

Keyifli Okumalar Dileriz

Binlerce kategoride milyonlarca PDF e-kitap, ders kitapları, dergiler ve romanlara platformumuz üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz.

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

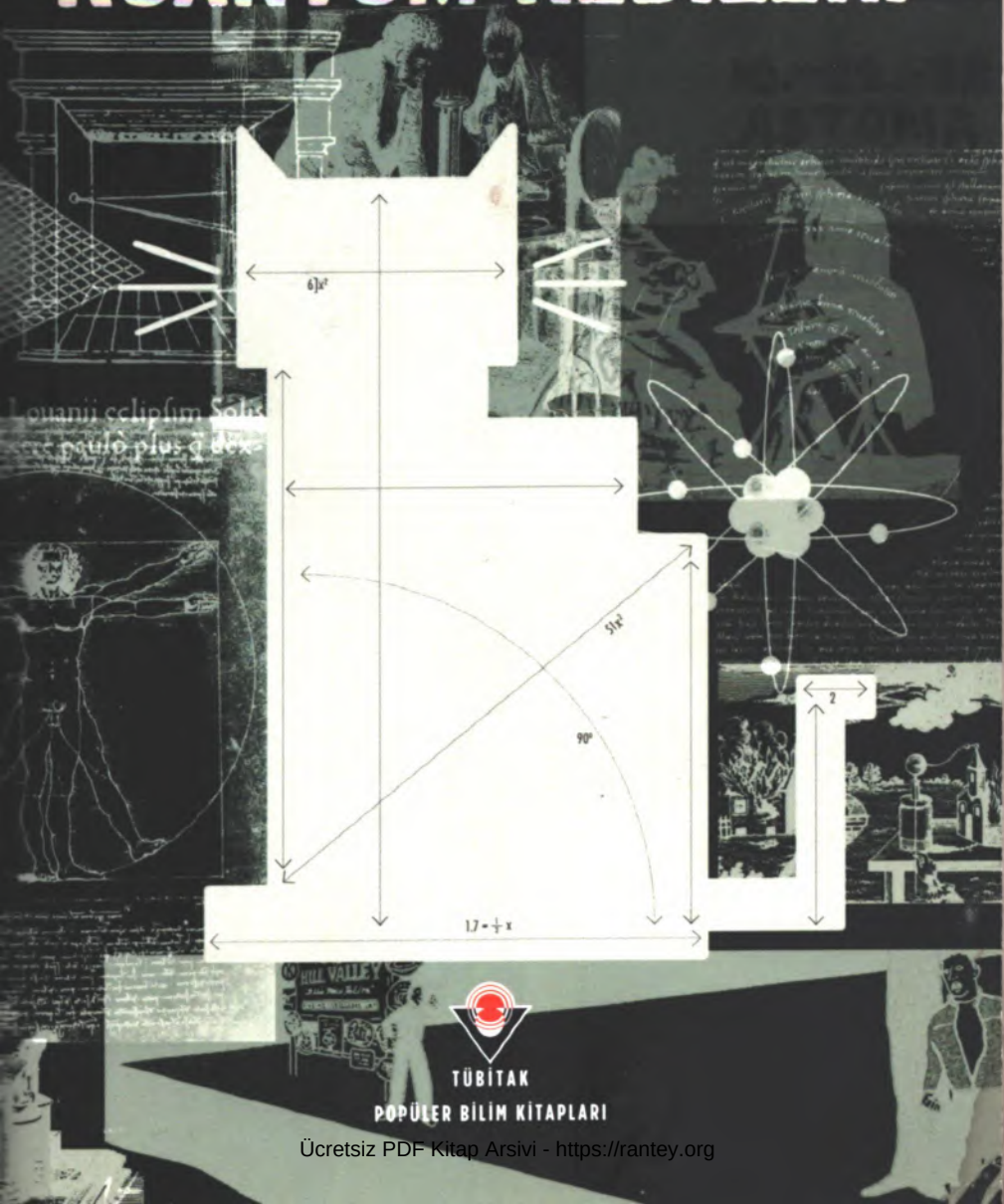
Yedek ve Duyuru Kanallarımız

Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

- Telegram: <https://t.me/birkitapbir>
- WhatsApp Kanalımız : <https://whatsapp.com/channel/0029VbDHv8uE50Us4lvMoc0Y>

Jennifer Ouellette

KARA CİSİMLER VE KUANTUM KEDİLERİ



TÜBİTAK
POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - <https://rantey.org>

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları 335

Kara Cisimler ve Kuantum Kedileri
Black Bodies and Quantum Cats

Jennifer Ouellette

Çeviri: Ulaş Apak

Redaksiyon: Durmuş Ali Demir

© Jennifer Ouellette, 2005

Foreword © Alan Chodos, Ph.D. 2005

All rights reserved.

© Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, 2007

Bu yapının bütün hakları saklıdır. Yazılar ve görsel malzemeler,
izin alınmadan tümüyle veya kısmen yayımlanamaz.

Türkçe yayın hakları Kayı Telif ve Lisans Hakları Ajansı
aracılığı ile alınmıştır.

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları'nın seçimi ve değerlendirilmesi
TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları Yayın Kurulu tarafından yapılmaktadır.

ISBN 978 - 975 - 403 - 540 - 7

1. Basım Kasım 2010 (7500 adet)

Yayın Yönetmeni: Duran Akca
Yardımcı Yayın Yönetmeni: Dr. Oğuzhan Vıcal
Yayıma Hazırlayan: Umut Hasdemir
Kapak Tasarımı ve Sayfa Düzeni: Ayşe Taydaş
Basım İzleme: Yılmaz Özben

TÜBİTAK
Popüler Bilim Kitapları
Atatürk Bulvarı No: 221 Kavaklıdere 06100 Ankara
Tel: (312) 427 06 25 Faks: (312) 427 66 77
e-posta: kitap@tubitak.gov.tr
www.kitap.tubitak.gov.tr

Sistem Ofset Yayın Sanayi Tic. Ltd. Şti.
Strazburg Caddesi No: 7 Sıhhiye 06430 Ankara
Tel: (312) 229 18 81 Faks: (312) 229 63 97

Kara Cisimler ve Kuantum Kedileri

Jennifer Ouellette

Çeviri
Ulaş Apak

TÜBİTAK POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

*Cami, Emily, Kathryn, Morgan Ve Ryan İçin.
Hep çevrenizdeki dünyaya merakla bakın.*

İçindekiler

Alan Chodos'un önsözü	1
Giriş	1
1. Rönesans Adamı 1509: Divina Proportione'nin Basılması	5
2. Bir Devrimden Bahsetmek 1542: De Revolutionibus'ün Basılması	15
3. Lens Yapımcıları 1590 Civarı: Mikroskopun İcadı	25
4. Gökyüzü Adına 7 Ocak 1610: Galileo Jüpiter'in Uydularını Keşfediyor	35
5. Yerçekiminin Gurusu Temmuz 1687: Newton'un Principia'sının Basılması	45
6. Ateşi Üzerine Çekmek Haziran 1752: Franklin'in Uçurtma Deneyi	55
7. Göz Aldanması 1807: Aydınlık Odanın İcadı	65
8. Çekim Kuralları 1820: Elektromanyetizmanın İlk Kanıtı	75
9. Usta İşi Makineler 1840'lar Civarı: Babbage'ın Çözümleyici Makinesi	85
10. Havanın İmparatorları 24 Eylül 1852: İlk Zeplin Havalanıyor	93

11. Uygunsuz Davranış	
Haziran 1871: Maxwell Ve Şeytanı	103
12. Bilimin Kraliçeleri	
Kasım 1872: Mary Somerville'in Ölümü	111
13. Mister Watson'ı Arıyorum	
10 Mart 1876: İlk Belgelenmiş İnsan Sesi Aktarımı	121
14. Heyecan Peşindekiler	
1884: ABD'nin İlk Hız Treni Coney Island'da Hizmete Giriyor	131
15. Akım Meseleleri	
Mayıs 1888: Tesla Ve Elektrik Gücü Üretimi	141
16. Gölge Edenler	
2 Şubat 1893: Edison Bir Hapşırığı Filme Alıyor	151
17. Radyo Günleri	
1895: Tesla Kablosuz Radyoyu Sergiliyor	161
18. Gizemli Işınlr	
8 Kasım 1895: Röntgen X Işınlrını Keşfediyor	171
19. Bin Işık Noktası	
Ekim 1897: Elektronun Keşfi	179
20. Kuantum Sıçraması	
Ekim 1900: Planck Kuantumları Ortaya Koyuyor	189
21. Herşey Göreceli	
Haziran 1905: Einstein Özel Göreliliği Ortaya Atıyor	199
22. Roket Adam	
16 Mart 1926: İlk Sıvı Yakıtlı Roketin Fırlatılması	211
23. O Lanet Olası Kedi	
1935: Schrödinger'in Kuantum Kedisi	219

24. Kopya Çekiyoruz Ekim 1938: İlk Kserografik Kopya	229
25. Savaş Sırasında Hayat Temmuz 1945: Trinity Testi	239
26. Gimme Shelter 2-4 Haziran 1947: Shelter Adası Konferansı	249
27. Küçücük Kabarcıklar 1948: Reddi-Wip Pazara Sunuluyor	259
28. Doğa Ana'yı Taklit Etmek 13 Mayıs 1958: Velcro Markası Tescil Ediliyor	269
29. Işınla Beni Aralık 1958: Lazerin İcadı	279
30. Dünya Küçük 29 Aralık 1959: Feynman'ın Klasik Caltech Konuşması	289
31. Karmaşayı İdrak Etmek Ocak 1961 Civarı: Lorenz Ve Kelebek Etkisi	299
32. Kamikaze Evren Temmuz 1963: Mikrodalga Arka Plan Işımasının Keşfi	309
33. Parçacıklar Çarpıştığında Nisan 1994: Üst Kuarkın Keşfi	317
34. Şah Mat Mayıs 1997: Deep Blue Kasparov'u Yenilgiye Uğrattıyor	325
35. Kuru Gürültü Aralık 1998: Hızlanan Evrenin Keşfi	335
36. Kayıp Nötrinolar Vakası Şubat 2001: Güneş Nötrinosu Sorununun Çözümü	343
37. İkarus Düşüyor Eylül 2002: Schoen Bilimsel Suistimalden Suçlu Bulunuyor	351

38. Sicim Kesimi	
Ekim 2003: Sicim Kuramı Üzerine Nova Özel	361
Kaynaklar	369
Teşekkürler	381
Dizin	383

Önsöz

Fiziğin zor bir konu olmak gibi bir ünü vardır ve bu tamamen haksız değildir. Genellikle fizik konulu kitaplardan uzak durulur, bu da çok kötüdür, zira fizikçilerin uğraştıkları sorular içinde yaşadığımız evreni merak eden herkesin ilgisini çekecek sorulardır.

Fizikçilerin, mucitlerin ve girişimcilerin hayatlarında ortaya çıkan haliyle fiziğin öyküsü son derece insanidir ve o yalnızca sıkı bir akılcılığı ve nesnel mantığı kılavuz kabul eden bilim insanı stereotipinin hiç de doğru olmadığını kanıtlar. Fizikte ilerleme bilimin yanında bol miktarda sanat da içerir. Fiziğin gerçekte nasıl geliştiği yalnızca mesleki dergilerin sayfalarına bakılarak öğrenilemez.

Jennifer Ouellette hayranlık uyandırıcı bir başarıyla bütün bu öğeleri tarihin, bilimin ve edebi anıştırmanın büyüleyici bir karışımı hâlinde bir araya getirmeyi başarıyor. Fiziğin mümkün olan en geniş görünümünü alarak Newton'un Principia'sının basılması gibi kilometre taşlarının yanı sıra hız treninin icadı ve Schrödinger'in kedisinin kuantum gizemleri gibi konuları da yazıyor. İngiliz edebiyatı eğitimi almış ve başarılı bir bilim yazarlığı ve editörlüğü kariyerine sahip biri olarak sıra dışı becerilerini kullanarak eşsiz bir eser yaratmayı başarıyor.

Jennifer ile ikimiz ayda bir kere Amerikan Fizik Derneği üyesi profesyonel fizikçilere gönderilen bir dergi olan APS News'in hazırlanmasında beş yıl boyunca beraber çalıştık. İşbirliğimizin ilk zamanlarında, Jennifer yeni bir şeyler deneme fikrinin etkisiyle "Fizik Tarihinde Bu Ay" adında bir sütun yazmaya başladı. İlk başta bunun üniversitelerde genel olarak öğretilen çekirdek fizik müfredatıyla ilgili olaylara ayrılabilceğini düşünmüştüm, fakat Jennifer en başından itibaren daha geniş bir oku-

yucu kitlesine hitap ederek yazdı. Bu kitapta 13. Bölüme kaynaklık etmiş olan ilk sütunu telefonun icadını konu alıyordu ve Jennifer'in konunun entelektüel payandalarının ötesine geçip gerçek dünyaya açılmaya niyetli olduğunu gösteriyordu.

Bu sütunlar APS üyeleri arasında rağbet gördü. İçeriklerine eklemeler yapan ve iddialarından bazılarını meydan okuyan çok sayıda mektup aldık. Ülke çapındaki üniversitelerin fizik bölümlerini ziyaret ettiğimizde sütunların dergiden kesilip ilan panolarına veya insanların kapılarına asılmış olduğu da dikkatimizi çekti. Yazılmış sütunların sayısı 50 civarına ulaştıktan sonra, bunların biraz elden geçirildikleri takdirde halk içinde de değerli okuyuculara seslenebileceklerinin farkına vardık.

Jennifer yapılanın "biraz elden geçirmek"ten ibaret olduğuna katılmayabilir, fakat kesinlikle cezbedici bir anlatımı ve muhteşem bir bilimsel içeriği olan bir kitap yazdı. Jennifer bilim hakkında hem anlaşılır hem de doğru bir şekilde yazmak gibi zorlu bir uğraşta ustalaştı; bilimsel içeriğin ötesinde de onun iyi bir öyküyü anlatmaktaki olağanüstü yeteneği var.

Piyasada okunabilecek birçok iyi popüler bilim kitabı var, fakat hiçbiri bunun gibi değil. Bu kitap fizik tarihinin yalnızca ot-yollarını değil, birçok eğlenceli tali yolunu da keşfe çıkıyor. Bu makaleler deneyimli bir bilim yazarı tarafından genel bir okuyucu kitlesi için özenle ve eğlendirici olacak şekilde yazıldı. Gözden geçirilmek için buradalar. Her biri hem tarihi, hem de bilimsel açıdan ilgi çekici olan çok değerli bilgiler içeriyor. Onlardan keyif alacağınızı umuyoruz.

Dr. Alan Chodos
Ortak Baş Yetkili
Amerikan Fizik Derneği

Giriş

Nasıl olur da eski bir İngiliz Edebiyatı mezunu ve “fizik fobili” olduğunu kendi de kabul etmiş biri sonunda tamamıyla fizik tarihini konu alan bir kitap yazar? Doğrusu, ben de sizin kadar şaşkınım. Tanrı evren için zar atıyor da, atmıyor da olabilir ama belli ki bir mizah anlayışı var. Hayatımın ilk 25 yılını bu konuyla herhangi bir şekilde ilgilenmekten bilinçli şekilde kaçınarak geçirdim, halbuki diğer bilim derslerinde çok başarılıyım. Fizik bana çok yabancı geliyor, gözü-mü korkutuyordu. Ancak deha seviyesinde IQ’su olan birinin kavrayabileceği bir şey gibi geliyordu. Dahası, bütün o matematik kısmı vardı. Sözcükler = iyi, sayılar = kötü. Felsefem buydu. Manhattan’ın Alt Doğu Yakası’nda serbest çalışan bir gazeteci olarak geçinmeye çalışırken kazara bilim yazıları yazma işine bulaşmasam, bir kuarkla katot ışınını asla birbirinden ayırt edemeybilirdim.

Hikayem benzersiz değil. Birçoğumuz zaman zaman fiziğe ancak en üstün zekaların girmeyi umabilecekleri seçkinci, esrarlı bir yüksek ruhbanlık gözöyle bakan düşünceye kapılmışızdır. Fakat fizik her zaman toplumun geri kalanından ayrılmış değildi. Hayatına doğal felsefe olarak başladı; o zamanlar altta yatan matematiğin doğanın dokusuna öröldüğü kesintisiz bir bütünün parçası olarak görölürdü. Rönesans hayalperesti Leonardo da Vinci hem sanatta, hem de bilimde sivrilmişti ve günümüzde bu iki alan arasında ortaya çıkmış derin uçurumu anlaşılmaz bulurdu. Ona göre bu ikisi arasında bir ayrım yoktu.

Yol üzerinde bir yerlerde o birlik düşüncesini yitirdik. Bilim ve insani bilimler sık sık zıt kutuplar, veya asla kesişmeyecek paralel çizgiler (veya evrenler) olarak göröölüyorlar. Fakat fizik şu anda zamana, uzaya ve evrendeki yerimize dair fikirlerimizi her zamankinden daha fazla ve geri çevrilemez bir biçimde şekillendiriyor. Bu da onu yalnızca alandaki uzmanlar için değil, herkes için faydalı kılıyor.

Halk bilime aç: Stephen Hawking'in *Zamanın Kısa Tarihi*, veya Brian Greene'in *Evrenin Zarafeti* gibi çok satan kitapların kazandığı müthiş başarıya bakın. Ne yazık ki fizik çoğu zaman son derece önemli olan insan unsurunu dışarıda bırakan kuru, teknik terimlerle dolu bir düzyazı halinde sunuluyor. Halbuki fizik duygusal içeriği bulunmayan soğuk, sert bir disiplin olmaktan çok uzaktır. Fizik tarihi yalnızca teknolojik harikalar ve devrimsel fikirlerle değil, renkli kişilikler ve insani dramlarla da doludur. Fizikçiler de tıpkı diğerleri gibi insandır ve insani kusurlara sahiptirler: Mücadele ederler, acı çekerler, hatalar yapıp kötü kararlar verirler, önemsiz meseleler yüzünden tartışır ve hatta bazen yalan söyler veya meslektaşlarına ihanet ederler. Fakat aynı zamanda her şeye rağmen dokunaklı bir idealizmin ve konularına olan derin tutkularının etkisiyle azimle çabalarlar; bu tam anlamıyla ilham vericidir. İlk gençliğimde matematiğe yeteneğim olmadığı için fizik dünyasının kapılarının bana tamamen kapalı olduğu sonucuna varmıştım. Keşke seçkin on dokuzuncu yüzyıl İngiliz fizikçisi Michael Faraday'in de matematiği becere-

mediğini bilseydim; hatta kendisi matematik konusunda cahildi. Bu onun elektromanyetizma alanına öncülük eden parlak bir deneyselci olmasına engel olmadı.

Bir bilim yazarının işi büyük ölçüde ustalıklı bir çeviri işidir. Bu süreçte bir şeylerin yitirilmesi kaçınılmazdır. Fiziğin “büyük açıklayıcı”sı Richard Feynman bir keresinde şöyle yakınmıştı: “Bilimin ‘popüler’ anlatımlarından birçoğu görünüşte basitliğe ulaşıyorlar, fakat bunu ancak açıkladıklarını iddia ettikleri şeyden farklı, oldukça bozulmuş bir şeyi açıklayarak başarıyorlar.” Feynman kesinlikle haklı. Hem doğru hem de cazip olabilmek için çok uğraştım. Kitabın bölümlerinde açıklanan bilim anlatıldığı kadarıyla “doğru”. Fakat buradaki konuların her biri üzerine ayrı ayrı kitaplar yazıldı. Çok teknik bir konunun dallanan karmaşıklıklarını 3000 sözcüklük veya daha kısa bir yazıda anlatmanın imkanı yok.

Bu kitaptaki amacım fiziği geniş kültürden ayrı bir şey olarak anlatmak değil, onu bağlamın içine sıkı sıkıya yerleştirmektir. Bu yüzden temel kavramların açıklığa kavuşmasına yardımcı olmak için tarihi, sanatı, müziği, edebiyatı, tiyatroyu, filmle-ri ve televizyonu kullanıyor, John Donne’un ve Gerard Manley Hopkins’in şiirlerinden tutun da *Da Vinci Şifresi* ve *The X-Files*’a kadar her şeyden faydalaniyorum. Fizik her zaman etrafımızdadır. *Addams Family Values* filminde Newton’un yasalarını görüyorum ve *Geleceğe Dönüş*’de bana özel göreliliğin doğasında bulunan paradoksları hatırlatıyor. Edgar Allan Poe’nun “Çalınan Mektup”u ile nötrinoların gizemli yapısı arasında yararlı benzerlikler buluyorum. Jeanette Winterson’un romanı *İçsel Simetriler* modern sicim kuramının bir taslağının çizilmesi için zarif bir çerçeve görevi üstleniyor. Her biri belirli bir fikre ya da keşfe ayrılmış olan bölümler okuyucuya fiziğin tarih boyunca kaydettiği gelişim hakkında bir fikir vermek için kronolojik bir sıra izliyorlar.

Hem bilim insanlarının, hem de bilim insanı olmayanların bu kitapta keyif alabilecekleri bir şeyler bulacaklarını umuyorum. Belki de benim eski hâlim gibi ilk denklem gördüklerinde göz-

lerini kaçıran ve fiziğin onlar için erişilmez olduğunu varsayan başkaları da vardır. O okuyuculara şunu diyorum: Bu sayfalarda sunulan temel kavramları anlamak için fizik doktorası yapmış olmanız veya Mensa'nın kartlı bir üyesi olmanız gerekmez – sadece kimi zor kısımlarını sökebilmek için biraz sabretmeniz ve yoğunlaşmanız gerekecek. Bölümleri sırayla okumanıza bile gerek yok, fakat önceki bölümlerin en azından bir kısmını okursanız sonrakiler daha anlaşılır olacaktır. Ayrıca bir şeylerin daha fazlasını öğrenme iştahınızı kabartacağını umuyorum – bu durumda kaynakçayı incelemenizi salık veririm. Sorgulayın. Keşfed'in. Merakınızın korkunuzun üstesinden gelmesine izin verin. Sonuçta fizik dünyasının o kadar da soğuk, yabansı bir yer olmadığını fark edip şaşırabilirsiniz. Tıpkı benim gibi.

• Mensa: Yalnızca yüksek IQ'lu kişilerin üye kabul edildiği meşhur bir dernek. (Ç.N.)

1. Bölüm

Rönesans Adamı

1509: De Divina Proportione'nin Basılması

Dan Brown'ın çok satan gerilim romanı *Da Vinci Şifresi* komploları ve şifrelerin çözülmesini konu alıyor. Günümüz Paris'inde Louvre Müzesi'nin müdürü vahşi bir cinayete kurban gidiyor ve cesedi müzenin en ünlü eseri olan Leonardo da Vinci'nin Mona Lisa'sının önüne, Leonardo'nun aynı derecede ünlü eskizi *Vituvius Adamı*'nı hatırlatan bir konumda bırakılıyor. Suç mahalli kafa karıştırıcı şifrelerle kaplı ve görünüşe göre bunlar sadece Harvard'daki simgebilimci Robert Langdon'un ve aynı zamanda öldürülen adamın torunu olan Sophie adındaki seksi bir Fransız şifrebilimcinin dikkatini çekiyor. Müdür şifreleri ölmeden hemen önce bir çeşit define haritası olmaları için bırakılmış ve bu harita Sophie ile Langdon'u efsanevi Kutsal Kase'nin gizli konumuna götürüyor.

Şanssız küratör tek kurban değil, sadece vahşice öldürülen bir dizi insanın sonuncusu – bunların hepsi Sion Tarikatı adın-

daki, kasenin sırrının korunmasına adanmış gizli bir topluluğun üyesi. Sophie ve Langdon kasenin ebediyen yitip gitmesini önlemek için bir dizi şifreyi ve bilmeceyi çözmek zorundalar. Görünüşe bakılırsa hayattayken Sion Tarikatı'nın büyük ustası olmuş, yalnızca sanatta değil bilimde, matematikte, kriptografide ve mühendislikte de ustalaşarak Rönesans Adamı kavramı ile özdeşleşmiş Leonardo'nun ele geçmez silueti arka planda kol geziyor.

Brown'ın kitabını yerden yere vuran yazıların sayısı da neredeyse övenlerinki kadar fazla. Langdon Brown'ın sözcüsü olarak büyük ölçüde varsayım ve yetersiz ikinci derecede kanıtlara dayanan tartışmaya açık bazı iddialarda bulunuyor. Dini grupların İsa'nın yüceliği ve farzedilen evliliği konusunda kopardığı yaygarayı bir kenara bırakırsak, kitapta önemli tarihi hatalar var. Herhangi bir düzgün tarih kitabına çabucak bir göz atan herkes Paris'i kuranın Merovingian kralları olmadığını görebilir. Langdon Avrupa'da on yedinci yüzyıldaki cadı avları sırasında cadı oldukları için yakılan kadınların sayısını da abartıyor ve 5 milyon olarak veriyor. Tarihi kayıtlara göre 30.000 ila 50.000 kişinin idam edildiği, fakat bunların hepsinin kadın olmadığı ve hepsinin yakılmadığı tahmin ediliyor.

Yine de kitap sürükleyici, elden bırakılamayan bir roman ve gerçekleri belirlemek konusundaki akademik standartlar genellikle ucuz romanlara uygulanmaz. Yazarların eğlence adına cüretkarlıklar sergilemeleri normal. Fakat Brown kısa önsözünde konusunun kısmen tarihi gerçeklere dayandığını iddia ediyor ve bu iddiası onu eleştirilere açık hâle getiriyor. Brown bayağı araştırma yapmış, fakat kaynaklarında biraz daha fark gözetici olmalıydı. Atıfta bulunulan yegâne gerçek bilgin, bilinirci İncil uzmanı Elaine Pagels. Geri kalanlar yeni çağ düşünürlerinin, tanrıçalara tapanların ve akademik referansları çok şüpheli komplo meraklılarının tuhaf bir karışımı.

Peki Brown'ın doğru tutturduğu şeyler oldu mu? Eh, evet. Gerçekten de "altın oran" ya da matematiksel terminolojideki adıyla phi diye bir şey var. Langdon bunun değerini 1,618 di-

ye söylüyor, fakat gerçekte bir irrasyonel, yani sonsuz sayıda ondalık haneye sahip bir sayıdır. Phi ilgi çekici bir geometrik anormalliği tanımlar. Eğer bir çizgi eşit olmayan iki parçaya bölünür ve bu iki parçadan uzun olanının kısa olanına oranı bütün çizginin uzun parçaya oranına eşit olursa, sonuçta çıkan sayı 1,618'e yakın olacaktır. Phi'den ilk olarak MÖ 300 civarında Öklid'in *Elementler* isimli kitabında bahsedildi. Geometrik şekillerin farklı kenarlarının oranları phi'ye çok yakınsa "altın oran" sahibi oldukları söylenir. Böyle şekillerin en yaygın olanları altın dikdörtgen, altın üçgen ve herhangi bir odacıklı deniz helezonu kabuğunda görülebilen algoritmik spiraldir.

Langdon ile Sophie'nin keşfettikleri ilk şifrelenmiş mesaj rastgeleymiş gibi görünen bir sayılar dizisidir: 13-3-2-21-1-1-8-5. Fakat çok geçmeden Sophie dizinin hiç de rastgele olmadığını, "Fibonacci sayıları" denilen bir şeyin ilk sekiz elemanının karışık hali olduğunu keşfediyor. Bu da belirlenmiş bir gerçek. Fibonacci –Leonardo Pisano, veya Pisa'lı Leonardo diye de bilinir– on üçüncü yüzyılda *Hesaplama Kitabı*'nı yazmış bir matematikçiydi. Bu kitapta ilki iki elemanından (1, 1) sonra her sayının önceki iki sayının toplamına eşit olduğu bir dizi tanımlamıştı: $1 + 1 = 2$, $1 + 2 = 3$, $2 + 3 = 5$, $3 + 5 = 8$... Bu dizi phi ile yakından ilişkilidir. Dizideki her bir sayıyı alır ve bir sonraki sayıya bölerseniz, phi'nin değerine giderek daha yaklaşan bir sonuç elde edersiniz – phi'nin irrasyonel bir sayı olduğunu unutmayın, bu yüzden bu yaklaşma sonsuza kadarsürecek, asla tam olarak phi'ye eşitlenmeyecektir. Yani 5'i 3'e bölünce 1,666, 13'ü 8'e bölünce 1,625, 21'i 13'e bölünce 1,615 çıkar ve bu böyle devam eder.

Langdon aynı sayı dizisinin doğada da sık sık ortaya çıktığını ileri sürmekte haklı; aynısı altın oran için de geçerlidir. Örneğin çoğu çiçekteki yaprakların sayısı bir Fibonacci sayısıdır. Zambacın üç yaprağı, düğün çiçeğinin beş, saray patının da 21 yaprağı vardır. Bir deniz helezonunda ilk spiral bir sonrakie oranı kabaca 1,618'dir. Altın oran bazı kristal yapılarında ve avına saldıran bir doğanın süzülürken izlediği sarmal uçuş yolunda da görülebilir.

Salvador Dali sanatında phi kavramıyla deneyler yaptı, Fransız mimar Le Corbusier bina tasarımında kullanılmasını savundu ve kimi on ikinci yüzyıl Sanskrit şiirlerinin de phi'ye dayanan, *matra-vrttas* adı verilen bir ölçüsü vardır. *Altın Oran* kitabının yazarı astrofizikçi Mario Livio'ya göre *Matra-vrttas*'ı kullanan bir şiirde her bir mısranın karakter sayısı önceki iki mısranın karakter sayısının toplamıdır. Hatta Gopala adındaki eski bir Hint bilgini bu ölçüler dizisini hesapladı: 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21... Bu Fibonacci dizisidir, fakat Gopala bunu bilmiyordu. Analizini Fibonacci 1202'de kendi eserini tamamlamadan neredeyse 100 yıl önce bitirmişti.

Başınızın üstünden zemine kadarki mesafeyi ölçer ve bunu göbeğinizden zemine kadarki mesafeye bölerseniz yaklaşık 1,618 sonucunu bulursunuz. Klasik heykel Milo Venüs'ünün (~MÖ 200) oranları da buna uygundur. Virginia'daki Washington College'da bir fizikçi ve Matematik ve Mona Lisa kitabının yazarı olan Bülent Atalay, öğrencilerinden 21'ine bu oranlar üzerine gayriresmi bir anket vermiş ve çoğunda sonuçların phi değerine çok yakın olduğunu görmüş. Bütün bunlar phi'yi Langdon'un öğrencilerinden birinin deyişiyle "pi'yi solda sıfır bırakacak kadar şahane" yapıyor.

Fakat kitapta phi'nin bu kadar iyi doğrulanmamış örnekleri de var; açıkçası bunlar gayet tartışmalı örnekler. Langdon gibi kimi insanlar hayatın her ögesinde altın oranı görüyorlar: sanatta, müzikte, şiirde, mimaride, hatta borsada. Mesela, Parthenon'un doğu ve batı cephelerinin altın dikdörtgenler oluşturdukları, yani uzunluklarının genişliklerine oranının phi'ye eşit olduğu söylenir. Karşı çıkanlar ise -bunlara birçok matematikçi de dahildir- bu oranın tam olarak 1:1,618 değil, 1:1,71 olduğu cevabını veriyorlar. Bu Langdon gibi bir simgebilimci için yeterince yakın olabilir, fakat bilim insanları için belirgin bir uyumsuzluk demektir.

Nihayetinde bu bir sanatsal niyet meselesi ve herkesin bildiği gibi bunu kanıtlamak zordur. Mısırlıların piramitlerini inşa etmek için bilinçli olarak phi'yi kullandığına dair az sayıda ikincil

kanıt var. Virgil'in Aeneid'in ölçüstünü özellikle phi'ye dayandırmış olması da aynı derecede olasılık dışı. Gregorian ilahileri ve klasik müzisyenler Mozart ve Béla Bartók'un eserleri için de aynısı geçerlidir. O halde yukarıdakilerin hepsinin altın orana dair kanıtlar ortaya koyması bir rastlantıdan ibaret mi? Bülent Atalay ille de öyle olması gerekmediğini söylüyor. O hem bir sanatçı, hem de bilim insanı olarak bu iki kampın arasında bir yerde. İnsanların altın orana doğal bir yatkınlığı olduğuna inanıyor. Bu, altın oranın neden insan yaratılarında niyetli olunmadığı zaman bile sürekli ortaya çıktığı sorusunu yanıtlayabilir. "Yeterince derinlemesine bakarsak insanın yaratıları arasında altın oranın ortaya çıktığı sınırsız sayıda örnek bulacağımız kesin," diyor. "Kişi her bir parçayı ayrı değerlendirmeli ve satır aralarını okumaktan sakınmalıdır."

Langdon'un Leonardo da Vinci hakkındaki iddialarına gelince işler biraz karışıyor. Burada da hatalar var. Langdon onu sürekli olarak "Da Vinci" diye anarken tarihçiler ona hep "Leonardo" derler. Çoğu sanat tarihçisi Mona Lisa'nın Brown'ın iddia ettiği gibi bir oto portre değil, Francesco di Bartolomeo del Giocondo'nun karısı olduğuna inanıyor. Leonardo "yüzlerce kârlı Vatikan komisyonu" almış da değil – yalnızca bir tane aldı, onu da asla tamamlamadı. Sion Tarikatı – altıncı-sekizinci yüzyıllar arasında Fransa'nın güneyinde hüküm sürmüş Merovingian krallarına kadar gittiği ileri sürülüyor- hiç var olmamış olabilir, fakat bu her zaman dini komplo teorisyenlerinin en sevdiği konulardan biri oldu. Böyle bir tarikata dair söylentiler ilk olarak 1960'larda, Fransız Ulusal Kütüphanesi'nde bazı belgelerin ve yalnızca Leonardo'yu değil, Isaac Newton'u da içeren bir büyük ustalar listesinin keşfedilmesiyle ortaya çıktı. Çoğu tarihçi listenin sahte olduğunda hemfikir. Leonarda sırları olan bir adamdı, fakat Kutsal Kase'ye ve tanrıçaya tapmaya dayanan, inanışa ters, bilinirci bir mezhebe önderlik etmek muhtemelen bu sırlardan biri değildi.

Leonardo 1452'de Floransalı bir Noter olan Ser Perod'Antonio ile Caterina adındaki bir yerli çiftçi kızının gayrimeşru çocuğu

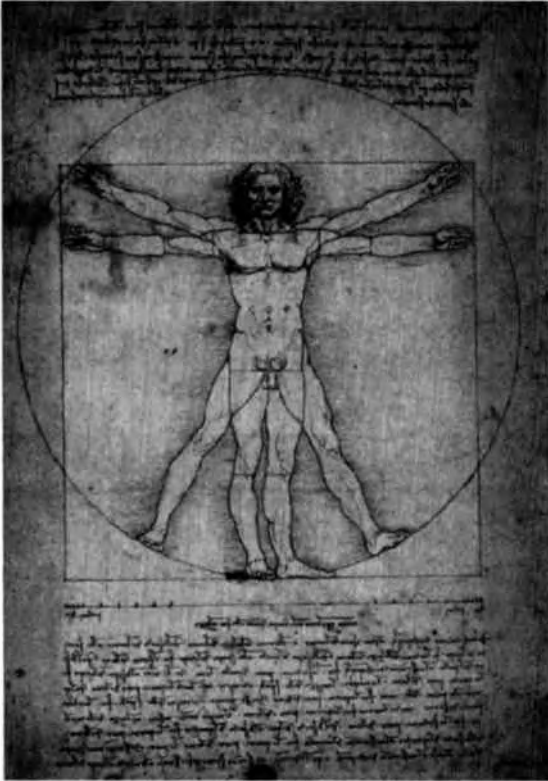
olarak dünyaya geldi. Caterina komşu bir köydeki bir sığır çobanıyla zorla evlendirilirken Ser Piero zengin bir ailenin kızıyla evlendi. Fakat oğlunu yüzüstü bırakmadı. Genç Leonardo babasının hanesinde büyüdü ve iyi bir eğitim aldı. Sanatsal yeteneği ortaya çıkınca ünlü bir Floransalı sanatçı olan Andrea del Verrochio'nun yanına çırak olarak verildi. Leonardo Andrea'nın atölyesinde ressamlığın ve heykeltıraşlığın, pigmentleri yontmanın ve karıştırmanın ve perspektif geometrinin temellerini öğrendi. 1472'de ressamlar locasına kabul edildiğinde sanatının yanı sıra pompaların, silahların ve kendi tasarladığı başka yaratıcı cihazların çizimlerini yapmaya başlamıştı bile.

Leonardo'nun hem sanatta hem de bilimde geometrik perspektifi temel aldığını biliyoruz. Bu konuda çok kaynak okumakla kalmadı, 1509'da matematikçi Fra Luca Pacioli ve sanatçı Piero della Francesca ile işbirliği yaparak altın oranı konu alan *De divina proportione* adında bir kitap da yayımladı. Leonardo sanatında phi'yi kullandığına asla doğrudan değinmese de, Atalay'a göre "Bunun kanıtı matematiksel düşüncelerinin, perspektif konusundaki çalışmalarının, kaba eskizlerinin tamamladığı resimlerin azametli karışımında bulunabiliyor." Örneğin, bitmemiş bir resmi olan *Aziz Jerome Kırılarda'da* (şimdi Vatikan Müzesi'nde sergileniyor) Jerome'un bedeninin çevresinde altın dikdörtgen bir çerçeve var. Louvre'daki *Kayalardaki Bakire'nin* uzunluk-genişlik oranı 1.1,62, yani phi'ye çok yakın. *Vitruvius Adamı* insan erkek vücudunun oranları üzerine bir çalışma ve birkaç altın dikdörtgen kümesi içeriyor.

Peki ya Brown'un romanında bu kadar önemli bir yeri olan *Mona Lisa*? Tablonun oranları 1:1,45 – phi'ye çok yakın sayılmaz – ama Atalay resmin 500 yıllık geçmişinin bir noktasında tablonun açıklanamayan bir şekilde kesildiğine, bunun da ölçümü anlamsız kıldığına dikkati çekiyor. Atalay tablonun içinde kadının sağ omzuyla yanağı ve sol omzuyla yanağı arasındaki ilişkinin kısa kenarlarıyla tabanı arasında bir altın oran bulunan bir altın üçgen oluşturduğunu iddia ediyor. (Benzer bir yapı Rembrandt'ın oto portrelerinde de görülebilir.) Tablo ayrıca

kadının vücudunun bütün önemli odak noktalarıyla, çenesiyle, gözüyle, burnuyla ve ağzının yukarıya kıvrılmış köşesiyle eşleşen bir dizi altın dikdörtgen barındırıyor. "Yapıt başka herhangi bir sanatçının olsa, bu belirtilerin tamamen rastlantısal olduğunu varsayabilirdik," diyor Atalay. "Matematiği, bilimi ve sanatı pürüzsüz biçimde bir araya getiren ve hayatını birleştirici ilkeler elde etmeye çabalayarak geçiren Leonardo için bu belki de geçerli değildir."

Leonardo'nun bilimle sanat arasında fark görmediği doğru: O ressamlığın bir bilim olduğunu ileri sürer ve sürekli olarak bu ikisini birbirine harmanlamaya çalışırdı. Örneğin çağının birçok sanatçısı ve doktoru gibi Leonardo da anatomiye incelemek için kadavraları parçalıyordu – kuşkusuz on beşinci yüz-



Leonardo Da Vinci'nin bir kaç altın oranlı dikdörtgen içeren Vitruvius Adamı.

yıl İtalya'sında soğutma ve formaldehit bulunmadığı için bunu mümkün olduğu kadar hızlı yapıyordu. Bu kesinlikle sanatında kendini gösteriyordu, fakat aynı zamanda uzuvların yapısı ve sinirlerle eklemlere bağımlılıkları da onu büyülüyordu, dolayısıyla bilimsel araştırmalarını resimlendirmek için sanatsal yeteneğini kullanıyordu. Atların iç organlarını ve bir kurbaganın omurluğunu büyük bir titizlikle inceledi ve kafatasının içini analiz eden bir dizi çizim yaptı.

Atalay Leonardo'yu ilk çağdaş bilim insanı addeden birçok tarihçiyle hemfikir. Leonardo sanatsal olsun ya da olmasın bütün araştırmalarında bilimsel yöneme çok benzeyen bir teknik kullandı: pratik deney, doğrudan gözlem, verilerin kaydedilmesi ve bulguların çözümlenerek kuramsal bir açıklamaya dönüştürülmesi. Isaac Newton matematikle fiziği bir daha ayrılmayacak biçimde birleştirmeden iki yüz yıl önce Leonardo bilimsel ilkelere matematiksel olarak gösterilmesi için çağrıda bulundu. On birinci yüzyıl Arap bilgini İbn-i Heysem'in de bilimsel yöntemin erken bir versiyonunu kullandığı söylenegelir: Örneğin o da ışığın yansıması ve kırınımının yasaları hakkındaki kuramsal sonuçlarını test etmişti. Fakat o da, Leonardo da kendi çağlarında nadir rastlanan kişilerdi.

Ne yazık ki Leonardo hayattayken bulgularının hiçbirini yayımlamadı ve 13.000 sayfadan fazla not tutmuş olsa da (daha sonra el yazmaları halinde bir araya getirildiler), bunların ancak üçte birinden azı günümüze kaldı. Atalay'ın iddiasına göre Leonardo onları yayımlamış olsaydı, "bilim ve teknoloji bakımından bugünkü seviyemize bir ya da iki yüzyıl önce ulaşmış olabilirdik." Not defterleri bugünkü teknolojilerin habercisi olan bin bir çeşit buluş içeriyor: uçan makineler, bisikletler, vinçler, füzeleler, makineli tüfekler, iki güverteli "batırılamayan" bir gemi, limanları ve kanalları temizlemek için tarama gemileri ve kişinin su üzerinde yürüyebilmesini sağlayacak, kar ayakkabılarına eşdeğer yüzer ayakkabılar. Leonardo 1490 tarihli *Codex Atlanticus* isimli eserinde "ayı büyütülmüş halde görmek için gözlükler yapmaktan" bahsetti ve böylece daha teleskop icat edilmeden

yüz yıl önce böyle bir alet yapmanın mümkün olduğunu öngörmüş oldu. 2003'te de İtalya'daki Museo Ideale'nin müdürü Alessandro Vezzosi Leonardo'nun notlarını karıştırırken gizemli karışımlara ait bazı formüllerle karşılaştı. Vezzosi formülleri denediğinde karışım sertleşerek 1900'lerde yaygın olarak kullanılan sentetik plastik bakalite irkiltecek kadar benzeyen bir malzemeğe dönüştü. Yani Leonardo pekala ilk insan yapımı plastiği icat etmiş ve ilk malzeme bilimcisi olmuş olabilir.

Bu icatların büyük bölümü hiç hayata geçirilmedi. Leonardo öncelikli olarak bir hayalperestti. Ölüm döşeginde, "Yapılan bir şey oldu mu?" diye sorduğu söylenir. Bir şey yapılmasına yapılacaktı, ama belki de bu Leonardo'nun düşündüğü şey değildi. Ölümünden 50 yıl sonra Nicolaus Copernicus adında bir adam bir kitap yayımlayacak, böylece başlayan eşi benzeri görülmemiş bilimsel devrim 1000 yıldan uzun süredir hüküm süren bir inanç sisteminin yönünü değiştirecekti. Dünya bir daha asla eskisi gibi olmayacaktı.

2. Bölüm

Bir Devrimden Bahsetmek

1509: De Revolutionibus'un Basılması

Neil Gaiman'ın fantezi romanı *Amerikan Tanrıları*'nin alışılmadık kahramanı Shadow, "Burası tanrılar için kötü bir diyar," der. Hapisten yeni çıkmıştır ve karısının birkaç gün önce aniden bir trafik kazasında ölmesinin etkisinden kurtulamamıştır. Shadow Wednesday isimdeki gizemli bir yabancının yanında işe girer. Wednesday hiç de dışarıdan görüldüğü gibi biri değildir: Bir zamanlar Her Şeyin Babası Odin diye bilinen yaşlı, sürgün edilmiş bir İskandinav tanrısı olduğu ortaya çıkar. Amerika'ya gelen göçmenler eski tanrılarını da beraberlerinde getirmişler, bu tanrılar da önceden orada olan ilahlara katılmışlardır. Fakat Amerikalılar artık paraya, teknolojiye, İnternet'e ve ünlülere tapmaktadırlar. Eski tanrılar inançsızlık yüzünden yavaş yavaş silinip gidiyorlardır. Çoğunun tek istediği emekliliklerinin tadını çıkarmaktır, bu kimileri için hileli oyunlarla ve fahişelikle geçimini sağlamak demek olsa da. Fakat

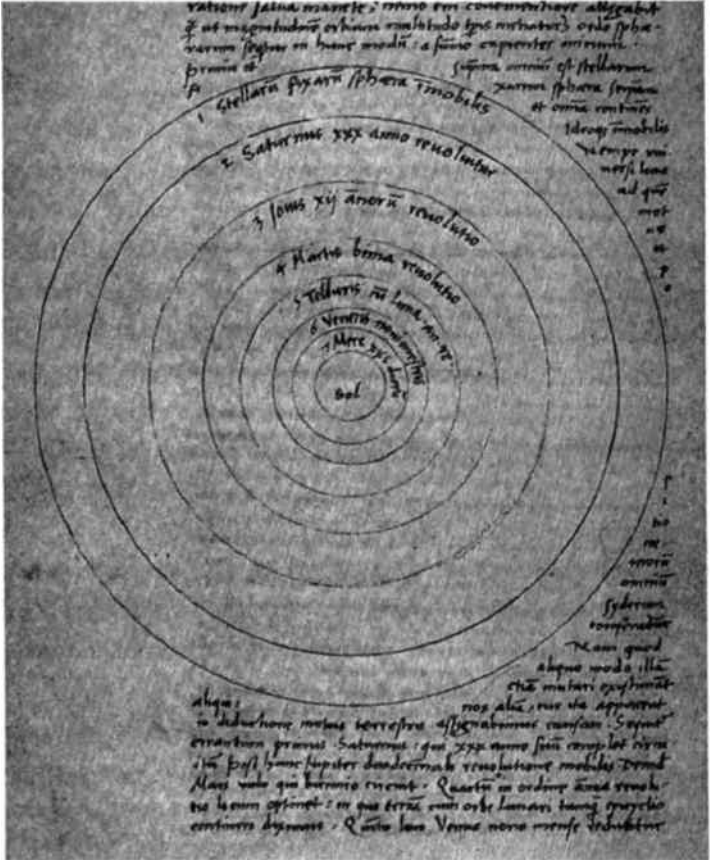
Wednesday'in o yaklaşan alacakaranlığa uysalca teslim olmak gibi bir niyeti yoktur. Diğer unutulmuş ilahları bir araya toplamakta ve eski tanrılarla yeni tanrılar arasında son bir hesaplaşma için bir ordu oluşturmaktadır. Bu postmodern bir Kıyamet Savaşı olacaktır.

Devrimler her zaman ani veya destansı ölçekte olmazlar, özellikle de fikir devrimleriyseler. On altıncı yüzyılın ortalarında Leh astronom Nicolaus Copernicus *De revolutionibus* adında çok kalın bir kitap yayımladı. Bu el yazması 100 yıl içinde insanların evrene ve içinde bulundukları yere dair bakışlarını tamamen değiştirdi. Fakat kitap pek de öyle katalizör olacak gibi görünmüyordu; büyük bir kısmı son derece kuru matematiksel tezlerden oluşuyordu. Copernicus uzmanı Owen Gingerich *Hiç kimsenin Okumadığı Kitap* adlı eserinde, "Kesinlikle incelenecek bir metindi, fakat pek de baştan sona okunacak bir eser değildi," diyor. Yine de, *De revolutionibus*'un ilk baskısının nüshaları şimdi yarım milyon dolardan fazla fiyatlara alıcı buluyor.

