların içindeki oksijen, karbondioksit ve diğer atmosfer gazları, gelen sonar enerjisini bölünmek veya bir diğeri ile tepkimeye girmek için kullanabilir. Sonoluminesan bakış açısından bu enerji israfıdır. Bazı bilimciler ise yüksek basınç altındaki asal gazların sonar enerjiyi artıramayacağını, fakat soğurabileceğini düşünür. Enerjiyi yok etmenin bir yolu da olmadığından, ksenon veya kripton kabarcıklarının çarpışıp enerjiyi kabarcıkların merkezinde çoğaltmak ve yoğunlaştırmaktan başka seçeneği olmaz. Eğer durum buysa, asal gazların reaktif olmaması sonoluminesanın anahtarıdır. Sebep ne olursa olsun, sonoluminesan üzerine herhangi bir çalışma, asal gaz olmanın ne demek olduğunu yeniden yazmak zorundadır.

Ne yazık ki böyle büyük bir enerjiyi kullanmaya heves eden bazı biliminsanları (Putterman da dahil) bu kırılgan kabarcık bilimini, dönemin ünlü patolojik bilimiyle akraba olan masaüstü füzyonuna bağladılar. (İçindeki sıcaklıklar nedeniyle soğuk füzyonla alakası yoktu.) Köpüklerin kararlılığını çalışan ve soğuk füzyona derinden inanan Boris Deryagin adlı etkili bir Sovyet biliminsanı sayesinde, kabarcıklar ile füzyon arasında uzun süredir belirsiz, serbest çağrışımlı bir bağlantı olduğu düşünülüyordu. (Bir keresinde Rutherford'un deneylerindeki zarafetten alabildiğine uzak, akla mantığa sığmayan bir deneyde, Deryagin suyun içinde bir Kalaşnikov ateşleyerek soğuk füzyonu tetiklemeye çalışmıştı.)

2002 yılında sonoluminesan ile füzyon (sonofüzyon) arasındaki şüpheli ilişki, *Science* dergisi sonoluminesanla güçlendirilmiş nük-

leer güç üzerine radyoaktivite açısından tartışmalı bir makale yayınladığında iyice belirgin hale geldi. *Science*'ın editörü giriş yazısında pek çok saygıdeğer bilimcinin makaleyi güvenilir bulmadığını itiraf etti, hatta Putterman bile dergiye bunu reddetmesini öğütlemişti. Ama *Science* yine de makaleyi basmıştı (bu sayede en azından bu velvelenin ne hakkında olduğunu görmek isteyen herkes bu sayıyı alacaktı). Makalenin başyazarı daha sonra verilerle oynadığı gerekçesiyle ABD Temsilciler Meclisi'nden azar işitti.

Neyse ki kabarcık bilimi bu rezalete karşı ayakta kalabilecek bir temele sahipti.[70] Alternatif enerji üzerine çalışan fizikçiler şimdilerde süper iletkenleri kabarcıklarla modelliyor. Patologlar AIDS'i, enfeksiyon kapmış hücreler patlamadan önce şiştiğinden, "köpüksü" bir virüs olarak tanımlıyor. Entomologlar suyun altında nefes alabilmek için kabarcıklar kullanan böcekleri tanıyor ve ornitologlar tavuskuşunun tüylerinin metalik parlaklığının tüylerdeki ışık tetikleyici kabarcıklardan geldiğini biliyor. En önemlisi de 2008 yılında, Appalachian State Üniversitesi'nde gıda üzerine çalışan öğrenciler nihayet diyet kolanın içine Mentos atınca neden patladığını açıkladı! Kabarcıklar. Mentos'un damarlı yüzeyi, sonradan büyük kabarcıklara dönüşen çözünmüş küçük kabarcıkları yakalayan bir ağ işlevi görüyor. Sonunda birkaç devasa kabarcık kopuyor, yukarı doğru fırlıyor ve şişe ağzına doğru vızıldayarak altı metreye kadar fışkırıyor. Bu keşif hiç şüphesiz kabarcık biliminde Donald Glaser'ın elli

---

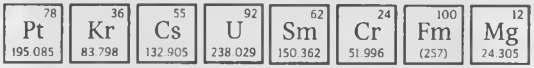
70- Kabarcık araştırmalarındaki teorik bir atılım, 2008 Çin Olimpiyatları'nda önemli bir rol oynayarak neticelendi. 1993'te Dublin'deki Trinity Üniversitesi'nden iki fizikçi Robert Phelan ve Denis Weaire, Kelvin problemine, yani kabarcıklı bir köpük yapısının nasıl mümkün olan en az yüzey alanıyla yaratılabileceği sorusuna, yeni bir çözüm bulmuşlardı. Kelvin her biri on dört yüzeyli poligonal kabarcıklardan oluşan bir köpük önermişti. Ama İrlandalı ikili, on iki ve on dört yüzlü poligonların bir kombinasyonuyla yüzey alanını yüzde 0,3 daha azaltarak Kelvin'i alt etti. 2008 Olimpiyatları'nda bir mimarlık şirketi, Michael Phelp'in havuzdaki inanılmaz performansına ev sahipliği yapan Pekin'deki kabarcık kutularından oluşan yüzme sporları merkezini yaratmak için Phelan ve Weaire'nin çalışmasını kullanmıştı.

Kabarcıklara torpil geçmekle suçlanmamak için şunu da ekleyeyim. Bugünlerde başka bir etkin araştırma alanı da "anti-kabarcıklar"dır. Kabarcıklar gibi, bir miktar havayı sarmalayan ince sıvı kürelerden farklı olarak, bunlar bir miktar havayı içine hapsetmiş ince hava kürecikleridir. Ancak anti-kabarcıklar uçup yükselmez, batar.

yıl öncesinde birasını gözlemesinden ve periyodik tabloyu devirmeyi hayal etmesinden bu yana en büyük andır!

18

Saçma Hassaslığın Araçları



Şimdiye dek tanıdığınız en titiz fen öğretmenini düşünün. Cevabınızda virgülden sonra altıncı basamağı yanlış yuvarladıysanız notunuzu düşüren, periyodik tablosunu gömleğinin altına sıkıştıran, "kütle" yerine "ağırlık" diyen her öğrenciyi düzelten ve kendisi dahil herkese şeker ile suyu karıştırırken dâhi laboratuvar gözlüğü taktıran... Şimdi de kılı kırk yardığı için bu öğretmeninizin bile nefret edeceği birini hayal edin. İşte standartlar ve ölçümler bürosunda çalışması gereken tipteki insan *odur*.

Çoğu ülkenin, bir saniyenin gerçekte ne kadar uzun olduğundan, sığır ciğerinden ne kadar cıvayı güvenli bir şekilde tüketebileceğimize (ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü NIST'ın verilerine göre çok az miktarda) kadar *her şeyi* ölçen bir standartlar bürosu vardır. Standartlar bürosunda çalışanlara göre, ölçüm yalnızca bilimi mümkün kılan bir pratik değil, başlı başına bir bilimdir. Einstein sonrası kozmolojiden diğer gezegenlerde astrobiyolojik yaşam avcılığına dek bir dizi alandaki gelişme, en küçük bilgi kırıntısına dayanan en iyi ölçümleri yapma yeteneğimize bağlıdır.

Paris'in hemen dışındaki Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), tarihsel nedenlerle (Fransız Aydınlanması'nın halkı fanatik ölçümcülerdi) herkesi hizaya dizen standartlar bürolarının

standartlar bürosu gibi davranır. BIPM'nin fazlasıyla ihtimam gösterdiği tuhaf işlerinden biri de, dünyanın kurumsal kilogramı olan Uluslararası Kilogram Prototipi'ni hassasiyetle korumaktır. İki inç genişliğinde, yüzde 90 platinden oluşan ve tam olarak 1,000000... kilogram kütlesindeki bir silindirden ibarettir (virgülden sonra kaç basamak isterseniz koyabilirsiniz).

Kilogram somut bir obje olduğu, zarar görebileceği ve tanımı sabit kalmak zorunda olduğu için, BIPM Kilogram'da tek bir çizik bile olmadığından, üzerine zerre toz konmadığından ve tek bir atom bile kaybetmediğinden (büronun umudu bu yöndedir!) emin olmalıdır. Bunlardan herhangi biri gerçekleşirse kütlesi 1,000000...1 kilograma çıkabilir veya 0,999999...9 kilograma düşebilir ve bu olasılık ulusal standartlar bürosunun ülserini azdırır. Evhamlı anneler gibi, mikroskobik kabarmaları ve kasılmaları, atomları değiştirebilen gerilimi önlemek üzere Kilogram'ın sıcaklığını ve etrafındaki basıncı sürekli görüntülemek zorunda kalırlar. Ayrıca nem yüzeyde yoğunlaşmasın ve nano düzeyde bir film bırakmasın diye, Kilogram iç içe geçmiş üç küçük cam fanusa yerleştirilmiştir. Soluduğumuz havadaki kirlerle temas eden yüzey alanını en aza indirmek amacıyla da yoğun platinden (ve iridyumdan) yapılmıştır. Ayrıca platin elektriği iyi iletir, bu da başıboş atomları öldürebilen "asalak" statik elektriğin (BIPM'nin ifadesiyle) gelişmesini engeller.

Sonuçta platinin sertliği, insanlar Kilogram'a elini sürdüğü ender durumlarda tırnak çentiği oluşması riskini azaltır. Diğer ülkeler, bir şeyleri doğru ölçmeleri gerektiği her seferinde Paris'e uçmaktan kurtulsunlar diye kendi 1,000000... silindirlerine ihtiyaç duyar ve Kilogram standart olduğundan, her ülke kendisine ait kopyayı bununla karşılaştırmak zorundadır. ABD'nin K20 adında (yani yirminci resmi kopya) kendi resmi kilogramı vardır. Maryland'de kent dışındaki bir devlet binasında tutulan K20, 2000 yılından bu yana sadece bir kez kalibre edilmiş ve ikinci bir kalibrasyonun zamanı gelmiş. Fakat kalibrasyon aylar süren bir süreç olduğundan,



İki inç genişliğindeki Uluslararası Kilogram Prototipi (ortada) platin ve iridyumdan yapılmıştır. Her gününü Paris'te nem ve sıcaklığı kontrol altında tutulan bir mahzendeki iç içe duran üç adet çan kavanozda geçirmektedir. Kilogram'ın çevresinde her biri iki çan kavanoz altında olan altı adet resmi kopyası bulunmaktadır. (BIPM'nin izniyle kullanılmıştır.)

2001'den bu yana güvenlik yönetmelikleri K20'nin Paris'e götürülmesini büyük bir sorun haline getirmiş. NIST kütle ve kuvvet ekibinin lideri Zeina Jabbour bu mesele hakkında şunları söylüyor: "Uçuş boyunca kilogramları elde taşımak zorundayız, güvenlik ve gümrüğü bir metalle geçmeye çalışmak ve insanlara ona dokunmamaları gerektiğini anlatmak çok zor." K20'nin ihtiyaca göre tasarlanmış kı-

lığının "tozlu havaalanı"nda açılmasının bile onu riske atabileceğini belirten Jabbour, "Birileri ona dokunmakta ısrar ederse, kalibrasyon boşa gider," diye ekliyor.

Genelde BIPM kopyaların kalibrasyonunda Kilogram'ın altı resmi kopyasından (her biri iki camda tutulmaktadır) birini kullanır. Fakat resmi kopyalar kendi standartlarına göre ölçülmelidir. Bu nedenle birkaç yılda bir bilimciler Kilogram'ı kendi kasasından çıkarır (penseler ve lateks eldivenlerle yapılan bu işlemde asla pudralı eldivenler kullanılmaz, çünkü bunlar kalıntı bırakır. Ayrıca elde de uzun süre tutmamak gerekir, yoksa vücut sıcaklığı onu ısıtarak her şeyi mahvedebilir) ve diğer kalibratörleri kalibre ederler. Biliminsanları 1990'lardaki kalibrasyonlar sırasında, insanlar ona dokunduğunda aşınarak dökülen atomları bile hesaba katarak fark ettiler ki, yıllar içinde Kilogram bir parmak izine (!) denk bir kütle, yani yılda yarım mikrogram kayıp yaşamıştı. Kimse neden olduğunu bilemiyordu.

Kilogramın mükemmel seviyede sabit tutulmasında yaşanan başarısızlık, silindiri saplantı haline getiren bilimcilerin tartışmalarını yeniden canlandırdı; bu yönteme son vermenin vakti gelmiş de geçiyordu. Bilim, başarısını büyük ölçüde 1600'lerde evrene insan-merkezli bakıştan kurtulmasına borçludur. (Buna Kopernik yasası veya sıradanlık yasası denir.) Bilimin her alanına nüfuz eden ölçümlemedeki yedi "temel birim"den biri olan Kilogram bile gizemli bir şekilde küçülüyorsa, insan yapımı bu birimlerin hiçbiri artık geçerli kabul edilemez.

Her birimin amacı, İngiliz ulusal standartları bürosunun küstahça ortaya koyduğu gibi, bilimle uğraşan birinin diğer kıtadaki bir meslektaşına e-posta göndermesi ve bu meslektaşın sadece postadaki bilgilere dayanarak tam anlamıyla o boyutlarda bir şeyi üretebilmesidir. Kilogram'ı e-postayla gönderemezsiniz ve Paris'teki bu bodur, parlak, şımartılmış silindirden daha güvenilir bir tanım da henüz yok. (Varsa bile, ya pratik olamayacak kadar imkansızdır, örneğin trilyon kere trilyonlarca atomu saymak gibi, ya da bugünkü

en kesin aletler için bile çok kesin ölçümler gerektiriyordur.) Kilogram muammasını onu büzüşmekten alıkoyarak ya da emekli ederek çözmedeki yeteneksizlik, artan bir uluslararası endişenin ve utancın kaynağı haline gelmiştir (en azından bizim gibi takıntılı ve inatçı kişiler için).

Kilogram insana bağlı son temel birim olduğundan, acısı daha daha büyüktür. Yirminci yüzyılın büyük kısmı boyunca 1,000000... metreyi Paris'teki platin bir çubuk tanımlamıştı; ta ki biliminsanları 1960 yılında bir kripton atomunu, bir kripton-86 atomundan gelen kırmızı-turuncu ışığın dalga boyunun 1.650.763,73 katına sabitleyerek onu yeniden tanımlayana kadar. Bu mesafe eski çubuğun uzunluğuna neredeyse eşittir, yine de çubuğu gereksiz kılarak emekliye ayırmıştır, çünkü kripton ışığının dalga boyları vakum koşullarında her yerde aynı mesafeyi kateder. (Bu e-postalanabilir bir tanımdır.) Ancak bundan sonra ölçüm bilimciler (metrologlar) bir metreyi (yaklaşık 3 fit) ışığın vakumda saniyenin 1/299.792.458'inde aldığı yol olarak yeniden belirlemiştir.

Benzer şekilde, bir saniyenin resmi tanımı, güneşin etrafındaki bir turun (yani 365,2425 gündeki saniye sayısı) 1/31.556.992'sidir. Fakat birkaç sinir bozucu gerçek bunu uygunsuz bir standart haline getirir. Bir yılın uzunluğu (ama takvim yılının değil, astronomik yılın) dünyanın yörüngesini sürükleyen ve yavaşlatan okyanus gelgitlerinin çalkalanması yüzünden her turda değişir. Bunu düzeltmek adına meteorologlar, her üç yılda bir, genelde kimsenin ilgilenmediği 31 Aralık gecesinde, bir "artık saniye" ekler. Fakat artık saniyeler çirkin ve geçici bir çözümdür. Sözüm ona evrensel bir zaman birimini akılda tutması zor bir yıldız etrafındaki dikkat çekmeyen bir taşın geçişine bağlamaktansa, ABD standartlar bürosu sezyum-temelli atomik saatler geliştirmiştir.

Atomik saatler daha önce bahsettiğimiz uyarılmış elektronlarla aynı sekme ve çarpışmayla çalışır. Fakat atomik saatler hafif bir hareketi, elektronların "ince yapı"sını kullanır. Eğer elektronun

normal sıçraması bir şarkıcının la'dan la'ya bir oktav yükselmesine benzetilirse, ince yapı da la'dan la bemol veya la diyeze sıçramasına benzer. İnce yapı etkileri en çok manyetik alanlarda belirgindir ve –elektronlar ile protonlar arasındaki manyetik etkileşimler veya Einstein'ın izafiyetinden kaynaklı düzeltmeler gibi– yoğun ve yüksek seviyeli bir fizik dersinde olmadığınız sürece rahatlıkla boş verebileceğiniz şeylerin sonucudur. Netice ise bu ince ayarlardan sonra her elektronun beklenenden biraz aşağı (la bemol) veya biraz yukarı (la diyez) sıçramasıdır.

Elektron gerçek dönüşüne dayalı olarak hangi sıçramayı yapacağına "karar verir" ve bir elektron peş peşe atlamalarda asla hem diyez hem bemole çarpmaz. Her seferinde ya birine ya da diğerine çarpar. Uzun, çok zayıf pnömatik tüpler gibi görünen atomik saatlerin içinde bir mıknatıs, dış elektronları bir düzeye, diyelim ki la bemole sıçrayan sezyum atomlarının hepsini boşaltır. Böylece geride sadece bir haznede toplanmış ve yoğun mikrodalgalarla uyarılmış la diyezli atomlar kalır. Bu durum sezyum atomlarının patlayıp (örneğin sıçrama ve çarpma) ışık fotonları saçmasına neden olur. Her yukarı ve aşağı sıçrama döngüsü elastiktir ve her zaman aynı sürede olur (aşırı kısa), bu sayede atomik saat basit bir şekilde fotonları sayarak zamanı ölçer. La bemolü mü yoksa la diyezi mi boşalttığınız fark etmez, fakat bunlardan birini boşaltmanız gerekir, çünkü her iki seviyeye de farklı sürede atlar ve metrologların çalıştığı ölçeklerde böylesi bir muğlaklık kabul edilemez.

Sezyum, atomik saatler için uygun bir zemberek sağlar, çünkü en dış kabuğunda bir elektronu vardır ve bunun yakınında sarınacağı başka hiçbir elektron yoktur. Sezyumun ağır, hantal atomları bunları aynı oranda tıngırdatan maser için şişman hedeflerdir. Yine de hantal sezyumda bile dış elektron hızlıdır. Saniyede birkaç düzine veya birkaç bin kez değil, her saniyede 9.192.631.770 ileri-geri hareketi yapar. Biliminsanları kendilerini 9.192.631.769'da kesmektense veya 9.192.631.771'e kadar bazı şeylerin sürüncemede kalma-

sını beklemektense bu biçimsiz sayıyı seçtiler, çünkü 1955 yılında bir saniye için ilk sezyum saatini üretmeden önceki en iyi tahminlerine uydu. Ne olursa olsun 9.192.631.770 artık sabitlendi. Dünyanın her yerine e-postayla gönderilebilir olma özelliği kazanan ilk temel birim tanımı oldu, hatta 1960 yılı sonrasında metrenin platin çubuktan bağımsızlaşmasına da katkıda bulundu.

Biliminsanları astronomik saniyenin yerine sezyum standardını dünyanın resmi zaman ölçümü olarak benimsedi. Ne var ki sezyum standardı dünya çapında kesinliği ve doğruluğu garantiye alarak bilime yarar sağlarken, insanlık bir şeyler kaybetti. Antik Mısırlılar ve Babilliler'den de önce, insanoğlu zamanı takip etmek ve en önemli anlarını kaydetmek adına yıldızları ve mevsimleri kullanıyordu. Sezyum, göklerle olan bu bağlantıyı yok etti, sokak lambalarının takımyıldızları gizlemesi gibi sildi. İyi bir element olmasına rağmen, sezyum ayın veya güneşin şiirsel duygusundan yoksundur. Bununla birlikte, sezyuma geçişin lehindeki iddia, yani sezyum elektronlarının evrenin her köşesinde aynı frekansta titreşiyor olması nedeniyle evrensel olduğu artık pek güvenilir olmayabilir.

***

Eğer bir matematikçinin değişkenlere olan aşkından daha derin bir şey varsa, o da biliminsanının sabitlere olan aşkıdır. Elektronun yükü, yerçekimi kuvveti, ışık hızı... Hangi deney olursa olsun, hangi şartlarda olursa olsun, bu parametreler hiçbir zaman değişmez. Değişmiş olsaydı, biliminsanları "pozitif" bilimleri ekonomi gibi sosyal bilimlerden ayıran kesinliği bırakmak zorunda kalırdı. Sosyal bilimlerde, hevesler ve katışıksız insan ahmaklığı öylesine etkilidir ki evrensel yasalar koymayı imkansız hale getirir.

Daha kesin ve evrensel olduklarından temel sabitler, bilimcilere daha baştan çıkarıcı gelir. Açıkçası bir parçacığın boyutu veya hızının sayısal değeri, metrelerin daha uzun olması gerektiğine karar

versek veya kilogramımız aniden büzülüverse (hay aksi!) değişebilirdi. Oysa temel sabitler ölçümlere bağlı değildir. π gibi saf ve sabit sayılardır, yine π gibi açıklanabilir görünse de her türlü açıklamaya direnen her bağlamda ortaya çıkarlar.

En iyi bilinen boyutsuz sabit, hassas yapı sabitidir ve elektronların düzgün bir şekilde ayrılmasına dayanır. Kısaca, negatif elektronların pozitif çekirdeğe ne kadar sıkı bağlandığını kontrol eder. Ayrıca bazı nükleer süreçlerin gücünü de belirler. Aslında hassas yapı sabiti alfa (bundan sonra biliminsanlarının verdiği isimle alfa diye ifade edeceğim) büyük patlamadan hemen sonra biraz daha küçük olsaydı, yıldızlardaki nükleer füzyon karbonu birleştirmeye yetecek kadar sıcaklaşamazdı. Tersini düşünürsek, alfa biraz büyük olsaydı, karbon atomları bize ulaşacak yollar bulmadan milyarlarca yıl önce parçalanmış olurdu. Bilimciler, atomik Scylla ve Charybdis canavarları arasında kalmaktan kurtulan alfaya minnettarsa da, meraktan çıldırmaktan kendilerini alıkoyamazlar, çünkü bunu nasıl başardığını açıklayamıyorlar. Fizikçi Richard Feynman gibi iyi, köklü bir ateist bile bir keresinde hassas yapı sabiti hakkında, "Bütün iyi teorik fizikçiler bu sayıyı duvarlarına asıp onun hakkında endişelenirler... Fizikteki en zorlu sırlardan biridir bu, kimsenin çözemediği, bize kadar gelen büyülü bir sayı. Bu sayıyı yazanın 'Tanrı'nın eli' olduğunu söyleyebilirsiniz, fakat yine de kalemini nasıl hareket ettirdiğini bilemeyiz," demiştir.

Tarihsel olarak bu durum, insanların bilimsel "*mene, mene, tekel, u-pharsin*" yazısını (kötü kaderin önceden belirlendiğini ifade eden Aramice duvar yazısı) deşifre etme çabasını engellemedi. 1919 yılında bir güneş tutulmasında, Einstein'ın izafiyet teorisinin ilk deneysel kanıtını sunan İngiliz astronom Arthur Eddington alfa konusunda kendini inanılmaz geliştirdi. Eddington'ın numeroloji için bir yetenek olarak görülmesi gereken bir yeteneği vardı. 1900'lerin başlarında, alfanın 1/136 kadar olduğu ölçüldükten sonra, Eddington muhtemelen 136 ile 666 arasında matematiksel bir bağ yakaladı-

ğından, alfanın 1/136'ya kesinlikle eşit olduğuna dair "kanıtlar" uydurmaya başladı. (Bir meslektaşı dalga geçerek, bu "bulgu"yu dikkate almanın tek yolunun *Vahiy Kitabı*'nı yeniden yazmak olduğunu söyledi.) Sonraki ölçümler alfanın 1/137'ye yakın olduğunu gösterdi, fakat Eddington kumdan kalesi dağılmamış gibi davranarak formülüne öylece bir 1 ekleyiverdi. (Bu ona "bir ekleyen" anlamında ölümsüz bir lakap kazandırdı ve Sör Arthur Adding-One diye anılır oldu.) Sonradan Stockholm'de bir vestiyerde Eddington'a rastlayan bir arkadaşı, şapkasını 137 numaralı askıya asmaktaki ısrarını görüp üzülmüştü.