Yaygara koparan kısım güneşi bilinen evrenin merkezine yerleştiren 1. Kitap'tı. Bu 14 yüzyıldır egemen olan evren modelinden radikal bir sapmaydı. Eski Yunan astronomlarının fikirlerini işlevsel bir evren modeli halinde bir araya getiren ilk kişi MS 150 yılı civarında İskenderiye'de yaşamış bir Mısırlı olan Batlamyus (Latince ismiyle Claudius Ptolemaeus) olmuştu. Batlamyus, *Almagest* isimli tezinde güneşin, ayın ve gezegenlerin hareketleri için matematiksel bir kuram öne sürüyordu. Evren kapalı, küresel bir boşluktan ve ötesinde hiçbir şey yoktu. Dünya merkeze sabit biçimde çakılıydı ve çevresinde her biri bir gezegenin, güneşin, ayın veya yıldızların yörüngesini oluşturan bir dizi iç içe küre, veya "dış çember" vardı.

Rönesans başladığı sırada Batlamyus'un dünya görüşü batı Avrupa kültürü'ne tamamen hâkim olmuş, sanata, edebiyata, müziğe, ayrıca denizcilığe, tıbbı o zamanlar meşru bir bilim kabul edilen astrolojiye sızmış haldeydi. Bu dünya görüşü estetik olarak memnun edici bir yapıydı ve o çağın yaygın Hristiyan teolojisiyle iyi bir uyum içindeydi. Dünyadaki –ayın altında-

ki- her şey ilk günah ile "lekelenmiş" sayılırken gökteki dış çemberler ise saf ve kutsaldı ve kutsal bir "küreler müziği" ile doluydu. İngiltere'deki John Donne gibi saray şairlerinin sevgililerini "ayın da üzerinde" diye övmeleri, "ayın altındaki aşıkların basit aşkı" nı ise aşağı ve sahte diye bir kenara itmeleri moda olmuştu. Ayrıca bu sosyal hiyerarşiyi her ne pahasına olursa olsun korumak için yararlı bir mantık oluşturunuyordu. Shakespeare'in *Troilus ile Cressida*'sında Ulysses, "Gökyüzünün kendisi, gezegenler ve bu merkez/mertebelerinden gelen önceliği ve yerlerini bilirler," diye ahkâm kesiyordu. Bu sözde "büyük varoluş zinciri" nin düzenini bozarsanız sonuç başıboş bir "karmaşa" olacaktır.



Güneş merkezli Copernic Modeli

Pratik bir bakış açısıyla, Batlamyus'un yaklaşımı gezegenlerin konumlarını güvenilir biçimde tahmin etmeye yetecek kadar iyi işliyordu. Fakat bu tahminler yalnızca birkaç yıl boyunca isabetli oluyordu, denizcilikte, takvimlerde ve kehanet horoskoplarında kullanılan tabloları güncel tutmak için sürekli olarak düzeltmeler yapmak gerekiyordu. Yüzyıllar geçtikçe takvimle ilkbahar gündönümü ve dolunay gibi kilit olaylar arasındaki tutarlılıklar arttıkça arttı. Özellikle kilise yetkilileri bunu korkutucu buluyorlardı, çünkü Paskalya gibi önemli dini tatillerin tarihleri için bu göksel takvimi temel alıyorlardı. Astronomlar alternatif bir model üzerinde düşünmeye hazırıldılar.

Batlamyus'u alaşağı eden adamın hayatının ilk dönemleri talihsiz geçti. Copernicus dört kardeşin en küçüğüydü. Daha sadece 10 yaşındayken babası öldü. Sonrasında Frauenburg katedralinde papaz olan bir amcasının yanında büyüdü. 1492'de, yani Kristof Kolomb'un yeni dünyaya doğru sefere çıktığı yıl 19 yaşındaki Copernicus Krakow Üniversitesi'ne girdi. Burada Latince, matematik, coğrafya ve felsefe okudu, fakat çok geçmeden astronomiye tutkuyla bağlandı. 1496'da görünüşte kilise hukuku ve tıp konularında diploma almak için okumak üzere İtalya'ya gitti, fakat Mart 1497'de ilk ay tutulmasına tanık olduktan sonra yeniden astronominin cazibesine kapıldı. Copernicus sonunda kendisi de Frauenburg katedralinde papaz oldu ve böylece çok az gerçek iş yaparak iyi bir gelir elde etmeyi garantiledi. Bu hayat ona uyuyordu, çünkü bağımsız çalışmalar yapmak için bol bol boş zamanı oluyordu. Kasabanın sur kulesindeki odalarında bir gözlemevi inşa etti ve her gece gökyüzünü özenle inceledi.

1514'te birkaç seçilmiş astronom arasında isimsiz bir kitapçık elden ele dolaşmaya başladı. Bu astronomların hepsi kitapçığın-yazarı Copernicus'un yakın dostlarıydı. "Küçük Yorum" (veya Latince ismiyle *Commentariolus*) olarak bilinen kitapçık evren için yeni bir model ortaya seriyordu. Bu modelde güneş merkezdeydi, Dünya ile diğer gezegenler de onun çevresinde yörünge-deydiler. Bu güneşin yıllık "hareketler" döngüsünü açıklıyordu. Copernicus o dönemde bilinen altı gezegenin –Merkür, Venüs,

Dünya, Mars, Satürn ve Jupiter- hepsinin sırasını doğru biçimde tespit etmiş ve yıldızların görünüşte değişen konumlarının aslında Dünya'nın kendisinin hareketinden kaynaklandığı sonucuna varmıştı. Son olarak, gezegenlerin hareketinin geriye dönüşmüş gibi görünmesinin sebebinin kişinin onları hareket haliindeki Dünya'dan gözlemlemesi olduğunu iddia ediyordu. Bu aksiyomlar *De revolutionibus*'un temelini oluşturacaklardı.

Tarihçiler Copernicus'un başyapıtını 1515 civarı yazmaya başladığını düşünüyorlar, fakat kitap ancak hayatının sonlarında yayımlandı. Copernicus kendi kendisinin en sert eleştirmeniydi ve bir türlü yapıtın hazır olduğuna emin olamıyordu. Wittenberg Üniversitesi'nden gelen, Georg Joachim Rheticus veya Rheticus adındaki genç bir matematik ve astronomi profesörü olmasa kitap asla yayımlanamayabilirdi. Rheticus Mayıs 1539'da Copernicus'u Freauenberg'de ziyaret etti. İlk başta birkaç hafta kalmayı planlamıştı, fakat yaşlı astronomun çalışmalarından o kadar büyüldü ki ancak iki yıl sonra ayrılabilirdi. Onun teşvikiyle Copernicus elyazmasını nihayet tamamladı. 1542'de Rheticus elyazmasını Nuremberg'teki bir yazıcıya, sonra da baskı merkezlerinden birine teslim etti. Fakat orada kalıp işlemi denetleyemedi, bu yüzden bu sorumluluğu yerel bir Luther teologu olan Andreas Osiander'e devretti.

Rheticus bu kararı yüzünden çok pişman olacaktı. Bu bilimsel eserin inanışa ters düşme potansiyeline sahip içeriği nedeniyle endişeye kapılan Osiander, Copernicus'un özgün önsözünün yerine kendi (imzasız) okuyucuya mektubunu koydu. Bu mektupta kitapta varılan sonuçlara "gerçek" olarak değil, göksel cisimlerin konumlarını hesaplamak için daha basit bir yöntem içeren yeni bir model olarak bakılması gerektiği söyleniyordu. Rheticus ustasının büyük eserine ihanet olarak gördüğü bu davranışı nedeniyle Osiander'i hiç affetmedi. Yıllarca *De revolutionibus*'un az bulunan ilk baskılarının izini sürmüş olan Gingerich'e göre, öfkeli Rheticus birkaç kopyada yeni önsözün üstünü kırmızı bir boya kalemile çizmiş. Söylenene göre Copernicus 1543'te hayatının eserinin bir kopyasını aldığı sırada kısmen felç olmasına se-

bep olan bir inme nedeniyle ölüm döşegindeymiş. Kısa bir süre sonra beyin kanamasından ölmüş.

Kitaba ilk eleştiriler 1546'da doğmuş Danimarkalı bir asilzade olan Tycho Brahe gibi başka astronomlardan geldi. Brahe'nin hayatında sözü edilemeden geçilemeyecek iki tuhaf olay vardır. Burnunun bir kısmı bir düelloda koptuğu için kafasına ipli, gümüşten bir takma burun takıyordu. Bir de çok garip bir şekilde öldü. Söylentiye göre Brahe Danimarka imparatoru ile akşam yemeği yerken yemeğin ortasında fena halde tuvalete gitmesi gerekmiş. Fakat kraliyet ailesi üyelerinden önce sofradan kalkmak nezaketsiz kaçacakmış. Brahe'nin idrar torbası patlamış ve birkaç gün sonra ölmüş – belki de tarihte terbiyelilik yüzünden ölen tek kişiydi.

Brahe 26 yaşında yeni bir yıldız keşfedince bir astronom olarak ünlü olmayı garantiledi. Batı Avrupa'da, denizde Kopenhag yakınlarındaki küçük bir adadaki bir şatoda o zamanın en iyi astronomik gözlemevini inşa etti. Sonra da sistematik olarak gökyüzünün haritasını çıkarmaya başladı. Brahe bir Copernicus yanlısı değildi; bir keresinde Copernicus'un hem fiziği, hem de Kutsal Kitap'ı rencide ettiğini söylemişti. Fakat selefinin "entelektüel algı keskinliği"ne saygı duyuyordu ve Copernicus'un Batlamyus sistemindeki bazı boşluklara dikkati çektiğini kabul ediyordu. Brahe iki modeli birbiriyle uzlaştırmaya çalıştı. Onun kozmolojisi Dünya'nın evrenin merkezindeki konumunu koruyor, güneşin onun yörüngesinde, diğer gezegenlerin de güneşin yörüngesinde olduğunu öne sürüyordu.

Eleştiriler tamamen temelsiz değildi. *De revolutionibus*'ta yeni gözlem verileri namına pek bir şey yoktu. Teleskop bir 50 yıl daha icat edilmeyecekti ve bir astronomun gökyüzünde çıplak gözle görebileceklerinin bir sınırı vardı. Bu yüzden Copernicus uzun yıldız katalogunu derlerken Batlamyus ile hemen hemen aynı verilere bel bağlamıştı. Görünüşe göre güneşi güneş sisteminin merkezine yerleştirirkenki birincil tezi deneye dayalı değil estetikti: Güneş "evrenin lambası" olduğuna göre merkezde onun yer alması gerektiğini düşünmüştü.

Modelin astronomlar arasında yaygın olarak benimsenmesini yavaşlatan başka sorunlar da vardı. Bunlardan en dikkate değer olanı, Copernicus'un on altıncı yüzyılda popüler olan bütün gök cisimlerinin değişmez dairesel hareketler yaptığı fikrini korumuş olmasıydı, yani modeli gezegen yörüngeleri için hâlâ daireler içinde daireleri kullanıyordu. Bu yine estetik olarak memnun ediciydi –Hiçbir bozulma veya çürümenin bulunamayacağı gökyüzü neden mükemmel daireler halinde hareket etmesin di ki? Fakat bu sav basbayağı yanlıştı. On yedinci yüzyıla girilirken Johannes Kepler Brahe'nin özenle topladığı gözlem verilerini kullanarak gezegenlerin yörüngelerindeki hareketlerini ayrıntılarıyla çıkardı. Copernicus gibi Kepler de bu hareketlerin dairesel olduğunu varsaydı, fakat Mars'ın yörüngesini hiçbir daire türüne uyduramadı. Nihayet sorunun ne olduğunun farkına vardığı gün "Of, ne aptalmışım!" diye yazdı: Sonuçta gezegenlerin yörüngeleri mükemmel daireler değildi. Eliptiktiler, ki bu da Kepler'in gezegen hareketleri yasalarının birincisini oluşturdu.

Osiander'in ve diğerlerinin inanışa ters düşme potansiyeline sahip olarak gördükleri güneş merkezli evren kavramının ta kendisiydi. Batlamyusçu dünya görüşü, kilise doktrininin yarılmaz olduğunu ilan ettiği İncil'deki kilit bölümlerin geleneksel yorumlarıyla pürüzsüz bir şekilde iç içe geçmişti. Dünya'nın ve diğer gezegenlerin yörüngesinde olduğu sabit bir güneş kavramı bu bölümlerle çelişiyor gibi görünüyordu. Örneğin, Mezmurlar 203'te şöyle deniyor: "Ya RAB Tanrım, Yeryüzünü temeller üzerine kurdun, asla sarsılmasın diye." Birçoklarına göre bu açık bir şekilde sabit bir Dünya'yı işaret ediyordu. Protestan reformcu Martin Luther 1539'da, daha *De revolutionibus* yayımlanmadığı, ama "Küçük Yorum" elden ele dolaştığı sırada Copernicus'u açıkça suçlayarak şu sözlerle ateş püskürttü: "Bu ahmak bütün astronomi bilimini ters yüz etmeye niyetli! Ama İncil'in bize söylediği gibi, İsa Güneş'e değil Dünya'ya hareket etmeyi kesmesini emretti." Belli ki kilise liderleri kendi kutsal kitap yorumlarının hatalı olabileceğini hiç düşünmemişti.

On yedinci yüzyılda batı Avrupa'daki Hıristiyanlar insanın Tanrı'nın suretinde yaratıldığına ve ruhu olduğu için üstün bir varlık olduğuna inanıyorlardı. Copernicus'u kabul etmek, Batlamyus'u reddetmek ve insanı kozmolojik varoluş zincirinin en tepesindeki yerinden etmek anlamına geliyordu. Johann Wolfgang von Goethe daha sonra güneş merkezli bir evrenin on yedinci yüzyıl inancları üzerindeki etkilerine dair, "Dünya'nın bir bütün ve yuvarlak olduğu daha yeni kabul edilmişti ki, ondan evrenin merkezi olmak gibi muazzam bir üstünlükten feragat etmesi istendi," diye yazdı. "Bu belki de o güne dek insanlıktan istenmiş en büyük fedakarlıktı."

Doğal olarak, eski tanrılar karşı koydular. On yedinci yüzyılın başlarında Copernicus'un kuramlarını benimsemek sağlığa zararlı olabilirdi. Copernicus kozmolojisini erkenden benimsemiş bir İtalyan astronomu olan Giorđano Bruno'nun korkunç sonunu göz önüne alın. Aslında Bruno bir adım ileriye gitmiş ve uzayın sabit değil sınırsız olduğunu ve güneşle gezegenlerin de bir yığın benzer güneş sisteminden sadece bir tanesi olduğunu iddia etmeye cüret etmişti. Hatta hayatın olduğu başka dünyalar olabileceğini ve bunların üzerinde insanlarınkine eşit veya ondan daha üstün zekaya sahip başka zeki varlıklar olabileceğini kurgulamıştı. Bugün olsa Bruno çok satan bir bilimkurgu yazarı olabilirdi, fakat fikirleri tutucu Katolik kilisesinin hazmedemeyeceği kadar yaratıcıydı. İşkenceye uğradı, mahkum edildi ve sonunda 1600 yılında fikirlerinden vazgeçmeyi reddettiği için yakıldı.

Bruno sık sık Copernic yanlısı kurbanların ilki olarak gösterilir, fakat özel olarak Copernicus yanlısı inançları yüzünden idam edildiği konusunda kuşkular vardır. Bruno o günlerde inanışa aykırı sayılan birkaç doktrine bağlı olan bir mistikti. Biraz da öfkeli biriydi ve gittiği her yerde tartışmalara karışırdı. Kısacası, o dönemin gergin dini-politik şartlarında kurban olmak için dört dörtlük bir adaydı. Gerçek şu ki *De revolutionibus* kilise liderleri arasında hemen bir yaygaraya sebep olmuş değildi. Kitap 1616'ya kadar kilisenin yasaklı kitaplar listesine bile girme-

di. Kilise Copernicus'un fikirlerini dikkate değer bile bulmuyordu, ta ki İtalyan astronomu Galileo Galilei teleskop adındaki yeni bir aygıtla gözlemler yapıp Copernicus'un kuramını doğrulayana ve dini statüko için çok daha büyük bir tehdit haline gelmesine sebep olana kadar.

Galileo'nun çalışmaları –en önemlisi 1632'de yayımlanan “İki Yeni Bilim Üzerine Konuşmalar”- kilisenin bir karar almasını gerektirdi. Buradaki gözlemler kilisenin öğretileriyle çelişmekle kalmıyordu, Galileo aynı zamanda yalnızca kilisenin kıdemli üyelerinin kutsal kitabı yorumlama yetkisine sahip olduğu bir çağda korkusuz bir biçimde İncil'deki bölümleri güneş merkezli bir kozmolojiyle uyumlu olacak şekilde yorumluyordu. Galileo İncil'in gökyüzünün nasıl hareket ettiğine dair bir talimat kitabı olarak değil, insanlara nasıl cennete erişeceklerini öğretmek için kullanılması gerektiğini ileri sürüyordu. Kilise nihayet 1633'te harekete geçti ve Galileo'yu Engizisyon'un karşısına çıkardı. Galileo engizisyon mahkemesi üyelerinin karşısında diz çökmeye ve işkence ve ölüm tehditleri altında resmi olarak Copernic'in dünya görüşüne olan inancından “vazgeçmeye” mecbur kaldı. Talihsiz Bruno'nun aksine, Galileo bu ateşten gömlekten ömür boyu ev hapsi cezasıyla kurtuldu.

Sonuçta yeni tanrılar galip geldi. Copernic'in kozmolojisini destekleyen deneysel kanıtlar gittikçe biriktiği için bilim dinbilimcilere baskın çıktı. On yedinci yüzyılın sonu geldiğinde teleskop kullanılarak o kadar çok yeni keşif yapılmıştı ki astronomlar arasında Copernicus yanlısı olmayan çok az kişi kalmıştı. O eski Katolikleri ve Protestanları sağlam bilimsel kanıtlar tersini gösterdiği halde evren hakkındaki aptalca varsayımlarına sadık kaldıkları için reddetme fikri çekici olabilir. Fakat modern dünya iman temelli batıl inançlardan bağışık olmaktan çok uzaktır. Eski tanrılar sadece hâlâ burada olduklarını bize hatırlatmak için bile olsa arada bir kılıçlarını şingırdatıyorlar. En sevdikleri post-modern düşman Charles Darwin'in evrim kuramları.

Yaratılışçılığın kamplarının sayısı neredeyse tarlalardaki papatyalar kadar fazla, fakat en radikal altküme Tanrı'nın dünya-

yı MÖ 4004'te yarattığını iddia ediyor. Dünya'nın aslında 4 milyar yaşında olduğunu gösteren değersiz fosil kayıtlarına gelince – eh, Tanrı o kayıtları da inananlar için bir iman testi olarak yarattı. Bu “genç Dünya” yaratılışçıları adı verilen kesim yalnızca evrimi değil, büyük patlama ve levha tektoniği de dahil olmak üzere Yaratılış kitabına getirdikleri dar yorumla çelişen bütün bilimsel kuramları reddediyor. Onların zihniyeti Katolik kilisesinin Copernicus'un kuramına karşı çıkarkenki zihniyetinin neredeyse aynısı: Bilimsel kanıtlar kendilerinin İncil yorumuyla çeliştiğinde, kendi kutsal kitap yorumlarının hatalı olabileceğini değil, kanıtların hatalı olduğunu varsayıyorlar.

Çoğu yaratılışçı bu kadar radikal değil, fakat giderek daha fazla inisiyatifleri ellerine alıyor, sık sık da kavgacı oluyorlar, özellikle de okullardaki bilimsel müfredatın belirlenmesi konusunda. Kansas eyaleti eğitim kurulu Ağustos 1999'da 6'ya karşı 4 oyla büyük patlama ve evrimin öğretilmesini gerekli bilimsel müfredattan çıkararak ülke çapında manşetlere çıktı. Yaratılışçılık için eşit sınıf zamanı kazanmak için davalar açmak işe yaramamıştı, bu yüzden yaratılışçılar sessiz sedasız eğitim için kabul edilebilir ders kitaplarını belirleyen eğitim kurulunun içine sızmışlardı. Zaferleri küçüktü ve çok kısa ömürlü oldu: Şubat 2001'de yeni bir kurul eski bilimsel müfredatı geri getirdi. Fakat bu mesele bir türlü gündemden düşmüyor. Ohio, Texas, Arkansas ve Alabama'daki okul bölgelerinde de benzer savaşlar yaşandı. Alabama'daki bazı ders kitapları hâlâ evrimin yalnızca bir “kuram” olduğunu belirten bir uyarı içeriyorlar.

On yedinci yüzyıldaki Hristiyanlar sonunda Tanrı'nın gökyüzünün yaratıcısı olduğuna dair fikirlerini kafalarından atmaksızın da Copernicus'un sistemini benimseyebileceklerinin farkına varmışlardı. Kişisel dini inanışlarını bilimin kurallarıyla uzlaştırmakta hiç güçlük çekmeyen modern birçok bilim insanı da var. Fakat görünüşe göre ideolojik bir Kıyamet Savaşı başlatmak dışında başarabileceğimiz en iyi şey eski din tanrılarıyla yeni bilim tanrıları arasında gergin, nazik bir ateşkes imzalamak.

3. Bölüm

Lens Yapımcıları

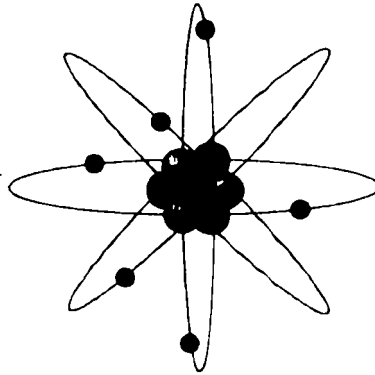
1590 Civarı: Mikroskobun İcadı

Yaklaşık 5000 yıl önce eski Asurlu yazıcılar kil tabletlere doğadaki nesneleri daha büyük göstermek için kullanılabilen sihirli büyütme taşlarının varlığından bahseden yazılar yazdılar. Bu taşlar aslında kırık göktaş parçalarıydı. Çekirdekleri Dünya'nın atmosferine girerkenki aşırı sıcaklık nedeniyle ergiyerek cama dönüşmüş, çok ilkel bir çeşit lens oluşturmalarını sağlayacak biçimde erimişti. Asurlular bilmeseleler de bilinen optik mikroskop biçimiyle inceleme yapıyorlardı.

Eski Asurluların bu kadar ilgisini çeken garip büyütme etkileri elbette büyüden değil ışığın benzersiz yapısından ve maddeyle etkileşiminden geliyordu. Işık son derece geçici bir maddedir ve süregelen bir kimlik krizinden muzdariptir. Bilim insanları yüzyıllar boyunca ışığın parçacık mı, yoksa dalga mı olduğunu tartıştılar; bugün bunların ikisi de olmadığını, ama ikisinin özelliklerine de sahip olduğunu biliyoruz, geceleri ikinci iş ola-

rak garsonluk yapan, veya gerçekte sadece yönetmenlik yapmak isteyen bir aktör gibi. Işık bir parçacık akışı gibi dümdüz bir çizgi halinde hareket eder, ama aynı zamanda bir dalga gibi dışarı doğru yayılabilir.

Temel bir fen dersi almış herkes ışığın foton adı verilen enerji paketlerinden oluştuğunu bilir. Fakat bu enerji Athena'nın Zeus'un başından fırlaması gibi boşluktan tamamen oluşmuş halde fırlamaz; bir yerlerden gelmesi gerekir. Fotonları elde etmenin birkaç yolu vardır ve bunların hepsi aynı temel mekanizmayı kullanır: Her bir atomun çekirdeğinin çevresinde dönen elektronlara enerji verilir, bu da genellikle bir biçimde ısı uygulayarak yapılır. Bir mumun alevi, güneşin ışınları, bir lazer veya akkor bir lambanın her biri bir atomun sıcaklığını arttırmak için kullanılabilir. Bir elektronun doğal bir yörüngesi vardır (buna orbital adı verilir) ve bu Dünya'nın çevresinde dönen bir uydunun yörüngesine çok benzer, fakat bir atom ısıtılırsa (yani enerjiyle yüklenirse) elektronları daha üst orbitallere çıkarlar. Bunlar soğuyup normal yörüngelerine dönerken fazlalık enerji fotonlar halinde salınır ve gözlerimiz bunları ışık olarak algılar. Tabii ki her tür ışık gözle görülür değildir; fotonların çıktıkları elektronların düştüğü mesafeye karşılık gelen frekansları vardır. Sadece elektromanyetik spektrumun gözle görülür kesimindeki frekanslar görülebilir.



Atom

Bütün bu fotonlar uzayda elektromanyetik dalgalar halinde körlemesine hareket ederler. Arada bir yolları üzerindeki nesnelere çarparlar ve sekerken ortaya çıkardıkları gölgeler çevremizdeki dünyayı görebilmemizi sağlar. Fakat cam gibi farklı malzemeler ışığı emebilir, yansıtabilir, dağıtabilir ve hatta bükebilir.

Lens basitçe üzerine gelen ışığı kıran kavisli bir cam parçasıdır – bu optik etkiye kırınım adı verilir. Her malzemenin ışığın içinden geçme hızını belirleyen kendine ait bir “kırınım indeksi” vardır. Işığın havada camda olduğundan daha hızlı gitmesinin sebebi işte budur. Yani, ışık bir cam parçasına bir açıyla girdiğinde – ki cam lenslerde olduğu gibi kavisliyse böyle girer – ışık dalgasının bir kısmı diğer kısmından önce cama çarpar ve yavaşlamaya başlar. Bu ışığın belirli bir yöne doğru kırılmasına neden olur. Işık camdan çıkarken tekrar eğilecektir, çünkü bazı kısımları havaya girer ve diğer kısımlarından daha önce hız kazanır. Lensin nasıl bir kavisinin olduğu ışığın hangi yöne doğru kırılacağını belirler. Eğer lens içe doğru kavisliyse, ışık bir dalga gibi dışarı yayılacak veya dağılacaktır; bu lenslere içbükey lens denir. Eğer dışı doğru kavisliyse, ışık lensin merkezine doğru kırılacaktır, bu lenslere dışbükey lens denir.

Eski bir Asurlu karanlık bir gecede bir meşale yakıyor ve kasaba meydanının merkezinde ayakta duruyor olsun. Yanan meşale bütün yönlerde eşit oranda ışık yayacak ve o ışık da çevredeki bütün nesnelerden sekecektir – belki başkentin baş tanrısı olan Asur’un bir heykelinden. Bir komşunun iki elinde lens vazifesi gören, biri içe doğru, diğeri dışı doğru kavisli bir çift eğreti göktaşı parçası olsun. Komşu içe kavisli (içbükey) parçayı kaldırdığında parça heykelden dağılan ışığı toplar, dışı kavisli (dışbükey) parça ise ışığı odaklar, hatta heykelin yansıtılmış bir görüntüsünü bile oluşturabilir. İşte eski çağlardan beri bilinen bu özellikler lenslerin bilimsel incelemelerde ve keşiflerde çok kullanışlı olmasını sağlarlar. Bütün optik görüntüleme teknikleri bu iki lens tipinin bir karışımına dayanır.

Bilinen en eski insan yapımı lens – yaklaşık 4 cm çapındaki cilalı bir kaya kristali – eski Ninova’nın kalıntılarından çık-

ıldı; Romalı oyun yazarı Seneca'nın (MÖ 4? – 65) da okuduğu metinleri onlara cam bir su küresinden bakarak büyüttüğü söylenir. İlk gerçek büyüteç 1000 yılı civarlarında ortaya çıktı. Bu "okuma taşı" harfleri büyümek için bir metnin üzerine koyulabilen cam bir küreydi. Daha 1260 yılında gözlükler için ilkel lensler yapılıyordu; İngiliz filozof Roger Bacon 1268'de yayımlanan *Opus majus* adlı eserinde onlardan bahseder. 1400 yılında Florence şehrinin ihracat kayıtlarında en az 50 kayıtlı gözlük yapımcısına rastlanır. Yaklaşık 200 yıl sonra da halkın geneli arasında gözlükler neredeyse sıradan hale gelmişti.

Lens bilemenin esasları en başından beri değişmedi: Hâlâ zaman alıcı, metodik, tam obsesif-kompulsif bozukluktan muzdarip olanlara göre bir işlem. On altıncı yüzyılda küçük, yuvarlak, düz bir cam parçası "bulamaç"la (tozu en az düzeyde tutmak için su içinde çözülmüş ince kum veya pudra parçacıklarıyla) kaplanır, sora da camın kenarlarını bileyerek istenen şekle sokmak için ovulurdu. Parçacıklar ne kadar ince olursa bileme de o kadar kusursuz olurdu. Bir lens yapımcısı önce büyük tanecikler olan bir bulamaç kullanarak malzemenin büyük bir miktarını koparıp atardı (modern lens yapımcıları bu ilk aşama için elmas kesme aletleri kullanırlar). Bu camın doğru şekli –içbükey veya dışbükey- almasını sağlardı, ama parçacıklar yüzeyde çizikler bırakır ve camın buzlu bir görünüm almasına neden olurdu. Bu yüzden lens yapımcısı gittikçe daha ince bulamaç parçacıklarını kullanarak yüzey temizleninceye kadar yüzeyi cilalardı

Lens yapımcısı Her aşamanın ardından bir sonraki inceltme aşamasına geçmeden önce kalın parçacıkları temizlemek için cam yüzeyini özenle yıkardı. Yalnızca birkaç kalın zerre kalsa bile bitmiş lenste çizikler oluşurdu. Bu kaçınılmaz kusurlar kimi zaman renklerin doğru şekilde dizilmediği görüntüler ortaya çıkarır, görüntünün çevresinde bir gökkuşağı halesi oluşurdu. Bu etki kromatik sapınç diye bilinir ve ışığın farklı renkleri farklı şekillerde kırılması nedeniyle meydana gelir; ışık kusurlu biçimde bilenmiş bir camın içinden geçtiğinde ışın farklı dalga boylarına ayrılır ve spektrumdaki renkleri ortaya çıkarır. Len-

sin şekli pürüzsüz biçimde kavisli değilse de sonuç küresel sapınç olur; ışık doğru biçimde tekrar odaklanamaz ve bu da bulanıklığa sebep olur.

Mikroskop kavramını ilk ortaya atan Hollanda'nın Middelburg kentinde yaşayan Zacharias Janssen adındaki genç bir gözlük yapımcısıydı, fakat çoğu tarihçi Zacharias'ın o sıradaki küçük yaşını göz önüne alarak oğlanın babası Hans'ın da aygıtın yapımında parmağı olduğuna inanırlar. (Kimileri mikroskobun eş zamanlı ama bağımsız mucidi olarak bir başka Hollandalı gözlük yapımcısı olan Hans Lippershey'i gösterirler.) Zacharias'ın bu icadı nasıl yaptığını belirten hiçbir kayıt yok, fakat işi lenslerle deneyler yapmasını gerektiriyordu. Bir noktada tesadüfen büyütmeyi ve görüntü kalitesini arttırmak için içbükey lensle dışbükey lensi bir araya getirmeyi düşünmüş ve bu icadını temel alan pratik bir aygıt geliştirmiş olmalı. Tarihçiler Janssen'lerin eski bir aile dostu olan Hollandalı diplomat William Boreel'in mektupları sayesinde mikroskobun icadını 1590'ların başına tarihlendirebiliyorlar. Boreel 1650'lerde –aygıtın icadından onlarca yıl sonra- Fransız kralına icat edilişini ayrıntılarıyla anlattığı bir mektup yazdı.

Mikroskop ışığı toplamak için içbükey bir lens kullanır. İçbükey lens ışığı bir noktaya odaklayarak görüntünün bulanıklaşmasını engeller. Bir tüp dışbükey lensi objektif lensinden uygun bir mesafede tutar ve kaçak ışığı dışarıda tutar (örneği ışıklandırmak için gereken ışık kaynağı hariç). Janssen mikroskoplarının ilk prototiplerinin hiçbiri günümüze kalmadı, fakat Middelberg'deki bir müzede 1595 yılına ait, Janssen markasını taşıyan bir mikroskop var. Aygıtta üç tüp var, bunların ikisi çekmeli tüpler, yani dış gövde görevi yapan üçüncü tübün içine kayabiliyorlar. Mikroskop elle tutuluyor, örnek incelenirken çekme tüplerini içeriye veya dışarıya kaydırarak odaklanabiliyor ve en uca kadar uzatıldığında görüntüleri özgün boyutlarının 10 katına kadar büyütebiliyor.

On altıncı yüzyılda İtalya'da bulunan "lens" teriminin Latince mercimek anlamına gelen lens sözcüğünden türediği sanılı-

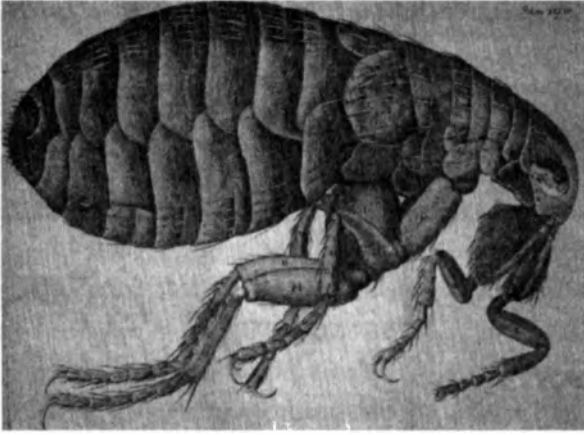
yor, zira ilk lensler bu baklagili andırıyordu. Ne yazık ki bu kaba prototipler modern standartlarla değ erlendirildiklerinde ışığı toplama ve nesneleri net bir biçimde büyütme kabiliyetleri bakımından da en fazla mercimek kadar etkiliydiler. Zaten büyütücü gözlükler veya monokllar için tek lensler yapmak yeterince zordu. Mikroskoplar birbirini tamamlayan iki lens (biri dışbükey, diğ eri içbükey) gerektiriyorlardı ve bu da bileme işlemi sırasında meydana gelen kaçınılmaz kusurları iki katına çıkartıyordu. I ıklandırma kaynakları da mumlarla ve yağ lambalarıyla sınırlıydı, dolayısıyla görüntüler karanlıktı. Bu eksiklikler nedeniyle Janssen'in icadı hemen başarı kazanmadı. Aygıtın bilim insanları arasında yaygın olarak kullanılacak kadar geliştirilmesi için yarım yüzyıldan uzun bir süre geçmesi gerekti. Henry Power adındaki Yorkshire'lı bilim insanı mikroskopla yaptığı gözlemleri yayımlayan ilk kişi oldu, 1661'de de Marcello Malpighi mikroskop kullanarak bir kurbağanın akciğ rlerindeki kılcal damarları inceledi ve böylece fiilen İngiliz doktoru William Harvey'in kan dolaşımı kuramını kanıtlamış oldu.

Teknik ressamlıktan bilim insanlığına geçmiş Robert Hooke adında bir İngiliz, temel tasarımda kayda değ er düzeltmeler yapan ilk kişilerden biri oldu. Hooke mikroskoplarını asıl monte eden Londra'daki Christopher Cock adındaki bir alet yapımcısı olsa da Londra'daki bilimsel aygıt yapımcılarının en iyilerinden biri olarak büyük bir  n kazandı. Hooke'un teleskop gibi astronomik aygıtlara ve saatlere karşı bir tutkusu vardı. Hatta  ocukken bir keresinde pirinçten bir saatin çeşitli parçalarını incelemiş ve sonra öğrendiklerini kullanarak tahtadan çalışan bir model yapmıştı. Hooke lens bilemekte ustaydı – ileri ya lardaki belirgin kamburuna 16 ya ından beri tornanın başında eğilmiş halde ge irdiğ  uzun saatlerin yol a tıldığını iddia ediyordu- ve bu büyütme konusundaki çok gerekli düzeltmeleri yapmasına yardımcı oldu. Fakat aygıtları yine de modern standartlara göre yetersizdi: Bulanık ve karanlık görüntü illeti onlarda da devam ediyordu. Hooke örneklerini daha iyi aydınlatmak için bir yağ lambasının olu turduğ  ışığı suyla doldurulmuş bir bardaktan geçirme-

yi denedi. Bu zekice bir yaklaşımdı, fakat daha iyi görüntüler elde edilmesini sağlayamadı.

Yine de Hoole çıplak gözle tespit edilemeyen ayrıntıları görebiliyordu ve gözlemleri Ocak 1665'te basılan başyapıtı *Micrographia*'nın temelini oluşturdu. Eser çıkar çıkmaz sokaktaki sıradan insana etkisi bakımından Stephen Hawking'in çok satan kitabı *Zamanın Kısa Tarihi*'ne eşdeğer bir sansasyon yarattı. 58 çarpıcı gravürle resimlendirilmiş olan kitap bilim insanları için çok fazla yeni veri sağladı. Hooke gençliğinde aldığı teknik resim eğitimi sayesinde aygıtının ortaya çıkardığı karanlık, bulanık görüntüleri özenle, bütün ayrıntılarıyla çizmişti. Bir meşe ağacının kabuğundan aldığı bir mantarı mikroskobunun altında inceledikten sonra bitki dokusunun özelliklerini tanımlamak için "cell" (hücre) terimini (Latince küçük daire veya keşiş hücresi anlamına gelen cella sözcüğünden) kullanan ilk kişi de o olmuştur.

Kitabın yaygın beğeni kazanmasında rahat anlaşılabilir yazım tarzının ve sıradan günlük nesnelere –havuçlar ve bir bez parçasından tutun da böceklerle ve bakteriyel küflere kadar her şey- hayrete düşüren yeni bir bakış açısı sunan zengin çizimlerinin de büyük bir payı vardı. Pirenin kâbuslara girecek kadar canlı bir biçimde çizilmiş olan büyütülmüş tasviri kuşkusuz birçok çocuğu geceleri uykusuz bırakmıştır. Samuel Pepys gibi büyük bir aydın günlüğünde sabahın erken saatlerine kadar kitabı incelediğini iddia etmiş ve onu "hayatımda okuduğum en usta işi kitap" diye nitelemişti. Pepys o kadar heyecanlanmıştı ki, gidip kendi mikroskobunu aldı, sonra Kraliyet Cemiyeti'ne katıldı, nihayet 1684'te de başkanı oldu. *Micrographia* insanların dünyaya bakışını tepeden tırnağa değiştirdi. Hatta Hooke 1676'da oyun yazarı Thomas Shadwell'in yazdığı *Virtüöz* adındaki, bir oyunla sahnede ölümsüzleştirildi. Bu farsın sakarlığa dayanan fiziksel komedisinin büyük kısmı Sir Nicholas Gimcrack karakterinden geliyordu. Gimcrack "sirke içindeki yılan balıklarının, peynirdeki akarların ve eriklerdeki, zarif canlı yaratıklar olduklarını keşfettiği mavi beneklerin yapısını anlamak



Micrographia'dan Hooke'un pire çizimi

için mikroskoplara iki bin sterlin harcamış" amatör bir bilim insanıydı.

Aygıtta yeni düzeltmeler yapan Antoni van Leeuwenhoek adında Hollandalı bir manifaturacı oldu. Leeuwenhoek 500'dan fazla mikroskop yaptı –bunlardan sadece bir avucu günümüze kaldı- ve çalışmalarını Janssen'lerin ilk defa lenslerin mikroskopik özellikleriyle deneyler yapmasından yaklaşık 75 yıl sonra yapmış olmasına rağmen kimi zaman yaygın olarak mikroskobu icat eden kişi olarak anılır. Hooke'un *Micrographia*'sının büyük bir hayranı olan Leeuwenhoek 1673 civarında kendi gözlemlerini yapmaya başladı. Elindeki aygıtlar büyütme bakımından o dönemin en iyileriydi: Meslektaşlarının elde ettiklerinin tamamından daha net ve parlak görüntüler veren tek bir lens kullanarak örneği gerçek boyutundan 270 kereye kadar büyütebilen büyütme gücü elde etmişti. Mikroskopları güçlü, elde tutulan büyütücü gözlüklerden pek farklı değildi, büyütme gücünü arttıran lens bilemekteki hüneri ve ışıktandırmayı ayarlamaya gösterdiği büyük özendi. O tek lens aygıtın gövdesini oluşturan pirinç levhadaki çok küçük bir deliğe takılıyor ve örnek de lensin hemen önündeki keskin bir noktanın üzerine koyuluyordu. Konum ve odaklama iki vida çevrilerek ayarlanabiliyordu. Bütün aygıt yalnızca 8-10 cm uzunluğundaydı.

Leeuwenhoek mikroskoplarını kullanarak havuz suyunda bulunan tek hücreli hayvanları, hayvan ve bitki dokularını, mineral kristallerini ve fosilleri inceledi. Yuvarlak kurtlar gibi mikroskobik yaratıkları ve kan hücrelerini keşfetti ve hayvanların canlı sperm hücrelerini gören ilk insan oldu. 1683 yılında aygıtı kendi üzerine çevirerek dişlerindeki taşları inceledi ve dişlerini hayatları boyunca hiç temizlememiş iki yaşlı adamın ağızlarında kaynayan sürüyle bakteriyi gözlemledi. Bu bize on yedinci yüzyılda ağız hijyeninin ne kadar kötü bir durumda olduğunu gösterimesinin yanı sıra tarihte kayıtlara geçmiş ilk canlı bakteri gözlemidir. Leeuwenhoek biyolojik yolla elde edilmiş lensler olarak morina balığının yumurtasını ve yusufçuğun korneasını kullanmakla ilgili deneyler bile yaptı ve yusufçuk korneasında bir mum ışığının net görüntülerini elde etmeyi başardı. 1723 yılında 90'ı aşkın bir yaşta ölüm döşeğindeyken bile yeni gözlemlerini yazdırıyordu.

Bugün bilim insanları bir sürü yeni ve ustalıkli mikroskobik teknik icat etmeye devam ediyorlar, fakat temel ilkeler hâlâ aynı. Artık canlı hücreleri ve tek tek atomları eşi benzeri görülmemiş çözünürlüklerde –insan saçının kalınlığı kadar küçük– incelemek mümkün. Florida Devlet Üniversitesi'ndeki bilim insanları da mikroskobik araştırmanın ilk öncülerinin izinden gittiler ve gelişmiş aygıtlarını muzipçe sıradan günlük nesnelere, örneğin Amerika'nın başlıca ürünü olan hamburgerlere ve patates kızartmalarına (ve bütün o garnitürlere) çevirerek buğday tanelerini, soğan dokularını, patates dokusundaki nişasta granüllerini ve billurlaşmış peynir proteinlerini ayrıntılı olarak incelediler.

Bilim insanları ışığın yerine ses dalgalarını koyarak akustik mikroskoplar yapmayı bile öğrendiler ve “solak” adı verilen malzemelerle özel olarak şekillendirmesi gerekmeyen düz lensler yapmanın mümkün olacağı hakkında tahminlerde bile bulundular. Bu tür malzemelerde eksi kırınım indeksi denilen, ışık ışınlarını ışık biliminin normalde öngöreceğinin tersi yönde çevirmelerine izin veren bir özellik vardır. Bütün bunlar eski bir Asurluyu bile günümüz biliminin kendine özgü bir sihre sahip olduğuna ikna edecektir.

4. Bölüm

Gökyüzü Adına

*7 Ocak 1610: Galileo Jüpiter'in
uydularını keşfediyor*

Hubble uzay teleskopu 8 yıl süren yapımından sonra 1990'da oldukça tantanalı bir şekilde ve büyük beklentilerle fırlatıldı. Astronomlar nihayet uzak yıldızların yerde bulunan teleskoplarla net bir şekilde görüntülenmesini engelleyen dünyanın atmosferindeki tozları, hava akımlarını ve su buharını atlayabileceklerdi. Artık derin uzayın içinden fotoğraflar çekebileceklerdi, bu sayede büyük patlamadan çok kısa süre sonra oluşmaya başlayan en eski evren yapıları hakkında daha fazla bilgi edinebileceklerini umuyorlardı.

Ne yazık ki zavallı Hubble sarsak bir başlangıç yaptı. Yörüngeye girmesinden sonra astronomlar aygıtı odaklayamadıklarını, bu yüzden bekledikleri gibi eşsiz netliğe ve ince ayrıntılara sahip görüntüler değil, bulanık ve belirsiz görüntüler elde ettiklerini gördüler. Bilim insanları sorunu bulmak için çabaladılar. Sonuçta birincil ayna lensinin yanlış boyuta bilendiği ortaya çık-

tı. Hubble'ın aynaları o kadar pürüzsüz ve keskin biçimli ki, birincil aynası dünyayla aynı çağa sahip olacak şekilde büyütülse, yüzeydeki en büyük "çıkıntı" 15,25 cm yükseklikte olurdu. Yani kusur insan saçının 1/50'sinden az boyutta olsa da, ortaya çıkan bozulma 15 yaşında, 20/20'lik görme gücüne bir çocuğun büyükbabasının çift odaklı gözlüğünü takınca karşılaşıacağı bozulmaya eşitti.

Kısacası, Hubble'ın kontakt lenslere ihtiyacı vardı. NASA'daki bilim insanları utana sıkıla kusuru gidermek için aygıtı takılacak bir "düzeltici lens" geliştirdiler. Bu lens kusurlu aynadan gelen ışığı kesip kusuru düzelterek, sonra da düzeltilmiş ışını bilimsel cihazlara gönderecek birkaç küçük aynadan oluşuyordu ve çalışma prensibi çevremizdeki nesneleri algılamamızı sağlayan ışığı kesip açısını düzelterek gözlükler veya kontakt lenslerinkiyle aynıydı. "Kontakt lens" takıldıktan sonra Hubble uzaktaki gök cisimlerinin nefes kesici görüntüler elde etmeye başladı ve NASA uzmanları hep beraber rahat bir nefes aldılar. Ama bu olay doğru lens talimatlarına sahip olmanın ne kadar önemli olduğunu gösteriyor. Hubble bütün o gelişmiş teknolojisine ve baş döndürücü gelişmiş aygıt düzeneğine rağmen gözlüklerin, mikroskopların ve teleskopların ilk ortaya çıkışlarından beri sorun yaratan aynı zorluğun kurbanı oldu: Lenslerdeki kusurlar.

Philip Pullman'ın fantezi romanı *Kehribar Teleskop*'ta Mary Malone adındaki sürgün edilmiş bir fizikçi bir ağacın gövdesinden yapılmış bir lakeyi kullanarak ustalıklı bir şekilde kendi ilkel teleskop lenslerini yapar ve onları bir bambu kamışının her iki ucuna takar. Teleskopun 1590'larda icat edilmesinden beri temelini oluşturan bilimsel ilkeler değişmedi. Tarihçiler genelde ilk teleskopun Hollanda'da yapıldığında hemfikirler. İlk gerçek teleskop Almanya'da doğmuş, Middelburg'da –mikroskopun mucitleri Hans ve Zacharias Janssen'in de yaşadığı kentte- gözlük dükkanı açmış Hans Lippershey adındaki bir gözlük yapımcısı tarafından icat edildi. Çağcılarının anlattıklarına göre, Lippershey dükkanında iki çocuğun lenslerle oynadığını fark etmiş ve heyecanla iki lensten baktıkları zaman yakındaki bir ki-

lisenin rüzgar gülünün daha büyük ve daha net görüldüğünden bahsettiklerini duymuş. Lippershey bu numarayı kendisi de denedikten sonra yarattığı imkanların farkına varmış ve iki lensin arasına bir boru yerleştirerek kijker(“gözlemci”) adını verdiği aygıtı yapmış.

Teleskop mikroskopta rol oynayan optik ilkelere benzer ilkelere işler, fakat bu aygıtlardan birinin amacı çok küçük nesneleri incelemek, diğerinkiyse çok uzaktaki nesneleri incelemek olduğu için bazı kilit farklılıklar vardır. Uzaktaki nesneleri görmekte güçlük çekmemizin nedeni bunların gözün ağtabakasındaki ağtabaka almacının onları tespit etmesine yetecek kadar yer kaplamıyor olmalarıdır. Eğer göz daha büyük olsaydı nesneden daha fazla ışık toplayarak daha parlak bir görüntü oluşturabilir, sonra da onun bir kısmını büyütürük ağtabakanın daha büyük bir kısmına yayılmasını sağlayabilirdi. Özünde teleskop da budur: İnsan gözünün bir uzantısı. Aydınlatılmış örneğin küçük bir alanından sadece küçük bir miktarda ışık toplaması gereken mikroskobun tersine, teleskopun bulanık, uzak bir nesneden bol miktarda ışık toplaması gerekir. Dolayısıyla büyük bir içbükey (özdek) lens kullanarak mümkün olduğu kadar fazla ışık toplanmalı, sonra bunu daha küçük bir dışbükey lensle odaklamalıdır.