Günümüzde alfa 1/137,0359 olarak kabul edilir. Bu değer periyodik tabloyu mümkün kılar. Atomların var olmasını ve bunların bileşikler oluşturmak üzere yeterli kuvvetle tepkimeye girmesini sağlar, çünkü elektronlar çekirdekleri etrafında ne çok serbestçe dolaşır, ne de çok yakında olurlar. Bu denge birçok biliminsanının, evrenin hassas yapı sabitini kazayla seçemeyeceği sonucuna varmasına neden olmuştur. Teologlar bir yaratıcının, molekülleri ve belki de yaşamı üretmek adına evreni "programladığının" kanıtı olarak alfayı gösterirler. 1976 yılında Alexander Shlyakhter adlı bir Sovyet (şimdi ABD'li) biliminsanının Afrika'daki Oklo adlı acayip bir yeri dikkatle inceledikten sonra, evrenin temel ve daimi sabiti olan alfanın gittikçe büyüdüğünü söylemesinin çok önemli bir mesele olmasının nedeni budur.

Oklo galaksinin bir mucizesidir: Dünya üzerindeki tek *doğal* nükleer fisyon reaktörü buradadır. 1,7 milyar yıl önce yaşama geçmiştir ve Fransız madencileri faal olmayan bölgeyi 1972'de kazıp açığa çıkarmıştır; bu da bilimsel bir karmaşaya neden olmuştur. Bazı biliminsanları Oklo'nun gerçek olamayacağını söylerken, uç fikirlere sahip bazı gruplar, uzun süredir kayıp Afrikalı medeniyetler ve nükleer gücü olan uzaylı savaş gemilerinin yanlışlıkla iniş yapması gibi saçma teorilerin "kanıtı" olduğunu düşünerek Oklo'nun üzerine atlar. Aslında nükleer bilimcilerin de açıkladığı gibi, Oklo gücünü sa-

dece ve sadece uranyum, su ve mavi-yeşil alglerden alıyordu. Gerçekten! Oklo yakınlarındaki bir nehir alginin fotosenteze girdikten sonra aşırı ürettiği oksijen gevşek topraktan yer altına damladıkça suyu asidik hale getiriyor ve uranyumu ana kayaçtan çözüyordu. Bölgedeki uranyumun tamamında yüksek yoğunlukta, bomba yapımına uygun uranyum 235 izotopu bulunuyordu (yaklaşık yüzde 3 oranında, bugün ise bu oran yüzde 0.7'dir). Yani su zaten uçucuydu ve yeraltı algleri suyu süzdüğünde uranyum tek bir noktada kritik kütleye ulaşabilecek kadar yoğunlaşıyordu.

Kritik kütle, önemli olmasına rağmen yeterli değildir. Genelde zincirleme bir reaksiyonun gerçekleşmesi için uranyum çekirdeğine nötronların çarpması yeterli olmaz, bunları emmesi de gerekir. Uranyum fisyonları saf olduğunda, atomları dışarıya suda sektirilen taşlar gibi komşularından seken "hızlı" nötronlar atar. Bunlar aslında işe yaramayan atık nötronlardır. Nehir suyu, nötronları komşularının engelleyebileceği kadar yavaşlattığından, Oklo uranyumu nükleer hale gelmiştir. Su olmasaydı tepkime başlamazdı.

Fakat dahası da var. Açıkçası fisyon ısı üretir. Afrika'da şimdiye dek bir patlamayla büyük bir delik açılmamış olmasının nedeni, uranyumun ısındığında suyu kaynatıp buharlaştırmasıdır. Su olmasaydı, nötronlar emilemeyecek kadar hızlı olur, süreç de dururdu. Su içeriye ancak uranyum soğuduğunda sızabilmiş, bu da nötronları yavaşlatarak reaksiyonu başlatmıştır. Nükleer bir geyser gibiydi, otomatikti ve 150.000 yıldır Oklo civarında on altı bölgede 150 dakikalık açılma/kapanma döngüleri ile yaklaşık altı ton uranyum tüketmişti.

Biliminsanları 1,7 milyar yıl sonra böylesi bir hikayenin parçalarını nasıl bir araya getirebildi? Elementler sayesinde. Elementler dünya kabuğunda tamamen karışmış haldedir, bu şekilde farklı izotopların oranları her yerde aynı olmak zorundadır. Oklo'da uranyum-235 yoğunluğu normalden yüzde 0,3 düşüktü (büyük bir fark). Fakat Oklo'nun azılı teröristlerin kaçakçılık operasyonlarının bir

kalıntısı değil de doğal bir nükleer reaktör olduğunu gösteren, neodim gibi kullanışsız elementlerin aşırı bolluğuydu. Neodim çoğunlukla üç adet çift sayılı çeşniler halindedir: 142, 144 ve 146. Uranyum fisyon reaktörleri, tek sayılı neodimleri normalden yoğun miktarlarda üretir. Aslında biliminsanları Oklo'daki neodim yoğunluklarını analiz ettiğinde ve doğal neodimi bundan çıkardığında, Oklo'nun nükleer "imza"sının modern, insan yapımı fisyon reaktörleriyle aynı olduğunu buldular. Hayret verici, değil mi?

Ancak neodim eşleştiyse de diğer elementler eşleşmedi. Shlyakhter 1976 yılında Oklo'nun nükleer atığını çağımızın atığı ile karşılaştırdığında, çok az miktarda bazı samaryum türleri oluştuğunu gördü. Tek başına çok heyecan verici olmasa da, nükleer süreçler bir dereceye kadar tekrarlanabilir olduğundan, samaryum gibi elementler oluşmuş olabilirdi. Yani samaryum ile konudan uzaklaşan Shlyakhter, bir şeylerin iptal olmuş olabileceğine dair bir ipucu yakaladı. Büyük bir uçuş yaparak, eğer Oklo nükleer hale geldiği sırada hassas yapı sabiti azıcık küçük olsa, bütün bu çelişkileri açıklamanın çok kolay olacağını hesapladı. Tam da bu noktada, fotonlar hakkındaki "yanlış" denklemlerinin neden bu kadar çok şeyi açıkladığını bildiğini iddia etmeyen Hintli fizikçi Bose'a benzemişti, sadece açıklayabildiklerini biliyordu. Sorun şuydu; alfa temel bir sabittir. Fiziğe göre değişkenlik *göstermez*. Bazılarına göre daha da kötüsü, eğer alfa değişmişse, muhtemelen hiç kimse yaşamı üretmesi için alfayı "ayarlamamış"tır.

1976'dan bu yana pek çok bilimci alfa-Oklo bağlantısını yeniden yorumlamaya çalıştı ve çözülmesi gereken bir sorun olarak gördü. Ölçtükleri değişimler çok küçüktü ve 1,7 milyar yıl sonraki jeolojik kayıtlar çok bölük pörçüktü; neredeyse alfa hakkında kimse Oklo verilerinden açıklayıcı bir kanıt bulamayacak gibiydi. Fakat yine de bir düşünceyi fırlatıp atmanın değerini küçümsemeyin. Shlyakhter'ın samaryum çalışması eski teorileri yok etmek isteyen düzinelerce iddialı fizikçinin iştahını kabarttı ve değişen sabitler çalışması şu an

hâlâ aktif bir çalışma alanı. Alfa "sadece" 1,7 milyar yıl öncesinden bu yana azıcık değişmiş olsa bile aslen evrenin birinci milyar yılında, yani ilkel kaos zamanında daha hızlı değişmiş olmalı. Nitekim kuasar adı verilen yıldız sistemlerinin ve yıldızlararası toz bulutlarının incelenmesinden sonra bazı Avustralyalı astronomlar değişkenlere dair ilk gerçek kanıtı bulduklarını iddia ettiler.

Kuasarlar diğer yıldızları paramparça edip parçalarını yutan ve çok fazla ışık enerjisi açığa çıkaracak bir şiddet yaratan kara deliklerdir. Tabii ki astronomlar bu ışığı topladıklarında gerçek zamanlı olaylara değil, çok, çok uzun zaman önce olmuş olaylara bakıyorlardı, çünkü ışığın evreni geçmesi zaman alır. Avusturalyalıların yaptığı, yıldızlararası uzay tozu fırtınalarının antik kuasar ışığının geçişini nasıl etkilediğini incelemekti. Işık bir toz bulutundan geçtiğinde, tozun içinde buharlaşmış haldeki tanecikler onu emer. Fakat bütün ışığı emen mat bir maddeden farklı olarak, buluttaki elementler ışığı özel frekanslarda emer. Dahası atomik saatler gibi, elementler de ışığı dar bir renkte değil, çok incelikle ayrılmış iki renkte emer.

Avusturalyalılar toz bulutlarındaki bazı elementler konusunda şanssızdı, bu elementlerin alfanın her gün değişip değişmediğini nadiren fark ettiğini anladılar. Bundan dolayı çalışmalarını krom gibi alfaya karşı çok hassas elementleri de kapsayacak şekilde genişlettiler; geçmişteki alfa ne kadar küçükse kromun emdiği ışık da o kadar kırmızıydı ve la bemol ile la diyez seviyeleri arasındaki uzay da o kadar dardı. Krom ve diğer elementlerin milyarlarca yıl önce kuasara yakın bir yerde ürettiği boşluğu analiz ederek ve bunu bugün laboratuvardaki atomlarla karşılaştırarak, biliminsanları alfanın bu süreçte değişip değişmediğini tahmin edebilir. Yine de bütün bilimciler gibi Avusturalyalılar da, mükemmele yakın bu ölçümleri ile 10 milyar yıl içinde alfanın yüzde 0,001 oranında değişikliğe uğrayacağını söyleyen kendi bulgularını "hipotez ile uyumlu olduğu" şeklinde değerlendirerek korumaya aldı ve bilimsel dille ifade etti.

Tüm bu uğraşlar size Bill Gates'in kaldırımda kuruş bulmaya çalışması gibi saçma ve gereksiz gelebilir, fakat temel bir sabitin değişme *olasılığı* büyüklüğünden daha önemlidir. Pek çok bilimci Avusturalya'dan gelen bu sonuçları reddetti, fakat bulgular desteklenirse ya da değişken sabitler üzerine çalışan herhangi bir bilimci bulguları olumlayan kanıtlar bulursa, büyük patlama üzerine yeniden düşünmek zorunda kalacağız, çünkü evren hakkında bildiğimiz yasalar başlangıçtan itibaren iyi şekilde korunmamış anlamına gelecek. Değişken bir alfa, Einstein'ın Newton'u, Newton'un da ortaçağ skolastik fiziğini tahtından indirdiği gibi Einstein fiziğini çökertecek. Sonraki bölümde anlatılacağı üzere, ipsiz sapsız bir alfa, bilimle uğraşanların yaşamın ibareleri açısından kozmosu inceleme yöntemlerinde de devrim yaratacaktır.

Enrico Fermi ile daha önce pek de hoş olmayan koşullarda tanışmıştık, birtakım aceleci deneylerin ardından berilyum zehirlenmesinden ölmüş ve kendisinin keşfetmediği transuranik elementlerle Nobel Ödülü kazanmıştı. Fakat bu enerjik kişilik hakkında sizi sadece negatif duygular içinde bırakmak doğru olmaz. Bilim neferleri Fermi'yi sever, hem de hiç tereddüt etmeden. Yüz numaralı element fermiyumun isim babasıdır ve ellerinde hem laboratuvar makinelerinin yağ izleri hem de üzerinde kara tahtadan kalan tebeşir tozlarıyla son büyük, teorik ve deneyci bilimci olarak anılır. Ayrıca şeytani bir akla sahip olduğu da söylenir. Meslektaşları bilimsel toplantılar sırasında bazı noktaları yeniden ele almak ve esrarlı denklemlere tekrar göz atmak üzere ofislerine koşmak zorunda kalıyor, döndüklerinde de genellikle beklemeyi beceremeyen Fermi'nin bütün denklemi hızla çiziktirerek yeniden türettiğini ve ihtiyaç duyulan cevabı bulduğunu görüyorlardı. Bir keresinde genç meslektaşlarından, laboratuvar camındaki tozun kendi ağırlığı altında heyelan oluşturmadan ve yere dökülmeden önce kaç milimetre kalınlığı-

na ulaşabileceğini bulmalarını istemişti. Tarihte bu muzip sorunun sadece kendisi kayıtlı, cevabı değil.

Fakat Fermi'nin bile yakasını kurtaramadığı rahatsız edici basitlikte bir soru vardı. Daha önceden belirttiğimiz gibi pek çok düşünür, bazı temel sabitlerin değerinin *mükemmelliği* nedeniyle, evrende hayatı var eden ince ayara hayranlık duyuyordu. Hatta biliminsanları uzun süredir (bir saniyenin gezegenimizin yörüngesine bağlı olmaması gerektiğine inandıkları gibi) dünyanın kozmik açıdan özel olmadığına inanıyorlardı. Bu sıradanlık, yıldızların ve gezegenlerin muazzam sayısı ve büyük patlamadan bu yana geçmiş olan milyarlarca yılla birlikte düşünüldüğünde (bağlayıcı dini yaklaşımları bir kenara bıraktığımızda), evren hayatla dolup taşıyor olmalıydı. Şimdiye kadar ne uzaylı yaratıklarla karşılaştık, ne de bir merhaba aldık. Bir gün yemekten sonra Fermi bu tartışmalı olgular üzerine derin derin düşünüp meslektaşlarına yakındı: "O zaman herkes nerede?"

Günümüzde "Fermi paradoksu" olarak bilinen soruya o gün bazı meslektaşları kahkahayı bastı, fakat bazıları da onu ciddiye alıp bir cevap bulabileceklerine inandı. 1961 yılında astrofizikçi Frank Drake'in Drake Denklemi, en iyi bilinen girişimlerden biri oldu. Belirsizlik yasası gibi Drake Denklemi de gerçekten ne söylediğinin anlaşılmasını güçleştiren bir yorum örgüsüne sahipti. Kısacası bir tahminler serisiydi: Galakside kaç yıldız bulunduğuna, bunların ne kadarının dünyaya benzer gezegenler olduğuna, bu gezegenlerin kaçında zeki yaşam bulunduğuna, bu yaşam formlarının kaçının iletişime geçmek isteyeceğine vb. dair... Drake galaksimizde on sosyal medeniyetin mevcut olduğunu hesaplamıştı. Ancak çalışması bilimsel değil, gösterişli bir felsefi düşünce olarak kabul edildi ve fazla ilgi görmedi. Sonuçta uzaylıların yüzde kaçının bizimle sohbet etmek isteyeceği nasıl bulunabilirdi ki, uzaylı psikanaliziyle mi?

Yine de Drake Denklemi önemlidir, çünkü astronomların hangi verileri toplamaları gerektiğini gösterir ve astrobiyolojiyi bilimsel

bir yapı haline getirir. Belki de bir gün, periyodik tablonun oluşturulması gibi, erken bir hamle olarak hatırlanır. Teleskop ve diğer eşsiz ölçüm cihazlarındaki büyük gelişmeler sayesinde astrobiyologlar tahminlerden öteye geçebilecek aletler elde etti. Aslında Hubble Uzay Teleskobu ve diğerleri, astrobiyologların Drake'ten bir adım ileriye giderek çok küçük miktardaki verilerden çok büyük bilgiler çıkarılabilmelerine yaradı. Zeki bir uzaylı yaşam formunun bizi aramasını beklemek veya uzaylı bir Çin Seddi için uzayın derinliğini taramak zorunda değillerdi. Yaşamın, hatta belki egzotik bitkiler veya enfeksiyona neden olan mikroplar gibi gizlenen yaşamın doğrudan kanıtlarını magnezyum gibi elementler arayarak ölçebilecek hale gelmiş olabilirler.

Magnezyum, oksijen veya karbon kadar önemli olmamasına rağmen, ilkel canlı varlıkların organik moleküllerden gerçek yaşam formlarına geçişine olanak sağlayan dönüşümde büyük önem taşır. Neredeyse bütün yaşam formları, içlerindeki enerjik molekülleri yaratmak, depolamak veya nakletmek üzere eser miktarlarda metalik element kullanır. Hemoglobin yapısında, hayvanlar öncelikle demir kullanır, fakat en erken ve başarılı yaşam formları, özellikle mavi-yeşil algler magnezyum kullanmıştır. Bilhassa klorofil (güneş enerjisini şekere dönüştürerek fotosentez yapan ve besin zincirinin temeli olan, muhtemelen dünya üzerindeki en önemli organik kimyasal) merkezinde magnezyum iyonları ile taçlandırılmıştır. Hayvanlardaki magnezyum DNA'nın düzgün çalışmasına yardım eder.

Gezegenlerdeki magnezyum birikimi de yaşamın ortaya çıkması için en uygun ortam olan sıvı H_2O'nun varlığını gösterir. Magnezyum bileşikleri suyu emer, bu sayede Mars gibi çıplak, kayalık gezegenlerde bile bu tür birikimlerin içinde bakteri (veya bakteri fosili) bulma olasılığı vardır. Sulak gezegenlerdeki (güneş sistemimizdeki dünyadışı yaşama mükemmel bir aday olan Jüpiter'in uydusu Europa gibi) magnezyum, okyanusların sıvı kalmasını sağlar. Europa'nın dış kabuğu buzludur, fakat bunun altında devasa sıvı okyanuslar yer

alır ve uydu kanıtları bu okyanusların magnezyum tuzuyla dolu olduğunu gösterir. Çözünmüş her madde gibi, magnezyum tuzları da suyun donma noktasını düşürür ve bu sayede su düşük sıcaklıklarda bile sıvı halde kalır. Magnezyum tuzları okyanusların tabanındaki kayalık tabakada "denizlerin volkanik faaliyeti"ni de uyandırır. Bu tuzlar içinde çözündükleri suyun hacmini şişirir ve ekstra hacimden gelen ekstra güç de acı su püskürten ve okyanus diplerini çalkalayan volkanlara güç verir. (Basınç ayrıca yüzeydeki buz tabakalarını da kırar ki bu iyidir, çünkü buzdaki kabarcıklar yaşamın yaratılmasında önem taşır.) Dahası, diğerleri arasında magnezyum bileşikleri hammaddelerin karbon yönünden zengin kimyasalların okyanus tabanından aşındırılmasıyla, yaşamı inşa etmesini sağlayabilir. İnceleme yapmak veya uzaylı bitki örtüsü görmek zor olsa da, çıplak ve havasız bir gezegende magnezyum tuzlarına rastlanması, orada biyolojik anlamda bir şeylerin gerçekleşiyor olduğuna dair iyi bir işarettir.

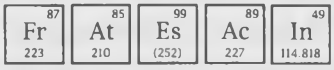
Fakat diyelim ki Europa çorak. Uzak yerlere yayılmış uzaylı yaşam avcılığı teknolojik açıdan çok karmaşık olsa da, büyük bir varsayıma dayanır: Bizi kontrol eden bilim diğer galaksilerde de geçerlidir ve diğer zamanlarda da geçerli olmuştur. Fakat alfa zamanla değiştiyse, muhtemel uzaylı yaşamı için sonuçlar muazzam olabilir. Tarihsel olarak yaşam da belki, alfa kararlı karbon atomlarının oluşmasına izin vermeye yetecek şekilde "gevşemiş" hale gelene kadar oluşmayacaktı. Belki de sonrasında yaşam bir yaratıcıya başvurma ihtiyacı duymadan zahmetsizce ortaya çıkacaktı. Einstein uzay ve zamanın iç içe geçtiğini belirttiğinden, bazı fizikçiler zamanla alfada görülecek değişimlerin uzayın diğer taraflarındaki alfa değişikliklerini göstereceğine inanıyor. Bu teoriye göre, yaşamın su ve atmosfere sahip olması nedeniyle dünya üzerinde ortaya çıkması, ama ayda oluşmaması gibi, belki de sağlam atomlar ve bütün moleküller için doğru kozmolojik koşullar sadece burada mevcut olduğundan, yaşam, meziyetsizmiş gibi görünen bir uzay kuytusundaki rastgeleymiş gibi görünen bir gezegen olan burada ortaya çıkmıştır. Fermi'nin para-

doksunu hemencecik çözebilirdi bu: Kimse çağrıya yanıt vermedi, çünkü orada kimse yok.

Bu noktada, elimizdeki kanıtlar dünyanın basitliğini kabul etme eğilimindedir. Sapa yıldızlardan gelen bilgilere göre, astronomlar bugün bir yerlerde yaşam bulma ihtimali hiç de az olmayan binlerce gezegenden haberdar. Bununla beraber, astrobiyoloji en çok dünyanın ve dolayısıyla insanlığın evrende imtiyazlı bir yere sahip olup olmadığını tartışacak. Uzaylı yaşam formu avcılığı sahip olduğumuz ölçüm dehasının her şeyini ele geçirecek –muhtemelen de bunu periyodik tabloda gözden kaçan her kutunun yardımıyla yapacak. Kesin olarak bildiğimiz tek şey, bir gece bir astronom çok uzaklardaki yıldız kümelerinden birine teleskopunu çevirdiğinde, mikroskobik bir leşçi bile olsa, tartışılmaz bir yaşam kanıtı bulursa, bu şimdiye kadarki en önemli buluş olacak, yani insanların o kadar da özel olmadığı ortaya çıkacak. Gelgelelim elbette bizler de varız ve tüm bunları idrak edip böylesi keşiflerde bulunabiliriz.

19

Periyodik Tablonun Üstü
(ve Daha Ötesi)



Periyodik tablonun sınırlara yakın bölgeleri bir muammadır. Yüksek derecede radyoaktif elementler nadir bulunduğundan, en kolay parçalanan elementin, aynı zamanda en ender bulunan element olduğunu öngörebilirsiniz. Gerçekten de yeryüzünde görünür görünmez en hızlı bozunup yok olan, aşırı kırılgan element fransiyum epey nadirdir. Fransiyum, diğer doğal atomlara göre çok kısa bir sürede görünüp birden kaybolur, yine de fransiyumdan daha nadir bir element vardır. Bu bir paradoks yaratır ve bu paradoksun çözülmesi periyodik tablonun sakin sınırlarını aşmaktan geçer. Nükleer fizikçilerin Yeni Dünya olarak gördüğü "kararlılık adası"nı keşfetmek üzere yola koyulmalarını gerektirir; tabloyu şimdiki sınırlarının ötesine taşımak istiyorlarsa, belki de tek umutları budur.