İlk bilinen teleskopu Lippershey yapmış olabilir, fakat diğer mucitlerin de ona yetişmesi uzun sürmedi. Hollanda’da Ekim 1608’de benzer aygıtlar için iki eş zamanlı patent başvurusu yapıldı; görünüşe göre üçüncü bir mucit de aynı sıralarda bir teleskop geliştirdi ve onu Frankfurt fuarında satmaya çalıştı. Bu ilk tasarımların hepsi ışık kırıcı teleskoplardı; bu isimle anılmalarının nedeni içbükey ve dışbükey lenslerin kombinasyonunu kullanarak ışığı kırmaları, veya “eğmeleri” idi. Işığı toplayabiliyor ve nesnelerin görüntülerini özgün boyutlarının iki ya da üç katına kadar büyütebiliyorlardı. Bu icadın haberi Avrupa’nın her yanına hızla yayıldı.

Nisan 1609’da vatandaşlar Paris’teki gözlük yapımcılarının dükkanlarından “küçük dürbünler” satın alabiliyorlardı. Bu küçük dürbünler büyük ölçüde yeni moda ürünlerdi; kuşku-

suz röntgencilik eğilimleri olan insanlar onları komşularını gözetlemek için kullanıyorlardı, tıpkı bugün canları sıkılan New York'luların dürbünleriyle yaptıkları gibi. Dört ay içinde küçük dürbünler İtalya'da da satılır oldu ve Pisa'da Galileo Galilei adındaki önemli bir İtalyan bilim insanı "uzaktaki nesneleri çok yakındaymış gibi görmeye yarayan" bu harika yeni aygıtı ilk olarak Venedik'te bir gösteriye tanık olmuş olan meslektaşı Paolo Sarpi'den gelen bir mektupta bahsi geçince öğrendi. Galileo aygıtın astronomideki potansiyel kullanımının farkına varan ilk kişi oldu. Mevcut aygıtların başarımlarından memnun olmadığı için, bu icadı kopyaladı ve geliştirdi, hatta kendi lenslerini bilemeyi bile öğrendi. Ekim sonlarında teleskopunu gökyüzüne çevirmeye hazırды.

Galileo'nun ilk incelediği nesne Dünya'nın ayı oldu. Bunu 1609'ın sonlarına doğru, Jüpiter dünyaya en yakın konumdayken, dolayısıyla ayın kendisi dışında gece göğündeki en parlak nesneyken yaptı. 7 Ocak 1610'da Jüpiter'in yakınında üç sabit yıldız olduğu notunu düştü. Merakı uyandırdığı için sonraki gece (o sırada doğudan batıya doğru giden) Jüpiter'in doğudan batıya doğru gitmiş ve üç yıldız geride bırakmış olmasını bekleyerek tekrar baktı. Fakat Jüpiter aksine doğuya doğru hareket etmiş gibi görünüyordu. Şaşırarak Galileo tekrar tekrar formasyona dönerek bazı kayda değer ayrıntılar gözlemledi. Birincisi, yıldızlar da gezegenle beraber hareket ediyor gibi görünüyorlardı. İkincisi, ayrı ayrı konumları değişiyordu. Sonuncusu, böyle dördüncü bir yıldız daha keşfetmişti.

15 Ocak'ta Galileo bu nesnelerin sabit yıldızlar değil Jüpiter'in çevresinde dönen küçük aylar oldukları sonucuna vardı. Bu astronomların evrendeki her şeyin Dünya'nın çevresinde döndüğünü sandıkları bir çağdı. Bir gezegenin kendi ayları olması fikri bu inanca tamamen ters düşüyordu. Eğer Jüpiter'in yörüngesinde dört ay varsa, o halde Dünya evrenin sabit merkezi olamazdı. Bu Copernicus'un güneş sisteminin merkezinde Dünya'nın değil güneşin olduğunu ileri süren kuramına gelen ilk deneysel destekti. Galileo bu çok şaşırtıcı gözlemini *Sidereus nuncius* (Yıl-

dızlı Haberci) isimli kitabında yayımladı. Kitap Venedik'e Mart 1610'da ulaşarak Galileo'nun ününü garantiledi ve bilim tarihindeki yerini sağlamlaştırdı.

İlk teleskoplarla yapılan bu ve birçok diğer gözlemler insanların her şeyin Dünya'nın çevresinde döndüğü gibi yanlış (ve biraz da narsist) bir fikri nihayet alaşağı etmesine yardımcı oldu. Yazık ki Galileo yaklaşan ideolojik devrimden yararlanacak kadar yaşamadı; 1633'te Engizisyonca inançlara aykırı düşünmek suçundan mahkum edildi. Hayatının kalan kısmını ev hapsinde geçirdi; elindeki aygıtlarla yapabildiği kadar gözlem yaptı ve meslektaşlarıyla sevdiği kişilere mektuplar yazdı. 8 Ocak 1642'de öldü. Kilisenin Galileo'ya verdiği mahkumiyet ancak 31 Ekim 1992'de –kendisinin ölümünden 350 yıl sonra- Papa John Paul II tarafından resmi olarak iptal edildi.

Galileo'nun yaptığı teleskop gibi ışık kırıcı teleskoplar gezegenlerdeki ve yakın yıldızlardaki ayrıntıları görmek için yeterliydi, fakat astronomlar çok geçmeden bir ışık kırıcı teleskopun toplayabileceği ışık miktarının, dolayısıyla uzayda görebileceği mesafenin sınırlı olduğunun farkına vardılar. 1680 civarı Isaac Newton ilk yansıtıcı teleskopu geliştirdi. Bu aygıt lensler yerine aynalar kullanarak ışığı bükmek yerine yansıtıyor ve çok daha parlak görüntüler oluşturunuyordu. Bu nedenle her iki tip de bugün hâlâ bulunabiliyorsa da astronomlar arasında ışık yansıtıcı teleskoplar ışık kırıcı teleskopların yerini aldı. Işık yansıtıcı bir teleskopta borunun arkasındaki birincil bir ayna ışığı toplar ve onu küçük, düz bir ikincil ayna vasıtasıyla yansıtarak odaklar. Ardından ışık borunun kenarından göz merceğine saptırılarak bir görüntü elde edilir. Daha parlak ışığı ışık yansıtıcı teleskopun galaksiler ve bulutsular gibi sönük derin uzay cisimlerini gözlemlemek için çok daha yararlı olmasını sağladı. Bulutsuların yapısı astronomlar arasında çok spekülasyon yaratan bir konuydu, çünkü bulutsular yıldızlararası uzaydaki gaz ve toz bulutlarından pek farklı görünmüyorlardı.

Gizemli bulutsuların biçimsiz lekelerinin çözülüp yıldız kümelerine dönüşmesi ancak 100 yıl sonra, Almanya doğumlu ast-

ronom William Herschel'in yaptığı çok geliştirilmiş ışık yansıtıcı teleskoplar sayesinde olacaktı. Herschel yirmili yaşlarının başındayken İngiltere'ye göç etti ve burada müzisyen ve koro üyesi olarak rahat bir hayat sürdürdü. 35 yaşında hevesli bir astronom oldu. Önce göğü gözlemlemek için küçük bir ışık yansıtıcı teleskop kiraladı, fakat bu aygıtın istediği türden ayrıntılı gözlemler için yetersiz olduğunun farkına vardı. Daha büyük bir aygıt almak için gereken paraya sahip olmadığı için kendi teleskopunu yapmaya karar verdi. Kaliteli optik malzemeler pahalıydı, bu yüzden aynalarını da kendi yapmaya karar verdi ve madeni dökmek için gereken teçhizatı, bilemek ve cilalamak için gereken aletleri ve bazı bileme disklerini satın aldı.

Çabalarının semeresini fazlasıyla ve hiç beklemediği biçimde aldı. Yaptığı büyük ışık yansıtıcı teleskoplar büyüklük olarak o dönemdeki örneklerinkini çok aşıyor, gece göğündeki uzak nesneleri eşi benzeri görülmemiş bir netlikle gösteriyordu. 12,2 metrelik bir aynalı teleskop olan en büyük teleskopu sonraki 50 yıl boyunca dünyadaki en büyük teleskop olarak kaldı. Herschel 1789'da teleskopuyla Satürn'ün iki uydusunu keşfetti, fakat aynanın sık sık tekrar cilalanması gerekiyordu, aygıt 2 ton ağırlıktaydı ve odaklama borusunun kullanılması zordu. Dolayısıyla kaydettiği gözlemlerin büyük bölümünü daha küçük bir ışık yansıtıcı teleskopla yaptı. Sonraları ışık bilimindeki hüneri sayesinde kayda değer bir ek gelir elde etmeye başladı, çünkü Herschel'in aygıtlarını ancak asilzadeler alabilse bile teleskoplar amatör gökyüzü gözlemciliği için rağbet gören bir aygıtlar olmaya devam ediyorlardı. Herschel İspanya kralına, Rusya saray halkına ve Avusturya imparatoruna teleskoplar sattı.

13 Mart 1781 gecesi Herschel disk şeklindeki sıra dışı bir gökcismi gözlemlediğinde ilk önce bir kuyrukluyıldız olduğunu sandı. Sonraki birkaç ay boyunca gökcisminin hareketlerini takip etti ve yörüngesinin neredeyse dairesel olduğunu, Satürn gezegeninin yörüngesinin oldukça altında olduğunu keşfetti. Bir gezegen olduğu sonucuna vardı ve ona İngiliz kralı George'un şerefine Georgium sidus ("George'un yıldızı") adını verdi. Ney-



Herschel'in 12 metrelik teleskopu.

se ki diğer astronomlar araya girerek ismi daha akıcı olan mitolojik gökyüzü tanrısının isminden gelen Uranüs'e değiştirdiler. Herschel'in bu keşfi —eski çağlardan beri ilk defa gezegen keşfetmesi- hemen ünlü olmasını sağladı ve ona hem şövalyelik unvanı, hem de kraliyet maaşı kazandırdı.

Herschel gözlemlerini yapmak için “yıldız ayarlama” adını verdiği bir teknik kullanıyordu: Teleskopunun görüş alanındaki yıldızların örnek sayımlarını yaparak uzayda nasıl dizildiklerinin haritasını çıkarıyordu. Teleskopunu belirli bir noktaya doğrultup gözle görülen uzayın ince bir şeridinde görüş alanında nelerin geçtiğini izliyordu. Bunu bir merdivende ayakta durarak yapıyor, gözlemlediği gök cisimlerini aşağıda duran kızkardeşi Caroline'e söylüyor, o da bu bilgiyi görev bilinciyle kayda geçiriyordu. Bir sonraki gece hep teleskobun konumunu değiştirerek bir başka ince gök şeridini, sonra bir başkasını inceliyor ve böyle devam ediyordu. Herschel 20 yıllık bir sürede Caroline'in yardımıyla gece göğünün tamamının —en azından Büyük Britanya'dan görüldüğü kadarının- haritasını çıkarmayı başardı. Bu süre boyunca düzenli olarak 90.000'den fazla yıldızın yanı sıra yaklaşık 2500 bulutsuyu katalogladı. 1845'te aris-

tokrat bir amatör astronom olan Lord Rosse “Leviathan” adı verilen 1,83 metrelik bir teleskop dikti ve onu kullanarak spiral bulutsuları keşfetti.

Birçok çağdaş teleskop hem ışık kırıcı, hem de ışık yansıtıcı tasarımların öğelerini bir araya getirir ve bileşik teleskoplar adıyla anılır. Hubble da çok büyük bir bileşik teleskoptur. Bir ucu açık olan uzun bir borusu ve ışığı toplayıp “gözler”ine –ultraviyole ve kızılötesi gibi farklı tipte ışıkları tespit edebilmesini sağlayan ayrıntılı bir fotoğraf makinesi ve alıcı sistemine- odaklayan aynaları vardır. Işık teleskopa girer ve birincil aynadan ikincil bir aynaya yansır, buradan bir deliğin içinden birincil aynanın hemen ötesindeki bir odak noktasına yönlendirilir. Daha küçük aynalar ışığı bir prizma gibi çalışan bir aygıt olan görüntüleme spektrografına dağıtır. Bu aygıt toplanmış ışığı bileşen renklerine ayırır ve farklı dalga boylarını analiz eder. Fotoğraf makineleri ışığı yakalamak için fotoğrafik film yerine yüksek bağlaşımlı aygıtlar (CCD’ler) kullanır – bu dijital fotoğraf makinelerinde kullanılan ışığa duyarlı diyotlarla aynı sistemdir. Yakalanan ışık uydudaki bilgisayarlarda depolanır ve sayısal sinyaller halinde Dünya’ya iletilir, bu veriler de görüntülere dönüştürülür.

Astronomlar Hubble görüntülerinden birçok yararlı bilimsel bilgi edinebilirler. Bir gök cisminin yaydığı ışığın renkleri, o cismin kimyasal bir parmak izini oluşturarak hangi elementleri bünyesinde barındırdığını gösterir, her bir rengin yoğunluğu da bize her elementten ne miktarda olduğunu söyler. Spektrum Doppler kayması denilen bir etki vasıtasıyla astronomlara bir gök cisminin ne hızla bizden uzaklaştığını veya bize yaklaştığını da söyleyebilir. Hareket eden bir cisim gözlemciye yaklaşıyorsa yaydığı ışık frekansı artıyormuş gibi (maviye kayma) algılanır, ama eğer cisim bizden uzaklaşıyorsa spektrumun kırmızı ucuna doğru kayacaktır (Yaygın bir tampon çıkartması “bu çıkartma maviyse, çok hızlı araba kullanıyorsunuz!” diyerek bu fikirle ilgili bir espri yapar). Uzaydaki bir teleskopta bile yıldızlararası gaz ve toz bazen gök cisimlerinden gelen görülebilir ışık-

ğı engellese de, toz ve gaz bulutlarının içine gizlenmiş cisimlerin yaydığı kızılötesi ışığı ve ısıyı tespit etmek mümkündür.

Işığın uzak bir cisimden Dünya'ya gelmesi çok uzun zaman aldığı için, uzayın derinliklerine baktığımızda zamanda geriye bakmış oluruz. Hubble Mart 2004'te büyük patlamadan 400 ila 800 milyon yıl sonra –büyük evrensel ölçeğe göre çık kısa bir zaman, çünkü büyük patlamanın 12 ila 14 milyar yıl önce gerçekleştiği sanılıyor- oluşmuş galaksileri göstererek görülebilir evrenin en eski görüntüsünü elde ettiğinde yine manşetlere çıktı. Tespit edilen nispeten sınırlı sayıdaki fotonlar –daha yakın galaksilerden dakikada tespit edilen milyonlarca fotonla karşılaştırıldıklarında- o kadar eskiydi ki evrendeki yolculuklarına daha Dünya henüz yokken başlamış, milyarlarca yıl sonra yorgun argın Hubble'in görüş alanına girmişlerdi.

NASA 2013'te yeni James Webb uzay teleskopunu fırlattığında belki de evrenin doğumuna daha da yaklaşabilecek ve nasıl evrim geçirdiğini daha iyi anlayabileceğiz. Çünkü yeni aygıtın daha büyük aynası ve geliştirilmiş optik cihazları daha fazla miktarda ışığı daha çabuk yakalayabilecek ve Hubble'in şimdi ancak birkaç haftada kaydedebildiği cisimleri birkaç saatte görüntüleyebilecek. James Webb uzay teleskopu aynı zamanda aygıtın ısınmasına ve gözlemlerin kesilmesine neden olabilecek güneşten, Dünya'dan ve Ay'dan gelen ışığı kesen büyük bir kalkan da sahip olacak. Dolayısıyla yeni aygıt da evren zarfını iterek yıldızların ve başka gezegen sistemlerinin doğumundan kalan ışığı kaydetmek için yıldızlararası tozun içine bakmaya devam edecek.

5. Bölüm

Yerçekiminin Gurusu

*Temmuz 1687: Newton'un
Principia'sının basılması*

*Ve bu tek ölümlüydü anlayabilecek
Adem'den bu yana, bir düşüşle veya
bir elmayla.*

- Lord Byron, Don Juan, 10. Kıt

Kardeşler arası rekabet vahşi bir hal alabilir. Mizahi bir dehşet içeren hit film Addams Family Values'da bir sahnede Wednesday ve Pugsly ailenin köhne Gotik malikanesinin çatısında, ellerinde yeni doğmuş erkek kardeşleri ve bir top güllesiyle görülürler. Yüzü her zaman ifadesiz kalan Wednesday erkek kardeşine bilimsel bir soru sorar: Eğer Bebek Pubert 4,5 kilo çekiyorsa, top güllesi de 9 kilo çekiyorsa, çatıdan aynı anda bırakıldıklarında aşağıdaki taş yürüme yoluna hangisi önce düşer?

Pugsly bu muammaya kafa patlatır ve "Top güllesi mi?" diye tahminde bulunur.

"Çok iyi," der kız kardeşi, ifadesiz bir sesle. "Ama içlerinden hangisi yerden seker? Bunu anlamanın yalnızca bir yolu var." Ve Pugsly ile ikisi bebekle top güllesini teklifsizce çatıdan aşağı bırakırlar.

Wednesday'in bu şeytani deneyi Galileo Galilei'nin İtalya'daki eğik Pisa kulesinin tepesinde yaptığı efsanevi deneye yapılmış zekice bir göndermedir. Ama Addams ailesinin çocuklarının cevabı yanlıştı. Daha doğrusu doğru tahmin etmişlerdi, ama yanlış sebeple. Deneyleri ailenin reisi Gomez'in bir pencereden eğilip bebeği düşüşünün ortasında yakalamasıyla kesilir. Bebek düşmeye devam etseydi, gerçekten de top güllesi Pubert'ten önce yere düşecekti. Fakat daha önce düşmesinin görece ağırlığıyla hiçbir ilgisi olmayacaktı.

Wednesday ve Pugsly ağır nesnelerin hafif nesnelerden daha hızlı düşeceğini var sayan ilk kişiler değildiler. Bu fikrin kökeni Aristo'ya kadar gider; bir taşı ve bir de kağıt parçasını aynı anda bırakan herkes taşın önce yere düştüğünü gözlemlemiştir. Fakat bunun nedeni nesnelerden herhangi birinin ağırlığı değil, havanın varlığının neden olduğu sürtünmedir. Hava Pubert'e top güllesinden daha fazla sürtünme kuvveti uygular, çünkü bebeğin yüzey alanı daha fazladır. Bu Pubert'in düşüşünü yavaşlatır ve top güllesi önce yere varır. Addams ailesinin çocukları deneylerini havasız bir ortamda yapmış olsalardı, hava sürtünmesi olmayacak ve bebek de, top güllesi de aralarındaki 4,5 kilogramlık ağırlık farkına rağmen aynı anda yere düşeceklerdi.

İşte Galileo'nun on yedinci yüzyılın başlarında gözlemlediği de tam buydu: Bütün nesneler kütleleri ne olursa olsun aynı hızla yere düşerler ve onları yere düşüren kuvvet yerçekimidir. Galileo gerçekten eğik Pisa kulesinin tepesinden top gülleleri düşürmüş değil, fakat sık sık açıklayıcı bir örnek olarak bu fikri kullanırdı; hikâye uydurmadır. Fakat Galileo yerçekimiyle ilgili kapsamlı deneyler yaptı. Farklı ağırlıklara sahip topları bir yükseklikten düşürmek yerine onları hafif eğimli bir bayırdan aşağı yuvarlardı, böylece çok daha yavaş hareket ederlerdi ve ivmelerini ölçmek çok daha kolay olurdu. (Toplar benzer boyutlardaydı, ama bazıları demirden, diğerleri tahtadan yapılmıştı.) Söylenene göre Galileo şaşmayan bir saati olmadığı için topların hareketinin zamanını kalp atışlarına göre ölçerdi. Çok geçmeden

de eğim ne olursa olsun toplanın aynı ivmeyle hareket ettiklerinin farkına vardı.

Wednesday aynı zamanda kütleyi ağırlıkla karıştırıyor. Bu önemli bir ayrım, çünkü ağırlık yerçekimine göre değişir, kütle ise sabit kalır. Kütle sadece bir nesnenin ne kadar madde içerdiğini ifade eder. Bir nesnenin içerdiği atom altı parçacıkların (elektronların, protonların ve nötronların) toplam sayısının bir ölçüsüdür. Güney Sahili diyeti yapan insanlar kilo verdiklerini iddia ettikleri zaman aslında vücut yağını oluşturan o rahatsız edici fazlalık atom altı parçacıkların bir kısmını çıkarıp atarak kütlelerini azalttıklarını kast ederler. Ağırlık ise yerçekiminin belli bir nesneye uyguladığı kuvvetin miktarıdır. Bir adam Dünya'da 77 kilogram çekebilir, fakat ağırlığı Dünya'dan aya doğru seyahat ettikçe azalır, çünkü Dünya'dan uzaklaştıkça Dünya'nın çekimsel kuvveti azalır. Adamın kütlesi hep aynı kalacaktır, çünkü bedenini oluşturan atomların sayısı aynıdır.

Tarih boyunca birçok bilim insanı yerçekiminin gizemi üzerine deneyler yapmış ve kafa patlatmış olsa da, kendisinden önce gelenlerin kavrayışlarını temel alarak yerçekiminin özelliklerini matematiksel olarak tanımlayan ilk kişi Isaac Newton oldu. İngiltere'nin Lincolnshire bölgesindeki toprak sahibi bir çiftçinin oğlu olan Newton 1642'de (Galileo'nun öldüğü yıl) doğdu. Erken doğmuştu ve o kadar zayıftı ki hiç kimse hayatta kalmasını beklemiyordu. Annesi Hannah bir keresinde bebek Isaac'ı bir litrelik bir kaba sığdıracabileceğini söylemişti. Birçok bilim insanı gibi Newton'da erken yaşlarda mekaniğe ve matematiksel problemlere yatkınlık gösterdi. Çocukluğunda evlerinin yakındaki Grantham kasabasında yeni bir değirmenin inşa edilmesini büyülenerek izlemişti. Çeşitli aygıtları, manivelaları ve makaraları yönlendiren kuralları inceledi ve kendi su değirmenlerini ve rüzgar değirmenlerini yaptı. Çatı odasındaki tahta bir kütudan 1 metrelik bir su saati bile yaptı.

Newton çocukluğunu geride bıraktığında Cambridge Üniversitesi'ne gitti ve 1665'te bilim ve matematik bölümünden lisans diploması aldı. Lisansüstü çalışmaları Cambridge'deki bir

veba salgını nedeniyle yarıda kesildi. Hem öğrenciler, hem de profesörler şehirden kaçtı ve Newton da bir yıllığına, panik (ve tehlike) geçinceye kadar evine döndü. O bir yıl içinde bilim tarihinin seyrini değiştirecek devrimsel fikirlerinin temellerini oluşturdu.

Ayı ve gezegenleri ayrı ayrı yörüngelerde sıkı sıkıya sabit tutan gizemli kuvvet o dönemin birçok astronomu gibi Newton'un da ilgisini çekiyordu. Efsaneye göre vebadan kaçma amaçlı sürgünü sırasında bir gün, meyve bahçesinde yörünge problemi üzerine derin derin düşünürken bir elmanın ağaçtan düştüğünü görmüş. (Ağaç 1820'de, bir fırtına sırasında yandı, ama parçaları Belton'daki eski bir arazinin ağaçlarına aşılandı ve böylece en azından bir parçasının hayatta kalması sağlanmış oldu.) Newton elmaya etki ederek aşağıya doğru hızlanmasına neden olan bir kuvvet olması gerektiği kuramını geliştirdi. Bu kuvvet de en yüksek ağacın en üstüne kadar erişiyorsa, muhtemelen uzayda ayın yörüngesini etkilemesine yetecek kadar ileriye de uzanıyor olmalıydı. Bunu açıklayabilecek tek kuvvet o zaman bilim insanları arasında yaygın olarak kullanılır hale gelmiş bir terim olan yerçekimiydi. Yerçekiminin ingilizce karşılığı olan "gravity" sözcüğü, Latince "okkalı" veya "ağır" anlamına gelen gravis sözcüğünden gelir. Newton ayın dünya çevresinde döndükçe dünyaya doğru düştüğü sonucuna vardı. Fakat ay ileriye doğru da hareket ediyordu, bu yüzden dünyaya çarpmıyor, bunun yerine ilerisine doğru düşüyordu ve yerçekimi onu eğerek düzenli bir yörüngeye sokuyordu. Ay Dünya çevresindeki yolunda sürekli olarak "serbest düşüş"teydi.

Newton bu olguyu zirvesi Dünya'nın atmosferinin dışına erişecek kadar yüksek bir dağın tepesinden bir top ateşlemeye benzetiyordu. Top güllesi sonunda yüzeye düşecektir, çünkü yerçekimi onu Dünya'nın merkezine doğru yönlendirecektir. Topun her ateşlenişinde daha fazla patlayıcı kullanıldıkça, fırlatılan gülle daha hızlı hareket edecektir ve Dünya'ya düşmeden önce daha uzağa gidecektir. Eğer yeterince fazla patlayıcı kullanılırsa, top güllesi o kadar uzağa gidecektir ki Dünya'nın eğiminin etra-

finda daire çizecek, her zaman çekim alanının içine düşecek ama asla gerçekten yüzeye çarpmayacaktır. Top güllesi Dünya çevresinde yörüngeye girmiş olacaktır.

Addams Family Values filminde, Wednesday ve Pugsly zorla Chippewa Kampı'na gönderilirler ve burada acımasız bir neşeye sahip danışmanlarla ve "ayrıcalıklı seçkinler" in mide bulandıracak kadar sağlıklı çocuklarıyla karşı karşıya gelirler. İkisi ve onlar gibi dışlanmış diğerleri bir kamp gösterisi sırasında ayaklanma çıkarır ve şımarık zengin kızlardan birini mancınıklarla gölün içine atarlar. Eğer o kız Dünya'nın atmosferinin üstündeki bir platformdan yeterince büyük bir kuvvetle atılsaydı, kuramsal olarak dünya çevresinde yörüngeye sokulabilirdi, tıpkı Newton'un kuramsal top güllesi gibi. Grubundaki diğer kuş beyinliler kadar sığ, boş ve diyet takıntılı olan kız, yörüngedeki nesnelerin ağırlıksız olduğu gerçeğiyle teselli bulabilir – bunun sebebi nesnelerin Dünya'nın çekimsel alanının ötesinde olmaları değil, sürekli olarak serbest düşüşte olmalarıdır.

Newton sonraki yirmi yıl boyunca bu öngörülerini genişletti ve üç temel fizik yasası şeklinde bir sisteme bağladı. Birincisi, bir dış kuvvet –sürtünme veya başka bir katı cisimle çarpışma gibi- uygulanmadığı sürece hareketsiz bir cisim hareketsiz, hareket halindeki bir cisim hareket halinde kalacaktır. Bu eylemsizlik yasasıdır. İki çeşit enerji olduğunu biliyoruz: potansiyel ve kinetik. İnsan bedenindeki besinlerin veya bir arabanın motorundaki benzinin örnek olarak verilebileceği potansiyel enerji, kuvvete dönüştürülmeyi bekler. Kinetik enerji hareket enerjisidir. Pugsly Chippewa Kampı'nda okçuluk çalışırken yayı gerek potansiyel enerjiyi artırır; sonra bu potansiyel enerji ok serbest bırakıldığında kinetik enerjiye dönüşür. Newton'un birinci yasasına göre, Pugsly'nin oku karşı yönde bir kuvvet üstesinden gelinceye kadar sonsuza kadar hareket edecektir. Bu karşı yöndeki kuvvet sürtünme, yerçekimi veya bu atış söz konusu olduğunda hayatta kalan son Amerikan kel kartalı olabilir.

Kinetik enerji hızın karesiyle orantılı olarak artar. Bu fizikçinin "bir araba diğer bir arabadan iki kat hızlı gidiyorsa dört kat

enerjisi olacaktır" deme biçimidir. Benzer biçimde, bir nesneyi ne kadar yukarıya kaldırırsanız, nesne o kadar potansiyel enerji kazanır ve ortaya çıkan kinetik enerji de o kadar fazla olur. Wednesday'in çatıdan attığı top güllesi düştüğü her saniye için saniyede 9,8 metre hızlanacaktır. Yani 5 saniye düşerse saniyede 49 metrelik bir hıza ulaşacaktır – bu 3 saniyeden kısa sürede 0 kilometreden 100 kilometreye çıkan bir arabadaki ivmeye eşdeğerdir. Wednesday ile Pugsly yeni kardeş rekabetini ortadan kaldırmayı amaçlayan başka bir girişimlerinde üçüncü kattaki merdiven boşluğundan aşağıya, bebek Pubert'in mutlu mutlu oynadığı antreye bir çekiç atarlar. Çekiç hatırı sayılır bir yükseklikten bırakıldığı (ve bebek çekiç düşmeden hemen önce kurtarıldığı) için aşağıdaki antreden alttaki bodrum kata kadar düşer. Eğer çocuklar zemin katta olsaydı ve çekici oradan yere bıraksalardı çekiç daha az kinetik enerji biriktireceği için yalnızca katı çatlatmakla yetinebilirdi.

İvmenin nedeni kuvvet uygulanmasıdır. Newton'un ikinci yasasına göre, bir nesneye ne kadar fazla kuvvet uygulanırsa ivme oranı da o kadar fazla olur. Beyzbol oyuncusu Roger Clemens bir sopasıyla vuruş yaptığında beyzbol topuna bir kuvvet uygulayarak hızlanmasına neden olur. Gomez Addams da Fester Amca'ya bıçak attığında veya Lurch'un yaptığı bir toplantıda dart okları fırlattığında benzer bir hızlandırıcı kuvvet uygular. Bu etki bir nesnenin kütlesi karşısında dengelenmelidir: Nesnenin kütlesi ne kadar fazlaysa, onu harekete geçirmek için o kadar fazla kuvvet gerekecek ve ivmesi de o kadar az olacaktır. Addams ailesinin cenaze arabası bütün aile içindeyken yalnızca Lorch içindeyken olduğundan daha yavaş hız kazanacaktır. Bu iki faktör herhangi bir nesneyi hareket ettirmek için ne kadar kuvvet uygulanacağını hesaplamayı mümkün kılar. Newton bu hesabı tek bir eşitliğe indirgedi: Kuvvet eşittir kütle çarpı ivme ($F = ma$).

Newton'un üçüncü yasasına göre hep etki için eşit ve ters yönlü bir tepki vardır. Örneğin, bir silahı ateşlemek kurşunu ileri doğru hızlandırır ve bu kuvvete karşılık bir geri tepki oluşur

ve silahın geriye doğru hızla gitmesine neden olur. Bunun olmasının sebebi momentumun korunumudur. Evrendeki toplam momentum miktarı sabittir ve değişemez. Adamms'ların cenaze arabası yerinde kalacaktır, çünkü yerçekimi ona aşağıya doğru bir kuvvet uygular, zemin ise lastiklere eşit ve ters yukarı doğru bir kuvvet uygular. Cenaze arabası ancak gaza basıldığında ve motor yerçekiminin üstesinden gelecek kadar fazladan enerji uyguladığında ileriye hareket etmeye başlar. Cenaze arabası harekete geçtikten sonra hava ters yönde bir karşı kuvvet (aerodinamik sürüklenme kuvveti) uygular. Sürüklenme kuvvetinin miktarı araç hız kazandıkça artar ve giderek direncin üstesinden gelmek için gereken enerji miktarı artarken hızlanma için arta kalan enerji azalır. Sürüş kuvveti aerodinamik sürüklenme kuvvetine eşitlendiğinde cenaze arabası "seyir hızı"na –daha fazla hızlanamayacağı noktaya- ulaşır.

Newton bunların büyük bölümünü daha yirmili yaşlarında-yken ortaya koydu ve matematiksel kestirimlerini sınamak için ağırlıkları, makaraları ve sarkaçları içeren sayısız ayrıntılı deney yaptı ve bunların hepsini uygun biçimde not defterlerine kaydetti. Örneğin, farklı ağırlıklardaki maddeleri –altın, gümüş, kurşun, cam, kum, tuz, tahta, su ve arpa- 3,3 metrelik halatlara bağlı iki eş kutunun içine koyup havaya kaldırıyor ve farklı maddelerin düşmesinin ne kadar sürdüğünü ölçüyordu. Evrensel bir çekim sabiti fikrine işte böyle vardı. Ama Newton ancak 1684'te, astronom Edmond Halley (Halley kuyrukluyıldızına adını veren kişi) ziyaretine geldikten sonra hesaplarını geliştirmeye ve bir kitap halinde derlemeye karar verdi. Bu kitap yerçekimi hakkında keşfettiği her şeyi özetliyordu.

Hep bir işkolik olan Newton el yazmasını tamamlamak için içine şeytan girmiş gibi çalıştı. Yemekleri odasında yedi, nadiren dışarı çıktı ve sık sık da masasında ayakta durarak yazdı. Dillerine düşmüş unutkanlığı daha da kötüye gitti: Bazen bir akşam yemeği partisinden daha fazla şarap almak için ayrılıp saatler sonra o telaşlı şevkiyle hem şarabı hem de dostlarını unutmuş, bitiremediği bir ispatın üzerinde köleler gibi çalışır halde bulundu-

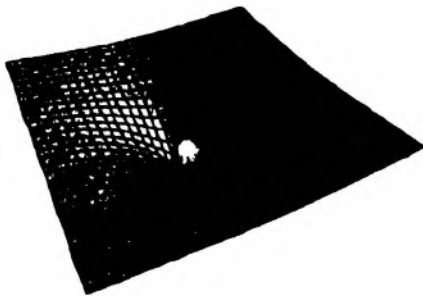
ğu oluyordu. Üç yıllık bir süre içinde *Doğal Felsefenin Matematiksel İlkeleri*'ni (kısaltılmış Latince ismi *Principia* olarak bilinir) yazdı. Bu üç ciltlik dev bir eserdi ve yazılmış en etkili bilimsel kitaplardan biriydi. Ünlü on yedinci yüzyıl matematikçisi Joseph-Louis Lagrange *Principia*'yı "insan türünün en büyük eseri" diye tanımlıyordu.

1705'te şövalyelik unvanı kazanan Newton kendisinden önce gelenlerin çalışmalarının hakkını vermeye özen gösteriyor, diğerlerinden daha ileriye gördüyse bunun tek nedeninin devlerin omuzlarında duruyor olması olduğunda ısrar ediyordu. Bir keresinde günlüklerine, "Dışarıdan insanlara nasıl göründüğümü bilmiyorum," diye yazmıştı. "Fakat bana öyle geliyor ki sadece bir çocuk gibiydim, sahilde oynadım ve arada bir diğerlerinden daha düz bir taş veya daha güzel bir deniz kabuğu bularak kendimi avuttum, halbuki o büyük gerçek denizi baştan sona keşfedilmemiş halde önümde uzanıyordu." Devlerin omuzlarında duran bu adam 20 Mart 1727'de Londra'da öldü ve Westminster Abbey'e gömüldü.

Newton'un yerçekimi ve ivme üzerine çalışmaları 200 yıldan fazla süre boyunca tartışılmayacaktı, ta ki patent memurluğundan fizikçiliğe geçmiş Albert Einstein adında bir adam genel görelilik kuramıyla Newton'unkinden aşağı kalmayacak sezgisel bir sıçrama yapıncaya kadar. Newton yerçekiminin kuvvetini doğru ölçmüştü, ama bilim insanları aslında onun nasıl işlediğini bilmiyorlardı. Newton'a göre yerçekimi bir nesneye anında etki eden bir kuvvettir. Gök cisimleri yerçekiminin onları eğik yörüngelere çektiği zamanlar hariç düz çizgilerde hareket ederler. Newton'un modeli nesnelerin nasıl düştüğünü ve gezegenlerin nasıl hareket ettiğini doğru biçimde tahmin eder. Fakat bu yaklaşım her zaman en az evrensel hız sınırı olan ışık hızına eşdeğer bir gecikme süresi olacağını göz önüne almaz. Güneşi "gördüğümüz" zaman, asıl gördüğümüz güneşten kabaca 500 saniye önce çıkmış ışıktır; güneşi "anında" görmemiz sadece bir yanılsamadır. Hiçbir şey ışıktan hızlı hareket edemez, bu yüzden yerçekimi nesneleri anında etkileyemez.

Einstein bu sorunu uzayda etkili olan bir çekimsel güç ihtiyacını tamamen ortadan kaldırarak çözdü: O bunun yerine yerçekimini evrenin içine gömülü olarak ele alıyordu. Yerçekiminin bir kuvvet değil, uzay-zaman dokusundaki bir eğrilme olduğunda ve nesnelerin de bu eğrilmeye uymak zorunda kaldıklarında ısrar ediyordu. Kütlenin veya enerjinin varlığı Dünya'daki nesnelere doğrudan etki etmez; önce onun çevresindeki uzayı çarpıtır, nesneler de eğrilmiş uzayda hareket ederler. Genel göreliliğe göre Dünya her zaman düz bir çizgide hareket eder. Güneşin varlığı uzayı bükerek, böylece Dünya eliptik bir yörüngede hareket ediyormuş gibi görünür. Wednesday ile Pugsly'nin yata-
y olarak gergin olacak şekilde açılmış bir çarşaf tuttuğunu hayal edin. Eğer Bebek Pubert merkeze yerleştirilirse, kütlesi çarşafa bir çöküntüye neden olacaktır. Eğer Thing bundan sonra çarşafın kenarına bir elma koyarsa, elma eğimden merkeze doğru yuvarlanacaktır. Çöküntü yukarıdan dosdoğru çarşafa bakan biri tarafından görülemez, bu yüzden elma görünmez bir kuvvet tarafından çekilmiş gibi görünür. Einstein'ın evreninde güneşin kütlesi de uzay-zaman dokusunda benzer bir çöküntüye sebep olur ve yörüngelerindeki gezegenler de elma gibi hareket ederler.

Bu ilginç bir kuramdı, fakat Einstein onu nasıl kanıtlayabilirdi? Bebekler ve top gülleleri (veya elmalar) işe yaramazdı. Einstein bunun yerine ışığa yöneldi, çünkü ışık da uzayın eğrilmesine



Einstein'a göre yerçekimi

uyuyordu. Einstein bir ışık ışını güneş gibi dev bir cismin yakınından geçtiğinde güneşin kütlesi çevreleyen uzayı büküğü için ışının da büküleceği tahmininde bulundu. Bu sapma bir tutulma sırasında, güneşin kendi ışığının önü kesilmiş haldeyken ölçülebilirdi. Einstein ışığın ne kadar bükülmesi gerektiğini bile hesapladı. Mayıs 1919'da iki ayrı bilimsel araştırma –biri batı Afrika açıklarında bir adada, diğeri Brezilya'da- tutulmuş güneşin yakınındaki yıldızların fotoğrafını çekti. Yıldızların ışığının tıpkı Einstein'ın tahmin ettiği gibi büküldüğünü gördüler.

Bilim insanları yerçekiminin etkilerini tahmin etmek için hâlâ Newton'un eşitliklerini kullanıyorlar –sürtünme hesaba katıldığında top güllesi her zaman etrafı sarılmış Pubert'tan daha önce yere çarpacak, fakat bu eşitliklerin "ne"sini ve "nasıl"ını açıklayan ve uzaydaki ve zamandaki nesneleri düşünüş şeklimizi değiştiren genel görelilik oldu.

6. Bölüm

Ateşi Üzerine Çekmek

Haziran 1752: Franklin'in Uçurtma Deneyi

X-Files'in 1995'te yayımlanan bir bölümünde, FBU ajanları Fox Mulder ve Dana Scully tuhaf bir vakayı araştırlar. Yıldırım çarpan bir adam mucizevi biçimde hayatta kalmış, sonra da bir yıldırımdaki milyonlarca voltu zarar görmeden yönlendirebilen ve elektrik alanlarını kontrol edebilen bir insan iletkene dönüşmüştür. Diğer bakımlardan gayet sıradan olan bu liseden terk adamın sahip olduğu tek yetenek budur ve paranormal olaylara ayrılmış bir TV dizisine yakışır şekilde bilimsel açıklamalara meydan okumaktadır. Fakat bölüm boyunca tekrarlanan bir cümle doğrudur: Bilim insanları yıldırımların nasıl işlediği konusunda hâlâ çok az şey biliyorlar.

Elektirik konusunda bayağı bilgileri var. Bu sözcük Yunanca parlayan güneş demek olan *elektor*'dan ve Latince amber, yani fosilleşip milyonlarca yıl içinde taş kıvamına gelmiş ağaç kabuğu demek olan *electrum*'dan geliyor. MÖ 600 civarında Yunanlılar

amberin tuhaf bir özelliği olduğunu fark ettiler. Bir yün parçasına sürtüldüğünde toz parçacıklarını, tüyleri ve saman çöplerini çekiyordu. Fakat bu ilginç etki 1600 yılına kadar bir tuhafılıktan ibaret kaldı. O yıl William Gilbert isimindeki bir İngiliz doktor mıknatısların ve amberin tepkilerini incelemeye başladı ve başka cisimlerin de “elektrik”lendirilebileceğini fark etti. Bu “elektrik”i oluşturanın sürtünme olduğu sonucuna vardı.

Sürtünmenin nasıl elektriklelenmeye yol açtığının sırrı atomun yapısında yatar. Negatif yüklü elektronlar atomun çekirdeğinin çevresinde dönerler. Çekirdekler pozitif yüklü protonlardan ve tıpkı İsviçreliler gibi nötr kalan nötronlardan oluşur. Karbon gibi dengeli atomlarda pozitif ve negatif yükler dengededir; yani, protonlarla elektronların sayısı eşittir. İçten içe bütün atomlar dengeli olmak isterler; bu onların doğal durumudur. Fakat bazı atomlarda daha gevşek bağlı elektronlar vardır ve bu “serbest” adı verilen elektronlar maddenin atomları arasında hareket edebilir veya “akabilirler”, böylece bir elektrik akımı oluştururlar. Çocukların sevmedikleri okul arkadaşlarına (veya kardeşlerine) dokunarak onları bitlendirmeye çalışması gibi, ayırım gözetmeyen küçük elektronun yükü de atomdan atoma geçer.

Bu dengesiz veya yüklü atomlara iyon adı verilir. Elektron kazanan bir atom negatif yüklü hale gelirken elektron kaybeden bir atom pozitif yüklü hale gelir. Atomik “ev”lerinden atılan serbest elektronlar onlara kapılarını açacak pozitif yüklü bir atom buluncaya kadar ortalıkta dolaşırlar. En azından atom düzeyinde karşıtlar gerçekten birbirini çeker: Pozitif yüklü atomlar her zaman kendilerini dengeleyebilmek için negatif yüklü serbest atomlar ararlar. Bu yin-yang, veya sürekli açık atomik bir bekarlar barı gibidir. Elektronlar da eğer yeterince enerjiye sahiplerse o anda bir atomun çevresinde dönen bir elektronu dışarı atıp kendilerine yer bile açabilirler.

İletkenliği gözünüzde canlandırmanın kolay bir yolu vardır. Yolda, o anda durduğunuz yerden birkaç metre uzaklıkta “canlı” bir kopuk elektrik kablosu varsa, bu uzaklığı korursanız hayatta kalma olasılığınız yüksektir. Kuru asfaltı oluşturan atom-

lar dengelidir, iletken değildir ve elektrik kablosunun atomlarındaki elektron yüklerinin gidecek bir yerleri yoktur. Fakat ya yol ıslaksa ve yüzeyi kaplayan ince bir su ve buz tabakası varsa? Bu durumda kalın kauçuk tabanlı ayakkabılar giymiyorsanız, büyük olasılıkla elektrik tablosundan gelen yüksek voltajlı akım yüzünden çarpılırsınız. Su çok iletkendir ve eğer kopuk kablo suyun yüzeyine dokunursa, elektronlarını suya aktarır. Yüksek enerjili elektronların ani akışı suyun atomlarının çevresinde dönen elektronları yerlerinden edecektir. Bu elektronlar kendilerine yeni birer yuva bulmalıdır, bu yüzden onlar da komşu atomlardaki elektronları yerlerinden ederler ve bu böyle devam eder. Bu şelale elektronlar kauçuk veya cam gibi iletken olmayan, içindeki elektronların yerlerinden edilmeyecek kadar sıkıca bağlı oldukları bir maddeye çarpıncaya kadar devam eder. Metal de mükemmel bir iletkendir. Ang Lee'nin *The Ice Storm* (Buz Fırtınası) isimli 1997 yapımı filminde bir genç yolun kenarında uzanan bir korkuluktan eğilmişken elektriğe çarpılır. Kopan bir elektrik kablosu parmaklığa dokunduğunda akım metal şerit boyunca vızlayarak ilerler ve sonunda çocuğun vücuduna girip anında öldürür.

Akım elektriğinin altında yatan bilimsel açıklama işte budur. Ayağınızı halıya sürtün, sonra da madeni bir kapı kolu gibi iletken bir yüzeye dokunun. Yaşadığınız çarpılma statik elektriktir. Sürtme bedenlerimizin fazladan negatif yüklü elektronlar almasına neden olur. Metal gibi pozitif yüklü bir maddeye dokunmak da bu elektronların parmaklarımızla nesne arasındaki küçük boşluğun diğer tarafına sıçramasına yol açar. Yıldırım statik elektriğin özellikle şaşırtıcı bir halidir: Yüksek voltajı ve yüksek yoğunluğu yıldırım çarpmasının insanlar için yalnızca can sıkıcı olmakla kalmayıp öldürücü olması sonucunu doğurur. Yıldırımların ortaya çıkmasının nedeni, doğal buharlaşma ve yoğunlaşma süreci sırasında, nem birikirken bulutların içlerindeki su damlacıklarının birbirlerine sürtünmesiyle negatif yüklü hale gelmesidir. Bu yük dışarıda pozitif yüklü bir şey arar – ideal olarak, zemin – ve yıldırım da bu ikisi arasındaki boşluğu dolduran “kıvılcım”dır.

Benjamin Franklin'in ve yıldırımın gerçekten bir elektrik akımı olup olmadığını belirlemeyi amaçlayan ünlü deneyinin öyküsünü yediden yetmişe bütün Amerikalılar bilir: Franklin yıldırımın metalden geçip geçmeyeceğini anlamak için bir gök gürültülü fırtına sırasında bir uçurtmaya metal bir anahtar takmıştı. Yaygın inanışın aksine, kendi kendini eğitmiş amatör bir bilim insanı olan Franklin bu deneyi başarıyla gerçekleştiren ilk kişi değildi, ama tasarlayan kesinlikle oydu.

Franklin 17 Ocak 1706'da Boston'da Josiah Franklin adındaki bir sabun yapımcısının onuncu çocuğu olarak dünyaya geldi. Babası ardı ardına üç eşinden toplam 17 çocuk sahibi olacaktı. Parası genç Benjamin'i ancak bir seneliğine okula göndermeye yetti.

Benjamin okumayı çok sevdiği için 12 yaşındayken bir matbaacı olan ağabeyi James'in yanına çırak olarak verildi. Broşürlerin hazırlanmasını yardım etti, matbaa harflerini dizdi, hatta basılı ürünleri sokakta sattı. Üç yıl sonra James Boston'ın ilk gerçek gazetesi olan *New England Courant*'ı çıkarmaya başladı. Gazete sadece dışarıdan gelen haberleri tekrar basmak yerine özgün makaleler ve başyazılar içeriyordu. Ancak iki kardeşin birbiriyle ilişkileri iyi değildi, hatta James arada bir Benjamin'i dövüyordu. 1723'te Franklin kaçtı ve sonunda Philadelphia'ya ulaştı. Önce bir matbaacı çırağı olarak iş buldu, sonra borç alarak kendi matbaasını kurdu ve çok geçmeden bu işte başarı kazandı. Franklin kendine ait ilk gazetesi olan *Pennsylvania Gazette*'yi de satın aldı ve 1733'te *Poor Richard's Almanack*'ı kurdu. 1749 yılında bilimsel deneylerine ve icatlarına odaklanmak için bu işten emekli oldu ve gizemli elektrik olgusuna odaklandı.