Bilindiği gibi evrendeki parçacıkların yüzde 90'ı hidrojen, diğer yüzde 10'luk kısmı ise helyumdur. Dünyanın altı milyon kere milyar kere milyarlarca kiloluk kütlesi de dahil diğer her şey, bir kozmik yuvarlama hatasıdır. Altı milyon kere milyar kere milyarlarca kilonun içinde en ender bulunan element astatinin toplam kütlesi sadece 28,35 gramdır. Bunu az çok anlaşılabilir bir şekle sokmak için, dev bir otoparkta Buick Astatin marka arabanızı kaybetti-

ğinizi ve nerede olduğuna dair en ufak bir fikriniz olmadığını hayal edin. Aracınızı ararken her alanda her kattaki her sırayı bezgin bezgin yürüyerek geçtiğinizi düşünün. Dünyadaki bütün astatin atomlarını bulma benzetmesinin bir işe yaraması için, bu otoparkın 100 milyon alan genişliğinde, 100 milyon kat yüksekliğinde ve 100 milyon sıraya sahip olması gerekir. Ayrıca aynı büyüklükteki otoparktan 160 tane olmalıdır ve bu binaların hepsinde sadece bir Astatin bulunmalıdır. Eve yaya dönmek daha iyi bir fikir olabilir.

Astatin bu kadar ender olduğuna göre, biliminsanlarının bunu nasıl saydığını sorabilirsiniz. Tabii ki biraz hileyle... Dünyanın ilk yıllarında mevcut olan herhangi bir astatin bugüne kadar radyoaktif olarak parçalanmıştır, fakat diğer radyoaktif elementler de bazen alfa veya beta parçacıkları atarak astatine dönüşebilirler. Astatin ortaya çıkaran elementlerin (genelde uranyuma yakın elementler) toplam miktarının bilinmesiyle ve bunlardan her birinin astatine dönüşme olasılığının hesaplanması yoluyla bilimciler astatin atomlarının toplam sayısına dair akla yakın rakamlar elde edebilirler. Aynısı diğer atomlara da uygulanabilir. Örneğin astatinin periyodik tablodaki en azından yarım-bir kiloluk yakın komşusu fransiyum her an bulunabilir.

Tuhaf gelse de, astatin fransiyumdan çok daha güçlüdür. Astatinin en uzun süre yaşayan cinsinden bir milyon atomunuz varsa, bunların yarısı dört yüz dakika içinde bozulacaktır. Aynı miktarda fransiyum örneği ise sadece yirmi dakika dayanabilir. Fransiyum o kadar kırılgandır ki temelde kullanışsızdır ve dünya üzerinde kimyagerlerin doğrudan saptamasına (zar zor) yetecek miktarda bulunmasına rağmen, gözle görülebilir bir örnek yapmaya yetecek kadar atomu kimse toplayamaz. Ancak yapabilseydiler, onları hemen öldürecek kadar radyoaktif olurdu.

Astatinin gözle görülebilir bir örneğini kimse üretemeyecek gibi dursa da, bu element en azından bir konuda iyidir; ecza alanında hızla etki eden bir radyoizotop olarak kullanılır. Aslında eski dostu-

muz Emilio Segrè öncülüğündeki biliminsanları 1939 yılında astatini tanımladıktan sonra, çalışma yapabilmek amacıyla onu bir kobaya enjekte ettiler. Astatin periyodik tabloda iyodun altında olduğundan, vücutta da iyot gibi davranır ve böylelikle seçici bir şekilde filtrelenir ve kobayın tiroit bezinde birikir. Astatin, keşfi primat olmayan bir canlı tarafından onaylanan tek elementtir.

Astatin ile fransiyum arasındaki tuhaf alışveriş çekirdeklerinde başlar. Bütün atomlarda olduğu gibi çekirdekteki iki kuvvet baskın hale gelmek uğruna rekabete girişir: Şiddetli nükleer kuvvet (her zaman çekici olan) ve elektrostatik kuvvet (parçacıklara itme uygulayabilen). Doğanın dört temel kuvvetinden en güçlüsü olmasına rağmen nükleer kuvvetin çok kısa kolları vardır. Dinozor *Tyrannosaurus rex*'i düşünün. Parçacıklar santimin birkaç trilyonda birinden daha fazla uzaklaşırsa, şiddetli kuvvetin bir anlamı kalmaz. Bu nedenle nükleer kuvvet, çekirdeğin ve kara deliklerin dışında çok ender işe yarar. Yine de kendi kapsama alanı içinde, elektrostatik kuvvetten yüz kat daha etkilidir. Bu iyi bir şeydir, çünkü elektrostatik kuvvetin çekirdeği zorlayıp bükmesine izin vermektense, proton ve nötronları birbirine bağlı olarak çekirdekte tutar.

Çekirdeğe ulaştığınızda, astatin ve fransiyumun boyutu nedeniyle sınırlı olan etki alanı daha fazla olan kuvveti zorlar ve bu kuvvet bütün protonlar ile nötronları birlikte tutmakta zorlanır. Fransiyumun seksen yedi protonundan hiçbiri diğerine dokunmak istemez. Çekirdeğindeki 130 nötron bu pozitif yüklere iyi bir tampon gibidir, buna rağmen o kadar kötü bir şişkinlik yaratır ki fazla kuvvet çekirdeğin diğer tarafına kadar ulaşıp bu iç savaşı bastıramaz. Bu durum fransiyumu (ve benzer sebeplerle astatini) fazlasıyla kararsız hale getirir. Dolayısıyla daha fazla proton eklenmesinin elektriksel itmeyi artırdığı ve fransiyumdan daha ağır atomları daha zayıf hale getirdiği düşüncesi akla yakındır.

Gerçi ancak kısmen doğrudur bu. Maria Goeppert-Mayer'in ("San Diegolu Anne Nobel Kazandı!") uzun ömürlü "büyülü" ele-

mentler hakkında (iki, sekiz, yirmi, yirmi sekiz vb. sayıda protonlu veya nötronlu atomların daha kararlı olması) geliştirdiği teoriyi unutmayın. Diğer sayılardaki protonlar veya nötronlar da, doksan iki gibi, kısa menzilli şiddetli kuvvetin protonlar üzerindeki etkisini gerdirebildiği yerlerde, sıkı ve çok kararlı çekirdekler oluşturabilir. Uranyumun hem astatinden hem de fransiyumdan daha ağır olmasına rağmen, daha kararlı olmasının nedeni budur. Periyodik tabloda elementten elemente aşağı doğru hareket ettiğinizde, nükleer ile elektrostatik kuvvetler arasındaki çekişme, kararlılığının tam bir düşüş eğiliminde olmasıyla, dibe vuran bir şirketin değerlerini gösteren borsa şeridine benzer, fakat bir kuvvet diğerine üstün geldiğinde pek çok kıpırdanma ve çalkalanma görülür.[71]

Hakim olan bu modele göre, biliminsanları uranyumun ötesindeki elementlerin asimptotik olarak 0,0 ömre yaklaşacağını tahmin ediyorlardı. Fakat 1950'ler ve 60'larda aşırı ağır element araştırmaları sırasında beklenmedik bir şey oldu. Teorik olarak, büyülü sayılar sonsuzluğa kadar gidebilirdi ve uranyumdan sonra neredeyse kararlı bir çekirdeğin varlığı ortaya çıktı, yani yüz on dört numaralı element. Ve Berkeley'deki California Üniversitesi'nin (başka neresi olabilirdi ki?) biliminsanları yüz on dördün ondan önceki ağır elementlere göre biraz daha uzun yaşayabileceğini hesapladılar. Ağır elementlerin ömürlerinin kısalığına oranla (en uzunu mikro saniyeler) bu keşif çılgın ve mantığa aykırı gibiydi. Çoğu insan yapımı olan elementlerin üzerine proton ve nötron yağdırılması patlayıcı yağdırılmasıyla aynıdır, çünkü çekirdeğe daha fazla gerilim verilmesi anlamına gelir. Fakat yüz on dört numaralı elementte, daha

71- Dört temel kuvvetin üçüncüsü, atomların beta bozunumunu belirleyen zayıf nükleer kuvvettir. Fransiyum, içinde güreşe tutuşmuş olan şiddetli nükleer kuvvet ve elektromanyetik kuvvetle nadir görülen garip bir biçimde, zayıf nükleer kuvvetin arabuluculuğuna başvurarak mücadele eder.

Dördüncü temel kuvvet ise kütleçekim kuvvetidir. Şiddetli nükleer kuvvet, elektromanyetik kuvvetten yüz kat daha, elektromanyetik kuvvet ise zayıf nükleer kuvvetten yüz milyar kat daha güçlüdür. Zayıf nükleer kuvvet ise kütleçekiminden on milyon kere milyar kere milyar kat güçlüdür. Kütleçekimi günlük hayatımızda daha baskındır, çünkü şiddetli ve zayıf nükleer kuvvetler çok kısa menzillidir ve çevremizdeki protonlarla elektronların dengesi de elektromanyetik kuvveti nötrleştirecek şekilde eşittir.

çok TNT yağdırılması bombayı sabitliyor gibidi. Aynı şekilde yüz on iki ve yüz on altı numaralı elementler de yüz on dört protona yakın olmanın avantajlarından yararlanırlar (en azından kağıt üstünde). Büyülü sayının yakınlarında olmak bile onları rahatlatır. Böylece biliminsanları bu element kümesine kararlılık adası adını verdi.

Kendi metaforlarından büyülenen ve kendilerini cesur kaşifler zanneden biliminsanları kararlılık adasını fethetmenin hazırlıklarına giriştiler. Elementler için bir "Atlantis" bulmaktan bahsediyorlardı ve bazıları da eski denizciler gibi bilinmeyen çekirdek denizlerinin sepya "grafikler"ini çıkartıyordu. (Denizlerde çizilmiş deniz canavarları görmeyi bekleyebilirsiniz.) Aşırı ağır elementlerin bu vahasını araştırma çabaları, fiziğin en heyecan verici alanlarından birini meydana getirdi. Biliminsanları karaya henüz ulaşamamıştı (gerçekten kararlı, iki kat büyülü elementlere ulaşmak istiyorlarsa, hedeflerine daha fazla nötron eklemenin yolunu bulmaları gerekiyordu), fakat ada kıyılarında bir liman arayışıyla kürek çekip duruyorlardı.

Tabii ki kararlılık adası, fransiyumu merkeze alan sualtındaki kararlılığının bir uzantısını ifade eder. Seksen yedi numaralı element, seksen ikideki büyülü çekirdek ile kararlı gibi duran doksan ikinci çekirdek arasında sıkışmıştır. Bu durum nötronları ve protonları gemiyi terk edip yüzmeye kışkırtır. Aslında fransiyum çekirdeğinin zayıf yapısı yüzünden, en az kararlı doğal element olduğu kadar, yüz dördüncü elemente, yani kaba saba rutherfordiyuma kadar bütün sentetik elementlerden de daha az kararlıdır. Eğer bir "kararsızlık çukuru" varsa, fransiyum o çukurun dibinde köpüklerle gargara yapıyor demektir.

Yine de astatinden daha bol bulunur. Neden? Çünkü uranyumun etrafındaki pek çok radyoaktif element parçalandıkça fransiyum oluşur. Fakat fransiyum, normal alfa fırlatmasını gerçekleştirmek ve kendisini astatine dönüştürmek (iki proton kaybederek) yerine, zamanının yüzde 99,9'unu beta parçalanmasına giderek ve rad-



Biliminsanlarının, periyodik tabloyu bugünkü sınırlarının dışına genişleteceğini umdukları aşırı ağır elementlerin bir yığını olan hayali "kararlılık adası"nın tuhaf bir haritası. Periyodik tablonun ana gövdesinden kararlı kurşun (Pb) kıtasına, kararsız elementlerin sulak çukuruna ve toryum ile uranyumdan oluşan deniz açıklarından hemen önceki küçük, yarı kararlı tepeciklere bakın. (Yuri Oganessian, Nükleer Araştırma Ortak Enstitüsü, Dubna, Rusya.)

yum haline gelip çekirdeğindeki basıncı azaltarak harcar. Daha sonra radyum, peşpeşe astatinin üzerinden atlayan bir dizi alfa bozunması geçirir. Diğer bir ifadeyle, çok fazla bozulmaya uğrayan atom fransiyum üzerinde bir mola verir (dolayısıyla yarım veya bir kiloyu bunlar oluşturur). Aynı zamanda fransiyum atomları astatinden uzaklaştırır ve astatinin çok az kalmasına yol açar. Böylece muamma çözülmüş olur!