Franklin elektriğin onun "elektrik ateşi" adını verdiği ortak bir öğeden oluştuğunu ve bir sıvı gibi, yok olmaksızın bir cisimden diğerine geçerek aktığını gösteren ilk kişi oldu. Yüklü nesneleri inceledi, kıvılcımların nasıl bir nesneden diğerine sıçradığını not etti ve yıldırımın deneycilerin elektriği depolamak için kullandığı ilkel bir kondansatör türü olan yüklü Leyden kavanozunun oluşturduğu kıvılcımlara benzeyen devasa bir elektrik

kıvılcımından farksız olduğu sonucuna vardı. Leyden kavanozu yarı yarıya suyla doldurulmuş, mantarından iletken bir tel çıkan cam bir kavanozdan ibarettir. (1745'te Hollanda'nın Leyden kentinde Hollandalı Fizikçi Pieter van Musschenbroek tarafından icat edildi. Musschenbroek ilk başarılı test uygulaması sırasında az kalsın en yakın dostunu elektrik akımıyla öldürüyordu. Kavanoz telin dışarı çıkını sürtünmeyle elde edilen bir elektrik kıvılcımına maruz bırakarak yükleniyordu.) Franklin yıldırımın yapısıyla ilgili kuramını denemek için bir buluttan "ateşi üzerine toplamak" amacıyla bir çubuğun veya telin havaya dikileceğı, deneycinin bekçi kulübesine benzer bir yapının içinde korunacağı bir deney yapılmasını öneren bir makale yayımladı.

Franklin bu önerisini uygulamaya koyamadan, Thomas Francois d'Alibard adındaki bir Fransız yayımlanan makaleyi okudu ve Paris'te 10 Mayıs 1752'de 15 metrelik dikey bir çubuk çekerek yıldırımı aşağıya çekti. Bir hafta sonra M. Delor yine Paris'te deneyi tekrar etti, Temmuz'da John Canton adında bir İngiliz onu izledi. Georg Wilhelm Reichmann adındaki şanssız bir fizikçi ise diğerleri kadar başarılı olamadı. Reichmann deneyi tekrarlamayı denedi, fakat parlak bir yük topu –belgelenmiş ilk top şimşek örneğı- ipten aşağıya indi, Reichmann'ın alnına sıçradı ve onu anında öldürdü. Fakat birkaç gün sonra Mikha-il Lomonosov adında Rus bir kimyacı aynı deneyi başarıyla gerçekleştirdi.

Bu diğer deneylerden habersiz olan Franklin Haziran 1752'de Philadelphia'nın kenar mahallelerinde bir gök gürültülü fırtına sırasında deneyi kendisi de yaptı. İki sedir çubuğı bir haç veya X şeklinde birbirine çivileyerek bir uçurtma yaptı. Uçurtmanın gövdesi büyük ipek bir mendilden oluşuyordu, çünkü ipek gökgürültülü bir fırtınanın ıslaklığına ve rüzgarına dayanabilirdi. Franklin uçurtmadan sarkan uzun ipek ipe bir anahtar taktı, ipek ipin diğer ucu ince bir madeni telle bir Leyden kavanozuna takılıydı. Uçurtma ipinin kuru bir kısmını tutmayı temin etmek için (ip ıslanırsa iletken hale gelecekti) bir kulübenin çatısının altında durdu. Franklin'in o sırada 21 yaşında olan oğ-

lu uçurtmayı havalandırmasına yardımcı oldu, sonra ikisi oturup beklediler.

Franklin tam çaresizliğe kapılmaya başlamışken, sicimin gevşek liflerinin “dikleşmeye” başladığını gözlemledi ki bu elektriklenmeye işaret ediyordu –statik elektrik saçımızı diken diken ettiği zaman olanla aynı şeydi. Franklin parmak boğumunu anah-tara bastırdı ve bir elektrik kıvılcımıyla ödüllendirildi. Anah-tardaki negatif yükler bedenindeki pozitif yüklere çekilmiş ve kıvılcımın anah-tardan eline sıçramasına neden olmuşlardı. Bu da yıldırımın statik elektrik olduğunu kesin olarak kanıtliyordu. Franklin’i deney sırasında gerçekten yıldırım çarptığı şeklinde yaygın bir yanlış kanı vardır. Aslında gözlemlediği kıvılcımın ortaya çıkmasının nedeni bütün o deneysel aletler çok güçlü bir elektrik alanıyla çevrili olmasıydı, fakat neyse ki kendisi –X-Files’taki oğlanın esnekliğinden yoksun biri olarak- yıldırımın gücünün yalnızca küçük bir oranını hissetti. Bir yıldırım oku onu çok kolaylıkla öldürebilirdi.

Franklin’in deneyi yıldırım Dünya’ya çarptığında gerçekleşenlerin küçük ölçekli bir halidir. Su havaya buharlaştıkça bulutlar oluşur. Bulutun içinde gittikçe daha fazla su damlacığı çarpıştıkça elektronlar yerlerinden olurlar. Yerinden edilmiş elektronlar bulutun alçak kesiminde toplanırlar ve oraya negatif bir yük verirler. Sonunda bu yük okadar yoğunlaşır ki Dünya’nın yüzeyindeki elektronlar gittikçe büyüyen negatif yük tarafından itilirler ve Dünya’nın derinlerine inerler. Dünya’nın yüzeyi pozitif yüklü hale gelir ve dolayısıyla bulutun altında biriken negatif yük için çok çekici bir hal alır. Tek gereken bulutla Dünya arasında iyonlaşmış hava (çarpışma işleminin bir başka yan ürünü) biçimindeki iletken bir yoldur. Çoğunlukla bir buluttan çıkan birçok ayrı iyonlaşmış hava yolu bulunur; bunlara “adım liderleri” denir çünkü Dünya’ya kadar mesafeyi aşamalar halinde, düz bir çizgiyi değil en az direncin olduğu yolu izleyerek alırlar. İlk bakışta düz bir çizginin en az direnci sunacağı zannedilebilir. Sonuçta iki nokta arasındaki en kısa yoldur. Fakat durum böyle değildir.



Franklin'in yıldırım evi

İyonlanmış havadaki yolları Washington DC gibi bir şehirdeki yollara benzetebilirsiniz. Otomobiller yıldırım gibi yalnızca bu yollar üzerinde hareket edebilirler. ABD'nin başkentindeki turistler sık sık şehrin tuhaf planı nedeniyle afallarlar. Bir yol şehrin merkezine doğru net, dümdüz bir çizgi halinde giderken aniden sona erebilir. Devasa bir bürokratik yapı yolu tıkaştır. Otomobiller bu engeli aşmak için bir yan caddeye girmeli ve diğer tarafta devam eden aynı ana caddeye tekrar girmelidirler. Yıldırım da bulutlardan Dünya'ya doğru inerken benzer engellerle karşılaşır. İyonlanmış olmayan ve dolayısıyla iletken olmayan bir hava parçasıyla karşılaşır şu alternatif, iletken bir rota bulması gerekir. Yıldırım aşağıya inerken, Dünya'nın yüzeyindeki nesneler yaklaşan güçlü elektrik alanına pozitif yüklü flandralarla "ışyarak" yanıt verirler. Bunlar boşluğu doldurmak için Michelangelo'nun Sistin Şapeli'nin tavanındaki Adem'inin Tanrı'ya doğru uzanmasına benzer şekilde buluta doğru uzanarak yukarıya çıkarlar. İki yük nihayet karşı karşıya geldiklerinde akım Dünya ile bulut arasında sıçrar ve yıldırımı ortaya çıkarır.

Yıldırımın gücünden etkilenen Franklin, çalışmalarına devam etti ve koruyucu bir önlem olarak yıldırımsavarı geliştirdi. Bu bir binanın çatısına takılmış, sivri uçlu bir madeni çubuktur. Çubuk bir parça bakır veya alüminyum tele, o da zeminde yakına bir yere gömülmüş iletken bir şebekeye bağlanmıştır. Yıldırımsavarlar aslında yıldırımı çekmezler, bunun yerine zemine giden düşük dirençli bir yol oluştururlar. Franklin yıldırımın çarptıktan sonra zemine daha iyi bir yol oluşturan yakındaki nesnelere doğru sıçrayarak en düşük dirençli rotayı arayacağını anlamıştı. Bir yıldırımsavar yıldırım çarpmasının seçmesi için güvenli bir seçenek sağlar. Franklin yıldırımın ne kadar zarar verebileceğini kanıtlamak için bir "yıldırım evi" inşa etti. Evin içinde yanabilir gazlarla dolu, bir telle çatıdaki madeni bir rüzgar gülüne bağlı bir varil vardı. Franklin'in bir Leyden kavanozu kullanarak oluşturduğu kıvılcım çatıdan varile indi ve gazları patlattı. Patlama o kadar güçlüydü ki evin çatısı uçtu.

Franklin ayrıca "yıldırım çanları" adı verilen, yıldırım havadayken çingırdayan benzer bir aygıt da icat etti. Evinin tepesine yıldırımı aşağıya çeken bir yıldırımsavar dikti. Çubuk bir çana, ikinci bir çan da topraklanmış tele bağlıydı. Her gökgürültülü fırtına olduğunda çanlar çalıyor ve kıvılcımlar evini aydınlatıyordu, bu da eşi Deborah'ı fazlasıyla çileden çıkarıyordu. Bir söylentiye göre kadın sürekli çan sesi yüzünden o kadar sinirlenmiş ki kocası Londra'dayken ona mektup yazarak deney aletini nasıl devreden çıkaracağını sormuş.

Franklin bu deneyleri bırakıp başka icatlara ve diplomatik kariyerine odakladıktan çok sonra bile bilim insanları elektriğin yapısına dair araştırmalarını sürdürdüler. On sekizinci yüzyılın ikinci yarısında, İtalyan anatomi uzmanı Luigi Galvani parçalanmış bir hayvanın ayağının elektrik yükü verilerek hareket ettirebildiğini fark ettikten sonra iki farklı metali ve parçalanmış bir kurbağanın vücut sıvılarını kullanarak kaba bir elektrik hücresi yaptı. Bunun sonucunda 1800'de Alessandro Volta Galvani'nin hücresini farklı metaller koyup biyolojik malzemeler yerine ıslak mukavva kullanarak ve hepsini birbirinin üzerine yığarak deği-

tirdi ve elektrik pilini geliştirmiş oldu. Galvani'nin deneyi aynı zamanda bilim insanları arasında elektriğın ölü dokuları tekrar canlandırma potansiyeli üzerine birçok müthiş spekülasyonun yapılmasına neden oldu. Birçok kere yeni asılmış suçluların bedenleri üzerinde gizli deneyler yapıldı ve bu Mary Shelley'in Frankenstein isimli 1818 tarihli romanının konusunu oluşturdu, daha sonraları da Robert Louis Stevenson'un "The Body Snatcher" isimli 1884 tarihli kısa öyküsü için esin kaynağı oldu.

Fakat henüz elektrik hakkındaki en önemli keşif yapılmamıştı. Sonradan elektriğın manyetizma adı verilen bir başka doğa gücü biçiminde bir "ruh ikizi"nin olduğu ve bu ikisinin birbirine ayrılmayacak kadar sıkı sıkıya bağı olduğu ortaya çıktı. Bu ikisi bir araya gelerek bütün ışık spektrumunu meydana getirirler ve çağdaş teknolojinin büyük bölümünün temellerini oluştururlar – bu bir cennette yapılmış bir evlilik değildir de nedir?

7. Bölüm

Göz Aldanması

1807: Aydınlık odanın icadı

L 999'da ressam David Hockney eski sanatçıların —Jan Van Eyck gibi on beşinci yüzyıl ustaları da dahil olmak üzere— bilim insanlarından bile önce görsel yardım araçları kullandığına dair tartışma yaratan bir kuram öne sürdü. Hockney bunun on beşinci yüzyıl sanatında perspektifin ve oranların resmedilmesinde aniden yaşanan çarpıcı gelişmeleri ve yaklaşık aynı yıllardan başlayarak portrelerin aldığı dikkat çekecek kadar gerçekçi görünümü açıklayabileceğini düşünüyor. Hockney'in 2000'de yayımlanan *Secret Knowledge* (Gizli Bilgi) isimli kitabı bu kuramı genişletti. Kitap sanat tarihçileri tarafından bir eleştiri yağmuruna tutulduysa da da geçmişteki ve günümüzdeki sanatçıların görsel yardım araçları kullanmasına yönelik ilgiyi tazeledi.

Hockney'in kuramı o kadar da acayip değil. Sıradışı görsel etkiler uzun zamandır hem bilim insanlarının, hem de sanatçıların

uzun zamandır ilgisini çekti. Örneğin iğne delikli kameranın öncülü olan karanlık odayı ele alalım. Karanlık oda en basit haliyle bir perdedeki veya duvardaki küçük bir delikten ibarettir. Işık örneğin güneşli bir bahçeden bu delik vasıtasıyla karartılmış bir odaya geçer ve deliğin karşısındaki duvara manzaranın ters çevrilmiş bir görüntüsünü yansıtır. Bir sanatçı duvara bir eskiz kağıdı iğneleyebilir, böylece nesnenin ana hatlarını ortaya çıkarabilir, sonra da resmi tamamlayabilirdi.

Bu olgu ışığın doğrusal yapısından kaynaklanır ve çift kişiliğinin “parçacık” tarafının kanıtıdır. Işık bir nesnenin her bir noktasından yansıyıp her yöne doğru hareket eder ve iğne deliği de bir lens görevi görerek bir manzaranın her bir noktasından dar bir ışının içeri girmesine izin verir. Işınlardan delikten düz bir çizgi halinde geçerler ve sonra kesişirler, böylece manzaranın en altından gelen ışık karşıdaki duvarın en üstüne vurur, manzaranın en üstünden gelen ışık da en alta vurur ve duvarda dış dünyanın ters bir görüntüsü ortaya çıkar. Bu görsel etki çok çarpıcı olabilir. Sanatçı Vero Mart, 2004’te The New Yorker’a, “Böyle yansıtılan bir görüntüyü ilk defa gördüğümde, Tanrı’yı gördüğümü düşündüm,” demişti. Bir başka sanatçı olan Adam Cvijanovic, Brooklyn’daki dairesinde ışık ve açı tam olarak doğru olduğu zaman düzenli olarak görünen doğal karanlık odasını büyük bir keyifle izliyor.

“Karanlık oda” terimini on yedinci yüzyılın başlarında Alman astronom Johannes Kepler yarattı, ama o zaman bile bu olgu binlerce yıldır biliniyordu, aslında belki de bilinen görsel yanılsamaların en eskisiydi. Eski Yunanistan’da ve Roma’da yaygın olarak sergilenen, sanatçıların içbükey madeni aynalar kullanarak yanan bir tütsünün dumanına hayalet benzeyen görüntüler yansıttıkları bir yanılsamanın altında da muhtemelen bir tür karanlık oda yatıyordu – İngilizce’deki üçkağıtçılık, aldatmaca anlamına gelen “smoke and mirrors” (duman ve aynalar) deyimini de işte buradan gelir. Karanlık odadan ilk olarak MÖ beşinci yüzyılda Çinli felsefeci Mo-tzu (veya Mo-Ti) bahsetti; onu “toplama yeri” veya “kilitli hazine odası” diye nitelemişti. Aristo’nun yazı-

larında da karanlık odaya atıflar vardır; o da kısmi bir tutulma sırasında bir ağacın yapraklarının arasındaki boşlukların zemin üzerinde güneşin görüntülerini oluşturduğunu fark etmişti; fakat bu etkiye tatmin edici bir açıklama getirememiştir.

On birinci yüzyılda yaşamış Arap bilgini Basralı İbn i Heysem'in güneş gözlemleri için taşınabilir karanlık odalı çadır odalarının olduğu söylenir. Bu cihazın en eski pratik uygulamasıydı; bu sayede artık güneşe doğrudan bakmaya ve görüş yetisini tehlikeye atmaya gerek kalmayacaktı. Günümüzde Irak olan topraklarda bir devlet memurunun oğlu olan İbn i Heysem kendini bilime adanmıştı. Mısır'daki Nil Nehri'nin yol açtığı selleri kontrol edecek bir baraj inşa etmek üzere bir plan geliştirmiş, bu fikrini Mısır'ın hükümdarı Halife El Hakim'e sunmuştu. El Hakim de onu bu işi yapmakla görevlendirmişti. Fakat tarihe "çılgın halife" olarak geçecek olan El Hakim akli açıdan dengesizdi; projeyi tamamlamaya yetecek kadar para, malzeme veya işgücü vermedi ve başarısızlığı anlayışla karşılamaya eğilimli değildi. İbn i Heysem can güvenliğinden korktuğu için halifenin 1021'deki ölümüne dek kendisi de delirmiş numarası yaptı. Bu kendini gönüllü olarak ev hapsine alması anlamına geliyordu ve İbn i Heysem bu süre içinde karanlık oda olgusunu incelemeye başladı.

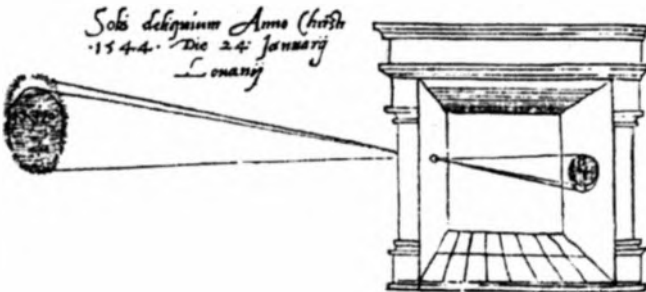
İbn i Heysem bir duvarında bir delik olan karartılmış bir odayla işe başladı ve yandaki odaya beş fener astı. Karartılmış odanın içindeki duvarda beş "ışık"ın ortaya çıktığına dikkat etti. Fenerler ve delik düz bir çizgi üzerinde sıralandıkları için, doğru bir şekilde ışığın düz çizgiler halinde yol aldığı sonucuna vardı. Beş fenerin hepsinin ışığı delikten aynı anda geçtiği halde geçerken birbirlerine karışmıyorlardı: Karartılmış odanın içindeki duvarda hâlâ beş ayrı "ışık" vardı. Aristo'dan bu yana, yaygın varsayım gözün nesneleri taramak için ışık ışınları gönderdiğiydi. İbn i Heysem ışığın gözlemlediğimiz şeylerden gözümüze yansıdığını tespit etti. Ayrıca yansıma ve kırılma yasalarını da kayda geçirdi ve doğru biçimde bu etkileri ışığın yoğun bir ortamda daha yavaş hareket ediyor oluşuna bağladı. Işık bilimi üzerine ese-

ri *Kitab el-menazir* Ortaçağ'da Latinceye çevrildi – bu yazdığı 200'den fazla kitaptan günümüze kalan bir avucundan biridir.

1490'da Leonardo da Vinci not defterlerinde bir karanlık oda tanımladı. Leonardo insan gözünün işleyişi hakkındaki kendi kuramlarını test etmek için küçük bir karanlık oda yapmıştı. 1544'te Hollandalı bilim insanı Reinerus Gemma-Frisium bir karanlık oda kullanarak güneş tutulmasını gözlemledi. Karanlık odanın sanatçılar için yararlı bir yardımcı araç olacağını ve doğru perspektifle bir sahnenin hızlı eskizlerini çizmelerine olanak vereceğini ilk öne süren Napolili bilim insanı Giambattista della Porta oldu. Görüntüyü aşağıya, bir bakış yüzeyinin üzerine yansıtmak için 45 derece açıyla yerleştirilmiş bir aynanın eklenmesiyle görüntü kalitesi geliştirildi. On dokuzuncu yüzyıla gelindiğinde taşınabilir versiyonların yanı sıra bütün odalar da eğlence amaçlı olarak hizmet verir olmuştur. Bu odalardan bir tanesi San Francisco'daki Ocean Beach'in kayalıklarında hâlâ turist ilgi odağı olarak işletilmektedir.

Hollandalı Ressam Jan Vermeer'in (1632-1675) karanlık odayı kullandığına inanılıyor. Bu olasılığı ilk olarak Amerikalı oymacı ve litografyacı Joseph Pennell 1891'de ileri sürdü ve

illum in tabula per radios Solis, quam in cælo contingit: hoc est, si in cælo superior pars deliquit pariatur, in radius apparebit inferior deficere, vt ratio exigit optica.



Sic nos exactè Anno .1544. Louanii eclipsim Solis obseruauimus, inuenimusq; deficere paulò plus q̃ dex-

Bir karanlık odanın çizimi, 1544

Vermeer'in bazı tablolarındaki "fotoğrafik perspektifi" buna kanıt olarak gösterdi. Başkaları Vermeer'in bazı "odaksızlık" etkilerinin aynısını oluşturuyor gibi göründüğünü, örneğin parlak noktalarda ışığın parlak yüzeylerden yansımaları böyle resmettiğini fark ettiler. Vermeer'in ışık bilimini nereden öğrendiğine gelince, kendisinin çağcılı mikroskop ustası Antoni van Leeuwenhoek Delft'te, Vermeer'den yalnızca birkaç sokak ötede yaşıyordu. Bazı bilginler Vermeer'in bilimsel temaları olan iki tablosu *Astronom* ve *Coğrafyacı*'daki modelin Leeuwenhoek olduğunu bile öne sürdüler. Her iki tabloda da öznenin Leeuwenhoek'in bilinen portrelerine ilginç bir benzerliği vardır.

Daha yakın zamanda Londra'daki University College'da mimarlık ve şehir planlama profesörü ve *Vermeer'in Kamerasi*'nin yazarı olan Philip Steadman Vermeer'in tablolarını incelemek için yeni bir yaklaşım kullandı. Sanatçıların perspektif görüntüler elde etmek için kullandıkları geleneksel yöntemden geriye doğru giderek betimlenen yerlerin geometrisini yeniden inşa etti. Bu analizi temel alarak, Vermeer'in en az 10 tablosunun aynı odada yapıldığı sonucuna vardı. Steadman perspektifleri yeniden inşa etmesinin 10 tablonun her birinin kuramsal bakış noktasının uzaydaki yerini belirlemeyi mümkün kıldığını iddia ediyor. Fakat bunun için yalnızca matematiği kullanmadı. Söz konusu odanın altında bir ölçekli fiziksel bir modelini inşa etti, içine Vermeer'in karanlık odası yerine fotoğrafik levha kamerasını koydu, sonra da ışığı ve gölgeyi test ederek tabloların fotoğrafik simülasyonlarını yarattı – Vermeer bütün bunları tablolarında aslına sadık biçimde tekrar oluşturuyordu ve bu da Steadman'ın kuramının inandırıcılığını artırıyor. BBC bu konuyu ele alan bir televizyon filmi için odayı tam boyutlu olarak tekrar inşa etti. *Oda Müzik Dersi* tablosunun tam boyutlu bir görüntüsünü yarı şeffaf bir ekranın üzerine aktarıyordu. Bu film üzerinde gözükcek kadar parlaktı ve kesinlikle Vermeer'in bir çizim yardımcı aracı olarak faydalanması için yeterliydi.

Daha sonraki sanatçılar, örneğin Ingres (1780-1867) büyük ihtimalle 1807'de William Wollaston tarafından icat edilen gör-

sel bir yardım aracı olan aydınlık odayı kullandı. Wollaston bir İngiliz doktoruydu ve bağımsız araştırmaları kimya, fizik, astronomi, botanik, mineraloji, kristalografi, fizyoloji, patoloji ve ışık bilimi alanlarını kapsıyordu. Platini endüstri için daha iyi dövülebilir bir hale getirmek için icat ettiği teknik sayesinde rahat yaşamasına yetecek bir servet sahibi olunca ansızın bilimsel araştırmalara daha fazla zaman ayırmak amacıyla tıbbi çalışmalarına son verdi. O sıralar kısmen körleşiyor oluşu ışık bilimine olan ilgisini kamçılar olmuş olabilir.

Çağcılar Wollaston'u hoş görünüşlü ve son derece kibar ve incelikli davranışları olan biri olarak tanımlıyorlar, ama Wollaston yalnız yaşar ve kesin bir inzivaya çekilerek çalışırdı. Işık bilimi alanındaki çalışmaları 1802'de, en iyi yansımaları elde etmek için kırınım indekslerini ölçen bir aygıt olan kırınım ölçeri geliştirmesiyle başladı. Ayrıca kalsit veya kuvarstan yapılan ve kutuplaştırmacı bir ışın ayırıcısı olarak iş gören özel bir prizma tipi de tasarladı ve lens tasarımı konusunda da kapsamlı çalışmalar yaptı. Bütün bunlar sonunda onun aydınlık oda tasarımına katkıda bulunacaktı.

Wollaston'un aydınlık odası yansıtıcı bir prizma ve görme lensini içeren uzatılabilir, üç parçalı bir teleskopik borudan oluşuyordu. Boru bir çizim masasına veya yüzeye sabitlenebilen bir sopanın üzerine takılıydı. Aygıt karanlık odaya göre daha taşınabilirdi ve artık karartılmış bir odaya da ihtiyaç duyulmuyordu; sanatçı doğrudan güneş ışığı altında çalışabiliyordu. Prizmanın dört köşesi vardı, bunlardan biri dik (90 derece) açılı, ikisi 67,5 derece açılı ve biri de 135 derece açılıydı. Bu sayılar rastgele değil, Wollaston'un bütün kritik yansıma açılarını elde etmek için yaptığı özenli deneylerin sonucuydu. (Birçoğumuz lisede fizik dersinde şu kuralı öğrenmişizdir: geliş açısı yansıma açısına eşittir.) Prizma kasıtlı olarak öyle şekillendirilmiş ve şekillendirilmişti ki, sahneden gelen ışık ışınları göze erişmeden önce iki kere prizmanın içinde yansıtılıyordu. Bu sayede göz görüntüyü karanlık odada olduğu gibi tersyüz değil düz görüyordu. Ayaklık prizma göz bebeğini yarı yarıya kaplayacak şekilde



Wollaston'un aydınlık odasının işleyişi

ayarlandığında, teknik ressam hem çizmek istediği –prizmadan yansıtılan- nesneyi, hem de ana hatlarını çizim tahtasında gördüğü izlenimine kapılır.

Aydınlık oda aslında kâğıdın üzerinde öznenin bir görüntüsünü oluşturmadığı, sadece sanatçı prizmanın içine baktığında çizim yüzeyinin üzerindeymiş gibi görüldüğü için kullanılması epey hüner gerektiren bir aygıttır. Başın ufak bir hareketi bile görüntünün de hareket etmesine ve taslağın doğruluğunun bozulmasına neden olur. Aygıtın çağdaş versiyonu konsept ve yapı bakımından dikkat çekecek kadar benzerdir: Gereken iki yansımadan birini elde etmek için kısmen yaldızlı (yarı saydam) bir ayna kullanır, böylece bakan kişi aynadan hem yansıyan görüntüyü hem de düz camın gibi doğrudan görüntünün kendisini görebilir. Bu aygıtın kullanılmasını kolaylaştırır, zira konumlandırma ve gözün sabit durması eski versiyondaki kadar önemli değildir.

Hockney görsel yardımcı araçların kullanımına dair hipotezini sınamak için Arizona Üniversitesi'nde bir ışık bilimi profesörü olan fizikçi Charles Falco'nun yardımına başvurdu. Falco eski tablolaradaki ölçülebilir bozulmaları sistematik olarak analiz

etti. Falco, "Görüntülerin kendileri kanıt sağlıyorlar, tabii onları nasıl okuyacağınızı biliyorsanız," diyor. Örneğin, Lorenzo Lotto'nun geç İtalyan Rönesansı'na ait *Karı Koca* isimli tablosunda (1543 civarı) halının geometrik anahtar deliği deseni tablonun içine doğru uzaklaştıkça odağını yitirir ve tuhaf bir şekilde kumaşın sınırının ayrıntılarında net bir biçimde görülen iki yok olma noktası vardır. Doğrusal perspektif kullanılmış olsaydı, desen düz bir çizgi halinde uzaklaşırdı ve tek yok olma noktası tek görüş noktasına karşılık gelirdi. Bunun yerine desende bir bükülme vardır ve bu bükülme daha sonra hafif farklı bir yönde devam eder. Hockney ve Falco bunu Lotto'nun bezin deseninin görüntüsünü oluşturmak ve çizmek için bir tür lens kullandığının, fakat sonra hepsini birden aynı anda odaklayamadığını fark ettiği için bezin arka yüzünü tamamlamak amacıyla lensi yeniden odakladığının, yok olma noktasını değiştirip bu süreci gizlemek için "bulanık" çizdiğinin kanıtı olarak görüyorlar.

Hockney ve Falco'nun görsel yardımcı kullanımına dair bulabildikleri en eski kanıt Flaman sanatçı Jan van Eyck'in 1431 yılında yaptığı Kardinal Niccolo Albergati'ye ait eskizdedir. Özenin yüz hatları mükemmel bir şekilde betimlenmiştir. Bitmiş tablo skeçten yüzde 41 daha büyük olsa da, skeç büyütülüp tablonun üzerine serildiğinde, birçok kısım tamamen üst üste gelir: Alın, sağ yanak, burun, ağız, gözler ve hatta gülüş kırışıklıkları. Falco van Eyck'in eskizi bu kadar kesin biçimde büyütmesinin ancak bir görsel yardım aracı kullanmasıyla mümkün olabileceğinde ısrar ediyor.

Fakat on altıncı yüzyılın sonlarına, yani Loto ve van Eyck'in ressamlığı bırakmalarından çok sonrasına kadar ne karanlık, ne de aydınlık oda yaygın eskiz çizme aygıtları olarak mevcuttu. Hockney bir açmaza düşmüştü, ta ki Falco şansını deneyerek içbükey aynanın bir lensin bütün optik özelliklerine sahip olduğu, aynı zamanda düz bir yüzeyde görüntü de oluşturabildiği yorumunu yapana kadar. Küçük cep aynaları ve gözlük camları ilk olarak on üçüncü yüzyılın sonuna doğru ortaya çıktılar ve Hockney van Eyck'in ve çağcillerinin muhtemelen bu tür "ayna

lensler”e sahip oldukları ve bunları işlerinde kullanmış olabilecekleri sonucuna vardı.

Hockney bu fikrin makul olup olmadığını anlamak için aynı deneyi kendi de yaptı. Stüdyosunda küçük, derme çatma bir pencere oluşturdu ve bir portre öznesinden hemen dışarıya, parlak güneş ışığının altına oturmasını istedi. Ardından küçük bir tıraş aynasını pencerenin karşısına yerleştirdi netliği arttırmak için odayı kararttı. Sonuçta öznesinin ters bir görüntüsü pencerenin yanına asılmış eskiz kâğıdı yaprağının üzerine düştü. Bu görüntü sayesinde portrenin ana hatları kolayca çizilebiliyordu.

Yine de Hockney’in kuramını yerden yere vuranlar var. Bunların arasında en yüksek sesle itiraz edenlerden biri Stanford Üniversitesi’nde danışman elektrik mühendisliği profesörü olan David Stork. Stork kuramda kalıcı kusurlar olduğunu iddia ediyor. Lotto’nun tablosundaki halı anahtar deliği desenini ele alalım. Falco’nun ve Hockney’in analizi desenin gerçek hayatta simetrik olduğu varsayımına dayalı. Fakat Stork’un görüştüğü halı tarihçileri bu “Loto halıları” adı verilen halılardaki desenlerin asimetrik olduğunu ve desenin sapma mertebesinin Lotto’nun tablosundaki perspektif anormallikleriyle uyuştuğunu söylemiş.

Veya van Eyck’in *Arnolfini ve Karısının Portresi* isimli tablosunda çizilen şamdanı düşünün. Hockney van Eyck’in şamdanı doğru bir perspektifte almak için ana hatlarını çizerken bir “ayna lens” kullandığını öne sürüyordu. Sorun şu ki, diyor Stork, şamdan mükemmel bir perspektifte değil. O ve İngiltere’nin Cambridge kentinde Microsoft için araştırmacılık yapan Antonio Criminisi şamdanın dijital olarak taranmış bir görüntüsünü üç boyutta incelemiş, şamdanın altı kolunun eşleşip eşleşmeyeceğini görmek için onları döndürüp üst üste bindirmişler ve eşleşmediklerini görmüşler. Hatta Stork gerçekçi bir İngiliz sanatçısı olan Nicholas Williams’a para vererek benzer bir şamdanı göreve çizdirmiş. Şamdan çizimi mükemmel bir perspektifte değilmiş ama yine de van Eyck’inkinden daha kesinmiş. Stork’a göre bu van Eyck’in şamdanı görerek çizdiğine dair inandırıcı bir kanıt oluşturuyor.

Bu savlar Falco'yu ikna etmiş değil. "Stork'un şu ana kadar söylediği her şey ya yanlış, ya yanıltıcı, ya da ilgisiz, ya da üçü birden," diyor. Örneğin, Stork'un eski sanatçıların lensleri nasıl kullandığını baştan aşağı yanlış anladığını söylüyor. Ona göre bir nesnenin görüntüsünü özenle ortaya çıkarıp onu bir fotoğraftaki gibi kesin olarak çizmek yerine perspektif noktalarını ve diğer türlü tuvale yansıtmanın daha zor olacağı bazı nesnelerin kaba ana hatlarını yakalamayı amaçlıyorlardı. Bu nesneler arasında van Eyck'in süslü şamdanı, ayrıca kumaşlar üzerindeki kıvrımları izleyen desenler, katlanmış perdeler ve mimari kıvrımlar sayılabilir. Ana hatlar yerlerini aldıktan sonra, sanatçılar tuvali yan çevirirler ve ayrıntıların içini daha sonra, görerek doldururlardı. (Hockney'in kitabına üstünkörü göz atıldığında bile Falco'nun bu noktanın tekrar tekrar dile getirildiğine dair iddiasının doğruluğu görülebiliyor.) "Tablolar fotoğraf değildir," diyor Falco. "Eğer şamdanın bir fotoğraf olduğunu varsayarsak, bu yanlış bir varsayım olur ve yanlış sonuca ulaşırsınız."

Bu tartışmanın yakın zamanda çözüme kavuşması olasılığı düşük: Sanatçıların altın oranı kullanıp kullanmadığına dair tartışma gibi Hockney'in kuramını da kesin olarak kanıtlamak veya çürütmek güç. Fakat üç adamın üzerinde uzlaşabilecekleri bir nokta var: Herhangi bir sanatçının görsel yardımcı araçlar kullanması ne "hile yapmak" sayılır, ne de sanatsal başarıyı herhangi bir biçimde azaltır. Stork'a göre böyle yanlış kanılar "tartışmaya gölge düşürüyorlar." Hockney'e göre –ki kendisi de çağdaş bir aydınlık oda kullanmış- bu tür yardımcı aygıtlar yalnızca utraklı aletlerden ibaret. Daha az yetenekli sanatçıların elindeyken etkileyici sonuçlar sağlamadılar. Falco'ya gelince, "Hep van Eyck'in bir dahi olduğunu düşünmüştüm," diyor. "Onu hafife almışım."

8. Bölüm

Çekim Kuralları

1820: Elektromanyetizmanın ilk kanıtı

X-Men çizgi romanlarındaki ve filmlerindeki en güçlü mutantlardan biri kötülerin başı olan, elektromanyetik alanları değiştirme gücüne sahip Magneto'dur. Magneto gücünü ilk defa Nazi toplama kampında bir oğlanken, anne babasından zorla ayrıldığı zaman keşfeder. Anne babası gaz odasına gönderilir – bu ayrıntı karakteri daha da ilgi çekici kılıyor. Artık gücenmiş bir yaşlı adam olan Magneto gücünü kullanarak hareket halindeki trenleri durdurmakta, yüksek güvenli kasaları açmakta, hatta “normal” insanlarda korkunç sonuçlar ortaya çıkaran doğal olmayan mutasyonlar başlatmaktadır.

Magneto ve kendine özgü yeteneği kurgusal olabilir, fakat elektromanyetizma dikkate alınması gereken gerçek bir güçtür. İsminin belirttiği gibi, aslında bir madalyonun iki yüzü olan elektrik ile manyetizma arasındaki kendine özgü ilişkiyi tanımlar. Söylentiye göre MÖ 900 civarında Magnes adındaki bir Yu-

nan çobanı siyah taşlarla kaplı bir tarlada yürürken taşlar sandallardaki demir çivileri ve çoban değneğinin demir ucunu çekip dışarı çıkarmış. Bu bölge Magnezya olarak anılmaya başlamış. Bu öykü gerçek olabilir de, olmayabilir de, fakat şu biliniyor ki 1269'da Fransa'nın Picardy kentinden Petrus Peregnirus demir bakımından zengin, mıknatıs taşı adı verilen maden filizlerinden yapılan doğal küresel mıknatısların iğneleri iki kutup konumu arasında hizalayabildiğini keşfetti ve ilk basit pusulaları yaptı – fakat hiç kimse bunların tam olarak nasıl veya neden çalıştığından emin değildi.

Manyetizma atomlardaki yüklü elektronların sürekli hareketi sonucu ortaya çıkar. Bu hareket bir elektrik akımı oluşturur; ne zaman elektrik akım halinde hareket etse bir manyetik alan ortaya çıkar. Bazı malzemeler manyetikken diğerlerinin olmaması ise elektronların belli bir malzemedeki sıralanma şekilleriyle ilgilidir. Çoğu malzemedeki elektronlar manyetik alanlarını farklı yönlerde gönderirler, böylece fiilen birbirlerini dengelerler. Buna karşılık manyetik malzemelerde, örneğin metallerin büyük bölümünde, elektronlar tek bir yönde sıralanabilir ve birlikte bir çekim oluşturabilir. Elektrikte olduğu gibi manyetizma üzerine bilimsel çalışmalar da 1600 yılına kadar gerçek anlamda başlamadı. O yıl Kraliçe 1. Elizabeth'in saray doktoru olan William Gilbert Dünya'nın kendisinin Peregrinos'un taşlarından biri gibi devasa bir mıknatıs olduğunu keşfetti. Böylece pusulanın işleyişinin gizemi çözülmüş oldu. Aslında on sekizinci ve on dokuzuncu yüzyıllardaki manyetik araştırmalar için itici güç büyük ölçüde kutup bölgelerinin yakınlarında da düzgün işleyecek ve efsanevi Kuzeybatı Geçidi'ni arayan kaşiflere yardımcı olacak bir pusulaya ihtiyaç duyulmasından geldi.

Manyetizma ayrıca "canlı manyetizması" kuramını geliştiren ve hipnotizmayı (o zamanlar "Mesmerizm" diye bilinirdi) kullanan Alman doktor Franz Anton Mesmer'in pazarlamaya çalıştığı "mucize tedaviler"nin de temelini oluşturuyordu. Viyana'da çalışan Mesmer 1780'lerde Paris'te kısa süreliğine ünlü olmuştu; Mozart'ın *Così fan tutte* isimli operasında bir karakter bir Mes-

mer mıknatısı sayesinde iyileşir. Ne kadar gelip geçici olursa olsun hiçbir modayı kaçırmayan Marie Antoinette kendisinin hevesli bir hayranıydı. O sırada benimsediği modele göre daha da süslü saç tarzları hayal etmediği, veya Rousseau’yu okuduktan sonra “doğaya geri dönme”yi amaçlayan yanlış bir çabayla nedimeleriyle beraber ineklerden süt sağlamadığı (televizyondaki *The Simple Life* programının ona ait on sekizinci yüzyıl versiyonu) zamanlarda Mesmer’in ünlü “manyetik seansları”ndan birinde kendisine rastlayabilirdiniz. Bir asistan “hastalar”ı hep beraber cam tozu ve demir dolgularla dolu manyetik bir küvetin içine dizer ve onları astrolojik sembollerle kaplı perdelerin ardından çalınan cam bir mızıkanın müziğiyle rahatlatıp sakinleştirdi. Sonra Mesmer’in kendisi uzun eflatun bir cübbe giymiş halde –Harry Potter kitaplarındaki Albus Dumbledore gibi- ortaya çıkar ve hastalara beyaz bir asayla dokunarak güya onları tamamen iyileşmiş olarak uyanacakları bir transa sokardı.

Bu çok inandırıcı bir numaraydı, fakat Mesmer sonradan Kral 16. Louis’in şüphesini çekti. Belki de karısının doktora köle gibi bağlanmış olmasına sinirlenmiş olan kral 1784’te Mesmer’in yöntemlerini incelemek üzere özel bir komite atadı. Komitede Benjamin Franklin (artık elektrik konusundaki en büyük otorite olmuştu), Antoine Lavoisier (oksijeni keşfetmişti) ve kötü şöhretli Dr. Guillotin vardı. Guillotin sonunda kendi adını taşıyan makinede kellesi uçurularak ölecekti (Fransız devrimciler ironiye ihtiyaç duymuyorlardı). Franklin’in Paris’teki evinde Mesmer’in önde gelen müritlerinden biri tarafından canlı manyetizmasına dair bazı “gösteri”ler gerçekleştirildi ve bunun Mesmer için sonuçları feci oldu. Hastalar gözleri bağlandığında onları “mesmerize eden” kişinin odada olup olmadığını bilemediler ve komite Mesmer’in “tedavileri”nin olağanüstü bir göstericilikle hastanın hayal gücünün birleşimi olduğu sonucuna vardı. Gözden düşen Mesmer İsviçre’de emekliliğe çekildi ve ününü yitirdi.

1820’ye kadar bilim insanları elektrik ile manyetizmanın iki farklı güç olduğunu varsayıyorlardı. O yıl Kopenhag

Üniversitesi'ndeki Hans Christian Orsted adındaki bir profesör bu ikisinin aslında aynı güç olduğuna dair ilk kanıtı elde etti, fakat kuramın kesin olarak kanıtlanması için onlarca yıl daha geçmesi gerekecekti. Orsted manyetizmanın temellerini ve elektrik akımının bir teli nasıl ısıtabildiğini gösteriyordu. Mıknatıs olarak tahta bir standın üzerine takılmış tek bir pusula iğnesi kullandı. Elektrik akımını her açtığında pusula iğnesinin hareket ettiği dikkatini çekti – ama bu hareket o kadar hafifti ki izleyicileri farkına varmıyorlardı. Birkaç ay sonra deneyi kendi laboratuvarında, bir pile bağlı iyi bir tel hazırlayarak ve teli büyük bir pusulanın cam kapağının üzerine sererek tekrarladı. Bir kere daha teli pile bağladığında pusula hafifçe titredi.

Orsted'in keşfi Avrupa'nın dört bir yanındaki bilim insanları arasında sansasyona yol açtı ve onlar da bu iki gücün arasındaki kendine özgü ilişkinin kesin yapısını belirleme umuduyla kendi araştırmalarını yaptılar. Elektromanyetizmanın gizlerinin



Orsted manyetizmayla deneyler yapıyor

anlaşılmasına en fazla katkıda bulunak adam Michael Faraday olacaktır. Bir İngiliz demircisinin oğlu olan Faraday ancak temel eğitim alabilmişti. 14 yaşında bir kitap ciltçisinin yanına çırak olarak verildi. Bu meslek tercihi açgözlü bir şekilde okuyabilmesine imkan tanıyordu, o da öyle yaptı. Özellikle doğal bilimlerle ilgili kitaplar okudu. 1813'te, çıraklığının sonlarına doğru bir arkadaşı Faraday'e ünlü bilim insanı Humphrey Davy'nin Kraliyet Kurumu'nda elektrokimya üzerine vereceği konferansı dinlemek üzere bir bilet verdi. (Davy baryum, strontiyum, sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum kimyasal elementlerini keşfetmişti.) Faraday sunumdan öyle etkilendi ki Davy'den onu işe almasını istedi. Davy önce reddetti, fakat kısa süre sonra asistanını kavga ettiği için işinden attı ve onun yerine Faraday'ı işe aldı. Kimileri Faraday'ın Davy'nin en büyük keşfi olduğunu söylediler.

Faraday bilimsel topluluğun yeni bir üyesi olarak hiç zaman kaybetmeden işe koyuldu. Orsted'in keşfinin haberleri İngiltere'ye ulaştığında genç asistan hevesli bir şekilde kendi deneylerini tasarlamaya daldı; yalnızca elektrik ile manyetizmanın değil bütün doğal güçlerin bir biçimde birbiriyle bağlantılı olduğunu kuşkuya yer bırakmayacak şekilde kanıtlamayı umut ediyordu. Üç önemli keşif yaptı. 1821'de elektriği mıknatıs kullanarak mekanik bir harekete dönüştüren elektromanyetik dönme keşfetti. Bu elektrik motorunun altında yatan ilkedir. On yıl sonra hafifçe sallanan bir mıknatısın bir telde elektrik akımı başlatabileceğini göstermeyi başardı. Dinamonun veya elektromanyetik endüksiyon diye bilinen bu olayın altındaki prensip, değişen bir manyetik alanın enerjisini elektrik akımına dönüştüren elektrikli jeneratörlerin temelini oluşturdu. Yani Faraday elektriğin manyetizmaya, manyetizmanın da elektriğe yol açtığını kanıtladı.

Son olarak, Faraday ışığın mıknatıstan nasıl etkileneceğini görmek için yüksek oranda kurşun içeren bir cam parçasını bir mıknatısın kutuplarına yerleştirdi, sonra da camın içinden ışık geçirdi. Normalde ışık her yönde aynı anda titreşir, ama

bir lens gibi ışık dalgalarını eğen, emen, veya saçan bir çeşit filtrenin içinden geçen kutuplaşmış ışık tek bir yönde titreşir. Caddenin maksadı buydu. Faraday elektromıknatısı açtığı anda ışığın kutuplaşmasının veya yöneliminin hafifçe döndüğünü gördü. Açıkça ışık manyetik alandan geçtiği sırada değişime uğramıştı. Manyetik optik etki adı verilen bu olgu manyetizmanın yalnızca elektrik ile değil, ışıkla da ilişkili olduğu fikrini vermiştir.

Faraday yirmi yıldan fazla süren deneylerinden manyetizmanın nasıl bir ağacın kökleri toprak içinde yayılıyorsa uzayda dokunaçlar gibi yayılan görünmez, elektriksel güç çizgilerinden oluşan incedelikli bir sistemin merkezi olduğu sonucuna vardı. Faraday manyetik çekimin gerçekleşmesinin sebebinin bu dokunaçlarının her birinin uzunluğu boyunca bir çekiş uygulaması olduğuna inanıyordu. Manyetik itki de bu güç çizgileri birbirini ittiğinde ortaya çıkar. Bu çizgilerin birbirine çok yakın olduğu bir mıknatısın kutupları gibi yerlerde güçler fazladır; dokunaçların arasında daha fazla aralık olan yerlerde ise güçler çok daha azdır.

Fizik her zaman kuramla deney arasında hassas bir dengeyi korumuştur. Faraday mükemmel bir deneyselci olarak ün yapmış olmasına rağmen büyük ölçüde kendi kendini eğitmişti. Dahası, matematiksel olarak bilgisizdi ve ne elektromanyetizma üzerine önde gelen makalelerdeki eşitlikleri kavrayabiliyor, ne de fikirlerine matematiksel bir temel sağlayabiliyordu. Bu yüzden elektriksel manyetik güç çizgilerine ilişkin kuramı diğer bilim insanları tarafından ciddiye alınmadı, bir kişi hariç. Campbell'li Fizikçi ve matematikçi James Clerk Maxwell Faraday'ın doğru bir tahminde bulunmuş olabileceğini düşünüyordu ve 1862'de Faraday'ın fikirlerini destekleyecek kayıp matematiksel eşitlikleri elde etmek için işe koyuldu.

Maxwell elektriği bir sıvı olarak hayal ediyordu ve bu fikrini Faraday'ın elektriksel güç çizgileriyle birleştirerek tek bir sürekli dalga kavramını geliştirdi. Maxwell ne zaman bir mıknatıs hafifçe titrese veya bir elektrik akımı değişse bir elektromanyetik enerji dalgasının havuzdaki bir dalgacık gibi uzayda dışarı

doğru yayıldığı kuramını ortaya attı. Bu dalgaya “akı” adını verdi. Bu kuramsal dalgaların hızını ölçtüğünde bu gerçekte de ışığın hızıyla aynı çıktı. Yani Faraday haklıydı: Elektrik, manyetizma ve ışığın hepsi birbiriyle ilişkiliydi. Aslında çağdaş bilim insanları arasında ışık elektromanyetik radyasyonla eşanımlıdır. İronik olan şu ki bugün “Maxwell denklemleri” adını verdiğimiz, kuvvetlerin birleştirilmesinin temeli olan denklemler aslında telgraf memuru ve amatör bir matematikçi olan Oliver Heaviside adında bir adamın eseridir. Heaviside Maxwell’in özgün 20 denklemini 4 denkleme indirgedi.