Şimdi çukurun aslını anlamış olduk, peki kararlılık adası ne olacak? Kimyagerlerin çok yüksek sayılara kadar elementlerin hepsini sentezleyip sentezlemeyeceği şüpheli bile olsa, belki de kararlı halde bir yüz on dört numaralı element sentezleyebilirler, sonra yüz yirmi altı ve böyle devam ederler. Bazı biliminsanları ise bu aşırı ağır atomlara elektron eklemenin çekirdeklerini sabitleyeceğine inanır, çünkü elektronlar normalde atomların kendilerini paramparça etmeye harcadıkları enerjiyi emmek amacıyla fırlayarak ve sarsılarak

hareket ederler. Bu gerçekleşirse, yüz kırk, yüz altmış ve yüz seksenlerde de elementler bulunması olası hale gelir. Kararlılık adası, adalar zinciri haline gelebilir. Bu kararlı adalar belki daha ötelere de uzanabilir ve biliminsanları, tıpkı Polinezyalı kanocular gibi, bu yeni periyodik takımadada akıl almaz mesafeler katedebilirler.

Asıl heyecan verici kısım, bu yeni elementlerin, zaten bildiklerimizin daha ağır versiyonları değil, yeni özelliklere sahip elementler olmasıdır (kurşunun bir karbon ve silisyum soyundan geldiğini unutmayalım). Bazı hesaplamalara göre, eğer elektronlar aşırı ağır çekirdekleri ehlileştirebiliyor ve onları daha kararlı hale getirebiliyorsa, bu çekirdekler de elektronları idare edebilmelidir. Bu durumda elektronlar atom kabuklarını ve orbitalleri farklı bir sırayla doldurabilir. Tablodaki yerleri nedeniyle normalde ağır metal olması gereken elementler sekizlilerini erken doldurabilir ve metalik asal gazlar gibi davranabilir.

Biliminsanları varsayıma dayalı bu elementlere hemen yeni isimler buldular. Tablonun altındaki aşırı ağır elementlerin iki yerine üç harfle gösterildiğinin ve bunların hepsinin *u* harfi ile başladığının farkına varmış olmalısınız. Bir kez daha belirtmek gerekirse, Latin ve Yunan dilinin bitmek bilmeyen etkisidir bu. Henüz keşfedilmemiş bir element olan yüz on yedi numara Uus, yani un-un-septiyum; yüz yirmi iki numara Ubb, yani un-bi-biyum ve diğerleri de benzer isimler alır. Bu elementler üretildiklerinde "gerçek" isimlerini alacak, fakat şimdilik Latince yedekleriyle yetinmek zorundalar. (Biyolojide iki terimli türler sistemi ölmeye yüz tutmuşken, *u* elementleri bilimde bir zamanlar baskın olan Latincenin artık tek kalesidir. Ev kedisine *Felis catus* diyen sistem, günümüzde yerini kademeli olarak kromozomal DNA barkodlarına bırakıyor. Yani güle güle bilinçli şempanze *Homo sapiens*, hoş geldin TCATCGGTCATTGG...)

Peki bu ada-dansı ne kadar uzatılabilir? Sonsuza dek periyodik tablonun altından volkanların doğmasını mı izleyeceğiz? Dokuz yüz doksan dokuz numaralı element Eee, enn-enn-enniyum'a kadar

veya bunun ötesine sürekli genişlemesini izleyebilir miyiz? *Ne yazık ki*, hayır. Biliminsanları aşırı ağır elementleri birbirine yapıştırma yolunu bulsalar, hatta çok uzaklardaki kararlılık adasına iniş yapsalar bile, anında karmakarışık denizlere savrulurlar.

Bunun nedeni Albert Einstein'a ve kariyerinin en büyük hatasına kadar uzanır. Fanatiklerinin çoğu buna gerçekten inanmasına rağmen, Einstein Nobel Ödülü'nü özel veya genel izafiyet kuramıyla almamıştır. Kuantum mekaniğinde ilginç bir etkiyi, yani fotoelektrik etkisini açıkladığı için almıştır. Önerdiği çözüm, kuantum mekaniğinin anormal deneyleri haklı göstermek amacıyla alınan çiğ bir önlem olmadığının ilk gerçek kanıtı oldu. Einstein'ın bununla ortaya çıkması iki açıdan ilgi çekicidir. Öncelikle yaşlandıkça ve huysuzlaştıkça, Einstein kuantum mekaniğine güvenmez olmuştu, çünkü istatistiksel ve derinlemesine olasılıkçı doğası, ona kumar oynamak gibi geliyordu. "Tanrı evrenle zar atmaz" sözünü de tam bu yüzden etmişti. Oysa yanılıyordu. Niels Bohr'un şu cevabını çoğu insanın hiç duymamış olması ne yazık: "Einstein! Tanrı'ya ne yapması gerektiğini söylemekten vazgeç."

Diğeri ise Einstein'ın kuantum mekaniği ile izafiyeti tutarlı ve zarif bir şekilde "her şeyin teorisi" haline getirmek uğruna bütün kariyerini harcamasına rağmen başarısız olmasıdır. Fakat tam da öyle sayılmaz. Bazen iki teori birbiriyle temas ettiğinde, güzel bir şekilde birbirini bütünlemiştir: Elektronların hızı üzerine izafiyete bağlı düzeltmeler, cıvanın oda sıcaklığında neden beklendiği gibi katı değil de sıvı olduğunu açıklamaya yardım eder. Doksan dokuzuncu element olan einsteinyum iki teorinin bilgisi olmadan yaratılamazdı. Fakat toplamda, Einstein'ın yerçekimi, ışık hızı ve izafiyet üzerine düşünceleri kuantum mekaniği ile pek de uyuşmaz. İki teorinin etkileşime geçtiği bazı durumlarda, örneğin kara deliklerin içi gibi, bütün bu fantezi denklemler çöker.

İşte bu çöküş periyodik tablodaki sınırları belirleyebilir. Elektron-gezegen analojisine dönecek olursak, Neptün 165 yıl boyunca bek-

lerken, Merkür'ün üç ayda bir güneşin etrafında fırıl fırıl dönmesi gibi, iç elektronlar da dış elektronlara oranla çekirdeğin etrafında çok daha hızlı döner. Gerçek hız, var olan protonların sayısı ile geçen bölümde ele alınmış olan hassas yapı sabiti alfa arasındaki orana dayanır. Bu oran bire yaklaştıkça, elektronlar ışık hızına daha yakın hızlarda uçar. Fakat alfanın (bildiğimiz kadarıyla) 1/137'de sabitlendiğini unutmayın. 137 protonun ötesinde, içteki elektronlar ışık hızından daha hızlı gidiyor gibi görünür, bu da Einstein'ın izafiyet kuramına göre mümkün değildir.

Kuramsal son element olan yüz otuz yedi, bu güçlüğü ilk fark eden fizikçi Richard Feynman'dan beri genellikle "feynmanyum" olarak adlandırılır. Ayrıca alfa için "evrenin en lanet gizemlerinden" diyen kişi de odur ve şimdi neden böyle söylediğini anlıyor olmalısınız. Kuantum mekaniğinin karşı konulamaz kuvveti, izafiyetin yerinden oynamayan nesnesiyle karşılaştığında, bir şeyler ortaya çıkmalı. Ama ne çıkar, kimse bilmiyor.

Zaman yolculuğu hakkında ciddi ciddi düşünen bazı fizikçiler, izafiyetin takyon adlı özel (işe bakın ki gözlemlenemez) parçacıkların, saniyede yaklaşık 300.000 kilometre olan ışık hızından daha hızlı gitmesine izin verecek bir açık kapısı olduğunu düşünürler. Takyonlar hakkındaki önemli nokta, bunların zamanda geriye doğru hareket edebilme olasılığıdır. Yani bir gün, süper kimyagerler feynmanyuma bir ekleyip un-tri-octiyumu yaratabilirlerse, atomun geri kalanı kalıp gibi dururken içteki elektronları zaman yolcusu haline gelecek midir? Muhtemelen gelmez. Muhtemelen ışık hızı, atom bombası denemelerinin 1950'lerde mercan atollerine yaptığı gibi, bu tuhaf kararlılık adalarını en ince ayrıntısına kadar yok edecek olan atomların boyutuna bir sınır koyar.

Peki, bir süre sonra periyodik tablo yok mu olacak? Ya da durağan ve donmuş bir fosile mi dönüşecek?

Hayır, hayır ve yeniden hayır.

* * *

Bir gün uzaylılar dünyayı ziyarete gelirse, onlarla iletişim kurabileceğimizin bir garantisi yok, hatta muhtemelen "Dünyaca" konuşacakları bile şüpheli. Ses yerine feromonlar veya ışık sinyalleri kullanabilir ve karbondan bile yapılmamış olabilecekleri için etrafta bulunmaları diğer canlıları zehirleyebilirler. Ne yapıp edip akıllarına girmeyi becersek bile, aşk, tanrılar, saygı, aile, para, barış gibi bize ait ilgi alanları onlara anlamsız gelebilir. Onların önüne çıkartabileceğimiz ve kavramalarını sağlayacağımız şeyler, sadece pi gibi sayılar ve periyodik tablodur.

Hâlâ mevcut bütün kimya kitaplarının arkasına kazınmış olmasına rağmen, paylaşacağımız şey kesinlikle periyodik tablonun kendisi değil, *özellikleri*'dir. Çünkü tablomuzun kuleli şatolar gibi olan standart görüntüsü, elementlerin sadece olası düzenlerinden biridir. Dedelerimizin çoğu, aşağıya kadar sadece sekiz sütun genişliğinde olan farklı tablolarla büyüdü. Bütün geçiş metali satırlarında kutuların ikiye bölünmesi, bana daha çok beceriksizce düzenlenmiş aylardaki talihsiz 30 ve 31'lerin bulunduğu bir takvim gibi görünüyor. Hatta sadece birkaç insan, kalabalık bir görüntü yaratsa da, lantanitleri tablonun ana gövdesine yerleştirmiştir.

Glenn Seaborg ve Berkeley'deki California Üniversitesi'nden meslektaşları 1930'ların sonları ile 1960'ların başları arasında bütün periyodik tabloyu yeniden düzenleyene kadar, kimse geçiş metallerine biraz daha fazla yer vermeyi düşünmedi. Sorun sadece elementlerin eklenmesi değildi. Seaborg ve arkadaşları, aktinyum gibi elementlerin eski şemaya uymadığının farkına varmışlardı. Kulağa garip geliyor, ama bundan önceki kimyagerler periyodikliği yeterince ciddiye almamıştı. Lantanitlerin ve bunların sinir bozucu kimyasının normal periyodik tablo kurallarının istisnaları olduğunu düşünüyorlardı. Buna göre, lantanitlerin altındaki hiçbir element elektronlarını gizleyemezdi ve bu yolla geçiş metali kimyasından sapa-

mazdı. Fakat lantanit kimyası kendisini tekrarlar, buna mecburdur: Kimyanın kategorik zorunluluğudur bu, uzaylıların farkına varabileceği element özelliğidir. Ve tıpkı Seaborg gibi, elementlerin seksen dokuzuncu element aktinyumdan sonra diğerlerinden farklılaşarak, yeni ve tuhaf bir şeye dönüştüğünü göreceklerdir.

Seaborg ve meslektaşlarının o zamanlar bilinen bütün ağır metalleri (artık ağabeylerinin ardından geldiklerinden aktinitler olarak adlandırılırlar) ayırıp onları tablonun en altındaki güvenlik şeridine yerleştirmesinden beri, modern periyodik tabloya şeklini veren anahtar element aktinyumdur. Seaborg ve meslektaşları bu elementleri hareket ettirdiklerinde geçiş elementlerine daha geniş bir yer vermeyi de kararlaştırdılar ve onları üçgenlerin içine tıkmaktansa, tabloya on sütun daha eklediler. Bu taslak çok tuttu, pek çok kişi bu tabloyu kullanmaya başladı. Eski tablodan ödün vermeyen sabit fikirlilerin sahneden çekilmesi ise biraz zaman aldı. Fakat sonunda 1970'lerde periyodik takvim, modern kimyanın duvarı olan periyodik kale haline geldi.

Fakat kim demiş ideal şekil bu diye? Sütunlu form Mendeleyev'den beri yaygındı, ama o bile otuz farklı periyodik tablo tasarlamıştı ve 1970'lerden bu yana biliminsanları yedi yüzden fazla farklı tablo tasarladılar. Bazı kimyagerler bir taraftaki kuleleri koparmayı sever ve bir diğerine bağlarlar, böylece periyodik tablo da garip bir merdiven gibi görünür. Diğerleri sekizlisi olmayan hidrojen ve helyumun kimyasal yönden kendilerini tuhaf durumlara soktuğunu vurgulamak amacıyla, bu iki elementi farklı sütunlara atarlar.

Aslında periyodik tablonun şekliyle bir kere oynamaya başladığınızda kendinizi düz çizgilerle[72] sınırlandırmanıza hiç gerek yoktur. Akıllı ve modern bir periyodik tablo peteğe benzer, her altıgen

72- Bu periyodik tablonun yeni bir versiyonu değil, onu sunmanın yeni bir yoludur. Oxford'da, şehirde dolaşan periyodik tabloyla süslenmiş taksi ve otobüsler görebilirsiniz. Elementler sütunlar ve satırlar halinde, çoğu pastel renklerle tavandan lastiklere kadar boyanmıştır. Oxford Bilim Parkı'nın sponsorluğunu yaptığı periyodik tablo araç filosunun fotoğraflarını şu adresten görebilirsiniz: http://www.oxfordinspires.org/newsfromImageWorks.htm

kutu hidrojen merkezinden itibaren gittikçe genişleyen kollarla dışarı doğru spiral yapar. Astronomlar ve astrofizikçiler, bir "hidrojen güneşi"nin tablonun merkezinde durduğu ve diğer bütün elementlerin, gezegenlerin uyduları gibi onun yörüngesinde gezindiği şekilleri sevebilirler. Biyologlar periyodik tabloyu DNA'mız gibi heliksler şeklinde çizdiler. Hatta ABD'de birileri minik küplerin dış yüzeylerinde elementlerin olduğu "Sabır Küpü" patenti bile aldı.

Müziğe eğilimli insanlar elementleri müzik aleti şeklinde çizdi. Ruhları arayan eski dostumuz William Crookes'un çizdiği iki periyodik tablodan biri lavtaya, diğeri pretzel ekmeğine benziyordu. Benim sevdiklerim ise, satırların makul bir şekilde gittikçe genişlediği, yeni yörüngelerin nerede başladığını ve daha kaç elementin kendisini sisteme dahil edebileceğini grafiksel açıdan gösteren, piramit şeklindeki tablo ile ortasında kıvrılmaları olan, tam olarak anlayamadığım, fakat Moibus şeridine benzediğinden eğlenceli bulduğum tablodur.

Aslında artık periyodik tabloyu iki boyuta sıkıştırmak zorunda değiliz. Segrè'nin 1955 yılında keşfettiği negatif yüklü antiprotonlar, anti-elektronlarla (örneğin pozitronlar) büyük bir uyumla eşleşerek anti-hidrojen atomlarını oluşturur. Sıradan periyodik tablonun ayna versiyonu olmanın ötesinde, kimyagerler bilinen elementlerin sayısını binlerce değilse bile, yüzlerce katına çıkarabilecek yeni madde formları arıyor.

Bunlardan ilki süperatomlardır. Bir elementin sekiz ile yüz atomu arasındaki bu kümeler farklı elementlerin basit atomlarını taklit etme yeteneğine sahiptir. Örneğin doğru şekilde birlikte gruplanmış on üç alüminyum atomu muhteşem bir brom yapar: İki oluşum kimyasal reaksiyonları açısından ayırt edilemez. Kümenin tek bir brom atomundan on üç kat büyük olması ve alüminyumun göz yaşartıcı gaz esasına benzememesi bu durumu değiştirmez. Alüminyumun diğer kombinasyonları asal gazları, yarıiletkenleri, kalsiyum gibi kemik materyallerini veya periyodik tablonun çok daha farklı bir bölgesindeki elementleri taklit edebilir.

Kümeler bu şekilde çalışır. Atomlar kendilerini, üç boyutlu çok yüzlü bir cisim şeklinde düzenler ve içerideki her atom, ortak bir çekirdekteki bir proton veya nötronu taklit eder. Bunun sorumlusu elektronların bu yumuşak nükleik kütlenin içinde rahatça akabilmesi ve atomların elektronları paylaşabilmesidir. Biliminsanları maddenin bu haline küçümseyerek "jelyum" adını verirler. Çok yüzlü cismin şekline ve kenarlarla köşelerin sayısına göre, jelyum, diğer atomlara havale edebileceği veya onlarla tepkimeye girebileceği daha fazla veya daha az sayıda elektrona sahip olabilir. Eğer yedi tane varsa, brom veya bir halojen gibi davranır. Dört taneyse, silisyum veya bir yarıiletken gibi davranır. Sodyum atomları da jelyum haline gelebilir ve diğer elementleri taklit edebilir. Diğer elementlerin de, hatta diğer bütün elementlerin de, başka elementleri taklit edemeyeceğini düşünmek için hiçbir neden yoktur (tamamen Borgesvari bir karmaşa). Bu keşifler biliminsanlarını bütün yeni türleri sınıflandırabilecekleri, periyodik çatının tepesine döşenmiş, paralel periyodik tablolar yaratmaya zorladı.

Jelyum kadar tuhaf olan, kümelerin en azından normal atomlara benzemesi. Fakat periyodik tabloya derinlik katmanın ikinci yolu pek öyle değil... Bir kuantum noktası holografik, sanal, her şekilde kuantum mekaniği kurallarına uyan bir tür atomdur. Farklı elementler kuantum noktaları oluşturabilir, fakat indiyum bu işte özellikle iyidir. Gümüşümsü bir metal olan indiyum, alüminyumun akrabasıdır ve metaller ile yarıiletkenlerin arasında sınırda durur.

Biliminsanları zar zor görülebilecek boyutta, küçük bir Şeytan Kulesi inşa ederek bir kuantum noktası oluşturmaya başladı. Jeolojik tabakalar gibi, bu kule de katmanlardan oluşur; aşağıdan yukarı doğru, bir yarıiletken, ince bir yalıtkan tabakası (bir seramik), indiyum, daha kalın bir seramik tabakası ve en tepede de metal bir başlık bulunur. Metal başlığa elektronları çeken pozitif bir yük uygulanır. Elektronlar içinden akıp geçemeyecekleri yalıtkana ulaşıncaya kadar yarışırlar. Buna rağmen, yalıtkan yeteri kadar inceyse, te-

mel seviyesindeyken sadece bir dalga halinde olan elektron, bazı kuantum mekanik gereçlerini gizemli bir şekilde çekebilir ve indiyuma doğru kendisine "tünel" açabilir.

Bu noktada biliminsanları öksüz elektronu yakalayarak gerilimi kırar. İndiyum elektronlara atomlar arasında özgürce akıp gitme imkanı verdiği için iyidir, fakat bir elektronun tabakanın içinde kaybolmasına izin verecek kadar da iyi değildir. Elektron havada öylesine dolaşıyor gibidir, hareketli, kesik kesiktir. Eğer indiyum tabakası yeteri kadar ince ve darsa, bin veya daha fazla indiyum atomu toplanır ve tek bir kolektif atom gibi hareket ederek yakalanan elektronu paylaşır. Burada bir çeşit süper organizmadan söz ediyoruz. Kuantum noktasına iki veya daha fazla elektron koyun; bunlar indiyumun içinde ters yönlerde dönüş yapacak, sonra da çok yüksek orbitaller ve kabuklarda ayrışacaktır. Bunun ne kadar garip olduğunu anlatmak çok zor; sanki Bose-Einstein yoğunlaşmasının devasa atomlarını alıp, sıcaklığı mutlak sıfıra yakın değerlere soğutma meselesini umursamamak gibidir ve bu başıboş bir egzersiz de değildir. Noktalar gelecek jenerasyon "kuantum bilgisayarları" için çok büyük bir potansiyel taşır, çünkü böylece biliminsanları tekil elektronları kontrol edebilir, dolayısıyla da onlarla hesaplamalar yapabilir. Burada sözünü ettiğimiz, Jack Kilby'nin elli yıllık entegre devrelerindeki yarıiletkenlerin içinden milyarlarca elektronu yönlendirmekten çok daha hızlı ve temiz bir yöntemdir.

Bir ihtimal de periyodik tablonun kuantum noktalarından sonra aynı kalmayacak olması, çünkü *pancake* atomları adı da verilen noktalar çok yassıdır ve bunların elektron kabukları normalden farklıdır. Aslında "noktaların periyodik tablosu" bizim alışık olduğumuz periyodik tablodan çok farklıdır. Sekizli kuralı işlemediğinden daha dardır. Elektronlar kabukları daha hızlı doldurur ve reaktif olmayan asal gazlar daha az sayıdaki elementle birbirinden ayrıldığından, daha reaktif diğer kuantum noktalarının elektronları paylaşmasını ve yakındaki diğer kuantum noktalarıyla bağ yapıp bir şeyler (ar-

tık her neyse, kim bilir) oluşturmasını engellemez. Süperatomlarla olduğundan farklı olarak, bunlar kuantum noktası "elementleri"ne analog oluşturan gerçek dünya elementleri değildir.

Fakat sonunda, lantanitler ve aktinitlerin en alttaki hendekler gibi göründüğü, satırlar ve kulelerden oluşan Seaborg tablosunun daha nice nesiller boyunca kimya derslerinde hakimiyetini sürdüreceğine şüphe yok, çünkü Seaborg tablosu hem yapması kolay hem de öğrenmesi kolay olanın iyi bir kombinasyonudur. Fakat daha fazla kitap yayıncısının, her kimya kitabının kapak sayfasının içinde görünen Seaborg tablosunu, daha fazla fikir veren birkaç farklı periyodik tablo tasarımı ile arka kapağın içinde dengelemiyor olması hiç anlaşılır değil. Şöyle sayfadaaçılıp kapanan, çok uzak elementleri birbirinin yanına getirecek şekilde bükülen, sonunda onları bir taraftan diğerine takip ettiğinizde hayal gücünüzde bir bağlantı kurmanızı sağlayan üç boyutlu şekiller... Bunu o kadar isterim ki, yeni çılgın periyodik tablolar tasarlanmasını teşvik etmek üzere kâr amacı gütmeyen bir gruba 1000 dolar bağışta bulunabilirim. Bugünkü periyodik tablo çok uzun bir süredir bize hizmet ediyor, fakat bunun yeniden tasarlanması ve canlandırılması insanlar (en azından bazılarımız) için önemlidir. Üstelik uzaylılar bir gün dünyamıza inerlerse, bizim hünerlerimizden etkilenmelerini isterdim. Belki de, ama sadece belki de koleksiyonumuzda onlara tanıdık gelecek bir şeyler görmelerini isterdim.

Bu durumda belki de eski satır ve kulelerden oluşan güzel küçük dizilişimiz ve onun olağanüstü saf yalınlığı onları yakalayacak. Belki de elementlerin bildikleri bütün dizilim alternatiflerine rağmen ve üstelik süperatomlar ile kuantum noktaları hakkında bildikleri her şeye rağmen, bizim mütevazı tablomuzda yeni bir şeyler görecekler. Belki de tabloyu farklı basamaklarında nasıl okuyacaklarını öğrettiğimizde, biz insanların elementleri periyodik tabloda toplamış olmamız karşısında sersemleyerek gerçek bir hayranlıkla ıslık çalacaklardır; artık nasıl bir ses çıkarıyorlarsa...