Berlin Bilimler Akademisi’ndeki Heinrich Hertz adındaki Alman bir öğrenci elektromanyetik dalgaları deneysel olarak tespit etmek gibi zorlu bir işi üstlenene kadar Maxwell’in kuramları kuramsal olarak kaldı. Hertz bu iş için sekiz uzun yılını harcadı, fakat o zamana kadar Maxwell ölmüştü (48 gibi nispeten genç bir yaşta) ve Hertz Karlsruhe’de profesör olmuştu. 1888’de Hertz’in aklına bir kondansatörün elektrot levhalarının arasına bir parafin mum bloğu koyma, sonra da kondansatörü hızla yükleme ve deşarj etme fikri geldi. Eğer elektromanyetik dalgalar varsa detektör devresindeki küçük aralığın diğer yanına kıvılcımlar sıçrayacaktı. Kıvılcımlar yalnızca detektör devrede değil bütün deneysel tertibatın üzerinde oluşunca afalladı; Maxwell’in denklemleri için çarpıcı bir kanıt elde etmişti. Onun şerefine Elektromanyetik dalgaların frekansı hertz birimiyle ölçülür.

Elektromanyetizma ilgi çekici bir bilimsel olgudan daha fazlasıdır; çok kuvvetli bir araç olabilir. Doğal karşıladığımız çağdaş teknolojilerin neredeyse tamamı –birkaçını sıralamak gerekirse telefonlar, televizyonlar, radyo, radar, X ışını makineleri, lazerler ve elektronik cihazlar- elektromanyetik etkilere dayanırlar. *Ocean’s Eleven* isimli filmde (2001, 1960’taki özgün versiyonun yeniden yapımı) bir üçkağıtçı ekibi üç kumarhanenin işletme kazançlarını çalmalarına yardımcı olması için bir fizik cihazını –kısaca “çimdik” diye anılıyor- kullanıyorlar. (Onların *Magneto*’su yok.) Çimdik yoğun bir elektromanyetik sinyal oluşturarak şehrin elektrik şebekesini kısa bir süreliğine karartı-

yor, bu arada kasanın güvenlik sistemlerini de devre dışı bırakıyor. Bu fikir inanılması zor görünse de böyle bir cihaz gerçekten mevcut, her ne kadar filmde gösterilen halinden farklı bir biçimde olsa da. (Ayrıca gerçek hayattaki makinenin üzerinde çalışan bilim insanlarının hiçbiri filmin yıldızları George Clooney ve Julia Roberts'a benzemiyorlar – çok yazık.)

Kurgusal çimdik bir minibüsün içine sığıyor. New Mexico'daki Sandia Ulusal Laboratuvarları ise dünyanın en büyük elektriksel jeneratörünü barındırmak için bir binanın tamamına ihtiyaç duyar. Z çimdik adı verilen bu aygıt ateşlendiğinde saniyenin birkaç trilyonda biri süreliğine yıldırıma benzeyen ürkütücü renk düğümleri ortaya çıkarıyor. Bu parıltılar filme kaydedilebiliyor. Jeneratör ismini ilk elektrik patlamasının yüklü parçacıkları olan bir gazı sıkıştıran, veya "çimdikleyen" bir manyetik alan oluşturmaktan alıyor. Bu da yoğun X ışınları ve hayrete düşürecek kadar güçsüz bir elektromanyetik alan ortaya çıkarıyor – birileri benzer bir biçimde bir suç işleme hayali kuruyorsa, bir kasanın güvenlik sistemini devreden çıkarmaya kesinlikle yetmez. Sandia'daki Z çimdiklerinin gerçek amacı füzyon elde etmek: potansiyel olarak sonsuz bir enerji kaynağı. Filmdeki aygıtın e-bomba adı verilen cihazlarla daha fazla ortak noktası var. E-bombalar menzilleri dahilindeki bütün elektriksel aygıtların devrelerini ortadan kaldıran ve fiilen modern bir şehirdeki bütün teknolojileri felce uğratan elektromanyetik patlamalar oluştururlar. Dört bir yandaki kumarhanelerin şansına, bilim insanları henüz yeterince güçlü bir e-bomba üretebilmiş değiller. Bu kadar güçlü bir elektromanyetik patlama oluşturabilen bilinen tek kaynak nükleer bir patlama – ki bu durumda elektrik kesilmesi veya bir banka soygunu insanın en son endişeleneceği şey olurdu.

Elektromanyetizmanın yapamadığı başka bir şey de hastalıkları iyileştirmektir. On sekizinci yüzyılda Mesmer'in foyası meydana çıkarılmış olsa da manyetik tedavi hâlâ yaygın biçimde ağrıyan eklemler ve kaslar için bir çare olarak sunuluyor, halbuki çoğu manyetik tedavi kiti herhangi bir ölçülebilir fiziksel et-

ki yaratması imkansız olan yaygın buzdolabı mıknatıslarından farksız. Bu tedavi gerçekte Mesmer'in o kadar başarı kazanmasını sağlayan plasebo etkisinin aynısını oluşturuyor. Fakat elektromanyetizma en azından bir tane gerçek tıbbi uygulama alanı buldu: manyetik rezonans görüntüleme (MRI). MRI büyük, güçlü mıknatıslar ve radyo dalgası patlamaları oluşturarak insan bedenindeki hidrojen atomlarının doğal manyetizmasından faydalanır ve bedenin neredeyse bütün bölümlerinin, örneğin beynin veya kanın vücut içindeki akışının eşi benzeri olmayan ayrıntılı görüntülerini ortaya çıkarır. MRI sistemleri herhangi bir hastalığı iyileştirmiyor olabilirler, fakat çoğunlukla sizi rahatsız edenin ne olduğunu teşhis edebilirler.

9. Bölüm

Usta İşi Makineler

1840'lar clvarı: Babbage'in çözümleyici makinesi

Mühendisler ne sıklıkla kahraman olma fırsatı bulurlar? 1995 yapımı Apollo 13 filminde yakıt tanklarından birindeki bir patlama uzay araçlarını tamir edilemeyecek biçimde hasara uğrattınca üç astronot kendilerini uzayda mahsur kalmış bulurlar. Kilit bir sahnede yönetim bilgisayarı kapatıldığı için ekip lideri Jim Lovell'in elle kritik hesaplar yapması gerekir. En ufak bir hesap hatası astronotların ölümüne neden olabilir. Bu yüzden Lovell Görev Kontrolü'ndeki NASA mühendislerinden oluşan bir ekipten –basmakalıp sürgülü cetvellerle, kemik çerçeveli gözlüklerle ve kötü taranmış saçlarla silahlanmış bilim insanları- ulaştığı sonuçları kontrol etmesini ister. Ekip istenileni yapar ve sonuçları elde ettikçe bir dizi "tamam" hareketiyle Lovell'in uçuştayken yaptığı hesaplamaları doğrular.

1970'teki Apollo 13 görevi teknik olarak başarısız oldu, zira astronotlar planladıkları ay inişini iptal etmek zorunda kaldı-

lar; fakat birçok tarihçi bu görevi NASA'nın en büyük başarılarından biri olarak görür. Astronotlar neredeyse sıfır denecek bir olasılığa rağmen Dünya'ya sağ salim döndüler. Ayrıca hızlı hesaplamaları hızla ve verimli biçimde yapabilme kabiliyeti hayatlarının kurtarılmasında kritik rol oynadı.

İnsanlar hep sayı saymaya yardımcı olan araçlar kullanmışlardır, parmaklardan ve ayak parmaklarından sürgülü cetvellere, taşınabilir hesap makinelerine ve çağdaş bilgisayarlara kadar. Eski zamanlarda hesaplamalar bugün kâğıt kalemle yaptığımıza çok benzer bir biçimde yapıldı, fakat belli bir sayıyı temsil etmek için sayma taşları veya boncuklar, değeri temsil etmek için de bugün kullandığımız soyut semboller yerine özel bir konum kullanılırdı. Bu aygıtlar abaküs diye bilinir. Abaküs türlerinden biri tezgâhlarda kullanılan, sayma masası adı verilen özel olarak işaretlenmiş düz bir yüzeydir. Eski Yunanlılar üzerinde yer değerlerini işaretleyen oyma paralel çizgiler olan taş bir levhadan ibaret olan bir sayma levhası kullanırlardı. Yunanistan'daki ve Roma'daki masalarda yumru denilen küçük taşlar kullanılırdı; kıta Avrupa'sında ve İngiltere'de damgalı madeni paralar kullanılırdı. Benzer aletler sonraki 2000 yıl boyunca dünyanın dört bir yanında kullanıldı: İngiltere Hazinesi 1826 civarına kadar vergi ödemelerinin hesabını tutmak için sayma masasını kullanmayı sürdürdü. Sayma masaları artık kullanılmıyor olabilir, fakat üzerinde ticari işlemlerin yürütülebileceği düz bir yüzeyi tanımlayan "counter" (tezgâh) sözcüğü çağdaş kelime dağarcığımızda hâlâ vardır.

İkinci abaküs biçimi, üzerinde tellere dizili boncuklar bulunan bir çerçevedir. Genel kanı belki de dünyanın en eski hesap makinesi olan bu özel biçimi Çinlilerin icat ettiği yönündedir. Boncuk çerçeveli abaküsün kullanımından tarihi kayıtlarda ilk olarak 190 yılında bahsedilir, fakat bizim en çok aşına olduğumuz halinin ortaya çıkması 1200 yılı civarlarını buldu. Bu abaküsün çoğunlukla dikdörtgen bir çerçeve içinde 13 dikey teli ve her bir telde yedi boncuğu bulunur. Alet Japonya'ya on yedinci yüzyılda geldi ve oradan Rusya'ya yayıldı. Orta Amerika'daki bir

Aztek bölgesinde yapılan arkeolojik bir kazı sırasında boncuk-çerçeve abaküsünün biraz farklı bir biçimine rastlandı. 900 yılına tarihlendirilen bu abaküs ahşap bir çerçevenin içindeki bir ipin üzerine geçirilmiş mısır koçanlarından oluşuyordu ve 13 sütunun her birinde yedi boncuk vardı.

Böyle sayma aygıtlarının yararları vardı, fakat on dokuzuncu yüzyıl İngiltere'sinde Charles Babbage adında bir adamın olağanüstü hayal gücü sayesinde makineleşmiş bir alternatif ortaya çıktı. Londra'daki bir bankerin oğlu olan Babbage adeta kurcalamak için dünyaya gelmişti: Çocukken oyuncaklarını parçalayıp nasıl işlediklerini görmeyi çok severdi. Kendi kendine cebir öğrendi; ayrıca çağının matematiği konusunda o kadar bilgiliydi ki Cambridge Üniversitesi'ne bağlı Trinity College'a girdiği zaman matematik öğretmenlerinden çok daha ileri seviyede olduğunu fark etti. Çalışmalarını tamamladıktan sonra Cambridge'de profesörlük gibi muteber bir teklif aldı. Babbage babasının izni olmadan evlenince aile servetinden yoksun bırakılsa da maddi açıdan hâlâ mucitlik sevdasının peşinden gidecek kadar iyi durumdaydı. Bu arada bir hızölçer ve raylardan sığırları temizlemek üzere buharlı lokomotiflere takılabilen bir alet olan inek yakalayıcıyı da icat etti. En büyük tutkusu insan müdahalesi olmadan hızlı ve doğru hesaplamalar yapabilen incelikli "düşünen makineler" tasarlamak ve yapmaktır.

İnsanlar Babbage'ı ya çok seviyor, ya ya da ondan nefret ediyor gibi görünüyorlardı. Hayranları arasında Charles Darwin ve romantik şair Lord Bryon'ın kızı Ada Lovelace de vardı. Lovelace'in çağcılları onun takıntısını alaya alsalar bile o Babbage'ın "düşünen makineleri"nin önemini kavramıştı. Onları küçük görenler arasında ise Ada'nın annesi ve bir keresinde Babbage'ı, "kurbağayla engerek yılanının melezi" diye tanımlamış olan şair Thomas Carlyle vardı. Doğru, Babbage kimi zaman bezdirici, hatta kendini beğenmiş biri olabiliyordu ve sinsice kendini göklere çıkarmak konusunda maharetliydi, fakat çok cana yakın bir insan da olabiliyordu. Sayılara bayılıyordu, ufak ayrıntıları sonsuz derecede büyüleyici buluyordu ve "nüktele-

rin nedenleri"ni bilimsel olarak çözümllemek için bir "şaka kitapları" koleksiyonu derliyordu. Komedyen Jerry Springfield'in her şakasından sonra durup dinleyicilerine şakanın neden komik olduğunu açıkladığını hayal edin. Babbage kendini tutamıyordu. Cambridge'de Analitik Dernek'in –ilk gerçek üniversite matematik kulübü- kurucularından biri olmuştu ve bir keresinde de "kafa dağıtıcı" olsun diye bir dizi ölüm oranı tablosu çizmişti – ki bunlar günümüzde çağdaş sigortacılığın temel araçlarından biridir. (Tarihçi Benjamin Woolley *Bilim Gelini* isimli eserinde, "Sayılar konusunda bu kadar zeki, dalkavukluk konusunda da bu kadar yetenekli olan bir adamın sonunda hayat sigortacısı olup çıkacağı belliydi," diye espri yapmıştı.) Babbage 1854 civarında kırılamayacağı varsayılan "Vigenere" şifresini bile kırdı; bu başarısı birçok tarihçi tarafından şifre çözücülükte dokuzuncu yüzyıldan beri yaşanmış en önemli devrim olarak görülür. Fakat bunlar yalnızca teferruattı; Babbage'ın asıl ilgisi başka bir yerdeydi.

Babbage hesaplayan bir makineyi ilk olarak 1821 yılında, astronom John Herschel (William Herschel'in oğlu) ile beraber bir dizi matematiksel tabloyu incelediği sırada düşündü. Böyle tablolar astronomi, mühendislik ve deniz seyri için hesaplamalar yapmak üzere kullanılıyordu, fakat tablo girdileri elle hesaplanıyordu ve bu yüzden baştan aşağı hatalarla doluydu. Bu da elde edilen hesaplamaların sık sık hatalı olmasına ve kuşkusuz birçok gemi enkazına ve mühendislik beceriksizliğine neden oluyordu. Babbage bir tabloda binden fazla hataya rastladıktan sonra öfkeyle, "Tanrım, keşke bu hesaplamalar buhar gücüyle yapılabilseydi!" diye söylendi. Sonra da bu işlemi mekanikleştirmek için hayatı boyunca sürececek bir maceraya atıldı.

Bunun tam olarak nasıl başarılabileceği o anda net değildi, ama Babbage yaklaşık aynı sıralarda Paris'e yaptığı birçok yolculuk sırasında Fransız matematikçi Gaspard Riche'nin (Baron de Prony) kullandığı yeni bir plandan bahsedildiğini duydu. Fransa yakın zamanda metrik ölçüm sistemine geçmişti. Bu bilim insanlarına ölçmek ve sonuçlarını karşılaştırmak için çok ih-

tiyaç duyulan standartlaştırılmış sistemi sağlamıştı, fakat tamamen yeni bir dizi hesaplama tablosu gerektirmişti. Hesaplamaların sayısı o kadar fazlaydı ki Fransa'daki bütün matematikçiler beraber çalışsalar bitiremezlerdi, bu yüzden Riche işçilerin ticari mallar üretirken yaptıkları gibi logaritmalar üretecek hesaplama "fabrikaları" kurdu.

Her bir fabrikada 60 ila 80 insan "bilgisayar" çalışıyordu. Fakat bunlar eğitilmiş matematikçiler değildi; çoğu işsiz kuaförlerdi ve Fransız Devrimi'nin doruk yıllarında eski müşterilerinin birçoğu kellelerini kaybettikten sonra aristokratlar için gösterişli saç şekilleri yaratma becerilerinin artık pek el üstünde tutulmadığını fark etmişlerdi. Riche sonuçları derlemek için belirli bir değerler ve formüller kümesini temel alan, ezberden uygulanan bir yöntem bulmuştu ve çalışanlar da herhalde dünyadaki ilk matematiksel montaj hattı olan bir sistemle hızla sonuçlara ulaşıyorlardı. Babbage eğer eğitimsiz bir kuaförler ordusu hesaplamaları yapabiliyorsa, hesaplayan bir "makine"nin de yapabileceği sonucuna vardı. Aslında kısa süre önce sayıları ekleyebilen ve çıkarabilen aritmometre adı verilen mekanik bir hesap makinesi icat edilmişti.

Uygun bir biçimde bundan ilham alan Babbage İngiltere'ye döndü ve ilk "fark makinesi"ni tasarladı. Bu makine bir dizideki paydalar arasındaki ortak farkı bularak bir değerler tablosu oluşturuyordu. Buhar gücüyle çalışan makinenin tek kısıtlaması bünyesinde bulundurduğu basamak sayısıydı. Babbage "düşünen makine"sinin bir gösteri modelini inşa etti; bu on dokuzuncu yüzyılda yapılmış en karmaşık makinelerden biriydi. Yan devrilmiş bir buhar kazanı büyüklüğünde olan makinenin iki pirinç kolonun desteklediği iki kalın levhası vardı ve levhaların arasında da karmakarışık bir dişliler ve manivelalar sistemi bulunuyordu. Kenarlarına sayılar kazınmış küçük tekerlekler hesaplamaların sonuçlarını gösteriyordu. Babbage prototipini Dorset Caddesi'ndeki evinde konuk ettiği pek çok misafirine gururla gösterdi, fakat bunların büyük bölümü onun sayılara olan tutkusunu paylaşmıyordu.

Babbage misafirlerinin ilgisini çekme çabasıyla basit bir tanım yapmaya başladı: Makinenin sayılara iki ekleyeceğini açıklıyor, sonra kolu çevirmeye başlıyordu. Üzerlerinde rakamlar oyulu tekerlekler o tahmin edilebilir sırayı göstermeye başlıyordu: 0, 2, 4, 6, 8... Makine bunu kabaca 50 kere tekrar ediyordu. Tam izleyiciler sıkılıp huzursuzlandığı sırada sayı aniden yeni, rastlantısalmiş gibi görünen bir değere sıçırıyordu ve iki ekleme işlemine oradan devam ediyordu. Babbage'ın çağcılları için bu mucizeden farksızdı. Gerçekte, Babbage makineyi bir yordamı belirli bir sayıda kol çevrimi boyunca gerçekleştirecek, sonra birkaç çevrim boyunca başka bir programa –buna bir “altyordam” diyordu- atlayacak, ardından yine ilk yordama dönecek şekilde programlamıştı.

Yine de fark makinesi çok büyük, karmaşık bir hesap makinesinden başka bir şey değildi. Babbage 10 yıl üzerinde çalıştıktan sonra projeden vazgeçti ve ikinci bir versiyon üzerinde çalışmaya başladı. İşinden asla memnun kalmayan bir mükemmeliyetçi olması ve makine için yaptığı planlarda sürekli olarak değişiklikler yapması işleri hiç kolaylaştırmıyordu. Hükümetten aldığı binlerce sterlinlik parayı aynı parçaları tekrar tekrar yapmak için kullanıyordu. İngiliz hükümetinin 1832'de çalışmalarına yaptığı yardımı askıya almaya karar vermesi ve 1840'larda da tamamen sona erdirmesi çok da şaşırtıcı değildir. Dolayısıyla Babbage evindeki küçük prototip makine hariç asla tasarımlarından hiçbirini inşa edemedi.

Bu çok yazık oldu, çünkü fark makinesinin ikinci versiyonu Babbage'ın günümüzde çağdaş bilgisayarın habercisi olarak görülen “analitik makine” tasarımının öncülüydü. Bu yeni, geliştirilmiş makine yalnızca özel bir tablo kümesini hesaplamakla kalmayacaktı; verilmiş talimatları kullanarak çeşitli matematik problemlerini de çözecekti. Tasarım gevşek bir biçimde pamuk fabrikası fikrini temel alıyordu, bu yüzden “depo” adı verilen bir hafıza işlevi ve fabrika adı verilen bir işleme işlevi vardı. Fark makinesinde olduğu gibi, sayılar dişli sütunlarında depolanacak, her bir dişli bir haneyi temsil edecekti. Fakat anali-

tik makine dişlileri kontrol etmek için dokuma tezgâhlarını özel desenler dokuyacak şekilde “programlamak” üzere geliştirilmiş dokuma kartlarını temel alan delikli kartlar kullanacaktı –bunlar özünde Kraliçe Victoria öncesi dönemin disketleri veya CD-ROM’larıydı. Bu kartlar art arda eklendiklerinde makinenin bir dizi talimatın tekrar tekrar yerine getirildiği “döngüler”, veya belirli koşullar karşılandığında bir dizi kartın atlanacağı ve başka bir dizinin okunacağı “koşullu sapmalar” gerçekleştirmesini mümkün kılacaktı. Bu şekilde analitik makinenin basit bir karar verme yetisine sahip olması amaçlanıyordu.

Analitik makine gibi bir şey daha önce hiç görülmemişti; diğer bilim insanları ve mühendisler bile bu fikri anlamakta güçlük çektiler. Babbage çalışması üzerine kapsamlı yayınlar yaptı ve hararetli bir tartışmaya yol açtı. O sırada İngiltere’de iktidarda olan Muhafazakâr partinin başkanı Robert Peel analitik makineyi “düşünülebilir tek yararı bilim için tam olarak ne kadar faydasız olacağını bulmak olan değersiz bir aygıt” diyerek kötiledi. Yıllar içinde Babbage analitik makine için çeşitli tasarımlar ve formüller içeren yaklaşık 30 cilt yayımlayacaktı, fakat makine asla inşa edilmedi. Makine küçük bir lokomotif büyüklüğündeki bir çerçevenin içine on binlerce parçanın karışık bir biçimde yerleştirilmesini gerektirecekti ve yaklaşık bir lokomotif kadar buhar enerjisine ihtiyaç duyacaktı. Bazı tarihçiler Babbage’ın makinelerinin asla inşa edilmemelerinin sebebinin gerektirdikleri gelişmiş mühendislik seviyesinin Kraliçe Victoria öncesi İngiltere’inde henüz mevcut olmaması olduğunu iddia ettiler. Fakat zorluğun büyük ölçüde maddi olduğu ortaya çıktı. 1990’larda, Londra’daki Bilim Müzesi’nde bir grup bilim insanı yalnızca Babbage’ın devrinde bulunabilecek malzemeleri ve araçları kullanarak ikinci fark makinesinin çalışan bir modelini inşa ettiler – ve çalıştı. Makine şimdi müzede dikkat çeken bir konumda sergileniyor.

Tıpkı Apollo 13 görevinin zaferi yenilginin dişleri arasından kapması gibi, Babbage’ın analitik makinesi de tarihin en başarılı fiyaskolarından biri olarak değerlendirilir. Ancak ilk bilgi-

sayarlar ancak sonraki 100 yıl boyunca elektromanyetizma ve telsiz radyo alanında devrimsel gelişmeler yaşandıktan, transistör keşfedildikten ve başka sayısız teknolojik yenilik daha gerçekleştirildikten sonra 1950'lerde ortaya çıkacaktı. İlk kişisel bilgisayarların yaygınlaşması için bir 40 yıl daha geçmesi gerekcekti. Babbage'ın düşünen makinesi çağdaş benzerlerinin neredeyse bütün özelliklerini önceden tahmin etmişti.

1991'de cyberpunk yazarları William Gibson ve Bruce Sterling işbirliği yaparak *Fark Makinesi* adında tarihi bir roman yazdılar. Kitapta Babbage buhar gücüyle çalışan analitik makinesini mükemmelleştirir. Gibson ve Sterling bilgisayar çağının yüz yıl önce başladığı, Lord Byron'ın 32 yaşında frengiden ölmek yerine başbakan olduğu ve yıkıcı, teknoloji karşıtı makine kırımcılardan oluşan isyancı bir grubun iktidardaki entelektüel seçkinleri alaşağı etmek için komplo kurduğu alternatif bir tarih tasavvur ediyorlar. Yazarlar bu alternatif vizyonlarını on dokuzuncu yüzyıl ile sınırlı tutmuşlar. Fakat çağdaş bilgisayarlar akıllara durgunluk verecek miktarda veriyi hızlı ve doğru biçimde işleyebilme yetileri sayesinde bilimde çok büyük buluşları mümkün kıldılar: İnsan genomunun haritasının çıkarılması ve üst kuarkın keşfedilmesi en önemli örneklerden yalnızca iki tanesi. Babbage'ın usta işi makineleri bize on dokuzuncu yüzyılda karşılaştırılabilir hesaplama gücü vermiş olsaydı günlük hayatlarımızın, bilimin ve tarihin seyrinin nasıl değişebileceğini ancak hayal edebiliriz.

10. Bölüm

Havanın İmparatorları

24 Eylül 1852: İlk zeplin havalandırıyor

1010 yılında Eilmer adındaki alçakgönüllü bir Benedictine keşişi söğüt odunu ve bezden yaptığı bir çift kaba kanadı takmış halde manastırının 45 metre yüksekliğindeki çatısının tepesinden atladığında manastırın bulunduğu İngiliz köyü Malmesbury'nin sakinleri kuşkusuz yerel ruhbanlarının aklını oynattığını düşünmüş olmalıdır. Eilmer havada 180 metreden fazla süzülerek şehir surlarının üzerinden geçmeyi başardıktan sonra Avon nehrinin yakınlarındaki küçük bir vadiye çakıldı ve her iki ayağını da kırdı. Malmesbury Manastırı'nda hâlâ Keşiş Eilmer'i onurlandıran vitray bir pencere bulunuyor, fakat bölgedeki Uçan Keşiş adındaki sıra dışı barın yerine çağdaş bir alışveriş merkezi yapıldı.

Malmesbury'li Eilmer muhtemelen böyle tehlikeli bir işe kalkışan ilk insan değildi; son kişi olmadığıysa kesin. Bir yüzyıl sonra Konstantinopolis'te bir adam bezden birçift kanat yaptı ve

yüksek bir kulenin tepesinden atladı. O Eilmer kadar şanslı değildi ve düşerek can verdi. On altıncı yüzyılda Fransa'da Denis Bolor adında bir mucit bir yay mekanizması vasıtasıyla çırpılabilen kanatlarla uçmayı denedi. İtalya'da Leonardo da Vinci kuşların kanatlarını temel alan uçuş makineleri tasarladı (ama asla inşa etmedi). 1678'de de Fransız bir çilingir ördeğin perdeli ayakları üzerine modellenmiş kanatlarla uçmaya çalıştı. Bu girişimlerin hiçbiri pek başarı kazanamadı.

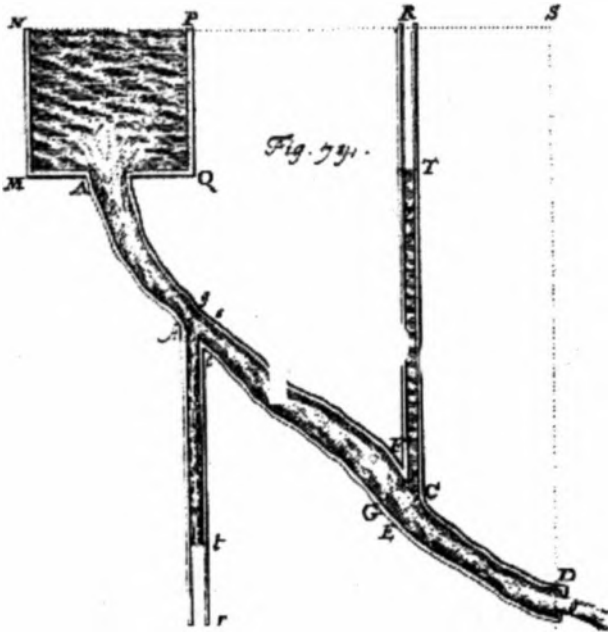
Aristo gibi eski Yunan filozofları havayı toprak, ateş ve suyla beraber dört ana elementten biri olarak tanımlamultu. Fakat havanın suyla ilk bakışta görülebilen daha fazla ortak noktası vardır. Hava bir gazdır, su da bir sıvı, fakat bilim diyarında her ikisi de akışkan kategorisine dâhildirler. Fizikte bir maddenin şeklini değiştirmek için gereken güç miktarını ne hızda değiştiği belirliyorsay o madde akışkan kabul edilir. Katılarda şekli değiştirmek için gereken kuvveti belirleyen maddenin ne kadar değiştiğidir. Örneğin ince bir dalı hızla kırmak için de, yavaşça kırmak için de aynı miktarda güç gerekir. Fakat elinizi bir su kütlesinin içine hızla daldırmak sıvının biçimini yavaşça daldırmaya oranla daha fazla bozacaktır. Elini hızlı giden bir arabanın penceresinden dışarı uzatmış herkesin doğrulayabileceği gibi, aynı olgu hava için de geçerlidir. Aerodinamik kuramın temelinde havanın bir akışkan olması fikri yatar.

BBC radyosunun ilginç programı *People Like Us*'taki bir skeçte kurgusal bir havayolu pilotuyla yapılmış hiciv dolu bir "röportaj" vardı. Pilottan bir uçağın nasıl havada kaldığını açıklamayı istenir. Röportajı yapan kişi okulda fizik dersinde bu konuyu ele aldıklarını, fakat işin içinde çok fazla kuram olduğu için nasıl işlediğini asla tam olarak anlayamadığını itiraf eder. Pilot sertçe çıkışır: "Eh, havada kalmasını sağlayan da kuram! Eğer kuramı bir anlığına olsa bile çekip alsaydınız taş gibi zemine çakılırdı!" Fakat soruya az çok doğru bir cevap verir: "Temelde tamamen kınadın üstündeki ve altındaki basınç farklılıklarıyla ilgili."

Sir George Cayley adındaki bir İngiliz 1810'da yayımlanan bir makalesiyle kanatlı hava araçlarını yönlendiren uçuş ilkeleri-

ni açık bir şekilde ifade eden ilk kişi oldu. Aerodinamik kuramda iki çift karşıt güç söz konusudur: kaldırma ve ağırlık (yerçekiminin etkisi) ile itki ve sürüklenme kuvveti. Bu simetri Newton'un üçüncü hareket yasasının bir örneğidir: Her etki için (kaldırma, itki) bir de eşit ve ters yönde tepki vardır (ağırlık, sürüklenme kuvveti).

En yaygın aerodinamik kaldırma düşüncesi "Bernoulli ilkesi" denilen, ismini on sekizinci yüzyılda onu keşfetmiş İsviçreli doktordan alan bir ilkeyi temel alır. Daniel Bernoulli kuşaklar boyunca matematikçiler yetiştirmiş bir aileden geliyordu, fakat babası onu matematik yerine tıp okumaya zorladı, çünkü o daha pratik bir meslekti. İngiliz doktoru William Harvey -insan kalbinin kanı vücuttaki damarları dolaşabilmesi için atardamarlara gönderdiğini gözlemleyen ilk kişi- Bernoulli'yi akışkanların hareketini yönlendiren temel kuralları keşfetmek için matematiğe olan tutkusunu tıbbi eğitimiyle birleştirmeye teşvik etti.



Bernoulli'nin basınçlı akışkan madde akışı diyagramı

Bernoulli bir gün çok önemli bir deney yaptı: Akışkan maddeyle dolu bir borunun çeperini küçük, açık uçlu bir kamışla deldi. Akışkan maddenin kamışta yukarı doğru çıktığı ve çıkma seviyesinin borudaki akışkanın basıncıyla doğrudan ilişkili olduğu dikkatini çekti. Basınç ne kadar yüksekse akışkan madde o kadar yükseliyordu, tıpkı bir lastik basınç göstergesi gibi. Çok geçmeden Avrupa'nın dört bir yanındaki doktorlar bu tekniği benimsediler ve atar damarlara cam tüpler takarak hastalarının kan basıncını ölçmek için kullanmaya başladılar. Bernoulli bir adım daha ileri gitti ve bu keşfini enerjinin korunumu hakkındaki eski çalışmalarına uyguladı. Newton'un hareket yasalarına göre, hareket halindeki bir cisim yüksekliği arttıkça kinetik enerjisinin yerine potansiyel enerji kazanır. Hareket halindeki bir akışkan maddede de benzer bir olgu gerçekleşir: Kinetik enerjisinin yerine basınç kazanır. Bu Bernoulli ilkesidir. Bu ilke basitçe herhangi bir akışkan maddenin hızı arttıkça basıncının azaldığını ifade eder. Yani yüksek hızlı akış düşük basınçla, alçak hızlı akış da yüksek basınçla ilişkilidir.

Bir uçağın kanatları havada yüzeyin üzerinde hızla akan (dolayısıyla alçak basınçlı) bir bölge oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Cismin durgun havada hareket edip etmediğinin veya havanın cismin etrafında hareket edip etmediğinin bir önemi yoktur. Kaldırma gücünü ortaya çıkaran, cisimle havanın hızları arasındaki göreceli farktır. Kanat temelde öndeki ucu havaya kanatın üstündeki hava akışını hızlandırıp oradaki basıncı düşürecek şekilde "saldıran" bir açıya sahip olan bir hava yaprağıdır. Havacılık profesörü Scott Eberhardt kanadı dolaşan havayı kanadın saldırma açısına doğru yönlendiren bir "kepçe" olarak düşünmeyi tercih ediyor; kaldırma gücünü ise büyük miktarlarda havanın kanadın üstünden aşağı doğru çekilmesinin sonucu olarak tanımlıyor. Her iki kavramsal yaklaşımın son ürünü hava basıncının kanadın alt tarafında üstüne göre daha yüksek hale gelmesidir, bu karışım da kaldırma gücünü ortaya çıkarır. Kaldırma gücü cismin ağırlığından fazla hale geldiğinde cisim yükselmeye başlar.

Uçuştaki en büyük kısıtlayıcı faktör sürüklenme kuvvetidir, o da akışkan içinde yol alan bir cisme uygulanan kuvvet şeklinde tanımlanabilir. Bu hava veya su direnci olarak karşımıza çıkar. Sürüklenme kuvveti uçuş hızıyla beraber hızla artar. Örneğin, sert bir rüzgâra doğru koşarken harekete devam etmek için rüzgâr yönünde koşarkenkinden daha fazla kuvvet gerekir. Sürüklenme kuvvetine karşı koyan kuvvet itki diye bilinir ve genellikle jet motorları ve pervaneler kullanılarak oluşturulur. Uçuşu mümkün kılmak için dört kuvvetin tamamı sürekli olarak değişen hassas bir dengeyi korumalıdır. Bir uçak seyir yüksekliğine çıktığı zaman itki sürüklenme kuvvetine, kaldırma da ağırlığa eşit olur. Eğer sürüklenme kuvveti itkiden fazlaysa, uçak yavaşlayacaktır. Eğer tersi geçerliyse uçak hızlanacaktır. Eğer kaldırma uçağın ağırlığından azsa, uçak alçalacaktır; buna karşılık kaldırmayı arttırmak uçağın daha yüksek bir irtifaya çıkmasına neden olacaktır.

Kuvvetler arasındaki hassas dengeyi korumak söylemesi kolay, yapması zor bir iştir – Red Bull’un sponsorluğunu yaptığı “flugtag” yarışmalarına katılmış herkes buna tanıklık edebilir. Havacı adayları –çoğunlukla böyle maceralara ayıracak boş zamanı olan onlu yaşlardaki gençler ve üniversite öğrencileri– insan gücüyle çalışan kendi hava aracı makinelerini yaparlar, sonra da ne uzaklığa kadar uçabileceklerini görmek için onları 9 metrelik bir platformdan aşağı iterler (platform özellikle suyun üzerine inşa edilmiştir). Tasarımlar genellikle yaratıcıdır – güvercin, dev inek, melon şapka ve Homer Simpson şeklinde makineler görüldü – fakat çoğunlukla aerodinamik kuramın karmaşıklıklarını derinlemesine kavradıkları söylenemez. Makinelerin büyük bölümü uçuşa benzeyen bir hareket yapmadan taş gibi suya düşerler. Ama zaten yarışmacılar için eğlencenin yarısı işin o kısmıdır. Malmesbury’li Eilmer de bunu bütün kalbiyle onaylardı.

Bu prensipler şu bizim çılgın ortaçağ keşişini ne bakımdan ilgilendiriyor? Eilmer manastırın çatısından atlayarak bir ilk itki hamlesi elde etmişti. Bu hareket kanatlarının üst kısmındaki ha-

va akışını arttırıp basıncı da düşürerek kaldırma oluşturmuş ve havada süzülmesini mümkün kılmıştı. Fakat sürüklenme ve ağırlık kuvvetleri artmaya devam etmiş ve sonunda itki ve kaldırma kuvvetlerinin üstesinden gelmişti. Keşiş uçuşunun ortasında görünüşe göre daha fazla itki elde etmek için kanatlarını bir kuş gibi çılgınca çırpmaya başlamıştı. Bu eylem güçler arasındaki hassas dengeyi bozmuştu ve keşiş "hız kaybederek" yere çakılmıştı. Hız kaybetmenin gerçekleşmesinin nedeni, kanadın öndeki ucunun çok keskin bir açı alarak hava akışını üst yüzeyden uzaklaştırması ve kaldırmanın ortadan kalkmasına yol açmasıdır. Hız kaybetme bütün uçuşlar için felaket demektir. Almanya doğumlu havacı Otto Lilienthal 1896'da planörü çok sert esen bir rüzgâra maruz kalıp hızını kaybedince çakılarak hayatını kaybetmişti.

İlk uçan makinelerin kanatları yoktu. 1780'de iki Fransız kâğıt yapımcısı, yani Mongolfier Kardeşler kâğıt bir torbanın altına ateş yakıldığı zaman çıkan dumanın torbanın havaya yükselmesine yol açtığını fark ettiler. Torbanın içindeki sıcak hava genişliyor, dolayısıyla birim hacim başına ağırlığı çevresindeki havaya göre daha az oluyordu. Mongolfier'ler 1782 yılında ilk sıcak hava balonlarını yaparak bu fikri uygulamaya koydular. İlk yolcular bir ördek, bir koyun, bir de horozdu, fakat bir yıl içinde kardeşler Paris'in üzerinde etkileyici olan 2900 metre yüksekliğinde yarım saat boyunca dolaşarak serbest uçuşu deneyimleyen ilk insanlar oldular. Balonla dolaşmak çok geçmeden yaygın bir eğlence haline geldi ve 1785'te John Blanchard Manş Denizi'ni sıcak hava balonuyla havadan geçen ilk insan oldu.

Balonların en ciddi dezavantajı yönetilmelerinin zor olması, bu yüzden de rüzgârın insafına kalmalarıydı. On dokuzuncu yüzyılın ortalarında Henri Giffard adında başka bir Fransız ilk hava gemisini, namıdiğer zeplini yaptı. Geminin devasa dış kabuğu puroya benzeyen bir şekle sahipti ve normal sıcaklıklarda havadan daha hafif bir gaz olan hidrojenle doldurulmuştu. Giffard'ın makinesi ayrıca bir pervaneyi döndürerek itki oluşturan bir buhar motoruyla ve yönlendirilmesine yardımcı olan

dümenlerle donatılmıştı. Giffard ilk başarılı uçuşunu 22 Eylül 1852'de yaptı ve saatte 10 kilometrelik bir hızla yaklaşık 27 kilometre uçtu.

Zeplinler neredeyse 50 yıl boyunca tuhaf bir yenilik olarak kaldı, ta ki Brezilya'dan göçmüş Alberto Santos-Dumont adında bir adam inşa etmeye kendini onlardan inşa etmeye adayınca kadar. 1901'de yeni bir teşvik unsuru ortaya çıktı: Fransız Havaacılık Kulübü kulübün Saint-Cloud'daki uçuş pistinden Eyfel Kulesi'ne 30 dakikadan kısa sürede uçarak gidip dönen ilk hava gemisine 100.000 franklık bir ödül vermeyi vaat etti. Santos-Dumont ikinci girişiminde yolculuğu 40 dakikada tamamladı – bu ödüle hak kazanmak için yeterli değildi. Üçüncü girişiminde bir hidrojen sızması yüzünden inişe geçmek zorunda kaldı ve yerel bir lokantaya zorunlu iniş yaptı. Hava gemisinin kılıfı yırtılıp parçalandı, ama iskelet binanın duvarlarının enkazında bir süre asılı kaldı, bu arada Santos-Dumont kıl payı aşağı inerek canını kurtardı. Brezilyalı çabucak yeni bir zeplin yaptı ve 19 Ekim'de yolculuğu zaman sınırını yalnızca 40 saniyede aşarak tamamladı. Yine de hakemler isteksizce ona ödül konulmuş parayı verdiler; o da parayı Paris'teki hayır kurumlarına bağışladı. Santos-Dumont kent çevresinde iyi tanınan, şık, arada bir zeplinini yakındaki sokak lambalarına bağlayıp barlara dalan bir simaya dönüştü.

İlk zeplinler yalnızca sakın veya hemen hemen sakın havalar da uçabiliyordu. Güçlü rüzgârlarda yavaş daireler çizerek uçarlardı. Yirminci yüzyılın başında güçlü rüzgârlara baskın çıkacak kadar güç üretebilen hafif motorlar icat edildi ve zeplinler gerçekten pratik taşıtlara dönüştüler. Bu dev zeplinlerin çağıydı, zeplin ismi de Almanya'daki Kont Ferdinand von Zeppelin'den geliyordu. Von Zeppelin'in hava gemileri Birinci Dünya Savaşı'nda Londra'yı bombardıman etmek için ve ticari yolcu taşıtları olarak kullanıldı. Zeplinlerin hâlâ önemli dezavantajları vardı. Eğer çok ciddi irtifa değişimleri meydana gelirse havadayken parçalanabiliyorlardı. ABD'nin ilk hava gemisi *Shenandoah* 1925'teki ilk yolculuğu sırasında yukarıya doğru güçlü bir hava akımına

kapılarak bu akıbete uğradı. Ayrıca zeplinler kabuklarının içindeki tutuşabilir gazlar nedeniyle patlayabiliyorlardı. 1937'deki korkunç *Hindenburg* patlaması gemideki 97 yolcudan 36'sının ölümüne sebep oldu. Bu trajedi zeplinlerin ticari yolcu taşıtları olarak kullanımını fiilen sona erdirdi. Birkaç gemi bugün hâlâ kullanılıyor, fakat artık hidrojenle şişirilmiyorlar.

Açıkça hem itkiyi oluşturup koruyabilecek uygun bir güç kaynağına, hem de idare edilmesini mümkün kılacak araçlara sahip olan alternatif bir uçan makineye ihtiyaç duyuluyordu. Wilbur ve Orville Wright adında iki Amerikalı kardeş 1900'de planörlerle deneyler yapmaya başladılar. Kuşların uçarken yön değiştirmek için bir kanatlarının arka ucunu yukarı, diğer kanatlarının arka ucunu da aşağı çevirdiklerini fark ettiler – Wright'lar bu olguya "eğrilme" adını verdiler. Kanatların ucuna teller takarak bu fikri planör tasarımlarına dâhil ettiler. Telleri çekmek kanatların şeklini hafifçe, tam aracı yönlendirmelerine izin verecek kadar eğriltecekti. Böyle bir planörle ilk olarak 1902'de Kuzey Carolina'daki Kitty Hawk'ta uçtular ve sonraki sene en yeni makineleriyle oraya tekrar döndüler. "Uçucu" temel tasarım olarak önceki yılki planörle aynıydı, ama direncin üstesinden gelmeye ve makineyi havada tutmaya yetecek itkiyi oluşturacak bir motor ve pervaneler eklenmişti. Tarihi ilk uçuşlarını 17 Aralık 1903'te gerçekleştirdiler; yerden ancak 3 metre yükselseler de 12 saniyede 36,5 metre uçmayı başardılar.

Avrupa'da kimse bu başarıdan haberdar olmadı, zira Wright'lar 1908'e kadar makinelerini halkın önünde sergilemediler. O sırada Santos-Dumont zeplinleri bırakmış, yerine kanatlı hava araçlarına yönelmişti. 12 Kasım 1906'da böyle bir aracı uçurmayı başardı ve 1909'da yaptığı *demoiselle* ("yusufçuk") tasarımı çağdaş hafif uçakların öncüsü oldu. Aynı yıl Louis Bleriot tek kanatlı uçağıyla Manş Denizi'ni Fransa'dan İngiltere'ye doğru geçti ve 1910'da da, Fransa pilot ehliyetleri vermeye başladığında Elise Deroche ilk ehliyetli kadın pilot oldu. Amerika'da telefon takılı uçan makineler inşa etmeyi hayal eden Alexander Graham Bell başka mucitlerle işbirliği yaparak 800 metre uçabi-

len *Silver Dart*'ı (Gümüş Ok) inşa etti. Nihayet insanlık havaya hâkim olmuştu.

Rüya tabiri psikolojisi en iyi ihtimalle kesin olmayan bir bilimdir – bir fizikçi bunun bilim bile sayılmayacağını iddia edebilir. Fakat insanların üçte ikisinden fazlasının en az bir kere rüyasında uçtuğuna inanılıyor ve bu tecrübenin kaynağı Babillilere ve Mısırlılara kadar götürülebilir. Aslında görünüşe göre eski kültürlerin tamamı efsanelerinde ve mitolojilerinde bir insan uçuşu fikrine yer vermiş. Yunanlıların İkarus'u vardı, babası Daedalus adadaki sürgünlerinden kaçabilmeleri için ikisine kuş tüyünden kanatlar yapmıştı – ve bu İkarus'un ölümüne sebep olmuştu. Güney Amerika mitolojisinde insanlar yüksek kulelerden atlamak için yapay tüylü kanatlar kullanırlardı; Çin İmparatoru Shun'un da yanan bir tahıl ambarından kaba bir çift kanat kullanarak kaçtığı söylenir. MÖ 3500 civarında Etena adında bir Babil kralı bir demir paranın üzerinde bir kartalın sırtında uçarken tasvir edilmişti. Afrika'da bir Nakivingi isminde bir Uganda kralının emrinde Kibaga adında görünmez, uçan bir savaşçı çalıştırdığına, bu savaşçının havadan kralın düşmanlarına kayalar attığına inanılıyordu. Mojave kabileleri kartala dönüşebilen bir savaşçı olan Mastamho'ya tapınıyorlardı. İddialara göre İnka halkının önderi Auco kanatlara sahipti ve uçabiliyordu. Ve eski Hintlilerin Vedik yazıtlarında Vimana adı verilen hem büyü, hem de mekanik uçan makinelerden bahsedilir.

Tamamen fiziksel düzeyde ele alındıklarında, uçulan rüyalar merkezi sinir sisteminin dengeyi düzenleyen kısmıyla ilişkilidir; laboratuvar çalışmalarından elde edilen bulgulara göre yatarken bir kan basıncı kelepçesi takmak veya bir hamakta sallanmak uçuşma rüyalarını tetikler. Fakat Carl Jung uçulan rüyaların insanın bilinçaltının kısıtlamalarından kurtulma –günlük yaşamlarımızda cebelleştığımız güçlüklerin ve önemsiz endişelerin üzerine çıkma- arzusunu ifade etmesiyle ilgili olduğuna inanıyordu. Malmesbury'li Eilmer manastırdan tarihi atlayışını yaptığında böyle hissetmiş olabilir. Kısa bir an boyunca özgürleşmişti.

11. Bölüm

Uygunsuz Davranış

Haziran 1871: Maxwell ve cini

Philip Pullman'ın fantezi romanı *Altın Pusula*'nın alımlı ve dik başlı kahramanı Lyra, insanların ruhlarının totem hayvanı biçiminde "iblisler" olarak ete kemiğe büründükleri ve fiziğin deneysel dinbilim başlığına dâhil olduğu bir dünyada yaşar. Lyra'nın seyahatleri sırasında karşına çıkan enteresan yaratıklar arasında kaplumbağa şeklindeki kana susamış bir mekanik cihaz da vardır. Cihazın içinde kurmalı bir mekanizma bulunur ve merkezinden geçen bir sihir vasıtasıyla yayına bir "kötü ruh" mıhlанmıştır. Cihazın tek amacı aramak ve yok etmektir ve mekanizma enerjisini ruhtan aldığı için görevini tamamlayıncaya kadar asla durmayacaktır. Hatta onu çalıştıran nefretten beslenerek gittikçe daha da güçlenmektedir.

Nefret en azından bilimkurgu eserlerinde mecâzi olarak bu şekilde işliyor olabilir, ama şu fani dünyamızda hiçbir şeyin –özellikle de enerjinin- sonsuza kadar devam etmeyeceği kabul edil-

miş bir kuraldır. Bu yüzden 1618’de Londra’da Robert Fludd adında bir doktor ve simyacı sıra dışı bir iddiada bulununca bir miktar şaşkınlık yarattı: Fludd bir su çarkını güç sağlayan buharı temin etmesi için doğaya bel bağlamaksızın bir değirmende un öğütmeye yetecek miktarda enerji üretmenin bir yöntemini keşfettiğini düşünüyordu. Su çarklarının geçmişi MÖ 20’ye ve Roma İmparatorluğu zamanlarına kadar uzanır ve aynı temel fikir bugün hidroelektrik elektrik santrallerinde de kullanılır.

Fludd’ın önerisi su çarkını yalnızca un öğütmek için değil, pompayı çalıştırmak için de kullanmaktı. Bu yolla çarkı döndüren su ardından sabit bir su deposuna geri pompalanacaktı, bu depo da değirmeni sonsuza kadar çalıştırmak için kullanılabilecekti. Bu ilk bakışta hiç de mantıksız bir öneri gibi görünmüyordu. Fakat Fludd’ın aygıtı sabit bir enerji rezerviyle sonsuza kadar çalışabilen kuramsal bir cihaz olan devridaim makinesinin ilk örneklerinden biriydi. Ne yazık ki, bu tür planlar mekanik sistemlerin bir çeşit harici destek olmaksızın sürekli işleyemeyeceğini söyleyen temel termodinamik yasalarını ihlal ederler. Termodinamiğin ilk yasası enerjinin korunumudur. Bütün bunların anlamı, yokluktan bir şey elde edemeyeceğinizdir; enerji asla “bedavaya gelmez”. İkinci yasa, dışarıdan enerji verilmediği sürece bütün makinelerin ne kadar iyi yapılmış olurlarsa olsunlar gittikçe yavaşlayacaklarını ve sonunda duracaklarını söyler. Maryland Üniversitesi fizik bölümünden Robert Park, *Büyülü Bilim* isimli kitabında bu durumu çok iyi özetler: “İlk yasa galip gelemeyeceğinizi söyler; ikinci yasa ise berabere bile kalamayacağınızı.” Fizikçiler bazen çok oyunbozan oluyor.

Fludd’ın fikri bunun tipik bir örneğidir. Cihazının çalışması için suyun çarkı döndürürken düşerek aldığı yoldan tekrar yukarı çıkarılması, yani yerçekimine karşı iş yapılması gerekir. Bir günlük gezinti sırasında beş litrelik su şişesi taşımış herkesin onaylayacağı üzere, su ağır bir maddedir. Bütün o ağırlığı tekrar rezerv tankına pompalamak için enerji gerekir – bu enerji o kadar fazladır ki, çarkı döndürerek elde edilen enerjinin tamamı suyu tekrar su deposuna çıkarmak için harcanacaktır. Geri-

ye onu öğütecek enerji kalmayacaktır. Aslında un öğütme kısmı olmasa bile Fludd'ın çarkı sonsuza kadar dönemezdi. Kaçınılmaz olarak makinede oluşan sürtünmenin neden olduğu ısı ve ses nedeniyle enerji kaybı olurdu. Bisiklet bütün icat edilmiş makineler arasında enerjiyi en tutumlu kullananlarından biridir, ama binicisi pedala basmazsa tekerlekleri sonsuza kadar dönmeyiz. Lastikleriyle asfalt arasındaki sürtünme, ayrıca aerodinamik sürüklenme kuvveti birlik bir araya gelir ve bisikleti yavaşlatırlar. Bu karşı güçlerin üstesinden gelmek ve öne doğru momenti sürdürmek için ek enerji uygulamak gerekir.

Bu olgu fizikçiler arasında entropi diye bilinir. Bu hileli, neredeyse sezgilere aykırı bir kavramdır ve fiziğe giriş dersi alan birçok öğrenciyi –ayrıca Fludd gibi mucitliğe özenenleri- afallatmıştır, fakat devridaim makinelerinin mümkün olmamasının ardında yatan sebebin ta kendisidir. Entropinin en iyi açıklaması, belirli bir sistemde ne kadar düzensizlik olduğunun ölçüsü olmasıdır. Bu neden önemlidir? Bir sistem ne kadar düzenliyse iş için kullanılabilecek enerji o kadar fazla olur. Buna karşılık düzensizlik ne kadar fazlaysa iş için kullanılabilecek enerji o kadar az olur – bu neden bazı insanların dağınık ortamlarda işlerini halletmekte güçlük çektiklerine açıklık getirebilir.

Uzun bir çizgi halinde art arda sıralanmış bir domino seti hayal edin; çok düzenlidirler, dolayısıyla da kayda değer miktarda enerji üretme potansiyeline sahiptirler. Parmağınızı hafifçe oynatarak bu potansiyel enerjiyi açığa çıkarabilir ve dominoları birbirinin üzerine düşürebilirsiniz. Fakat bu arada taşlar düzensizleşecek ve enerjilerini yitireceklerdir; düzeni geri getirmenin tek yolu bir insanın ek enerji uygulaması ve taşları yeniden dizmesidir. Aynısı Fludd'un su çarkı için de geçerlidir. M.C. Escher çok hoş bir sürekli çağlayan çizimi yapmıştı, fakat kendisinin birçok eskizi gibi bu da geometrik perspektifle oynayarak elde edilmiş bir görsel yanılsamaydı. Gerçek hayattaki kaynak sularının akmayı sürdürmek için elektrik veya güneş enerjisi gibi bir çeşit harici enerji kaynağına ihtiyaçları vardır. İdeal bir dünyada enerji kolayca bir türden diğerine dönüştürülebilirdi: Örneğin

ısı enerjisi entropi yüzünden enerji kaybı yaşanmaksızın mekanik enerjiye dönüştürülebilir ve Fludd'un su çarkını çevirebilirdi (veya Escher'in çağlayanının akmasını sağlayabilirdi), sonra da tersi gerçekleşirdi. Fakat ideal bir dünyada yaşamıyoruz; doğal dünyamızda her şey düzensiz hale geçme eğilimindedir.

Bu yüzyıllardır ümitli mucitlerin termodinamik yasalarını delmeye çalışmasını engellemiş değil. On beşinci yüzyılda İtalyan bir doktor ve simyacı kendi kendini üfleyen bir yel değirmeni icat ettiğini iddia etti ve 1670'lerde de Chester piskoposu devridaim makinelerini olduğunu iddia ettiği bir dizi tasarım yaptı. Yorulmak bilmez saat yapımcısı Johan Ernst Elias Bessler on sekizinci yüzyılın başlarında yaklaşık 300 devridaim makinesi tasarladı ve gerçekten de komşu şatodaki kilitli bir odada 40 gün boyunca dönen bir tekerlek yapmayı başardı. Kimsenin makineyi yakından incelemesine izin verilmedi –ki bu bile kendi başına şüphe çekicidir- fakat tarihçiler Bessler'in cihazı bu kadar uzun süre boyunca çalışır tutabilmek için tekerleğin büyük dingiline bir kurmalı mekanizma gizlediğini tahmin ediyorlar. Bugün bile ABD Patent Dairesi her yıl devridaim makinelerine ve onların yakın akrabaları olan, yokluktan enerji elde ettiği iddia edilen "bedava enerji" planlarına ait patentler için bir sürü başvuru alıyor. Bunların çoğu termodinamik temel alınarak otomatikman reddediliyor.

Termodinamiğin kökleri Sadi Carnot adında fazla duyulmamış bir Fransız fizikçisinin çalışmalarına dayanıyor. Carnot'un bugün nispeten tanınmıyor oluşu biraz şaşırtıcı, çünkü o Napoleon'un hükümdarlığı sırasında Fransa'nın en nüfuzlu insanları arasında yer alan bir adamın oğluydu. Aristokrat sınıfı erkeklerinin birçoğu gibi Carnot da iyi bir eğitim aldı ve kısa ve mutsuz bir askerlik tecrübesinden sonra mühendislik eğitimi görmeyi seçti. Napoleon'un yenilgisinden, ardından babasının sürgüne gönderilmesinden sonra Carnot buhar makinelerine ilgi duymaya başladı; Napoleon'un İngilizler karşısında hezimet uğramasında Fransa'nın bu çok temel teknolojiyi geliştirememesinin payı olduğunu düşünüyordu; İngilizlerin buhar makine-

leri çok daha verimliydi. Fakat bu garip takıntısı enerjinin nasıl üretildiğiyle ilgili bazı şaşırtıcı fikirlerin ortaya çıkmasını sağladı ve 1824'te basılan yayımlanmış tek önemli eseri *Ateşin GÜDÜCÜ Kuvveti üzerine Düşünceler*'in temelini oluşturdu. Carnot bu eserde sisteme eklenen ısı enerjisine eşit miktarda iş üreten kuramsal bir ısı makinesi tanımladı.

Carnot devridaimin destekçisi değildi; bir devridaim makinesi inşa etmenin imkânsız olduğunu, çünkü sürtünmenin, gürültünün ve titreşimin küçük miktarda da olsa enerji kaybına yol açacağını kabul ediyordu. Fakat çabaları iki sıcaklık –bir sıcak enerji rezervuarı ve bir soğuk enerji rezervuarı- arasında çalışan bir ısı makinesinin üretebileceği yararlı işin toplam miktarının belirlenmesine yardımcı oldu. Buna “Carnot döngüsü” denir. Günümüzdeki buzdolapları da benzer bir fikri temel alarak sıcaklık farklarından enerji elde ederler. Bir gaz (genellikle amonyak) bir odacıkta basınçlandırılır ve basınç gazın ısınmasına neden olur. Buzdolabının arkasındaki bobinler bu ısıyı dağıtma görevini üstlenirler ve gaz yoğunlaşarak hâlâ yüksek bir basınca sahip olan sıvı amonyaka dönüşür. Ardından sıvı küçük bir delikten daha düşük basınçlı ikinci bir odacığa akar. Basınç farkı sıvı amonyakın kaynayıp buharlaşmasını, sıcaklığının -33 dereceye düşmesini ve buzdolabının iç kısmının soğumasını sağlar. Sonra soğuk amonyak gazı yeniden ilk odacığa emilir ve bütün döngü baştan başlar. Elbette buzdolabının çalışmayı sürdürmek için sürekli elektriğe ihtiyacı vardır, yani bir devridaim makinesi değildir.

Carnot'un çalışması 32 yaşında koleradan ölümünden sonrasına kadar büyük ölçüde göz ardı edildi. Bu çalışma ancak 1840'larda ve 1850'lerde Rudolf Clasius ve William Thomson (Lord Kelvin) tarafından genişletilecek, böylece çağdaş termodinamiğin temeli haline gelecekti.

Toplumda oluşturduğumuz yasaların aksine, fizik yasaları kesindir. Yerçekimini oy çoğunluğuyla askıya alamayız, aynı termodinamik için de geçerlidir. Fakat fizik yasaları çiğnemeseler de, kimi zaman bükülebilirler. Termodinamikten ka-

ışların en ünlüsü on dokuzuncu yüzyılda Edinburgh doğum-
lu  sko fizikçi James Clerk Maxwell tarafından ortaya atıldı.
Maxwell küçük bir çocukken bile aletlerin nasıl çalıştığına da-
ir merak sergiliyordu. Bir yetişkin olarak 1854'te Cambridge
 niversitesi'nden matematik diploması aldı. Londra'daki King's
College'da doğal felsefe kürsüsünün başkanlığını yürüttüğü altı
yıllık memuriyeti sırasında elektromanyetizma üzerine en önem-
li çalışmasını gerçekleştirdi. Fakat termodinamik de aynı dere-
cede ilgisini çekiliyordu.

Termodinamiğin ikinci yasasına göre nasıl su yokuş yukarı
akamazsa ısı da soğuk bir cisimden sıcak bir cisme akamaz. Max-
well büyük bir sinsilikle yüksek sıcaklıklardaki gaz moleküllerini-
nin yalnızca düşük sıcaklıklı bölgelere doğru hareket etme ihti-
mallerinin yüksek olduğunu öne sürdü. Kuramsal olarak yasalar
alt edilebilirdi. Maxwell 1871'de bu durumu açıklamak için us-
talıklı bir düşünce deneyi tasarladı. Hayali bir mikroskopik ya-
ratık tasavvur etti: Bu yaratık özellikle ısının soğuk bir madde-
den sıcak bir maddeye akmasını sağlayarak düzensizliği düzene
dönüştürüp enerji elde edebilirdi. Bu küçük cin Carnot'un sıcak
ve soğuk rezervuarlarına ve buzdolaplarında kullanılan yüksek
basınçlı ve alçak basınçlı odacıklara benzeyen gazla doldurul-
muş iki bölmeli bir kabın iki bölmesini birbirinden ayıran duvar-
daki küçük bir deliği korur. Yaratık deliği kapatan bir sürgüyü
kontrol eder, yani istediği anda açabilir veya kapayabilir.

Her iki bölmedeki gaz moleküllerini çok düzensizdir ve her y -
ne rastgele hareket ederler, dolayısıyla iş için kullanılabilecek
Çok az enerji vardır. Her iki bölmede moleküllerin ortalama hı-
zı ve sıcaklığı en azından başlangıçta tamamen aynıdır. Fakat bu
denge durumu devam etmez. Çok geçmeden bazı moleküller or-
talama hızdan daha hızlı hareket etmeye başlar ve dolayısıyla ısı-
nırlar, diğerleri ise daha yavaş hareket e etmeye başlar ve dola-
yısıyla soğurlar. Normalde kapalı bir sistem bu tür dengesizlik-
leri düzeltir; ısı sıcak moleküllerden soğuk moleküllere aktarı-
lır, ta ki hepsi bir kere daha tam olarak aynı sıcaklığa ulaşınca-
ya kadar.

Maxwell'in düşünce deneyindeyse, cin sağ taraftaki bölme-
deki hızlı bir molekülün küçük deliğe yaklaştığını gördüğü an-
da sürgüyü kısa süreliğine, molekülün sol tarafa çeçmesine izin
verecek kadar açar, ayrıca daha yavaş moleküllerin sol taraftan
sağ tarafa geçmesine de izin verir. Zamanla soldaki molekülle-
rin ortalama hızı artarken sağ bölmedeki moleküllerin hızı azal-
ır. Dolayısıyla soldaki gaz giderek ısınır, sağdaki gaz ise soğur.
Sistem daha düzenli hale gelir, bu yüzden iş için kullanılabilecek
potansiyel enerji artar. Yaratık iki bölmedeki gazlar arasında bir
sıcaklık farklılığı oluşturmaktadır ve bu farklılık bir makinenin
fiziksel iş yapmasını sağlamak için kullanılabilir.

Bu "Maxwell'in cini"dir, bu ismi almasının sebebi ilk ortaya
sürüldüğünden beri birçok bilim insanını hayrete düşürmüş bir
paradoks sergilemesidir. Gerçekten de görünüşte termodinami-
ğin ikinci yasasını ihlal eder ve entropinin üstesinden gelir. Ama
termodinamiğin hükmünün kalmadığı sonucuna varmadan önce
Maxwell'in kuramsal evreninde yaşamadığımızı hatırlamak ge-
reker. "İblis" esas olarak zekice bir yanılsamadan ibarettir; Max-
well kendisi cinin fiziksel dünyada neden var olamayacağına da-
ir iki neden sundu. Bunlardan birincisi basittir: Termodinamik
yasaları tek tek moleküller için değil, toplu halde moleküller için
geçerlidir. Nasıl bir bardak suyu denize atıp molekülü molekü-
lüne aynı bardak suyu geri almak imkânsızsa, tek tek molekülle-
ri hızlarına veya sıcaklıklarına göre sıralamak ve ayırmak da ist-
atistiksel olarak imkansızdır.

İkinci nedene gelince, Maxwell kuramsal olarak ikinci yasa-
yı çiğneyebileceğimizi, fakat bunu yapmak için bütün molekülle-
rin tam konumlarını ve hızlarını bilmemiz gerekeceğini söylemişti.
İstatistiksel ihtimal dışılığın üstesinden gelip bu işi başardığımızı
varsaysak bile, bu bilgiyi elde etme eyleminin kendisi o kadar fazla
enerjiye ihtiyaç duyacaktır ki böyle bir sistemle besleyebilece-
ğimiz herhangi bir makinenin iş üretiminin tamamını kullanacak-
tır. Dolayısıyla Maxwell'in hayali sıralama cininin kendisi işlemek
için enerjiye ihtiyaç duyar ve Pullman'ın sürekli kurmalı kaplum-
bağasını besleyen "kötü ruh" ile hemen hemen aynı rolü üstlenir.

12. Bölüm

Bilimin Kraliçeleri

Kasım 1872: Mary Somerville'in Ölümü

David Auburn'un Pulitzer Ödülü kazanan oyunu *Kanıt*'ta Chicago'da yaşayan Catherine adındaki genç bir kadın yirmi beşinci yaşının arifesinde çok parlak ama zihinsel olarak dengesiz bir matematikçi olan babasını yitirir. Babasının eski öğrencilerinden biri olan Hal adamın ardında bıraktığı 103 not defterini karıştırmaktadır. Bunların neredeyse hepsi karmakarışık saçmalıklarla doludur ki bu da ölmüş adamın zihinsel hastalığının ne kadar ciddi olduğunu kanıtlar.

Kaçınılmaz olarak Catherine ile Hal arasında bir yakınlaşma başlar ve Catherine kritik bir karar alır: Hal'e babasının masasındaki kilitli bir çekmecenin anahtarını verir. Hal çekmecedeki çoğu matematikçinin çözilemeyeceğine inandığı bir problemin devrimsel matematiksel ispatını bulur. Hal ispatı yazıya dökenin daha 22 yaşına gelmeden matematikte iki kere devrim yapmış olan baba olduğu sonucuna varır. Adam çılgınlığının arasında

hayatının en önemli çalışmasını tamamlamayı başarmıştır. Catherine ispatı yazanın babası değil kendisi olduğunu açıklayınca Hal afallar. Daha önemlisi, ona inanmaz.

Hal'in tepkisi matematikte ve bilimde kadınlara karşı beslenen köklü önyargının somut bir örneğidir. Bu önyargı binlerce yıl öncesine dayanır ve hâlâ popüler kültüre hâkimdir. 2004 yapımı gençlik komedisi *Kötü Kızlar*'daki bir matematik turnuvasında beraberliği bozma amaçlı bir "ani ölüm" raundunda mücadele etmek için her takım diğer takımın en güçsüz üyesini seçmelidir. Oğlanlar fazla düşünüp taşınmaya gerek bile görmezler: Otomatik olarak karşı takımdaki göstermelik kızı seçerler. Hal onlara görebiraz daha aydınlanmış biridir, fakat o önyargı kırıntısı hâlâ yerli yerindedir. Çünkü Catherine Northwestern Üniversitesi'nde yalnızca birkaç ders almış, sonra babasına bakmak için okulu bırakmıştır. Hal onu "profesyonel" bir matematikçi saymaz. Onun böyle gelişmiş bir ispat ortaya koyacak hünerine sahip olduğunu düşünmez. Catherine ona sert bir şekilde "Öğrenimimi Northwestern Üniversitesi'nden almadım. O öğrenim 25 yıldır bu evin içinde yaşıyordu," diye hatırlattığında bile onun babasının sayılara ilişkin olağanüstü yeteneğini miras almış olabileceği aklına gelmez. Halbuki Catherine babasının verdiği öğrenimle bir asal sayının ne olduğunu daha okumayı öğrenmeden öğrenmiştir.

MÖ 600 civarında eski Yunanistan'da kadınlar Platon'un ve Pisagor'un akademilerinde açık açık matematik, felsefe, astronomi, akustik ve tıp öğrenimi görüyorlardı; bir daha yirminci yüzyıla kadar öğrenim için eşit fırsatlar bulamayacaklardı. Eski çağlarda yaşamış olan son olağanüstü kadın bilim insanı bir matematik ve astronomi öğretmeninin kızı olan Hypatia'ydı. MÖ 370 civarında Mısır'ın İskenderiye kentinde yaşadı, astronomi ve seyrüsefer için özel aletler geliştirdi ve İskenderiye'deki neoplatonist felsefe okulunun müdürlüğünü yaparken birkaç bilimsel eser de yazdı. Ama onun huzurlu yaşamı da İskenderiye Hristiyanlaşmış ve bununla uyumlu olarak kadının benimsediği pagan felsefelerine karşı güvensizleşmiş Roma İmparatorluğu'nun

hâkimiyetine geçmesiyle aniden sona erdi. Hypatia çok geçmeden işkenceye uğradı ve öldürüldü.

Anlaşılır şekilde böyle uygulamaların bilgi edinme yönündeki hevesi körelten bir etkisi oldu, üstelik sadece kadınlar arasında da değil. MÖ 200'den sonra batı Avrupa'daki öğrenim merkezleri keskin bir düşüşe geçti ve bölge Karanlık Çağ'a girdi. Buna karşılık Asya bu dönemde alışılmamış bir şekilde aydınlandı: Örneğin yedinci yüzyılda Kore'de Kraliçe Sonduk Silla krallığının üç kadın hükümdarından biri oldu ve Uzakdoğu'nun ilk astronomik gözlemevi olan "Ay ve Yıldızlar Kulesi"ni inşa ettirdi. Fakat çoğunlukla matematik ve bilim alanında dikkate değer kadınlar nadiren görülüyordu. Ortaçağ'da öğrenim kilise tarafından sıkı bir şekilde kontrol ediliyordu ve üst sınıflardan insanlar bile eğer ruhban sınıfına katılmamışlarsa genellikle eğitimsiz kalıyorlardı.

Rönesans'ın ilk döneminde tüccar sınıfların yükselişi ve matbaanın icadı öğrenim için uygun bir atmosfer oluşturdu. İngiltere'de 1. Elizabeth'in tahta çıkışı asilleri kızlarını çok zeki bir kadın olan kraliçeye uygun yoldaşlar olabilmeleri için okutmaya teşvik etti. Bunların arasında kimyager olarak belli bir ün kazanmış, fakat edebi eserleri bilimsel başarılarını gölgede bırakmış olan Pembroke kontesi Mary Sidney Herbert de vardı. Yine de sonradan bu dönemin yalnızca kısa bir mola olduğu ortaya çıktı. Elizabeth'in halefi 1. James "Kadınları bilgilendirmekle tilkileri evcilleştirmenin etkisi aynıdır – onları daha da sinsileştirmek" diyerek kızının öğrenim görmesini yasakladı.

Batı toplumunun büyük kısmı James'in kadın düşmanı görüşlerini paylaşıyor gibiydi. Öğrenmek kadınlar için "doğaya aykırı" addediliyordu. Hatta beynini kullanan kadınların çocuk sahibi olamayacağını, çünkü beynin çalışmasının kanı rahimden çekeceğine ve pörsümesine neden olacağını öne süren adamlar bile çıkıyordu. On yedinci yüzyılda Avrupa'yı kasıp kavuran cadılık histerisi bu tür batıl inançları daha da alevlendiriyordu. Doktorlara, ebelere ve simyacılar olduğu gibi bilime eğilimli kadınlara da şüpheyile bakılıyordu. Fransa'da 1642 yılında Martine de

Bertereau du Chatlet adında ünlü bir mineralog cadılıkla suçlandı ve idam edildi.

On sekizinci yüzyılda salon kültürünün yükselmesiyle dalga tersine dönmeye başladı. Aristokrat kadınların temel bir öğrenim görmesi ihtimali çok daha yüksekti, ama aşırı öğrenime hâlâ iyi gözle bakılmıyordu. Emilie du Chatelet'in öyküsünü düşünün. Fransız bir aristokratın kızı olan Emilie çok erken gelişmiş bir çocuktu: 10 yaşına geldiğinde Çiçero'yu okumuş, matematik öğrenmişti ve 12 yaşında da birkaç dili akıcı biçimde konuşabiliyordu. Öğrenmeye duyduğu söndürülemez arzu babasının canını çok sıkıyordu. Adam kızın amcasına, "Onunla tartıştım ama boşuna, ünlü lordlardan hiçbirinin her gün kitap okurken görülen bir kadınla evlenmeyeceğini anlamıyor," diye yakınıyordu. Annesi de benzer endişeler dile getiriyor, "zekâsıyla hava atan ve diğer aşırılıklarından ürkmemiş evlenmeye istekli erkekleri de bu şekilde kaçıran" bir kızın iyi bir geleceğinin olamayacağını söylüyordu. İkisi de yanılıyordu: Emilie 19 yaşına geldiğinde 34 yaşındaki Chatelet markiziyle evlendi.

Evlenmesi "aşırılıkları"nı hiç mi hiç törpülemedi; üstelik Chatelet'in bütün ilgi alanları bilimsel de değildi; o yaşadığı çağa göre dikkati çekecek kadar sıra dışı biriydi. Dük de Richelieu'nun sevgilisi oldu; adam ona daha resmi bir öğrenim kazandırmak için özel matematik ve fizik öğretmenleri tuttu. Chatelet 1733'te erkek pantolonu ve çorabı giyerek Paris'te önde gelen bilim insanlarının, matematikçilerin ve felsefecilerin sık sık toplandıkları bir kafe olan Cafe Gradot'a davetsizce girdi. Orada Voltaire ile karşılaştı ve onunla 10 yıllık bir ilişki yaşadı. Kocasının mâlikanesinin yenilenme masraflarını Voltaire karşıladı (markiz ya çok geniş mezhepli ya da çok saf biri olmalıydı); ikisi orada yaşayıp farklı odalarda çalıştılar ve 10.000 ciltten oluşan bir kütüphane oluşturdular. Emilie du Chatelet Isaac Newton'un *Principia*'sının çevirisini işte burada tamamladı; Newton'un deneylerini tekrar etmek için kirislere borular, çubuklar ve tahta toplar asmıştı. Chatelet en çok Alman matematikçi Leibniz hakkında yazdığı üç ciltlik kitapla ve Voltaire'in Newton hakkın-

daki eserini yazarken onunla beraber çalışmış olmasıyla tanınır. Fakat alışılmadık biri olması onu o çağdaki birçok kadınla aynı kaderi paylaşmaktan kurtaramadı: Kırklı yaşlarının başlarında doğum sonrası komplikasyonlar yüzünden öldü.

Emilie du Chatelet'in yüksek konumuna sahip olmayan kadınlar toplumunda çok daha az hoşgörülle karşılandılar. *Proof*ta Catherine Hal'e resmi bir öğrenim görmemiş olan çocukluk karamanı Sophie Germain'den bahseder. Germain çocukken babasının kütüphanesini karıştırırken matematiği keşfetti ve kitaplardan birinde Yunanlı matematikçi Arşimet'in ölümünün öyküsüyle karşılaştı. Efsaneye göre Roma İmparatorluğu ordusu yaşadığı Syrakusa'yı işgal ettiği sırada Arşimet bir geometrik şekli incelemeye kendini o kadar kaptırmış ki, bir asker onu sorguya çektiğinde cevap vermemiş. Dikkatinin başka yerde olmasının bedelini canıyla ödemiş, zira asker onu hemen mızrağıyla öldürmüştü. Genç Sophie eğer biri bir geometrik probleme kendini bu kadar verebiliyorsa geometrinin dünyadaki en büyüleyici konu olması gerektiği sonucuna vardı ve bu konuda bilgi edinmek için harekete geçti.

Öğretmensiz, kendi kendine sayı teorisinin ve cebirin temellerini öğrendi ve geceleri de Newton ve Leonhard Euler üzerine çalıştı. Anne babası onu bundan vazgeçirmek için ellerinden geleni yaptılar; mumlarına ve giysilerine el koydular ve yatak odasının ısıtmasını kapattılar. Germain mumları istifleyerek ve gizlice çalışırken ısınmak için yatak takımlarına sarınarak karşılık verdi, ama kimi zaman odası o kadar soğuk oluyordu ki mürekkep hokkanın içinde donuyordu. 1794 yılında, 18 yaşına geldiğinde Paris'te gelecekteki matematikçileri ve bilim insanlarını yetiştirmeyi amaçlayan Ecole Polytechnique açıldı, fakat yalnızca erkeklere açıktı. Bu yüzden Germain eski bir öğrenci olan Antoine August LeBlanc'ın kimliğine büründü. Her hafta yeni takma ismiyle problemlere cevaplar sunuyordu. Daha önce matematik konusunda çok yeteneksiz görünen bir öğrencinin bu kadar belirgin bir gelişme göstermesi çok geçmeden dersin hocası Joseph Lagrange'in dikkatini çekti ve adam öğrenciyle görüş-

me talebinde bulundu. Germain gerçek kimliğini açıklamak zorunda kaldı, ama Lagrange dehşete düşmek bir yana, ondan etkilendi ve hocası oldu.

Germain yirmilerinde bir hoca daha edindi: Alman matematikçi Carl Friedrich Gauss. Onun teşvikiyle bugün Germain asal sayıları diye bildiğimiz sayıları geliştirdi: Bir Germain asal sayısını ikiyle çarpar ve 1 eklerseniz, bir başka asal sayı elde edersiniz. Örneğin, 2 bir asal sayıdır. İki katı 4, onun bir fazlası 5'tir ve 5 de bir asal sayıdır.

Germain başarılı olmasına rağmen bir bütün olarak bilimsel topluluğun hak ettiğine inandığı saygıyı ona göstermediğini düşünüyordu. Önemli bir noktaya parmak basmıştı. Rakiplerinden biri olan Simeon Poisson teknik olarak onun iş arkadaşıydı, ama manidar bir şekilde onunla ciddi tartışmalara girmekten kaçınıyordu ve onu herkesin önünde açıkça hor görüyordu. Germain'in yaşlılık döneminde Gauss Göttingen Üniversitesi'nin ona onursal doktora ödülü vermesi için gerekli girişimleri yaptı, fakat kadın bu şeref bahşedilemeden göğüs kanserinden öldü. Defin izni belgesinde bir matematikçi değil "mesleği olmayan bekâr bir kadın" olarak geçiyordu.

Germain'in aynı çağda İngiltere'de yaşayan bir benzeri vardı. Mary Somerville İngiliz donanmasındaki bir koramiralin kızıydı. Kızlara özel bir yatılı okulda yalnızca bir yıl boyunca resmi öğrenim gördü; okuldan nefret etti ama orada okuma şevki kazandı. Bir kadın dergisinin sayfalarını karıştırırken bulmaca kısmında bazı gizemli sembollere denk geldi ve bunların cebirsel ifadeler olduğunu öğrendi. On dokuzuncu yüzyıl İngiltere'sinde genç bir kadının kitaplar satın alması, özellikle de matematik ve bilim gibi "kadınsı olmayan" konularda kitaplar satın alması akla hayale sığmaz bir şey olduğu için, ağabeyinin matematik hocasını o kitapları almaya ikna etti ve onları şevkle okumaya başladı.

Germain gibi o da ailesinin itirazlarıyla mücadele etti; geceleri mum ışığında çalışıyor ve babasının "Genç Mary'yi yakında deli gömleği giymiş halde göreceğiz," diye hayıflanmasına neden

oluyordu. Babası mumlarını alınca gündüzleri metinleri ezberlemeye ve geceleri zihninden problemleri çözmeye başladı. Mary 1804'te ikinci kuzeni Samuel Grieg ile evlenip çabucak iki çocuk dünyaya getirince babası çok rahatladı. Fakat Rus donanmasının bir üyesi olan Grieg entelektüel kadınlara hiç iyi gözle bakmıyordu ve evlilikleri pek mutluluk dolu olmadı. Neyse ki adam merhamet edip üç yıl sonra öldü ve kadına rahat yaşamasına yetecek bir miras bıraktı. Artık ekonomik olarak bağımsız olan Mary dilediği gibi çalışmalar yapmakta özgürdü ve okuduğu eserlerle yavaş yavaş küçük bir kütüphane oluşturarak matematik alanında sağlam bir altyapı edindi. 1812'de İngiliz donanmasında cerrah olan William Somerville ile evlendi; ikinci kocası onun bilimsel eğilimini destekledi.

Mary Somerville en çok Laplace'nin ve Newton'un bilimsel yapıtlarını genel okuyuculara hitap edecek şekilde popülerleştirmesiyle bilinir. Yazdığı kitaplar sayesinde Kraliyet Astronomi Cemiyeti'ne üye seçildi. Onunla beraber astronom William Herschel'in yıldızları inceleyerek ün kazanmış kız kardeşi Caroline Herschel de seçildi. İkisi bu onuru kazanan ilk kadınlar oldular. Somerville 92 yaşında ölmeden bir gün önce bile bir matematik makalesini gözden geçiriyordu. Londra'daki ölüm ilanları onu "bilimin kraliçesi" diye selamladılar.

Fakat Somerville yine de dönemine uygun bir kadındı. Alçakgönüllüydü, kendini öne çıkarmazdı ve tam Victoria dönemine layık bir eş ve anneydi. Himayesi altında bulunan Ada Lovelace'e "bir matematikçinin x'lerle ve y'lerle uğraşmanın yanında başka işler de yapabileceğini" kanıtlamak için aritmetik işleri yapmanın yanında dikişle de uğraşmasını salık veriyordu. Derinlerde kadınların bilimsel yaratıcılık bakımından erkekler kadar yetenekli olmadığına inanıyor ve kendi becerilerinden de şüpheye düşüyordu. "Azimliyim ve zekiyim, ama dahi değilim," diye yazmıştı. (Auburn'un Catherine karakteri de benzer şüphelerini dile getirir, hatta bunu öyle abartır ki babası aklının başında olduğu nadir anlardan birinde onu kendisini küçümsediği için azarlar.)

Lovelace ise tamamen farklı bir insandı; kendini “şairane bir bilim insanı,” yani mantıkla hayal gücünü bir araya getiren biri olarak görüyordu. Romantik şair Lord Byron’un kızıydı. Babasını hiç tanımamıştı; aslında küçükken matematik ve bilim öğrenmesi teşvik edilmişti, zira bu disiplinlerin dillere düşecek kadar dengesiz ve tutarsız olan babasından ona miras kaldığından korkulan romantik “aşırılıklar”ı bastıracağı umuluyordu. “Sayıların tanrıçası” adı takılan Lovelace en çok Charles Babbage ile beraber “düşünen makineler” için yaptığı çalışmayla bilinir, fakat o bugün yapay zekâ ve sinir ağı diye bildiğimiz şeylerle de ilgileniyordu. “Beynin düşünceyi ve sinirlerin duyguları nasıl oluşturduğunu” matematiksel olarak açıklayacak “sinir sistemine yönelik bir cebir” arayışı içindeydi. Ama Lovelace içten içe hâlâ bir Byron’dı: 1851’de matematik yeteneğini ayrıntılı bir şekilde ama yanlış düşünülmüş bir kumar planına uyguladı ve büyük miktarda parayı at yarışında yitirdi. Otuzlu yaşlarında rahim kanserinden öldü.

Günümüzde öğrenim artık erkeklerin ayrıcalıklı alanı değil ve kadınlar matematikte ve fiziksel bilimlerde kayda değer kazanımlar elde etmiş durumdalar. Fizik alanında –matematiksel açıdan en yoğun bilim- kadınlara verilen lisans diplomalarının oranı 1975’te yüzde 8’den azken 2002’de yüzde 22 civarına çıktı. Yine de bu biyoloji alanıyla büyük bir karşıtlık oluşturuyor: Bu alanda kadınlar 1966’da lisans diplomalarının yüzde 30’dan fazlasını alırlarken 2001’de yüzde 60’tan fazlasını aldılar. Fizikte kadınların aldığı doktoraların oranı 1975’te yüzde 4’ten azken 2002’de yüzde 15 civarına yükseldi.

Oranlar gelişme kaydetmiş olabilir, ama olumsuz stereotipler hâlâ yerlerinde duruyorlar. *Kötü Kızlar*’ın kadın kahramanı Cady çok yetenekli olduğu halde akranları lise matematik takımına girmemesi yönünde telkinde bulunurlar: Ona, “Bu sosyal intihar olur!” derler. Çocukluk yıllarının büyük bölümünde Afrika’da evde öğrenim görmüş olan Cady (anne babası antropologdur) kadınların matematik ve bilimle uğraşamayacağı –ve uğraşmaması gerektiği- yönündeki bilinçaltı mesajını almamış-

tır. Böyle yapmasının “inek” damgası yemesine neden olabileceği aklına bile gelmez. Liselerdeki akran baskısı çok fazla olduğu için çok geçmeden dersini alır. Birkaç hafta sonra cebir dersindeki hoş bir oğlanı ürkütmemek için matematikte kötüymüş gibi yapmaya başlar.

Proof olumlu bir şekilde biter: Hal sonunda Catherine’in iddiasına inanmaya karar verir. Cady de cebir konusundaki yeteneğini kucaklamakla kalmaz, aynı zamanda mezuniyet balosunun kraliçesi olmayı da başarır. Böylece bir kızın yalnızca kendine karşı dürüst olarak hem güzel, hem popüler hem de çok zeki olabileceğini, hatta okulun en hoş oğlanıyla çıkabileceğini kanıtlar. Bu daha fazla genç kızın dikkate alması gereken bir mesaj.

13. Bölüm

Mister Watson'ı Arıyorum

10 Mart 1876: İlk belgelenmiş insan sesi aktarımı

Neil Gaiman ve Terry Pratchett'ın 1990 yılında yayımlanmış komedi fantezi romanı *Bir Kıyamet Komedis'i*ndeki en sevimli karakterlerden biri A.J. Crawley'dir. Crawley hata yapmış bir iblistir –mahşer gününe neden olacağına onu önlemeye çalıştığı için cehennemde amirlerinin gazabını üzerine toplamıştır – bunun en büyük nedeni Dünya'daki hayatın gösterişli lükslerinden cehennemin katı ciddiyetine geçmek istememesidir. Amirleri onu cezalandırılması için cehenneme geri getirmek üzere bir cehennem dükü olan Hastur'u gönderirler.

Crawley bir telefon hattının kablusunun içinde kaybolarak şeytani düşmanından kurtulur; Hastur da onu izler. Birkaç telefon santrali boyunca atom ölçeğinde fiberoptik hızlarda bir kovalamaca yaşanır. Crawley sonunda bir telesekreter telefonu açmadan hemen önce bir hattan dışarı çıkmayı başarır ve takipçisi-

ni makinede hapseder. Crawley kılıpayı kurtulmuştur; birkaç saat sonra arayıp takipçiyi serbest bırakan telefon pazarlamacısı o kadar şanslı değildir ve korkunç bir şekilde can verir. Sinirli bir iblis ölümcül bir iblis demektir, özellikle bir telesekreterin içinde saatlerce mahsur kaldıktan sonra.

Romanın hayali dünyasında iblislerin bürünmeyi seçtikleri fiziksel biçimin boyutu, şekli ve bileşimi sıradan ölümlülerin benzer işler yapmasını engelleyen fizik yasalarına tabi değildir. Bu yüzden Crawley kendini kolayca telefon hattı boyunca yol alan bir elektrik akımı parçasına dönüştürebilir. Bu yaratıcı kaçış rotası kullanışlı bir öykü düzeneği olmanın yanı sıra telefonla konuştuğumuzda ses dalgalarının başına gelenler için de uygun bir paralellik oluşturur.

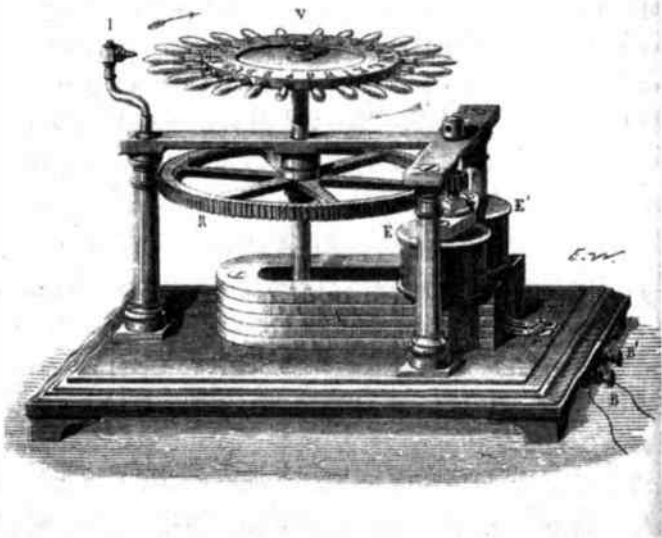
Ses titreşen bir nesnenin, örneğin çalan bir zilin atmosfere bir basınç dalgası göndermesiyle ortaya çıkar. Bu dalga çevresindeki hava parçacıklarını harekete geçirir, onlar da kendi etraflarındaki parçacıkları harekete geçirirler ve titreşimi havada dışarıya doğru genişleyen bir dalga halinde yayarlar. Durgun bir su birikintisine çakıl taşı atmak da benzer bir etkiye neden olur. Tıpkı ışık dalgaları gibi ses dalgalarının da kendi frekans spektrumu vardır ve buna perde adı verilir. Daha yüksek bir dalga frekansı hava basıncının saniye başına daha hızlı titreşmesi anlamına gelir ve kulak bunu yüksek bir perde olarak işitir. Alçak frekanslarda saniye başına daha az titreşim vardır ve perde daha pes olur. Fakat ışığın aksine, ses vakumda hareket edemez. Nesneler ancak madde içinde titreştiklerinde ses oluşturabilirler. *Uzay Yolu*'nda derin uzaydaki patlamaların ses çıkardığı bütün sahneler hatalıdır, ama ilk *Yaratık* filminin sloganı doğrudur: "Uzayda hiç kimse çılgılınızı duyamaz."

Ses dalgaları mekanik enerjidir, ışık dalgaları ise elektromanyetik enerjidir. İşte tam da bu mekanik yapıları nedeniyle ses dalgaları Crawley'in yaptığı şeyi yaparlar ve kendilerini elektiriksel bir aktarıma dönüştürürler. 8. Bölümde bir tel bobinini bir manyetik alanın içinden geçirmenin sarım içinde elektrik oluşturağını ve bir tel bobininin içinden elektrik geçirmenin de man-

yetik alan oluşmasına neden olacağını görmüştük. Bir telefonun ahizesi hem bir tel bobini, hem de küçük bir mıknatıs içerir. Ahizeye doğru konuşmak bobinin manyetik alanın içindeki ses dalgalarına tepki vererek titreşmesine neden olur. Bu ses dalgasını telefon teli üzerinden aktarılabilecek bir elektrik sinyaline dönüştürür. Ahizenin bobini bu akım tarafından tespit ettiğinde ikinci bir manyetik alan oluşturur. Bu da insandaki kulak zarına benzeten ince bir diyaframın elektrik sinyaline tepki vererek titreşmesine ve onu yeniden sese dönüştürmesine yol açar.

Telefonun kökeni daha eski bir aygıta, elektrik telgrafına dayanır. Bu fikir ilk olarak 1763'te ortaya atılmıştı. O yıl bir İskoç dergisinde yayımlanmış isimsiz bir mektupta göndericiyle alıcıyı birbirine bağlayan 26 kablo –her harf için bir kablo- kullanılarak uzak mesafeler arasında mesajların gönderilebileceği anlatılıyordu. Uygun harflere karşılık gelen teller boyunca elektrik darbeleri gönderilebilirdi ve alıcı mesajı okumak için her bir telden çıkan karşılık gelen elektrik akımını takip ederdi.

Ne yazık ki, bu fikir zamanının fazla ötesindeydi. Böyle bir sistem inşa etmek için gerekli teknoloji henüz mevcut değildi:



Cooke-Wheatstone telgraf makinesi.

Özellikle sürekli bir elektrik akımı kaynağı ve elektrik sinyalleri için yeterince duyarlı bir tespit yöntemi yoktu. Ama sonraki yıllarda pilin ve elektromıknatısın icat edilmesiyle, İngiliz fizikçiler William F. Cooke ve Charles Wheatstone 1837'de ilkel bir telgraf geliştirmeyi başardılar. Madeni bir anahtar –bir çift bağlantı teli olan basit bir elektrik anahtarı- aşağı veya yukarı çekilir, böylece elektrik devresi tamamlanır veya bozulur ve sinyal önceden belirlenmiş bir koda göre bir dizi elektrik darbesi şeklinde iletilir. İki fizikçinin geliştirdiği sistem iki yıl içinde aralarındaki uzaklık 29 kilometreye kadar çıkan yerel tren istasyonları arasında mesajlar iletmek için kullanılır hale geldi. 1845'te İngiliz polisi John Tawell adında firari bir katili yakalamak için telgrafı kullandı. Slough adındaki bir köyde metresini öldürmekle suçlanan Tawell polis nezaretinden kaçmış ve Londra'ya giden bir trene atlamıştı. Yerel polis Tawell'in eşgalini Londra'ya telgrafla yolladı ve adam şehre varır varmaz tutuklandı.

Cooke-Wheatstone yaklaşımı sonunda yerini Samuel Finley Breese Morse adındaki, portre çizerliğinden mucitliğe dönmüş Amerikalı bir adamın yarattığı telgraf sistemine bıraktı. Morse Massachusetts'te 1799'da yerel bir papazın ve ünlü bir coğrafyacının oğlu olarak dünyaya geldi. Yale Üniversitesi'nden mezun olduktan sonra sanat öğrenimi görmek için İngiltere'ye doğru yola çıktı. Morse 1832'de, üç yıl boyunca Avrupa'daki sanat tarzları üzerine çalıştıktan sonra ABD'ye geri dönerken elektromanyetizmayı ve telgraf iletişimi için sunduğu potansiyeli ilk defa duydu ve hemen kendi telgrafını yapmaya başladı. Onun telgrafı bir elektromıknatıs elektrik akımı darbeleri gönderiyor, elektromıknatıs da bir fosforlu kalem kullanarak bir kâğıt şeridinin üzerine işaretleri yazıyordu. Morse ayrıca bir araya getirildiğinde alfabedeki harfleri temsil eden kendi noktalar ve çizgiler sistemini de icat etti; bu sisteme Mors alfabesi adı verilir.

Morse Kongre'yi Washington D.C.'den Baltimore'a kadar deneme amaçlı bir telgraf hattı çekilmesi için 30.000 dolarlık bir fonu onaylamaya ikna etti. Ve 24 Mayıs 1844'te "Tanrı neyi işlemiştir" mesajını Washington'daki eski Yüksek Mahkeme oda-

sından Baltimore'daki ortağı Alfred Vail'e gönderdi. Böylece tamamlanmış hat resmi olarak açılmış oldu. Sonraki dört yıl içinde 8000 kilometreden fazla yeni telgraf hattı çekildi. Avrupa'dan da benzer sistemler için siparişler yağmaya başladı, bu sayede Morse büyük bir servete kavuştu. 1869'da ABD'nin doğu ve batı sahilleri telgrafla birbirine bağlandı. Sonraki yıl dünyanın dört bir yanına haberler yollayan Associated Press çalışmaya başladı. Yirminci yüzyılın başında büyük şehirlerde insanlar seçim sonuçlarını ve beyzbol maçlarının sonuçlarını öğrenmek için gazete bürolarının çevresine toplanır olmuşlardı. Telgraf askeri operasyonlarda da çok önemli bir rol oynadı. İlk olarak 1854'te Kırım Savaşı sırasında Varna'da, sonra da Amerikan İç Savaşı'nda kullanıldı. Abraham Lincoln Beyaz Saray'dan sahradaki ordularını yönetebilen ilk ABD başkanı oldu. Telgraftan önce başkanlar uzaktaki savaşlardaki meydan savaşlarının sonuçlarını günler, kimi zaman haftalar sonra öğrenebiliyorlardı.

Telgraf ne kadar harikulade olursa olsun, aynı anda yalnızca bir mesaj gönderebiliyor veya alabiliyordu. Telgraf şirketleri aynı tel üzerinden birçok mesajı aynı anda gönderebilen bir aygıt hayal ediyorlardı. Bunu ilk başaran olmak için rekabet edenler arasında Thomas Edison, Elisha Gray ve müstakbel kayınbiraderini girişimlerine maddi destek sağlamaya ikna etmiş Alexander Graham Bell adında yeni yetme, genç bir mucit vardı. Çoklu bir telgraf geliştirme yolundaki çekişme sonunda telgrafların modasının geçmesini sağlayacak rakip bir teknoloji doğuracaktı: telefon.