Elementler İndeksi

Aktinyum (Ac-89) 226, 349, 350

Altın (Au-79) 10, 12, 67, 96, 105, 129, 146, 161, 200, 233-240, 243, 245, 254, 256,

Alüminyum (Al-13) 62-63, 73, 81, 103, 244-247, 279, 351

Amerikyum (Am-95) 127

Antimon (Sb-51) 28-30, 168, 242

Argon (Ar-18) 23, 207, 292-205, 319

Arsenik (As-33) 55-56, 133, 169

Astatin (At-85) 340-342

Azot (N-7); 153, 188, 197-199, 203, 319

Bakır (Cu-29) 53, 161, 178-179, 182, 233, 238, 294

Baryum (Ba-56) 229, 247, 252, 280-282

Berilyum (Be-4) 75, 144, 202-206, 335

Berkelyum (Bk-97) 124, 128, 136

Bizmut (Bi-83) 167-170, 254

Bohriyum (Bh-107) 137

Bor (B-5) 28-30, 44, 61, 75

Brom (Br-35) 19, 252, 351-352

Cıva (Hg-80) 9-13, 19, 60, 63, 146, 165

Çinko (Zn-30) 163, 182, 200, 233-234

Darmstadtiyum (Ds-110) 139

Demir (Fe-26) 58, 68, 76-77, 81-84, 98, 101, 103, 201, 215, 235-236, 238, 262, 289, 337

Disprozyum (Dy-66) 248

Dubniyum (Db-105) 137, 231

Einsteinyum (Es-99) 347

Erbiyum (Er-68) 70

Evropiyum (Eu-63) 239-241

Fermiyum (Fm-100) 128

Flor (F-9) 132

Fosfor (P-15) 154-157, 279-280

Fransiyum (Fr-87) 144, 340-345

Gadolinyum (Gd-64); 70, 103, 180-182

Galyum (Ga-31) 62-64, 209

Germanyum (Ge-32) 13, 48-54

Gümüş (Ag-47) 10, 12, 67, 161, 177-178, 182-183, 238, 244, 246, 251, 254, 352

Hafniyum (Hf-72) 111, 222-223

Hassiyum (Hs-108) 137

Helyum (He-2) 20-23, 29-30, 35, 58, 74-75, 79-80, 89, 269, 275, 291, 293, 301, 314-315, 340, 350

Hidrojen (H-1) 14, 27, 42, 56, 65, 73-75, 79-80, 89, 92, 113, 121-122, 128, 164, 171, 204, 224, 233, 253, 274-275, 277, 279, 293, 305-307, 340, 350-351

Holmiyum (Ho-67); 37, 70

İyot (I-53) 206-209, 213, 253, 342

İndiyum (In-49) 352-353

İridyum (Ir-77) 84-88, 146, 256

İtriyum (Y-39) 70, 147, 276, 296

İterbiyum (Yb-70) 70

Kadmiyum (Cd-48) 133, 162-165, 167, 254

Kalay (Sn-50) 106, 200, 233, 238, 288-290

Kaliforniyum (Cf-98) 124, 140

Kalsiyum (Ca-20) 25, 36, 140, 205, 252, 308-309, 351

Karbon (C-6) 21, 41-48, 53-54, 75, 82, 89, 91, 153, 188, 330, 337-338, 348

Klor (Cl-17) 253

Kobalt (Co-27) 109, 212-123, 207

Kopernikyum (Cp-112) 139

Kripton (Kr-36) 23, 139-140, 292-293, 319-320, 327

Krom (Cr-24) 121, 181, 200, 258, 262, 296, 334, 346

Ksenon (Xe-54) 23, 292-293, 319-320

Küriyum (Cm-96) 127, 216

Kurşun (Pb-82) 28, 35, 48, 56, 82-84, 106, 113-115, 133, 139, 161, 165, 167, 173, 220-221, 233, 238, 311, 314, 316, 345-346

Kükürt (S-16) 90, 133, 146, 154-155, 163, 165, 186, 188-189, 253

Lantan (La-57) 33-34, 65-66, 69, 70, 211, 228-229, 241, 350, 354

Lavrensiyum (Lr-103) 130

Lityum (Li-3); 36, 75-76, 173, 205, 261-264

Magnezyum (Mg-12) 76, 337-338

Manganez (Mn-25) 271-273

Meitneryum (Mt-109) 231

Mendelevyum (Md-101) 130, 136

Molibden (Mo-42) 97-101, 103, 148-149, 248

Neodim (Nd-60) 103, 249, 296-297, 333

Neon (Ne-10) 23, 79-80, 293, 312

Neptünyum (Np-93) 78, 125-126, 152

Nikel (Ni-28) 109, 133, 207, 239

Niyobyum (Nb-41) 104-105, 148

Nobelyum (No-102) 130

Oksijen (O-8) 21, 25, 36, 42, 46, 57, 78, 80, 89, 153, 167, 188, 197-199, 233, 245, 274, 319-320, 332, 337

Osmiyum (Os-76) 92, 146, 256

Paladyum (Pd-46) 274-280

Platin (Pt-78) 244, 247, 253-254, 292, 324-325, 327, 329

Plütonyum (Pu-94) 13, 78, 112, 116-123, 127, 129, 165, 207, 243

Polonyum (Po-84) 146, 165, 170, 216, 218-219, 260, 311, 314

Potasyum (K-19) 165-166, 171, 204-205, 207, 248-250, 296

Praseodim (Pr-59) 248-249, 296

Prometyum (Pm-61) 112, 116, 123, 248

Protaktinyum (Pa-91) 111, 172, 207, 226-227

Radon (Rn-86) 23, 58, 170, 311-312, 314

Radyum (Ra-88) 217-218, 220, 259-260, 311

Renyum (Re-75) 86-88, 147

Rodyum (Rh-45) 193-194, 243

Röntgenyum (Rg-111) 283

Rubidyum (Rb-37) 301-303

Rutenyum (Ru-44) 131, 255, 257

Rutherfordiyum (Rf-104); 137, 315, 344

Samaryum (Sm-62) 131, 135, 333

Seaborgiyum (Sg-106) 137-138

Selenyum (Se-34) 252, 266, 268-269

Seryum (Ce-58) 66-67, 70, 242-243, 248

Sezyum (Cs-55) 293, 327-329

Silisyum (Si-14) 43-54, 61, 76, 246, 346, 352

Skandiyum (Sc-21) 103

Sodyum (Na-11) 13, 25, 31, 165, 204-205, 247, 296, 352

Stronsiyum (Sr-38) 247, 252-253

Talyum (Tl-81) 12, 165-167, 170, 266, 269

Tantal (Ta-73) 103-105, 131

Teknetyum (Tc-43) 74, 111, 149-151, 159

Tellür (Te-52) 202, 206-207, 236-237, 252

Terbiyum (Tb-65) 70

Titanyum (Ti-22) 200-202, 279, 316

Toryum (Th-90) 136, 172-174, 207, 218, 248, 313-314, 345

Tulyum (Tm-69) 34, 70

Tungsten (W-74) 97, 100-103

Uranyum (U-92) 35, 76, 78, 81-83, 111-113, 115-118, 120-121, 131, 134, 146, 149-152, 165, 171-174, 203, 207, 214-215, 228-229, 312-313, 315-316, 332-333, 341, 343-345

Vanadyum (V-23) 136, 179-180

Zirkonyum (Zr-40) 222-223, 315-316

Adlar İndeksi

Alvarez, Luis 84-87, 112-113, 115, 306

Alvarez, Walter 84-87

Amundsen, Roald 288

Bardeen, John 49-52, 294-295

Berg, Otto 147-148

Biot, Jean Baptiste 185

Bohr, Niels 109, 221-225, 297-299, 347

Bose, Satyendra Nath 300-303, 333, 353

Böttger, Johann Friedrich 67-68

Bragg, William 157-158

Brahe, Tycho 177-178

Brånemark, Per-Ingvar 200-201, 279

Brattain, Walter 49-51

Bunsen, Robert 55-58, 62-63, 69, 173, 240

Chamberlain, Owen 159

Cornell, Eric 302-303

Crick, Francis 156-160, 274

Crookes, William 265-271, 273, 279-280, 282, 351

Curie, Marie 93, 113, 127, 150, 216, 220, 259, 310, 314

Curie, Pierre 93, 214, 274

Darwin, Charles 62, 107-108, 313

Döbereiner, Johann Wolfgang 251-253

Domagk, Gerhard 183, 186-191, 194

Drake, Frank 336-337

Eddington, Arthur 330-331

Einstein, Albert 62, 65, 134, 291, 295, 300-302, 323, 328, 330, 335, 338, 347-348, 353

Fajans, Kazimierz 226, 231

Fermi, Enrico 149-152, 203, 228-229, 335-336

Feynman, Richard 330, 348

Flyorov, Georgy 134-136

Franck, James 225

Gadolin, Johan 69-70

Ghiorso, Albert 124, 126-130, 136, 139, 143, 174, 231

Glaser, Donald 304-306, 316, 321

Goeppert-Mayer, Maria 34-37, 342

Goethe, Johann Wolfgang von 249-254, 259-260, 264

Haber, Fritz 92-99, 188

Hahn, David 170, 176

Hahn, Otto 112, 136, 226, 231

Hall, Charles 243, 245-247

Heisenberg, Werner 298

Hevesy, György 220-226, 229-230

Immerwahr, Clara 93

Jewett, Frank Fanning 245

Joliot-Curie, Frédéric 219, 228

Joliot-Curie, Irène 150, 219, 224, 228-229

Kelvin, Lord (William Thomson) 310, 313-315, 317-318

Kilby, Jack 52-54, 353

King, Otis 98-100

Knowles, William 133-195

Lawrence, Ernest 97, 130, 138, 148-149

Lecoq de Boisbaudran 62-65, 70

Lewis, Gilbert 11, 25-28, 30-31, 34, 38, 144-145, 204, 225, 287

Lowell, Robert 261-265

Lysenko, Trofim 132-134

Mendeleyev, Dmitri 54, 57-66, 70, 107-110, 130-131, 135, 146, 206-207, 214, 222, 253, 350

Meyer, Julius Lothar 58-60, 63, 65

Miescher, Friedrich 154

Moholy-Nagy, László 254-257

Moseley, Henry 107-114, 223, 283

Nernst, Walther 26

Neumann, John von 119-120, 297-299

Newton, Isaac 29, 54, 238-239, 250, 335

Ninov, Victor 139-140

Nobel, Alfred 130

Noddack, Ida 147-148, 150

Noddack, Walter 147-148

Ogawa, Masataka 147

Parker, Kenneth 255-258

Pasteur, Louis 183-187, 189-193, 195

Pauling, Peter 144-146, 152-160, 300, 306

Perrier, Carlo 148-149

Platon 20-21, 23, 33, 37

Pons, B. Stanley 274-276, 279, 282

Putterman, Seth 318-321

Rutherford, Ernest 107-109, 114 220, 310-315, 320

Sacks, Oliver 194-195

Scerri, Eric 64, 89

Schott, Max 99-100

Schrieffer, Robert 295

Scott, Robert Falcon 287-292

Seaborg, Glenn 124-128, 130, 136, 138, 143, 149, 216, 243, 349-350, 354

Segrè, Emilio 111, 143-152, 159, 300, 306, 342, 351

Shlyakhter, Alexander 331, 333

Shockley, William 48-51, 143, 306

Szilard, Leo 115, 122-123

Thompson, D'Arcy Wentworth 317

Townes, Charles 297, 300

Tschirnhaus, Ehrenfried Walter von 67-68

Ulam, Stanislaw 119-120

Urbain, Georges 110, 223

Volta, Alessandro 204

Watson, James 156-160, 274

Wheeler, John Archibald 316-317

Wieman, Carl 302-303

Young, Graham Frederick 166, 170