Bell sesten ve sunduğu imkânlardan büyülenmiş bir ailede dünyaya gelmişti. Dedesi ünlü bir diksiyon hocasıydı, babası da ilk uluslararası fonetik alfabeyi geliştirmişti. Bu sağır insanların özel sesler çıkarmak için kullanabildikleri bir "görsel konuşma" biçimiydi. Genç Alexander'ın ilk anılarından biri bir buğday tarlasında oturup buğdayın büyümesini duymaya çalışmasıydı. Annesi Eliza neredeyse tamamen sağırdı, ama çocuk çok geçmeden dudaklarını annesinin alnına koyduğunda kemiklerinin konuşmasına göre tınlamasını sağlayabildiğini fark etti. Ba-

basının “görsel konuşma” gösterilerine de katkıda bulundu: Alexander işitme menzilinin dışında tutulurdu ve babası da izleyicilerin birinden bir ses çıkarmasını ister ve bu sesi fonetik alfabetisiyle kâğıda yazardı. Sonra Alexander içeri girer ve babasının notasyonunu kullanarak çıkarılmış sesi taklit ederdi.

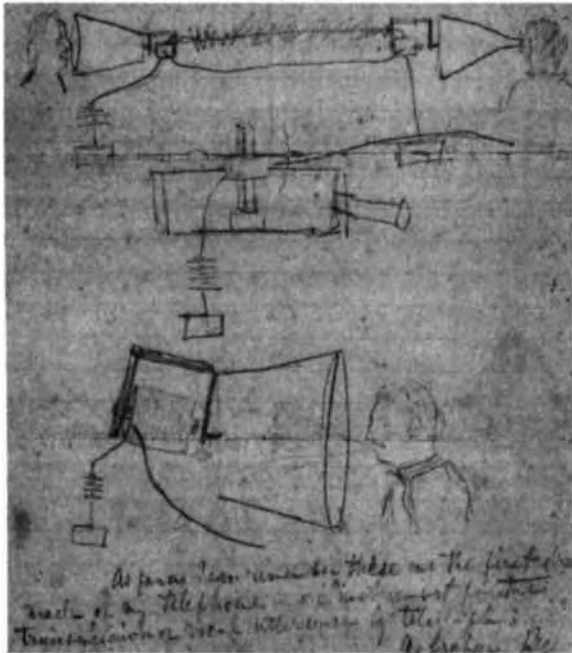
Yetenekli bir piyanist olan Bell daha ilk yaşlarında perdele-ri birbirinden ayırt etmeyi öğrendi ve ilk gençliğe eriştiğinde bir piyanoda basılan bir akorun başka bir odadaki bir piyanodan yansıdığının farkına vardı. Bütün akorların hava yoluyla aktarılabilceğı ve diğcr uçta tam olarak aynı perdeden titreşebileceğı sonucuna ulaştı. Bu etkiye “sempatik rezonans” adı verilir. Pi-yano telleri ve benzer nesneler çok özel frekanslarda titreşirler. Eğer yakınlarda aynı frekansa duyarlı başka bir nesne varsa, diğcr nesneden yayılan titreşimleri (ses dalgalarını) emecek ve karşılık olarak titreşmeye başlayacaktır. Bell insan sesinin birçok karmaşık ses titreşiminden oluştuğunu da biliyordu. Aslında, bir yaz Ontario’da tatildeyken bir saman çöpü ve ölü bir adamın kulağını kullanarak bir “kulak fono-otografi” yapmıştı. (kulağı yerel bir tıp okulundan bulmuştu.) İşin korkunçluğu bir yana bırakılırsa, Bell kulağın içine konuştuğı zaman saman çöpünün ses dalgalarını tütsülenmiş bir cam parçasının üzerine çizdiğini fark etmişti.

Bell telefonunu icat etme işine giriştiğinde bu daha önceki gözlemlerini kullanacaktı. Öncelikle bir mıknatısın üzerine dizilmiş bir dizi kamış tasarladı. Her bir kamış insan sesine tepki vererek titreşiyor ve dalgalanan akımı oluşturunuyordu. Tasarım her biri özel bir notaya veya “perde”ye karşılık gelen piyano tellerine benziyordu. Haziran 1875’te Bell yardımcısı Thomas Watson’dan bir deneyi kurarkenki rutin bir testin parçası olarak çelik bir alıcı kamışı sıkışıp kalmasını diye çekmesini istedi. Watson kamışı titreştirdiğinde akım açık olmadığı halde Bell’in odasındaki alıcı da titreşti. O anda Bell tek bir kamışın insan sesinin bütün öğelerini iletebileceğini fark etti.

Bell hemen prototip bir telefon yaptı; bu telefonda kamış üzerinde bir konuşma boşluğu olan bir diyaframa takılıydı, fakat bu

boğuk bir mırıltı dışında anlaşılabilir bir konuşma oluşturmıyordu. Yine de onu doğru yolda olduğuna ikna etmeye yetti ve Bell 14 Şubat 1876'da aygıt için patent başvurusunda bulundu – yalnızca birkaç saat sonra kendi sesli telgraf tasarımını sunan Elisha Grey'i kıl payı geride bırakmıştı. Bir ay sonra Bell tasarımını yeniledi. Bu yeni versiyonda bir konuşma tüpü ve bir içnenin tıpa kullanılarak titreşim bağlantısı olarak tutturulduğu bir diyafram vardı. Kamış alıcılarından bir tanesi başka bir odaya yerleştirildi. Ardından Bell artık ünlenmiş olan şu sözcükleri söyledi: "Watson, buraya gel, seni görmek istiyorum."

Bu insan sesinin bir telefon teli üzerinden ilk "belgelenmiş" iletimiydi. Bu ayrım önemlidir, çünkü Antonio Meucci adında bir İtalya göçmeni 1849'da, Bell ve Gray'den çok önce bir telefon aygıtı icat etmişti. Meucci tasarım ve makine mühendisliği okuduktan sonra sahne tasarımcısı ve teknisyeni oldu. Bilimden adeta büyüleniyordu ve birçok deney yapıyordu, hatta has-



Bell'in telefon için taslak çizimi.

talıkları tedavi etmek için elektrik şokları vermenin bir yöntemi-
ni bile geliştirmişti. Meucci bir gün bir dostuna tedavi uygulama-
maya hazırlanırken, ikisi arasında uzanan bakır telden dostu se-
sini duydu, hâlbuki dostu yan odadaydı. Meucci sonraki 10 yıl
boyunca pratik bir aygıt yapmaya çalıştı ve 1850'de bu amaçla
New York City'ye göç etti. 1855'de karısı kısmi felç geçirdi; Me-
ucci Staten Island'daki evinde telefon türü bir interkom kurdu
ve evin birkaç odasıyla yakındaki bir binada bulunan atölyesi-
ni birleştirdi.

Meucci hayatının büyük bölümünde yoksulluktan ve hasta-
lıklardan muzdarip oldu. Bir buhar gemisindeki patlamada cid-
di biçimde yaralanınca karısı telefon prototipini ve birkaç baş-
ka modeli elden düşme mallar satan bir dükkâna 6 dolara sat-
tı. Meucci bunları geri almaya çalıştı, ama "tanımadıkları genç
bir adam"ın onları 45 satın aldığı cevabını aldı. Telefon prototi-
pini baştan yaptı ve 250 dolarlık patent ücretini karşılamasa
da 28 Aralık 1871'de bir niyet tebliği kaydettirdi. Hatta Meucci
modellerinden bir tanesini teknik ayrıntılarıyla beraber Western
Union Telgraf Şirketi'nin yeni şubelerinden birinin başkan yar-
dımcısına teslim bile etti. İcadının -ona "konuşan telgraf" adını
vermişti- şirketin telgraf ağının telleri üzerinde kullanılabileceği-
ni göstermek istiyordu. Ama Meucci sonraki iki yıl boyunca baş-
kan yardımcısıyla her görüştüğünde adam onu çıldırtacak ka-
dar çekimser davranıyordu. Sonunda sürüncemede bırakılmak-
tan yaka silken Meucci 1874'te prototipinin ona geri verilmesini
istedi, fakat aygıtın "kaybolduğu" cevabını aldı.

Bell telefon için patent başvurusunda bulundupunda Meuc-
ci bir avukat tuttu ve daha önce kaydettirdiği eski belgelerin
tümünün de gizemli bir şekilde ortadan kaybolduğunu öğren-
di. Günümüzde tarihçiler ABD Patent Bürosu'nun çalışanla-
rıyla Bell'in şirketinin çalışanları arasında yasadışı ilişkiler ku-
rulmuş olabileceğinden kuşkuluyorlar. 1886'da ilgi kamuoyu-
nun ilgisini toplayan bir davada Meucci icadının bütün detayla-
rını öyle net biçimde açıkladı ki, gerçeği söylediğine hemen he-
men hiç kuşku kalmadı. Ama yine de çok daha zengin ve nüfuz

sahibi olan Bell'e karşı davayı kaybetti. Meucci 10 yıl sonra öldü. İddiası ancak 15 Haziran 2002'de tanındı; bu tarihte ABD Kongresi Meucci'nin telefonun mucidi olduğunu resmi olarak kabul etti.

Bu tartışma Bell'in imajını bir miktar yıprattı, ama onun ustalıklı bir mucit olduğuna kuşku yoktur. Telefonunu 1876'da Philadelphia'daki Centennial Fuarı'nda açığa çıkardığı zaman toplanan kalabalık alete hayran kaldı ve Brezilya İmparatoru Don Pedro kendini tutamayarak "Tanrım, konuşuyor!" diye haykırdı. Haziran 1880'de de Bell yeni icat ettiği fotofon üzerinden ilk kablosuz telefon mesajını aktardı – Sırp mucit Nikola Tesla'nın radyo dalgaları kullanan kablosuz teknolojiyi ilk defa halkın önünde göstermesinden 13 yıl önce. Elektriği kullanan telefonun aksine, fotofon sesi bir ışık ışınının üzerinde aktarıyordu. Bell'in sesi alet vasıtasıyla bir aynaya yansıtılıyor, aynada da benzer titreşimlere yol açıyordu. Bell aynaya güneş ışını yönelttiğinde aygıt aynanın titreşimlerini yansımalar şeklinde yakalıyor ve gösteriyordu, sonra bu yansımalar projeksiyonun alıcı tarafında tekrar sese dönüştürülüyordu.

Bell'in aygıtı hemen kendine uygulama alanı bulamadı, ama günümüzde bilim insanları onu çağdaş fiber-optik telekomünikasyonun atası olarak görüyorlar. Her gün fiber-optik sistemleri milyonlarca telefon sinyalini –ve belki arada sırada da Cehennem ordularından kaçmak için ışığa dönüşen hata yapmış bir iblisi- ışık darbeleri halinde dünyanın dört bir yanına gönderiyorlar.

14. Bölüm

Heyecan Peşindekiler

1884: ABD'nin ilk hız treni Coney Island'da hizmete giriyor

L 999'da güneşli bir bahar sabahı, Virginia'nın Williamsburg şehrindeki Busch Bahçeleri'nde Apollo'nun Savaş Arabası adındaki yeni hız treninin açılışı için bir kalabalık toplanmıştı. Özel ünlü konuk olarak erkek model Fabio oradaydı – dalgalı sarışın bukleleri, keskin bir çenesi ve kusursuz biçimde yontulmuş bir gövdesi olan o adam. En çok kitle pazarına yönelik aşk romanlarının kapakları için verdiği stratejik yerlerden yırtılmış gömlekler giydiği pozlarla ve televizyonda tereyağı yerine geçen margarinlerin reklamlarına çıkmasıyla tanınan Fabio Apollon'u aratmayan hoş görünümüyle yeni parkurun açılışını yapmak için âşikar bir tercihti.

Fakat 64 metrelik ilk düşüşün ortasında feci bir olay yaşandı: Trenin rotasına doğru uçan bir yaban kazı Fabio'nun yüzüne çarptı. Çarpışma Fabio'nun burnunu yaraladı ve kazı da öldürdü; daha sonra hayvanın cesedi yakındaki bir nehrin dibinden

çıkarıldı. Fabio parkuru yüzü kanla kaplanmış halde tamamladı (bunun kendi kanı mı, yoksa kazın kanı mı olduğunu kimse anlayamadı) – bu basit bir heyecan parkurunun açığa çıkarabildiği etkileyici güçlerin ürktücü bir kanıtıydı.

Sevecenlikle “büyük Amerikan çığlık makineleri” adı takılmış olan hız trenlerinin kökeni ilk olarak Rusya’da, Saint Petersburg yakınlarında on yedinci yüzyılda ortaya çıkmış olan dev buz kaydıraklarına dayanır. Kaydıraklar on santimetre kalınlığında bir buz tabakasıyla kaplanmış kerestelerden yapılıyorlardı ve 15 ila 24 metrelik düşüşler barındırıyorlardı. Binenler bir veya bir dizi merdivenle kaydırığın en üstüne çıkıyor, tahta kizaklara tırmanıyor ve eğimden aşağı kendilerini bırakıyorlardı; eğimin tabanındaki kum yığınlarına çarptıklarında iniş sona eriyordu. Kaydıraklar Rus seçkin sınıfları arasında popüler bir eğlenceydi. Büyük Catherine onları o kadar seviyordu ki kendi mâlikanesine birkaç tane inşa ettirmişti.

Hız trenleri ilkel buz kaydıraklarından bu yana çok geliştiler, fakat her ikisinin altında da aynı fizik prensipleri yarar: eylemsizlik, yerçekimi ve hızlanma. Bir hız treni sürekli olarak potansiyel (depolanmış) enerjiyle kinetik (açığa çıkmış) enerji arasında gidip gelir. Bir yayı sıkıştırmak potansiyel enerjiyi sarmallara depolar, yay ilk şekline geri döndüğü zaman da bu kinetik enerji olarak açığa çıkar. Hız trenleri de ilk “yükselme tepesi”nin tepesine çekildikleri sırada büyük bir potansiyel enerji rezervi biriktirirler. İlk örnekler tepeye elle çıkarılırlardı; çağdaş hız trenleri ise yükselme tepelerine güçlerini küçük elektrik motorlarından alan zincir ve makara sistemleriyle çekilirler. O ilk çekişten sonra fizik işi devralır.

İşin içindeki kilit faktör, trenin vagonlarına sürekli olarak aşağıya doğru bir kuvvet uygulayan yerçekimidir; raylar vagonların düşüş biçimini kontrol ederek uygulanan bu kuvveti yönlendirirler. Tren ne kadar yükseğe çıkarsa yerçekiminin onu aşağıya doğru çekmesi gereken mesafe de o kadar artar ve ortaya çıkan hızlar da o kadar yüksek olur. Tren ilk tepeden aşağı inmeye başlarken potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşür ve gittik-

çe hızlanarak en alt noktaya eriştiğinde yerçekiminin çekişinin üstesinden gelip bir sonraki tepeyi tırmanmasına yetecek kadar kinetik enerji kazanmış olur – ve parkurun geri kalanı boyunca bu böyle devam eder. Fakat termodinamik yasaları hiçbir makinenin bir yerden ilave enerji akışı olmaksızın sonsuza kadar çalışamayacağını söyler. Hız trenleri de istisna değildir. İşte bu yüzden ki çağdaş hız trenlerinin çoğunda parkur ilerledikçe tepelerin yüksekliği azalma eğilimindedir; yükselme tepesinde biriktirilen toplam enerji rezervuarı trenle ray arasındaki sürtünme nedeniyle yavaş yavaş eriyip gider – entropi eylem halindedir.

Çoğu tarihçi ilk tekerlekli eğlence trenlerini Fransızların yaptığını kabul eder. Fransızlar Rusların buz kaydıracağı fikrine baysa da, Fransa'daki daha ılımlı iklim buzun yılın birkaç ayı hariç her zaman erimesine neden oluyordu. Bu yüzden bunun yerine cilalı kaydıraklar inşa etmeye başladılar ve kızakların kaydıraklardan kaymasına yardımcı olmak için tekerlekler eklediler. Sonra cilalı kaydırakların yerine tahta raylar koydular. 1817 yılına gelindiğinde Fransa'da en az iki gerçek hız treni vardı ve bunların ikisinde de oyma bir oluğun içine geçirilmiş tekerlek dingilleri vasıtasıyla bir raya kilitlenmiş vagonlar bulunuyordu.

1846'da Paris'teki Frascati Bahçeleri'nde dünyanın takla atan –binenlerin baş aşağı çevrildiği- ilk hız treni tanıtıldı. Parkurda 13,1 metrelik bir yükselme tepesi ve 4 metre genişliğinde bir takla içeriyordu. Hızlar çağdaş parkurlardakilerle karşılaştırıldığında yavaştı, fakat temel fizik kuralları yine aynıydı. Bir hız treni taklayı atarken merkezci kuvvet işin içine girer. Altta yatan ilke atlıkarıncadakiyle aynıdır: Dönen platformun oluşturduğu kuvvetler binenleri platformun merkezinden dışarıya ve uzağa doğru iter, fakat bu kuvvetlere binenleri yeniden merkeze doğru ivmelendiren emniyet çubuğuyla karşılık verilir.

Bir hız trenindeki takla, özünde yan çevrilmiş bir atlıkarınca gibidir – fakat vücudu etkileyen çeşitli kuvvetleri daha iyi dengelemek amacıyla çağdaş hız trenlerindeki taklaların çoğu damla şeklindedir (tam daire değildir). En alt noktada ivme kuvveti binenleri aşağıya doğru, yani yerçekimiyle aynı yönde iter,

bu yüzden binenler kendilerini fazlasıyla ağır hissederler. Tren takla boyunca yukarı tırmandıkça yerçekimi binenleri koltuklarına doğru çeker, ivme ise zemine doğru iter. En üst noktada, binenler tamamen baş aşağı olduğu sırada, yerçekimi onları koltuklarının dışına, yani yere doğru çekerken daha güçlü olan ivme kuvveti koltuklarına, yani gökyüzüne doğru iter; böylece iki kuvvet fiilen birbirlerini sıfırlamış olur. Bunun sonucu olarak, binenler çok kısa bir süre boyunca havada asılı kalır ve bir anlığına ağırlıksızlık veya “serbest düşme” hissini yaşarlar.

Hız trenlerini ABD’ye getirme yönündeki erken bir girişim deneme çalışmaları sırasındaki bir kaza yüzünden başarısızlığa uğradı. Ardından sonunda ABD’deki eğlence sanayinde devrim yapacak bir Amerikan mucidi olan La Marcus Thompson sahneye çıktı. Thompson 1848’de Ohio’nun Jersey kentinde doğdu; mekanik konusunda doğuştan yetenekliydi ve daha sadece 12 yaşındayken annesi için bir yayık, babası için de bir kağıt tasarlardı ve yaptı. Üniversiteyi bitirdikten sonra araba ve nakliye sektöründe çalıştı, sonra da kadın çorabı üreticiliği yaparak büyük servetini edindi. Çorap işindeki hisselerini sattıktan sonra ilk tutkusu olan mucitliğe geri döndü.

Thompson üretim sektöründeyken Pennsylvania’daki Mauch Chunk Dönemeçli Demiryolu’nda trene binmişti. Burası artık popüler bir turist çekim merkezine dönüşmüş olan eski bir maden demiryolu hattıydı. İlk önce hat kömürü dağın aşağısındaki, 29 kilometre ötedeki demiryoluna kolayca götürebilmek için inşa edilmişti. Ama sonra demiryolu yük trenlerini kömür madenine çok daha yaklaştıran yeni bir tünel inşa etmişti. Bu yüzden eski dönemeçli demiryolu bir “manzara turu” olarak yeniden düzenlenmişti. Turistler 1 dolar verip yavaş yavaş dağın tepesine çıkıyor, sonra da çılgın, sarsıntılı bir parkurdan aşağıya iniyorlardı.

Thompson New York’taki Coney Island’da önceden at yarışları pistinin bulunduğu bir yerde kendi Yerçekimli Eğlence Amaçlı Dönemeçli Demiryolu’nu inşa etmeye karar verdi. 1884’te tamamlanan bu yapı ABD’de inşa edilen ilk hız treni oldu. Alçalıp yükselen tepeler ve iki kuleye bağlı birkaç tahta kalas katma-

nının üzerine çivilenmiş düz bir çelik hat içeriyordu. En yüksek hız saatte 10 kilometre gibi sıkıcı bir rakamdı ve her iki hattın başlangıcında vagonların tepelerin en üst noktasına elle çekilmeleri gerekiyordu. Yine de halkın onu karşılatılabileceği hiçbir şey olmadığı için parkur hemen başarı kazandı ve Coney Island hızla büyüyerek tam ölçekli bir eğlence parkına dönüştü. Parkurların ne zaman "hız trenleri" adını aldıklarını hiç kimse bilmiyor; başlangıçta onlara dönemeçli demiryolları veya merkezkaç demiryolları adı veriliyordu. Thompson Ocak 1885'te "hızlanan tren" parkuru için bir ABD patenti aldı. Bunu yapan ilk kişi değildi. 1884'te üç benzer patent daha verilmişti ve kimi tarihçiler aslında Thompson'un tasarımının birçok özelliğinin temelinde Ocak 1878'de Richard Knudson'a "eğimli demiryolları için yenilikler" için verilmiş bir patentin yattığına inanırlar.

Thompson dört yıl içinde ülke çapında ve Avrupa'da yaklaşık 50 benzer hız treni daha inşa etti, sonra da en ünlü atraksiyonu olan Manzaralı Demiryolu'nu tasarladı. 1887'de Atlantic City'de açılan bu hız treni yaklaşan vagonların tetiklediği ışıklarla aydınlanan yapay manzaralar içeriyordu – bu hız treni Disneyland'deki ve diğer çağdaş lunapark ve eğlence parklarındaki süslü parkurların öncüsüdür.

Thompson'dan sonra geliştirmeler ve yeni fikirler hızla gelmeye başladı. 1884'ün sonraki aylarında Charles Alcock sürekli bir rayı olan, böylece parkurun başladığı yerde bittiği bir hız treni tasarladı ve 1885'te de Phillip Hinckle vagonları yükselme tepesinin en üstüne çıkarmak için mekanik bir vinç kullanan ilk kişi oldu. Aynı yıl Flip-Flap adındaki, vagonların 7,6 metre çapında bir takla attıkları bir hız treni de görücüye çıktı, ama 1903'te kapandı, çünkü binenler sık sık boyun ve sırt yaralanmaları yaşıyorlardı. Parkur yavaştı ama hiç pürüzsüz değildi ve binenler baş aşağı döndükleri sırada maruz kaldıkları keskin, ani hareketler sıklıkla ciddi boyun hasarlarına yol açıyordu.

On dokuzuncu yüzyılın sonuna gelindiğinde, çağdaş hız treninin bütün bileşenleri yerli yerindeydi, ama hız trenleri hâlâ sınırlı bozacak kadar yavaştı. 1900'lerin başlarında hız treni tasa-

rımında çeşitli kuvvetleri daha iyi yönlendirerek hızları arttıran bir dizi yenilik yapıldı: Daha yüksek yükselme tepeleri, daha keskin dönüşler ve keskin sarmal düşüşler. 1920'ler hız tren tasarımının altın yıllarıydı; yalnızca Kuzey Amerika'da 1500'den fazla parkur açıldı. Fakat Büyük Bunalım bu tür eğlencelerin sonunu getirdi ve birçok hız treni parkuru yıkıldı. ABD'de 1930 ile 1972 arasında yalnızca 120 hız treni parkuru inşa edilirken 1500'den fazlası yıkıldı.

1955 yılına kadar bu teknolojiye bir yenilik olmadı. O yıl güney California'da Disneyland'in açılması borulu çelik rayların kullanıldığı dönemi açtı. Daha eski hız treni parkurları geleneksel tren raylarına benzer biçimde tahtadan yapıldı. Bunlar hiç esnek olmadıkları için tasarımcılar karmaşık bükümler ve dönüşler inşa edemiyorlardı ve vagonlar rayları bağlayan ek yerlerinin üzerinden geçerken tangirdama eğilimindeydi. Yeni raylar ise uzun çelik tüplerden yapılıyor, biraz daha büyük tüplerden yapılma bir süperyapıyla destekleniyorlardı ve parçalar birbirine kaynaklanıyordu. Bu binişin daha pürüzsüz olmasını sağlamakla kalmıyor, borulu çelik raylar sayesinde daha fazla takla, daha yüksek ve daha dik tepeler, daha büyük düşüşler ve dönüşler ve daha yüksek hızlar mümkün hale geliyordu.

Bu 1970'lerde ve 1980'lerin başında ikinci bir hız treni patlamasının yaşanmasına yol açtı ve tirbuşon raylar gibi çok çeşitli yenilikçi tasarımların kullanıma girmesiyle bu sanayi tekrar canlandı. Yakın zamanda mancınıklı başlatma sistemleri, asılı tren tasarımları (binenlerin ayakları boşluğa sarkar ve "vagonlar" da bir yandan diğer yana sallanır), süslü biniş temaları ve başka sürprizler ardı ardına ve gösterişli bir biçimde ortaya çıktılar ve hız trenlerinin hiç olmadıkları kadar popüler olmasını sağladılar. Tren vagonunun tabanında dümdüz uzandığınız ve uçma hissini yaşadığınız ya da sizi uzun süreliğine aralıksız sarmal dönüşlere sokan hız trenleri var. 1997'de California'daki Six Flags Magic Mountain'da 126 metre uzunluğa sahip, saatte 160 kilometre gibi rekor hızlara erişebilen bir hız treni parkuru açıldı.

Kuvvetlerdeki sürekli değişim sayesinde, hız trenleri insan

vücudunun birkaç saniyelik süreler boyunca bir dizi çöştürücü fiziksel his yaşamasını sağlarlar. Bunlar “g-kuvvetleri” diye anılır ve binenin gerçekte ne kadar kuvvet hissettiğini gösterirler. Binenlerin eylemsizliği vagonun eylemsizliğinden ayırdır, yani binenler vagon hızlandığında koltuklarına yapıştıklarını hissederekler, çünkü vagon onları ileriye doğru iterek hareketlerinin ivmesini artırır. Vagon yavaşladığında, binenin vücudu aynı hızla aynı yönde harekete devam etme eğilimindedir, fakat kayış veya zapt edici çubuk onun ivmesini düşürür – yani, onu yavaşlatır.

“g” ivmeyi yerçekimi cinsinden ölçmeye yarayan bir birimdir. Ayrıca ağırlığımızın ne kadar olduğunu da belirler, ama kütleimizi (vücudumuzun kaç atomtan oluştuğunu) belirlemez. Ağırlık bir nesnenin kütlesinin Dünya’nın yerçekimi kuvvetiyle çarpılmasıyla belirlenir. G kuvvetleri bir hız treni öne ve arkaya, yukarı ve aşağı ve yanlara ivme kazandığı için ortaya çıkar. Bu da yerçekiminin çekişinin gücünde aynı oranda değişimler yaratır. Örneğin, 1 g Dünya’nın yerçekiminin kuvvetidir; binenin vagon hareketsiz haldeyken veya sabit hızda giderken hissettiği kuvvettir. İvmelenme binenin ağırlığında aynı oranda artışa neden olur, yani örneğin 4 g’de binen kişi ağırlığının dört katına eşit bir kuvvetle karşı karşıya kalacaktır.

Yüksek hızlarda kuvvetler hatırı sayılacak kadar fazla olabilir. Kamikaze kaz ile çarpışmasından sonra Fabio ile medyada çok alay konusu oldu; 1,90 metrelik ve 100 kiloluk bir devin 10 kiloluk bir su kuşuyla çarpıştığı için bu kadar zarar görmesi insanlara komik gelmişti. Fakat çarpışmanın bir saniyenin yüzde biri kadar sürdüğünü ve trenin saatte yaklaşık 113 kilometre hızla gittiğini varsayarsak, Fabio futbol oyuncusu Mean Joe Green’den sert bir darbeyi ağır siklet şampiyonu Mike Tyson’ın sağlam bir yumruğuna eşdeğer bir kuvvetle yemekle aynı etkiye maruz kalmış olmalı. Ama tek bir gazeteci bile, “Şu Fabio da yumruklara iyi dayanıyor!” demedi.

Yani bütün bu neşe dolu kargaşanın karanlık bir tarafı da var: Kazalar ve yaralanmalar oluyor ve her yıl iki ila dört kişi hız trenleriyle ilgili nedenlerden ölüyor. Her yıl eğlence parklarına

doluşan yüz milyonlarca ziyaretçiyle karşılaştırıldığında bu sayı önemsiz görünebilir; bir yılda binen yaklaşık 450 milyon kişiden biri kaza sonucu ölüyor. Fakat bu istatistiksel anormallik kurbanları ve onların ailelerini pek rahatlatmıyor. Federal Tüketici Ürünleri Güvenlik Komisyonu 1999'da 1994'ten 1998'e kadar ki dönemde eğlence parklarındaki hız trenlerinde yaşanan yaralanmalarda yüzde 87 artış olduğunu bildirdi; bu artışı kısmen hız trenlerinin oluşturduğu ivme kuvvetlerinin düzenli olarak artmasına bağladı. En yeni hız trenlerinin azami hızları saatte 161 kilometreye, g değerleri de 6,5'a kadar çıkabiliyor. Karşılaştırmak için, astronotlar fırlatma sırasında 28.066 kilometre yüksekliğe çıkarken tipik olarak 4 g'ye maruz kalıyorlar ve NASCAR yarışçıları da 5 g'ye maruz kaldıktan sonra başlarının döndüğünü söylediler. Hız treni parkuru tasarımcıları buna astronotların ve NASCAR yarışçılarının sürekli g kuvvetlerine maruz kaldıklarına dikkati çekerek karşılık veriyorlar; bir hız trenine binenler tipik olarak yüksek g kuvvetlerine yalnızca 1 saniye veya daha kısa süreyle maruz kalırlar.

Bazı kazalar mekanik arızalar yüzünden olur, fakat en çarpıcı kazaların bazıları binenler temel güvenlik önlemlerine uymadıkları için gerçekleşiyor. Heyecan peşindekilerin güvenlik kayışını çıkardıkları biliniyor; bu hareket binenleri vagonlardan dışarı fırlatabilir ve yüksek hızlarda havaya atabilir. Biniş sırasında ayağa kalkmak da birçok binicinin vagonlardan dışarıya uçmasına veya kafalarını alçak kirislere çarpmasına ve genellikle ölümcül biçimde yaralanmasına sebep oluyor. 1996'da Six Flags Great America'da bir adam karısının sert rüzgâr yüzünden uçmuş şapkasını almak için yasak bir parkur alanına girdi. O anda Top Gun asılı hız trenine binen bir kişi kafasına tekme attı ve anında ölmesine neden oldu. Binen kişinin ise bacağı kırıldı. Altı yıl sonra, Six Flags Over Georgia'daki Batman asılı hız trenine binen bir kişi vagonun dışına eğildi ve bitişik bir rayda diğer yöne doğru giden trene binen bir kişi ayağıyla vurunca kafasının kopmasına ramak kaldı. Vagondan dışarı eğilen adam çarpmanın etkisiyle anında can verdi. Mayıs 2003'teki tuhaf bir olayda da 11

yaşındaki bir kız Six Flags Great America'daki bir hız trenine binerken sakızının boğazında kalmasıyla boğularak öldü.

Daha sinsi olan, birçok binicinin maruz kaldığının farkına bile varmadığı hasarlardır: Kimi doktorlar yüksek hızlı parkurlardaki sert sarsıntıların ve itiş kakışların profesyonel futboldaki gibi beyni tahrip edici etkiler yaratabileceğini düşünüyorlar. Yüksek hızlı hız trenlerinin oluşturduğu güçlü g kuvvetleri baş ağrılarına, mide bulantısına ve baş dönmesine neden olabilir – bunlar muhtemelen zararsızdır, fakat aynı zamanda hafif bir beyin sarsıntısının belirtileridir- , çünkü vücut hızla değişen ortama uyum sağlamak için yeterli zamanı bulamaz. Bu etki bir trafik kazasında veya kişi güçlü bir şekilde silkelendiğinde beyne olanlara benzer olabilir. Kafa sert bir şekilde öne arkaya savruldukça, beyin kafatasının bir tarafından kopup diğer tarafına çarpabilir ve bu hareketin kuvveti küçük kan damarlarını çatlatmaya yetebilir. Sızan kan beyinle kafatası arasındaki küçük boşlukta birikir ve ortaya çıkan basınç tedavi edilmediği takdirde kalıcı beyin hasarına veya ölüme neden olabilir. California'daki hız trenlerinde yalnızca 2001 yazında üç kadın ölümcül beyin yaralanmalarına uğradılar, fakat bu kurbanların ikisinde daha önceden anevrizma –beyindeki bir kan damarındaki zayıf bir nokta- vardı ve bu trendeyken yırtılmıştı.

Kabul edilmelidir ki bu fiziksel etkilerin bazıları spekülatiftir ve büyük olasılıkla hiçbirisi de potansiyel tehlikeleri heyecanın bir parçası olarak gören tutkulu hız treni fanatiklerini vazgeçirmeyecektir. Ama Fabio'nun yaşadığı kaza onu hız trenlerindeki güvenlik önlemlerinin artması için çağrıda bulunmaya sevk etti. Bu eleştirileri yapan tek kişi o da değil. Endişeli doktorlar, yasa koyucular ve tüketici grupları benzer kuş kazalarını önleme ve böylece her yerdeki insanların ve yaban kazalarının can sağlığını güvence altına alma umuduyla eğlence parkı endüstrisine daha sıkı düzenlemeler getirilmesi için lobi faaliyetlerinde bulunmaya devam ediyorlar.

15. Bölüm

Akım Meseleleri

Mayıs 1888: Tesla ve elektrik gücü üretimi

1 4 Ağustos 2003'te ABD'nin kuzeydoğusundaki insanlar hiçbir şeyden kuşkulananmadan günlük işlerini yaparlarken büyük bir elektrik kesintisi aynı anda onlarca şehri vurdu: New York, Cleveland, Detroit, New Jersey'deki birkaç kent ve hatta Kanada'daki Toronto etkilenenler arasındaydı. 3 dakika içinde 21 elektrik santrali kapanmış, yaklaşık 50 milyon kişi elektriksiz kalmıştı. Kesinti trenleri durdurdu, insanları asansörlerde mahsur bıraktı ve trafiğin normal akışını bozdu. Michigan'da su elektrikli pompalar vasıtasıyla dağıtıldığı için su şebekesi bile etkilendi. New York City'de New Jersey sakinlerinin bir kısmı vapurla Hudson Nehri'nin diğer yanındaki evlerine taşınsa da yolcuları tünelde kalmış metro trenlerinden indirme işi 2,5 saat sürdü ve birçok yolcu yolda kaldı. O tipik sıcak ve nemli yaz akşamında havalandırmanın olmaması ise insanların en az üzüldüğü şey oldu.

Kesintinin sebebi konusunda çok çeşitli tahminlerde bulunuldu, fakat bu neden ne bir terörist eylem, ne de “Blaster soluca-nı” adı verilen, o sırada İnternet’te kol gezen bilgisayar virüsüy-dü. İlk belirtiler kesintinin kaynağının Cleveland’in doğusunda-ki 345.000 voltluk bir elektrik hattı olduğunu gösteriyordu. 21 santralin devre dışı kalmasının çok basit bir nedeni vardı: Elekt-rik dağıtım şebekesi kesildiğinde enerji çıktısının gideceği bir yer kalmamıştı. Kömür ve doğalgaz gibi yakıtların aksine, elekt-riği depolamak zordur, bu yüzden elektrik gücü yalnızca kulla-nıldığı zaman üretilir.

Ülkenin elektrik şebekesinde 6000’den fazla birbirine bağ-lı elektrik üretim santrali vardır. Elektrik yüksek voltajlı elekt-rik akımı taşıyan 800.000 kilometre uzunluğunda toplu aktarım hatları vasıtasıyla ülke çapındaki çeşitli yerlere aktarılır. Elekt-rik bu hatlardan bölgelerdeki ve mahallelerdeki alt santrallere gönderilir, ardından yüksek voltajından arındırılarak evlerde ve işyerlerinde kullanılmaya uygun bir voltaja çevrilir. Bu sistemin avantajları vardır: uzaktaki santraller elektriği kesilmiş olabile-cek şehirlere ve kasabalara elektrik sağlayabilir. Ama alışılma-dık derecede yüksek veya dengesiz elektrik talepleri –özellikle de aniden ortaya çıkanlar- elektriğin pürüzsüz akışını bozabilir. Bu bir şebekenin bir kısmında kesintiye neden olabilir veya bü-tün şebekeye yayılarak kısımların birbiri ardına elektriksiz kal-ması sonucunu doğurabilir. Ağustos 2003 kesintisinde yaşanan da buydu: Şebekenin büyük bölümü elektriksiz kaldı, bu yüzden de komşu santrallerden elektrik almak zor hale geldi.

İki çeşit elektrik akımı vardır: Alternatif akım (AC) ve doğ-rudan akım (DC). Bir doğrudan akımda sabit bir elektron akın-tısı bir yönde sürekli olarak akar: Örneğin, bir pilin negatif kut-bundan pozitif kutbuna doğru. Alternatif akım saniyede 50 ve-ya 60 kere yukarı- aşağı salınım yaparak yön değiştirir. Evler-de ve işyerlerinde kullanılan elektriğin neredeyse tamamı alter-natif akımdır. Bunun nedeni AC’yi kaçaklar yüzünden çok faz-la kayıp olmadan uzun mesafeler boyunca göndermenin daha kolay olmasıdır. Elektrik tel üzerinde bir mesafeyi kat ederken

sürtünme oluştuğu için kaçaklar yaşanır. Kaçınılmaz olarak bir miktar voltaj kaybı görülür. AC yüksek voltajlara çok daha kolayca çevrilebilir ki bu voltajlar tel direncinin üstesinden gelmek konusunda daha başarılıdır. Eğer elektrik iletimi için DC akımı kullanılsaydı, kabaca her 6 metrede bir voltajı yolculuğun sonraki ayağı için yükselten yeni elektrik santralleri koymamız gerekirdi.

AC elektriğin geliştirilmesinin büyük kısmını on dokuzuncu yüzyıl mucidi Nikola Tesla'ya borçluyuz. Tesla aslında Hırvatistan'daki Lika kentinde gök gürültülü bir fırtına sırasında dünyaya gelmişti. Sırp bir Ortodoks rahibin oğluydu. Babası oğlunun da kendi izinden gideceğini ümit ediyordu, ama Tesla bilim ve icat etme konusunda kabiliyetliydi – bunların ikincisini muhtemelen kendisi için yararlı ev aletleri yaratmakta becerikli olan annesinden almıştı. Tesla Avusturya'da bir telefon şirketinde elektrik mühendisi olarak çalışırken birbiriyle uyumsuz iki veya daha fazla alternatif akımın beslediği dönen bir manyetik alan düşündü. Margeret Cheney eksiksiz Tesla biyografisi *Tesla Anlaşılamamış Dahî*'de bunu bir elektrik motorunu çalıştırmak içi kullanılabilecek "bir çeşit manyetik burgaç" şeklinde tanımladı. Bu tam olarak çalışan bir AC elektrik üretim ve iletim sistemi için o ana kadar eksik olan hayati bir parçaydı, zira elektronların iletken kablolar üzerinde kesintisiz akmasını sağlıyordu. Birkaç ay içinde Tesla tam da bu işi yapan bir sistemin bütün bileşenlerinin planlarını çizmişti.

Tesla 1884'te ABD'ye göç etti ve hemen Thomas Edison'un New Jersey'in Menlo Park şehrindeki laboratuvarında iş buldu. Edison Tesla'nın şevkini ve olağanüstü iş ahlâkını takdir ediyordu – Sırp sık sık gece boyunca çalışıyordu- ama iki adam çok geçmeden anlaşmazlığa düştüler. Bu kısmen kişilikleri arasındaki büyük farklar yüzündendi. Tesla kültürlü, tahsilli, yumuşak sesle konuşan, birkaç dili akıcı olarak konuşabilen ve icatlarının altında yatan elektomanyetik kuramı çok iyi anlayan bir adamdı. Edison ise atılgan, biraz kaba ve bilimsel kuramı açıkça küçük gören biriydi; eğer bir şey para etmiyorsa onun için değersizdi.

Edison Tesla'ya "bilim şairi" diyor ve fikirlerini "muhteşem ama tamamen kullanışsız" buluyordu.

İki adam arasındaki düşmanlığın asıl sebebi Tesla'nın güç üretimi için bir AC sistemi kullanma fikrini sertçe reddetmiş olmasıydı – bunun en büyük nedeni Edison'un kendi DC sistemi tanıtmak için büyük yatırımlar yapmış olmasıydı. O yıllar "akım savaşları" adı verilen, Amerika'nın dört bir yanında her biri farklı devre ve teçhizat kombinasyonları kullanan yüzlerce merkezi elektrik santralinin ardı ardına açıldığı dönemin zirvesiydi. Edison'un Manhattan'ın Pearl Street bölgesindeki elektrik santrali birkaç yüz zengin New York'lunun mâlikanelerine ve şehirdeki az sayıda değirmene, fabrikaya ve tiyatroya DC elektrik sağlıyordu. Edison'un en büyük rakibi George Westinghouse ise AC'yi destekliyordu ve 1887 itibarıyla 30'dan fazla AC santrale sahipti. Bu savaştan galip çıkan çok kârlı bir pazarda gerçek bir tekel oluşturmuş olacaktı. Tesla öfkeli bir anında, vatan edilen ikramiyeden mahrum bırakıldıktan sonra Edison'un yanındaki işini bıraktığında Westinghouse pusuda bekliyordu. Tesla'ya ayda 2000 dolar gibi dolgun bir maaş, artı çeşitli AC patentleri için hatırı sayılır imtiyaz ücretleri teklif etti.

Edison iş rakiplerini ezmeye geldiğinde acımasız olmasıyla meşhurdu. DC elektriği ilk tanıttığı sırada gaz şirketleri direniş gösterince kamuoyunun zihnine korku salmak için ana gaz borularındaki patlamaların tehlikelerini konu alan düzenli bültenler yayımlayarak karşılık vermişti. Bu strareji işe yaramıştı; Tesla-Westinghouse AC sistemiyle mücadele etmek için de benzer bir planı benimsedi ve yoğun bir karalama kampanyası başlattı. Edison'un propaganda makinesi alternatif akımın tehlikelerini anlatan yüzlerce broşür ve afiş hazırladı ve gerçek kazalar bulunamazsa da -eh, onları sahnelemek ne güne duruyordu? Çok geçmeden Edison'un New Jersey'deki laboratuvarının yakınında yaşayan aileler ev hayvanlarının ortadan kaybolmaya başladığını fark ettiler. Edison genç çocuklara para vererek kedileri ve köpekleri getirtiriyor, sonra bunları kablolarla bir AC jeneratörüne bağlı bir maden levhaya kayışlarla bağlıyordu. Ardından

hayvanlar bu manzaraya katlanmaya razı ve istekli olan gazetecilerin gözleri önünde 1000 volt elektrik verilerek öldürülüyorlardı. Edison buna "Westinghouse'lanmak" diyordu.

Daha da sinsicesi, Edison Harold Brown adındaki eski bir laboratuvar asistanını sahte bahanelerle Tesla'nın AC patentlerinden üç tanesini elde etmesi için işe aldı. Ardından Sing-Sing hapishanesindeki yetkilileri gelecekteki idamları asarak değil alternatif akım verip öldürerek uygulamaya ikna etti. 6 Ağustos 1890'da William Kemmler adındaki bir hükümlü tarihin ilk elektrikli sandalyesine kayışlarla bağlandı ve şalter indirildi. Ne yazık ki Edison'un mühendisleri bir adamı öldürmek için gerek duyulacak voltaj miktarını fazlasıyla az hesaplamışlardı; o ana kadarki bütün deneyler çok daha küçük hayvanlar üzerinde yapılmıştı. Bu tüyler ürpertici işlem defalarca tekrarlandıktan sonra nihayet hükümlü adam can verdi. Bu idama tanık olan bir gazeteci tecrübeyi "darağacından çok daha kötü" diye nitelendirdi.

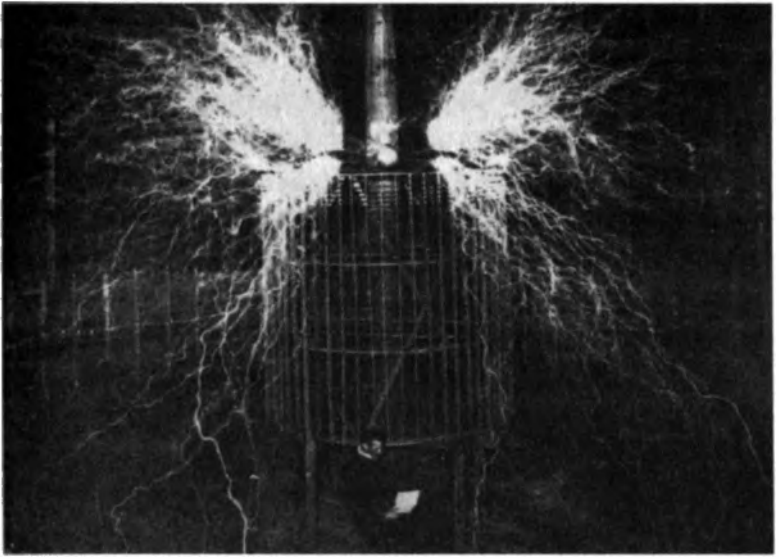
Tesla'nın da gösterilerinin bir parçası olarak küçük hayvanları elektrik vererek öldürdüğü biliniyordu, fakat onun amacı AC'nın güvenli biçimde kontrol edilebileceği idi. Hayvanın can verdiği platformun üzerinde ayakta durur ve vücudundan 2 milyon volta varan akımlar geçirirdi, öyle ki o ince uzun vücudu bir elektrik halesiyle çevrenirdi. Bir gözlemci onu "canlı bir elektrik teli" olarak tanımlamıştı. Tesla'ya neden elektrikten ölmediği sorulduğunda, yüksek voltajlı alternatif akımların eğer frekansları yüksekse yaralanmaya yol açmadan derinin üst yüzeyinden akıp gideceği yanıtını verirdi. İster AC ister DC olsun, asıl tehlikeli olanlar derinin altından akan düşük frekanslı akımlardı.

Tesla açıkça elektriğe tutkuyla bağlıydı ve onun davranışını neredeyse sezgisel bir düzeyde anlıyordu. Görünüşe göre elektrik de onun bu tutkusuna karşılık veriyordu. Tesla çabucak "elektrik sihirbazı" ünvanını Edison'un elinden aldı. Halkın önündeki konuşmaları büyük bir rağbet görüyordu. Gösterileri sırasında her zaman ayakkabılarının altına kalın mantar tabanlar taktığı için neredeyse 2 metre 10 santimetreye ulaşan bo-

yuyla konuşma platformunun üzerinde duruyordu. Büyülenmiş kalabalıkların önünde parmaklarından kıvılcımlar fırlatıyor, ampullerin parıldamasını sağlıyor, hatta vücudundan geçen akımı kullanarak metalleri eritiyordu. Parmaklarını sıklatarak kızıl bir alev topu oluşturabiliyor, onu zarar görmeksizin sakın bir şekilde elinde tutuyordu. Bu korkusuzluğunun Edison'un karalama kampanyasına karşılık vermekte ve halkın AC konusundaki korkularını dindirmekte büyük payı oldu.

1893'te Chicago'da Amerika'nın keşfinin dört yüzüncü yıldönümü şerefine düzenlenen Columbian Fuarı Yarının Dünyası sergisinin en önemli kısmı olan Beyaz Şehir'i ışıklandırmak için AC'yi seçti. Bu başarılı gösteri Westinghouse'un Niagara Şelalesi'ndeki ilk iki AC jeneratörün inşası için açılan ihaleyi kazanmasını sağladı. Yani akım savaşlarını Westinghouse kazandı. 1920'lerin sonuna gelindiğinde Tesla-Westinghouse AC elektrik aktarım sistemlerine 50 milyar dolardan fazla para ayrılmıştı. Bu Tesla'yı dünyadaki en zengin insanlardan biri yapmış olmalıydı, fakat idealizmi felakete uğramasına neden oldu. AC elektrik ülkeye yayıldıkça, Westinghouse tarafından ona vaat edilen patent imtiyaz ücretleri öyle bir fırladı ki, onları tamamen ödemek şirketi iflasa götürecekti. Tesla zengin olacaktı – fakat kendi icadını da feda edecekti. Bu zor durum ona açıklandığında Tesla tereddüt bile etmedi. İmtiyaz ücreti sözleşmesini yırtıp attı ve servet edinme hakkından vazgeçti. Yürüttüğü mantığa göre diğerleri fikirlerine yalnızca güler ve onları aşağılarken Westinghouse ona inanmıştı. Bu hayrete düşürecek kadar özverili hareket şirketin başarılı olmasını ve AC elektriğin hâkimiyetinin devam etmesini garantiledi. Tek istediği dünyaya elektrik vermek olan çağdaş bir Prometheus olan Tesla yoksulluk içinde öldü.

AC sistemi ne kadar etkili olursa olsun, hâlâ periyodik olarak elektrik kesintileri yaşanır. Ağustos 2003'ten önce, Kasım 1965'te yaşanan büyük kuzeydoğu kesintisi ABD tarihindeki en büyük kesintiydi ve New York'ta, New England'da ve Pennsylvania ile New Jersey'in bazı kesimlerinde en az 25 milyon kişiyi elektriksiz bırakmıştı. Başka bir önemli kesinti de Ağustos



Tesla Colorado'daki laboratuvarında

1996'da gerçekleşti ve dokuz batı eyaletindeki ve Meksiko'nun bazı kesimlerindeki 4 milyon civarı elektrik alıcısını etkiledi. Tesla'nın kendisi de 1899'da bir kesintiye neden olmuştu. Colorado Springs'teki laboratuvarında milyonlarca volta ihtiyaç duyan bir deney yapıyordu – bu akımlar le glyd ki alev yılanları ve şimşekler 40 metre ykseklige ulaşıyordu. Tesla bu manzarayı zevkten kendinden geçmiş bir halde kapının nnden seyrederken aniden her şey durdu. Elektrik kesilmişti. Tesla Colorado Springs Elektrik şirketi'ni aradığında ona deneyinin jeneratörü devreden çıkardığı ve alev almasına yol açtığı söylendi. Bütün kent karanlığa gömülmüştü. şirket Tesla jeneratörünü ücretsiz tamir edene kadar ona tekrar elektrik vermeyi reddetti.

Fakat günümüz kesintileri söz konusu olduğunda gerçek suçlu düzenlemelerin azaltılmasıdır. Ağustos 2003'teki kesintiden çok önce, analizciler böyle bir şeyin olabileceği yönünde uyarılarda bulunuyorlardı. 1998'de John Casazza adındaki eski bir servis sağlayıcı yöneticisi hükümet düzenlemeleri azaltmaya devam ederse kesinti riskinin artacağı tahmininde bulundu; onun

uyarılarını birçok başka enerji uzmanı da tekrarlardı. Yasa koyucular bu uyarılara kulak tıkadılar.

Düzenlemeler azaltılmadan önce belirli bir coğrafi bölgede elektriğin üretimini, aktarımını ve dağıtımını elektrik alıcıların ihtiyaçlarını karşılamaya yetecek kapasiteye sahip olan tek bir firma kontrol ediyordu. Uzun mesafeli elektrik sevkiyatları sadece beklenmeyen kesintilerde kullanılıyordu. Bu sistemi daha güvenilir kılıyordu, çünkü elektriğin gitmesi gereken mesafe ne kadar artarsa ara bağlantılar o kadar karmaşıklaşır ve sistem kesinti riskine o kadar açık olur. Nasıl yıldırım düz bir çizgiyi değil en az direnç olan yolu izlerse, elektrik de A noktasından B noktasına hangi bağlantı noktalarının en fazla uygun kapasiteye sahip olduğuna bağlı olarak çok sayıda uygun bağlantı noktası üzerinden akar. Eğer şebekenin belirli kısımları tam kapasiteye yakınsa, bu durum yoğun saatlerdeki trafik tıkanıklıklarının elektriksel eşdeğerini ortaya çıkarabilir. Çok az miktarda ilave elektrik bile telleri aşırı yükleyerek devre kesicileri çalıştırabilir ve bir zincirleme tepki arızasına neden olabilir. Yani "trafik" sıkışıp kalır.

Düzenlemelerin azaltılmasıyla elektrik üretimi aktarımdan ve dağıtımdan ayrıldı ve zorunlu bir hizmet yerine işlem gören bir ürün muamelesi görmeye başladı. Üretim şirketleri elektriklerini koyabildikleri en yüksek fiyattan satıyor, hizmet şirketleri de satıcının coğrafi konumuna bakmaksızın mümkün olan en düşük fiyattan alıyorlar. Bu bir serbest pazar ekonomisinde son derece mantıklıymış gibi görünse de elektriğin davranışının temelinde yatan fizik kurallarını gözardı ediyor. Daha da kötüsü, hizmet şirketleri enerji akışlarının özel bilgi olduğunu iddia ederek bunlara ilişkin hayati bilgileri saklamaya başladılar. Sonuç olarak, sistemin güvenilirliği doğru biçimde değerlendirilemez oldu. Bu bir orkestradaki farklı müzisyenlerin kendi notalarını çalıp nota kâğıtlarını diğer müzisyenlerden saklamalarına benziyor. Sonuçta hem daha az eşgüdümlü, hem de daha zor kontrol edilen bir sistem ortaya çıkıyor.

Enron, Reliant ve Dynergy gibi yeni enerji şirketlerinin ticaretten mümkün olduğu kadar fazla para kazanmak amacıyla

aktarım hatlarını tam kapasiteye yakın halde kullanmaları, yani özünde elektrik şebekesi sistemiyle "kumar oynamaları" durumu daha da kötüleştirdi. Bazı şirketler hile yapmaya çalıştı: Federal soruşturmacılar Enron ve Reliant'ın California'da yapay kesintiler oluşturup fiyatları yükseltmek için rakiplerinin şebekeye erişimini özellikle kestğini fark ettiler. Bu eyalette geniş çaplı kesintiler görülüyordu ve talep çabucak arzı geride bıraktıkça California'lılar elektrik fiyatlarının iki, hatta üç katına çıktığını gördüler. Servis sağlayıcı şirketler üretim kapasitelerinin çok büyük bir oranını sattıkları için, fiyat yükselten özel şirketlerin insafına kalmışlardı.

Yine de düzenlemelerin azaltılmasının destekçileri var; bu kişileraksi yönde kanıtların giderek artmasına rağmen bu uygulamanın sonunda sistemlerin veriminin artmasını ve müşteriler için ortalama maliyetlerin azalmasını sağlayacağına dair inançlarını koruyorlar. California'nın bir aşırı durum olduğunu iddia ediyorlar. Ama bu neden California'daki iki elektrik şirketinin krizden etkilenmediğini açıklamıyor. Bunların her ikisi de kamu şirketi idi ve fiyatları sabit kaldı.

Diğer bölgeler düzenlemelerin azaltılmasından California kadar etkilenmediler. Fakat yine de düzenlemelerin azaltılması elektrik şebekesi sistemini pazarın arz ve talebinin kaprislerine maruz bırakıyor. New York ve Massachusetts gibi yoğun nüfusa sahip eyaletlerde elektrik fiyatları ülkedeki en yüksekler arasında yer alıyor. 2002'de New York'ta yaşayanlar kilowatt saat başına ortalama 13,58 sent ödediler. Buna karşılık Kentucky'de yaşayanlar bu miktarın yarısından azını ödediler: kilowatt saat başına 5,65 sent. Doğru, geçinme masrafları Kentucky'de genel olarak New York'takinden daha az, ama görünüşe göre düzenlemelerin azaltılmasının bütün amacı bütün müşterilerin tasarruf etmesini sağlamaktı.

Bu bakımdan, uygulama son derece büyük bir başarısızlığa uğradı. Amerika Tüketici Federasyonu'nda araştırma müdürü olan Mark Cooper düzenlemelerin azaltılmasının etkisini "sıfır ile katıksız bir felaket arasında" değişiyor şeklinde nitelendirdi.

Yasa koyucuların vaatlerine rağmen, düzenlemelerin azaltılması Amerikalı tüketicilerin tasarruf etmesini sağlamadı – bunun yerine fiyatların önemli ölçüde artmasına, kesintilerin sıklaşmasına ve ilkesiz özel üretim şirketlerinin müthiş kârlar elde etmesine neden oldu. Anlaşılan o ki şirket açgözlülüğü fizik kurallarına rağmen hâlâ hüküm sürüyor. İhtiyacınız olduğunda idealist mucitler nereye kaybolur?

Gölge Edenler

*2 Şubat 1893: Edison bir hapsirliği
filme alıyor*

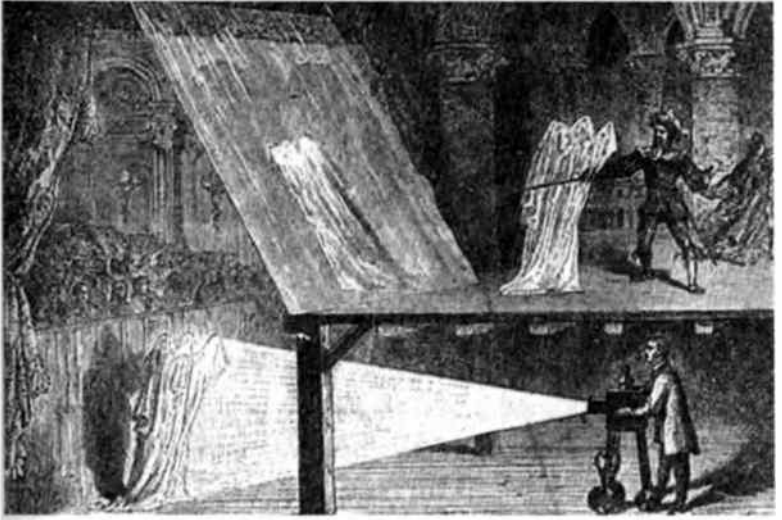
On altıncı yüzyılın sonlarına doğru Giambattista della Porta adında bir İtalyan bilim insanı bazı misafirlerini karanlık bir odaya oturtup bir pencerenin dışına kısa bir skeç oynamaları için aktörler yerleştirdi. Pencereden giren güneş ışığı izleme duvarının üzerine aktörlerin ters yüz hareketli görüntülerini vuruyordu. Bunun hafif bir eğlence olması amaçlanmıştı. Bunun yerine Giambattista'nın misafirleri hayal meyal silüetleri görünce paniğe kapılarak kaçıp gittiler ve Giambattista da sihirbazlık suçlamasıyla mahkeme önüne çıktı (suçlamalar sonradan reddedildi). Silüetler oluşturan ilk kişi o değildi -illüzyonistler bunu yüzlerce yıldır yapıyorlardı- ama yine de zamanının biraz fazla ötesindeydi: Bu numaranın altında yatan optik etkinin modern sinematografiye öncülük etmesine daha 300 yıl vardı.

Bugün her haftasonu milyonlarca insan en yeni kapalı gişe Hollywood filmlerini izlemek için sinemalara üşüşüyor, fakat

bunların pek azı durup bu milyarlarca dolarlık eğlence sanayinin teknolojik kökenini düşünür. Bütün fotoğrafçılık biçimleri karanlık oda adı verilen, karanlık bir odanın veya kutunun içindeki beyaz bir yüzeyin üzerinde harici nesnelerin ters görüntülerinin olduğu çok eski bir optik etkiye dayanır (bu etki 7. bölümde ayrıntılı olarak açıklandı). Önce güneş tutulmalarını gözlemlemek için, daha sonra sanatçılar tarafından görsel bir çizim yardımcı aracı olarak kullanılan karanlık oda ayrıca kendine özgü bir eğlence türü de sunuyordu. MÖ 121 civarında Çin’de Shao Ong adındaki bir büyücü ölü bir odalığın ruhunun İmparator Wu’ya görünmesini sağladığını iddia ettiği bir gölge oyunu sergiledi. Batlamyus da *Almagest* isimli eserinde (yaklaşık MS 140) "stereoskopik gösterim"e değindi.

1290’da Arnau de Villanova adındaki, simyacılık ve doktorlukla uğraşan, boş zamanlarında da büyücülük yapan bir adam karanlık oda kullanarak "hareketli gösteriler" veya "sinema" sunmaya başladı. Giambattista gibi o da izleyicilerini karanlık bir odaya oturtup aktörlere hemen dışarıda rol yaptırıyordu ve bu performansın görüntüleri –çoğunlukla savaşların veya avların canlandırmaları- ters yüz halde içerideki duvarın üzerine yansıyor. Fakat onun izleyicileri Giambattista’nın izleyicilerine göre çok daha az tepki gösterdiler ve sihribazlık suçlamalarıyla karşı karşıya kalmadı. On dokuzuncu yüzyıla gelindiğinde böyle performanslar o kadar yaygınlaşmıştı ki, seyyar hokkabazlık gösterileri izleyicilerini eğlendirmek için sürekli olarak onları kullanır olmuştu.

Spektroskopik gösterimin en ünlü varyasyonlarından biri "Pepper’in Hayaleti”ydi. 1862’de İngiliz göstericisi "Profesör" Henry Pepper, Henry Dircks adında emekli bir inşaat mühendisiyle işbirliği yaparak gerçek bir "hayalet”i tiyatro sahnesinde göstermeyi mümkün kılan bir fikir ortaya attı. İki adam 45 derece açıyla eğilmiş büyük bir dökme cam parçası kullandı. Sahnenin arkasındaki nesneler parlak bir ışıkla aydınlatıldığında görüntüleri sahnenin üzerinde üst üste geliyordu. Hayalet şeklinde giyinmiş bir aktör sahnenin arkasına yerleştiriliyor ve bir fe-



Pepper'in hayaleti

nerle aydınlatılıyordu. Adamın eğik dökme cam üzerinde oluşan saydam görüntüsü izleyicilere canlı oyuncularla "etkileşime girer" gibi görünüyordu. Sonraki versiyonlarda görüntüyü odaklamak ve netleştirmek için bir lens de eklendi.

Bu zarif bir numaraydı ve kuşkusuz *Hamlet* ve *Macbeth*'in on dokuzuncu yüzyıldaki temsillerinin gerçekçiliğini arttırmıştı, fakat sahnelenmesinde içkin bazı güçlükler vardı. Mikrofonun henüz olmadığı, doğal ses yükseltme yöntemlerine bel bağlandığı o dönemde, cam ses dalgalarını kısmen engelliyordu ve aktörlerin sesinin işitilmesini zorlaştırıyordu. Ama bu numara sey-yar karnavallarda çok başarılı oldu. Pepper'in kendisi sahne illüzyonuyla dünya turuna çıktı ve Avustralya'ya bile gitti. Oradaki gösterisi şartlı tahliye edilmiş, 1826'da da ortadan kaybolmuş Fredrick Fisher adında bir hükümlü hakkındaki bir hayalet hikayesinden ilham almıştı. Fisher evine döndüğünde George Worrell adında bir dostunun çiftliğine el koyduğunu görmüştü. Sonra Fisher gizemli bir biçimde ortadan kaybolmuştu ve Worrell de Fisher'in giysilerini giymeye başlamış ve çiftliği satın aldığını, buna karşılık da bir alındı makbuzu aldığını iddia etmişti. Nihayet James Farley adında bir adam bir gece arazi-

nin yanından yürürken dereye –Fisher’in yattığı yere- doğru işaret eden hayalet benzeri bir silüetle karşılaşınca Fisher’in cesedi bulundu.

Karanlık oda fikri aynı zamanda iğne delikli fotoğraf makinesinin ve fotoğrafçılığın ortaya çıkışının da temelini oluşturdu. Bu gelişme Charles François Tiphaigne de la Roche’un on sekizinci yüzyılın ortalarında yazdığı *Giphantie* adında bir bilimkurgu romanında ürpertici bir şekilde öngörülmüştü. De la Roche’un tasavvur ettiği hayali dünyada doğadan bir görüntüyü yapışkan bir maddeyle kaplanmış bir tuvalin üzerinde yakalamak mümkündü. Tuval karanlıkta kurutulduktan sonra görüntüyü koruyordu. Kimyanın de la Roche’nin hayal gücüne yetişmesi bir yüzyıldan fazla zaman alacaktı. Bilim insanları gümüş klorürün ve gümüş nitratın ışığa maruz bırakıldıklarında karardığını zaten biliyorlardı ve ilk silüet görüntüler on dokuzuncu yüzyılın başında Thomas Wedgwood tarafından elde edilmişti. Ama bu fotokimyasal etkinin görüntüleri kalıcı hale getirmek için kullanılabileceği hâlâ kimsenin aklına gelmemiştir.

Fotoğrafçılık özünde zaman içinde bir anı dondurur. Işık fotoğraf makinesinin lensinin görüş alanı içindeki nesnelere çarpıp geri sekerken fotoğraf makinesinin içindeki filmi kaplayan kimyasallarda –küçük gümüş halojenür kristali zerreleri- bir tepkime başlatır. Bu kristaller doğal olarak ışığa duyarlıdır. Fotoğraf makinesinin örtücüsünü bir anlığına açarak kristalleri ışığa maruz bırakır ve enerjiyi fotonlardan gümüş halojenür kristallerine aktarır. Bu kimyasal tepkimeyi başlatır ve vizördeki nesnelerden yansıyan görünür ışığın gizil bir görüntüsünü oluşturur. Eğer içeriye çok fazla ışık alınırsa, çok fazla zerre tepkimeye girecek ve fotoğraf soluk görünecektir. Çok az ışık da tersi bir etkiye neden olacaktır: Yeterince zerre tepkimeye girmez ve fotoğraf çok karanlık çıkar; kapalı bir alanda flaşsız fotoğraf çekmiş olan herkes buna tanıklık edebilir. Açıklığın boyutuyla veya lens açma kontrolleriyle oynamak ışık miktarını kontrol eder. Çağdaş fotoğraf makinelerinde bu gözbebeğiyle aynı biçimde çalışan diyaframın işidir. Banyo işleminde ışığa duyar-

lı zerrelerle karşılıklı tepkimeye girerek ışığa maruz kalmış olanları karartan ve bir negatif ortaya çıkaran kimyasallar kullanılır. Bu negatifler daha sonra baskı işleminde pozitif bir görüntüye dönüştürülür.

New York City’de yaşayan Vera Lutter adında bir sanatçı yıllardır kendi karanlık odasını kullanarak “fotoğraflar” oluşturuyor. Lutter 1998’de Queens’in simgesi olan Pepsi Cola fabrikasının damında tahta bir kulübe inşa etti ve sonraki altı yılı ilk olarak 1936’da dikilmiş dev kıvı neon Pepsi tabelasının baskılarını alarak geçirdi. Güneş ışığı kulübenin bir tarafındaki küçük bir açıklığın içinden içeri doluyor ve karşı duvarın üzerinde Pepsi tabelasının terz yüz, ters çevrilmiş bir görüntüsünü ortaya çıkarıyordu. Lutter her sabah o duvarın üzerine üç büyük ışığa duyarlı kâğıt parçası asıyordu. Üç saat boyunca –kullanılabilir bir görüntü elde etmek için gereken en kısa ışıklandırma süresi- ışık görüntüyü kâğıdın üzerine yakıyordu, ardından Lutter Manhattan’daki stüdyosunda görüntüleri banyo ediyor ve 4,57 metreye 2,44 metrelik tek fotoğraf baskıları halinde bir araya getiriyordu. Baskılarını sergilemiş kurumlar arasında Whitney Müzesi de vardır. Pepsi Cola tabelası sonradan başka yere taşındı; Lutter tabelanın sökülmesini gelecek kuşaklar için özenle belgeledi.

Temmuz 1827’de Fransız Joseph-Nicéphore Niepce ilk hareketsiz fotoğrafı çekti. Görüntüyü yakalamak için ışığa maruz kaldığında sertleşen bir malzeme kullanmıştı, fakat bu tam sekiz saatlik bir ışıklandırma gerektiriyordu ve görüntü geçici oluyordu. Altı yıl sonra Louis Daguerre fotoğraf levhalarını banyo etmenin yolunu keşfederek ışıklandırma süresini yarım saate düşürdü ve levhaları bir tuz çözeltisine batırarak görüntüleri kalıcı hale getirmeyi başardı. Bu “daguerrotipler” hareketsiz fotoğrafların ilk örnekleriydi ve fazlasıyla rağbet gördüler. ABD Başkanı Abraham Lincoln’dan tutun da şair Emily Dickinson’a kadar çok çeşitli tarihi figürlerin görüntüleri gelecek nesiller için daguerrotipler halinde kaydedildi ve bu süreç ilk fotoğrafçı muhabirlerin Amerikan İç Savaşı’nın dehşetini belgelemelerini sağladı. Fakat daguerrotipler pahalıydı ve fazladan baskıları alınamıyordu.

Kopya çıkarmanın tek yolu yan yana iki ayrı fotoğraf makinesi kullanmaktı. Bu yüzden William Henry Fox Talbot adındaki bir İngiliz rakip bir teknoloji olan kalotipi icat etti. Kalotipin kağıt negatifleri daguerrotipler kadar kaliteli olmuyordu, fakat sınırsız sayıda pozitif baskı yapma imkanı vardı. Çağdaş fotoğrafçılık da aynı prensibe dayalıdır.

1840'larda hızla Avrupa çapında fotoğraf stüdyoları açılmaya başladı. 1860'ların ortalarına gelindiğinde yalnızca Londra'daki Regent Caddesi'nde 42, 1850'de de yalnızca New York'ta 66 fotoğraf stüdyosu vardı. Kartvizitlerde fotoğrafa da yer vermek standart bir uygulama halini aldı (kartvizit o dönemin olmazsa olmaz üst sınıf etiketiydi). Mucitler de bu süreci geliştirmeye devam ettiler. Birkaçı negatifler için camı temel alarak deneyler yaptılar, fakat gümüş çözelti parlak yüzeylere yapışmıyordu. 1848'de Abel Niepce de Saint-Victorcam bir levhayı potasyum iyodürle karıştırılmış yumurta beyazıyla kaplama, ardından asidik bir gümüş nitrat çözeltisiyle yıkama fikrini ortaya attı. Sonuçta bol ayrıntı ve çok daha iyi kalite elde ediliyordu, fakat prosedür yine uzun bir ışıklama süresi gerektiriyordu. Üç yıl sonra Frederick Scott Archer ışıklama süresini yalnızca birkaç saniyeye düşüren kolodyum sürecini geliştirdi, fakat bu hâlâ "ıslak" bir süreçti, yani bütün fotoğraf çekildiği anda bütün teçhizatın aynı yerde olmasını gerektiriyordu.

Nihayet 1871'de Richard Maddox fotoğraf levhasının temeli olarak cam yerine jelatin kullanmanın bir yolunu buldu; böylece çok daha çabuk fotoğraflar ortaya çıkarabilen bir kuru levha süreci geliştirdi.

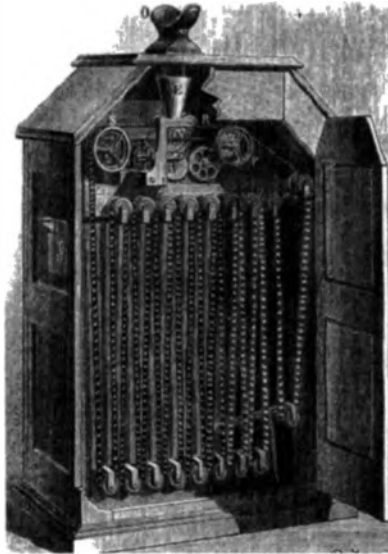
Mucitlerin resimleri hareket ettirmenin yöntemleri hakkında tahminlerde bulunmaya başlaması sadece an meselesiydi. İnsanlar şimdiden elle çizilmiş, ilk animasyonlu çizgi filmlere veya çocukken oynadığımız animasyonlu kitaplara benzeyen kaba sinema filmleri yapmaya başlamışlardı. İngiliz fotoğrafçı Eadweard Muybridge bu fikri bir adım öteye götürdü ve bir nesnenin bir dizi resminin çekilip sırayla gösterildiği bir sürecin geliştirilmesinin öncülüğünü yaptı. Hareketi incelemekle ilgilenen

Muybridge'den California valisi için bir iddiayı sonuçlandırması istendi. Vali bir atın dörtmala giderken belli bir anda dört ayağının birden yerden kesildiğinde ısrar ediyordu. Muybridge kısa süren bir kesinti dışında –on dokuzuncu yüzyılın O.J. mahkemesinde karısının sevgilisini öldürmekten yargılandı ve aklan- dı- kendini tamamen bu işe adadı ve parkur üzerindeki tökezle- me tellerine bağlanmış 24 fotoğraf makinesi kullanarak dörtmala giden bir atın fotoğraflarını çekmeyi başardı. Görüntüler valinin haklı olduğunu kanıtladı ve halkın dikkatini Muybridge'in skan- dal yaratan yargılamasından başka yöne çekti.

Muybridge hareket halindeki erkekler ve kadınlar üzerinde kapsamlı fotoğraf incelemeleri yapmaya devam etti; 1878'de *Scientific American* bu fotoğrafların bir kısmını yayımlayarak oku- yucularına onları kesip "zoetrop" adı verilen görsel bir oyuncağa yerleştirerek hareket yanılsamasını tekrar yaratmalarını tavsiye etti. Zoetrop özünde üstü açık, etrafında döndüğü merkezi bir eksenden destek alan küçük bir tamburdu. Kâğıt şeritler üzerin- deki elde çizilmiş görüntü dizileri tamburun iç çeperinin çevresi- ne yerleştiriliyordu ve yanlarda, tamburun bütün dış yüzeyi bo- yunca, resimlerin yerleştirildiği yerin hemen üzerinde eşit ara- lıklarla kesilmiş boşluklar varken. Bu boşluklar insanların tam- bur çevrilirken görüntüleri hareket halinde görmelerini sağlı- yordu. Dönme hızı ne kadar yüksekse görüntülerin ilerleyişi de o kadar akıcı oluyordu.

Bu fikirden etkilenen Muybridge kendi uyarlaması olan zo- opraksiskobu icat etti. Bu aygıt dönen cam disklerdeki görün- tülerini hızla arka arkaya gösteriyordu. Görüntüler doğrudan cam- ın üzerine boyanıyorlardı. Bu özünde ilk film projektörüydü ve çabucak başkalarının yeni bulduğu fikirleri alıp kârlı icatla- ra dönüştürmek gibi bir huyu olan Amerikan mucidi Thomas Edison'un –"Menlo Park'ın sihirbazı"- dikkatini çekti. Edison sonradan ilk sinema kameralarından biri olan kinetograf için pa- tent aldı ve icadını kullanarak kısa filmler çekmeye başladı. Bu filmler kinetoskop adını verdiği bir yardımcı projeksiyon cihazı kullanılarak görüntüleniyordu.

Edison 1847'de dünyaya geldi, Michigan'ın Port Huron kentinde büyüdü ve daha ilk yaşlarında çevresindeki dünyaya gösterdiği büyük merakla ve kendi deneylerini yapmasıyla kendini gösterdi. 1869'da 22 yaşındayken ilk icadı elektrografik oylayıcı patentini aldı. Bu cihaz yasa koyucuların kırıntıların sarkmasının getirdiği karışıklık riski olmaksızın bir elektrik anahtarını sola veya sağa çevirerek bir konunun lehine veya aleyhine oyları kaydedebilmelerini sağlıyordu. Bundan sonra hayatını mucitliğe vakf ederek 1000'den fazla icat yaptı. İlk olarak 1878'de, fonograf için patent aldığı sıralar bir sinema kamerası üzerine düşünmeye başladı. Fonograf bir iğne vasıtasıyla folyo bir silindirde seslere, örneğin bir insanın sesine karşılık desenler oluşturan bir aygıttı. İkinci bir iğne desenli silindir dönerken sesi geri çalıyordu. Edison bu teknolojiyi hareket eden resimlerle sesi bir araya getirecek şekilde genişletmeye hevesliydi, fakat bunu yapmak için bir yöntem keşfetmesi için bir on yıl daha geçmesi gerekecekti. 1888'de, "Fonografin kulak için yaptığını göz için yapan, hareket halindeki nesneleri kaydeden ve tekrar oynatan bir alet üzerinde deneyler yapıyorum," diye yazdı.



Edison'un kinetoskobu

Muybridge'in fotoğrafçılık başarılarından etkilenen Edison hareketli resimlere ses eklemek üzerine konuşmak için onunla görüştü. İşbirliği yapmayı reddedenin Muybridge mi, yoksa Edison mu olduğu hakkında çeşitli rivayetler var, fakat görünen o ki Edison zoopraksiskopun bir dizi görüntü elde etmek için birçok fotoğraf makinesi kullandığı için pratik olmadığını düşünmüştü. Edison arka arkaya görüntüleri tek bir cihazda kaydedebilen bir fotoğraf makinesi tahayyül ediyordu ki bu yaklaşımın çok daha pratik ve uygun maliyetli olduğu ortaya çıktı. Sonraları, 1925'te "Planım fotoğraf makinesiyle fonografı resimler alındığı anda sesleri de kaydedecek şekilde senkronize etmek ve bu ikisini uyumlu biçimde tekrar oluşturmaktı," diye anlattı. Temel fikir fonograftakine benzer bir silindir kullanmak, onu bir fotoğraf makinesinin içine yerleştirmek, sonra da ışığa duyarlı bir malzemeyle kaplamaktı.

Şans eseri bu George Eastman'ın yeni selüloit filminin piyasaya sürdüğü döneme denk geliyordu. Bu film ışığa duyarlı levhalar ve büyük, ağır fotoğraf makineleri kullanılan eski sistemin yerine geçmeye başladı ve "Brownie" fotoğraf makinesinin üretilmesine yol açtı. Bu film basitçe saydam bir plastik malzemeden (selüloit) oluşan, bir tarafı jelatinle bir arada tutulan birkaç farklı kimyasal tabakayla kaplanmış bir şeritti. Edison yeni filmin bir kısmının uzun şeritler halinde kesilmesi emrini verdi. Asistanı William Dickson bir kol çevrildiğinde filmi lensin ötesine hareket ettirecek bir sistem geliştirdi. Bu kinetograftı. Her fotoğraf çekildiğinde silindir hafifçe çevriliyor, sonra başka bir fotoğraf çekiliyordu. Bu kaba film daha sonra işleminden geçiriliyor ve bir görüntüleyici (kinetoskop) vasıtasıyla ağır çekimde oynatılıyordu.

Edison'un çektiği ilk "film" New Jersey'in Newark kentindeki laboratuvarında çalışan bir işçi olan Fred Ott'un kiydi. Ott 2 Şubat 1893'te yüksek sesle hapsirdi. Hapsirliğin sesi filmle birlikte çalınmak üzere bir fonografa kaydedildi ve deney müthiş bir başarıya ulaştı. Edison'un bundan cesaret alan ekibi West Orange'daki polis devriye arabalarını andırdığı için "Kara Maria" diye anılan bir stüdyoda filmler çekmeye başladı. Tavanın-

da güneş ışığının içeri girip sahneyi aydınlatabilmesini sağlayan bir delik olan stüdyo günümüz standartlarına göre son derece ilkel. Edison'un ekibinin binayı hareket ettirebilmesi ve gün boyunca güneşin rotasını izleyebilmesi için bütün bina bir dizi rayın üzerine inşa edilmişti. Filmler –ilk örnekleri yalnızca birkaç saniye sürüyordu- ülke çapındaki çarşılara yerleştirilmiş kinetoskoplarda gösteriliyordu. Müşteriler beş sentlik nikel para karşılığında sirk oyuncularının, dansçıların veya hayvanların kısa filmlerini izleyebiliyorlardı; çarşılara işte bu yüzden “nickelodeon” denilmeye başlandı. Sonunda ekip 15 dakikalık bir macera filmi olan “Büyük Tren Soygunu”nu tamamladı ve daha sonra da bu işe devam ederek 2000'den fazla kısa film daha çekti.

Dijital fotoğrafçılığın gelişmesi ve bilgisayar gücündeki üstel artışlar sayesinde bugünün film endüstrisi bu alçakgönüllü teknolojik başlangıcını çok geride bıraktı. Çağdaş dijital fotoğraf makinesi geleneksel fotoğraf makinesiyle aynı ilkeyi kullanarak çalışır, fakat ışığı bir film parçasının üzerine odaklamak yerine elektrik yüklerine dönüştüren çok küçük, ışığa duyarlı diyotlardan yapılmış bir görüntü alıcısı üzerine odaklar. Yani inip çıkan ışık dalgalarını (analog veri) sayısal bilgisayar verilerine çevirir. Bir kere analog verileri sayısal biçime dönüştürmek mümkün hale geldikten film teknolojisi ileri doğru dev bir adım attı; çok gelişkin sinematografi ve sesler, ayrıca sadece şaşırtıcı özel efektleri değil karakterlerin ve fantastik dünyaların tamamını sıfırdan yaratabilen çok karmaşık sayısal aygıtlar kullanılır oldu.

J.R.R. Tolkien'in başyapıtına göz alıcı biçimde hayat veren Peter Jackson'un yönettiği Oscar ödüllü *Lord of the Rings* üçlemesini çekmek bundan sadece on yıl önce imkansız olurdu. Bu üçleme hatırdaki kalıcı yarı insan, yarı bilgisayarda oluşturulmuş bir karakterle teknolojiyi bir adım ileriye taşıdı: Gollum, Tek Yüzük'e (“kıymetlimiss”) duyduğu şiddetli arzuyla, ıslıklı konuşmasıyla ve birinci kişi zamirlerini patolojik biçimde yanlış kullanmasıyla öne çıkan tehlikeli bir Hobbit. Çağdaş film yapımcıları Villanova, Giambattista ve “Profesör” Pepper gibi gölge oyuncularının izinden giden yeni illüzyonistlerdir.

Radyo Günleri

*2 Şubat 1893: Tesla kablosuz radyoyu
sergiliyor*

Roger Waters'ın 1987 tarihli konsept albümü *Radio K.A.O.S.*'un hikayesinin merkezinde Galli bir kömür madencisi ve amatör telsiz operatörü olan Benny vardır. Benny'nin ikiz kardeşi Billy tekerlekli sandalyeye mahkum, zihinsel engelli ve dilsizdir. Ama Billy'nin gizli, özel bir becerisi vardır: Radyo dalgalarını sinyalleri ses dalgalarına dönüştürecek bir antene veya alıcıya ihtiyaç duymaksızın doğrudan kafasının içine alabiliyordur. Bu emsalsiz becerisi radyo programlarını, polis yayınlarını, hatta dış uzaydan gelen, "uzak yıldızlardan gelen mesajlar" olduğuna inandığı radyo dalgalarını alabilmesini sağlar.

Radyo dalgalarını göremeyiz ama onlar sürekli olarak dört bir yanımızdadırlar. Görülebilir ışık gibi onlar da elektromanyetik spektrumun bir parçasıdırlar, fakat dalga boyları çok daha uzundur. Radyo dalgaları bir futbol sahası kadar uzun, veya futbol to-

pu kadar kısa olabilirler. Bu geniş aralıkları onları bilgi aktarmak için ideal yapar, çünkü özel cihazlara farklı frekanslar atanabilir. Radyo dalgalarını yalnızca AM ve FM radyolarda, polis ile itfaiye telsizlerinde değil, aynı zamanda televizyonda, radarda, cep telefonlarında, bebek izleyicilerde, uzaktan kumandalarda, garaj kapısı açıcılarında ve daha birçok yerde kullanırız. Çakışmalarını engellemek için her cihaz tipinin kendi frekansı vardır.

Radyo varlığını iki daha eski icada borçludur: Telefon ve telgraf. Bu icatların üçü de birbiriyle yakından ilişkilidir ve her biri elektromanyetik paranın farklı bir yüzünü sergiler. Herhangi bir telsiz cihazın zorunlu bileşenleri bir pil ve madeni bir teldir. Pil basit bir aktarıcı rolü üstlenerek bir elektrik akımını tel boyunca gönderir; akım telin çevresinde bir manyetik alan oluşturur. Akımın voltajı ne kadar yükseğe manyetik akım o kadar güçlü olur ve o kadar uzağa gidebilir. Pili tekrar tekrar bağlayıp çıkarmak manyetik alanda değişimlere neden olur ve alıcı rolü üstlenen ikinci bir telde elektrik akımı oluşmasına yol açar. Pili bağlamak manyetik alan oluştururken çıkarmak bu alanı yok eder; elektronlar bu iki an boyunca ikinci telde akarlar. Bu süreç aynı zamanda spektrumun radyo bölgesinde ışık dalgaları biçiminde bir ışınım açığa çıkarır.

İlk telsiz cihazını icat edenin kim olduğu meselesi tarihi olarak çok fazla tartışmaya ve yasal işlemlere neden oldu. İtalyan mucit Guglielmo Marconi “kara kutu”sunu –aslında anteni olan bir kıvılcımlı bir aktarıcı- İtalya’nın Bologna kentindeki evinde Aralık 1894’te icat ettiğini öne sürdü. Marconi 1896’da Londra’ya kutusuyla beraber ilk geldiğinde izleyicileri bir “hokkabazlık numarası” ile eğlendirdi: Odanın öte yanındaki çingiraklı bir zili kablo yerine radyo dalgaları kullanarak çaldırdı. Fakat Sırp mucit Nikola Tesla halka açık ilk radyo iletişimi gösterisini bir yıl önce Missouri’nin St. Louis kentinde yapmıştı. Marconi’nin kutusu Tesla’nın yayımlanmış makalelerden açıklanmış olan cihazının bir reproduksiyonundan başka bir şey değildi. Tesla’nın makaleleri çabucak birçok dile çevrilmiş oldukları halde Marconi onları okumuş olduğunu inkâr etti.

Böylece yıllarca sürececek bir tartışma başladı. Her iki adam da sonradan çok kârlı olduğu anlaşılacak bu teknolojinin mucidi ve patent sahibi olarak tanınmak için birbiriyle rekabet ediyordu. Tesla bir telsiz cihazının patentini daha 1897’de almış olsa da “kabloşuz iletişimin babası” olarak ün kazanan, hatta katkıları nedeniyle 1909 Nobel Fizik Ödülü’ne ortak olan Marconi oldu; ödülün diğer sahibi Tesla değildi. Aslında mali destekçilerinden yardım alan Marconi bu yeni teknolojiyi saldırgan bir biçimde geliştirmiş ve pazarlamıştı. Fakat ödül seçme komitesinin Tesla’nın ona yaptığı ufuk açıcı katkıları böyle tamamen göz ardı etmesi korkunç bir gafletti.

O sıralar kimsenin radyo dalgalarının ne olduğunu veya nasıl işlediklerini gerçekten anlamıyor oluşu meseleyi daha da karmaşıktırılıyordu – hele Marconi hiç anlamıyordu. Tesla bile elektromanyetik spektrumun diğer bir parçasını değil yeni bir dalga türünü keşfettiğini zannediyordu. O dönemde aktarımlar çoğu kişiye büyü gibi geliyordu ve bu yüzden birçok kişi telsizin doğaüstü özelliklere sahip olduğu ve ölümlerle iletişim kurmak için kullanılabileceği sonucuna varıyordu. Bir keresinde Thomas Edison ölümlerle konuşmayı sağlayan bir telefon yapmaya çalışmıştı ve yaygın bir şehir efsanesine göre Mary Baker Eddy belki öbür dünyadan aktarabileceği değerli iç görüşleri olabilir diye bir telefonla beraber gömülmüştü. Bu fikirden tamamen vazgeçmiş değiliz. 2001 yapımı *Frekans*’ın konusu buydu: Filmde bir oğul eski bir telsiz cihazı vasıtasıyla aynı çağrı işaretlerini veya atanmış frekansları kullanarak ölmüş olan babasının 30 yıl önceki haliyle, ama farklı zaman boyutlarında iletişim kuruyordu.

İlk telsiz aktarıcılara “kıvılcım bobini” deniyordu, çünkü yüksek voltajlarda sürekli bir kıvılcım akışı oluşturunyorlardı. Yayınları bütün radyo spektrumunu kapsıyor ve çoğu zaman parazit oluşmasına yol açıyordu. Yine de standart bir telgraf anahtarı kullanarak radyo dalgalarını kapatıp açmak, böylece paraziti Mors alfabesiyle mesajlar aktarmak için kullanmak mümkündü. Bu sinyaller alıcı uçta yakalanıyor ve çözülüyordu.

Telsiz telgraf sayesinde 1909'da kuzey kutbunu keşfe çıkan Robert Peary Kuzey Kutbu'nu keşfettiğini dünyaya duyurabildi. Ve Nisan 1912'de de, batırılamaz olduğu düşünülen *Titanic* bir buz dağına çarptıktan sonra alt bölmeleri suyla dolarken telsiz telgraf operatörü Mors alfabesiyle giderek heyecan dozu artan bir dizi mesaj gönderdi. Bu mesajların arasında sonradan dünyanın en ünlü imdat sinyali olacak sinyal de vardı: nokta nokta nokta çizgi çizgi çizgi nokta nokta nokta (SOS).

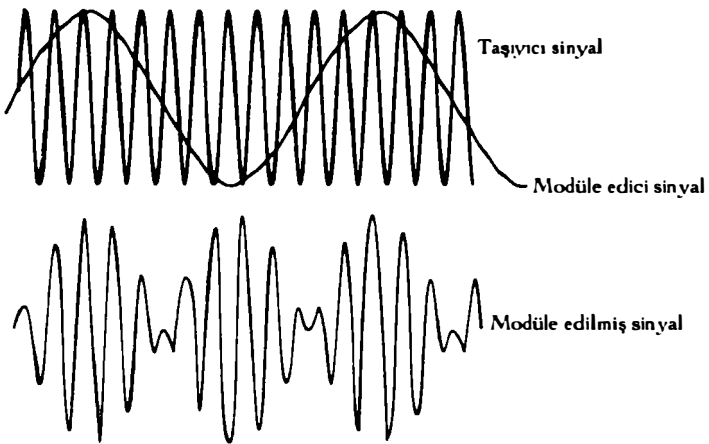
Telsiz telgraf İngiltere'de firar etmiş bir katilin yakalanmasına yardımcı bile oldu. 1910'un başlarında Dr. Hawley Crippen karısı Cora'nın başını kopardı, Manş Denizi'ne attı ve cesedinin geri kalanının da evinin döşeme tahtalarının altına göndü. Crippen karısının başka bir adamla kaçtığını iddia etti. Polis ona inandı, ta ki Crippen kendisi de sevgilisi Ether LeNeve ile birlikte ortadan kayboluncaya kadar. Çifti yakalama şansı çok düşük görüntüyordu, fakat 22 Temmuz'da Scotland Yard Quebec'e doğru yol alan S.S. *Montrose*'un kaptanından bir telsiz telgraf mesajı aldı. Kaptan baba oğul olduklarını iddia eden, fakat güvertede el ele görülen iki şüpheli yolcu olduğunu bildiriyordu. Bunlar kılık değiştirmiş olan Crippen ve LeNeve'den başkası değillerdi. Teknik olarak gemide kaldıkları sürece hâlâ İngiliz toprağındaydılar, bu yüzden Scotland Yard'dan bir müfettiş daha hızlı bir gemiye bindi ve gemi Montreal'e ulaşmadan yollarını kesti. Crippen yargılanmak üzere İngiltere'ye geri götürüldü, cinayetten hüküm giydi ve asıldı.

Bir kere telsiz telgraf başarıyla sergilendikten sonra, dikkatler konuşmayı ve müzik de dâhil olmak üzere sesleri iletebilen telsiz bir cihaz yapmaya çevrildi. Bundaki ilk adım telefondakiyle aynıdır: Ses dalgaları bir aktarıcı vasıtasıyla elektrik akımına dönüştürülür. Ama kodlanmış ses verileri bir tel boyunca ilerlemek yerine bir radyo dalgası üzerinde yolculuğa çıkar. Bunu dalganın ya yüksekliğini –genliği diye de bilinir-, ya da dalganın saniyedeki salınım yapma sayısı anlamına gelen frekansını değiştirerek yapar.

Modüle edilmemiş radyo dalgasını bembeyaz bir k'âğıt parçası, kodlanmış ses dalgasını da basılı sözcükleri oluşturan mü-

rekkep olarak düşünebilirsiniz. Mürekkep kâğıdın arka planında ufacık değişimlere neden olur, bu da gözün “okuduğu” zaman gördüğü şeydir. Eski moda plak kayıtları (uzunçalarlar) bilgiyi kodlamak için plaktakji olukların değişimlerini kullanırlar. Bu bilgi pikap iğnesinin ucu tarafından “çözülür”. Kompakt diskler (CD’ler) de hemen hemen aynı ilkeyle çalışırlar, fakat verileri oluklar yerine “çukurlar” içine kodlarlar ve bu veriler lazer ışını tarafından çözülür. Aslında duyuşal bilgilerimizin büyük bölümünü arka plandaki değişimlerden alırız. Radyo söz konusu olduğunda kâğıt ve mürekkebin yerini gürültü alır.

Modüle edilmemiş radyo dalgaları hep aynı yükseklikte veya frekanstadır. Veri taşıyan bir elektrik akıntısını dalgaya katmak bu iki özellikten birinde ufak değişimlere neden olur. Örneğin, AM (genlik modülasyonu) radyo genliği değiştirirken, FM (frekans modülasyonu) radyo ise frekansı değiştirir. Bu değişiklikleri tespit eden alıcı bilgiyi çözer. Osiloskop adı verilen aletlerde bu dalga değişikliklerinin oluşumunu izleyebilirsiniz. Osiloskoplar *Devlet Düşmanı* gibi filmlerde ve televizyon dizilerinde sıklıkla kullanılırlar. O filmde federal ajanlar o günkü şüphelilerin evinden yaptığı telefon konuşmalarını dinlerken ne zaman bir insan konuşsa monitördeki dalgalı yeşil çizgilerin boyutu ve



Bir radyo dalgasının genlik modülasyonu

şekli bununla orantılı olarak değişir; bir kalp monitörü de benzer bir biçimde işler.

Marconi bir telsiz telgraf imparatorluğu kurmakla meşgulken, Tesla -her zamanki gibi öngörüyle - dikkatini telsiz radyo yayınlarına vermişti. 1899'da, Marconi'nin Manş Denizi'ni aşan bir telsiz telgraf sistemiyle Fransa ile İngiltere'yi birbirine bağladığı yıl, Tesla telsiz radyo dalgaları oluşturdu ve onları kilometrelerce uzağa aktardı. Aktarım anteni aynı zamanda alıcı görevi görüyordu ve Tesla onu gök gürültülü fırtınaları izlemek için kullanıyordu. 1901'de Colorado'daki deneylerinin başarısından cesaret alarak New York'un Wardencllyffe kentinde dev bir radyo istasyonu inşa etmeye başladı. Genç kızı Anna yakışıklı mucide tutulmuş olan J.P. Morgan projeye mali destek veriyordu. Aktarım kulesi çok büyüktü, yüksekliği 57 metreydi ve 20,7 metrelik bir kubbeye sahipti. Telsiz sinyallerini yerküredeki herhangi bir noktaya kablo olmadan aktarmak amacıyla yapılmıştı.

Fakat Tesla ile Morgan'ın arası kule tamamlanamadan açıldı, bu kısmen projenin umulandan çok daha uzun sürmesi ve bütçesini çok aşmış olması yüzündendi. Marconi'nin 1901'de ilk okyanus ötesi telsiz telgraf aktarımını böyle dev bir teçhizat yatırımı olmaksızın başarmış olması da Tesla'nın amacına köstek oldu – Marconi bu başarıyı Tesla'nın patentli aletini kullanarak elde etmiş olsa bile. Bu Tesla'nın bilimsel ünü ve zenginliği için sonun başlangıcı olacaktı. Sonradan borçlarını ödemek için Wardencllyffe Kulesi'nin mülkiyetini alacaklılara devretti. Yapı 1917'de yıkıldı ve hurda olarak satıldı.

Tesla bütün o mükemmelliğine rağmen tuhaf biriydi ve garip huyları yaşı ilerledikçe daha da belirginleşti. Televizyon dizisi *Monk*'taki "kusurlu dedektif" Adrian Monk gibi Tesla da saplantı-zorlantı bozukluğundan muzdaripti ve bu sorunu gitgide artan bir mikrop korkusuyla kendini belli ediyordu. Tesla her zaman beyaz eldivenler giyiyor ve nadiren el sıkışıyordu. Asla numarası üçe bölünebilen bir otel odasında veya otel katında kalmıyordu; kadınların giydiği inci küpelerden korkuyordu ve yemeklerde bol miktarda peçete almakta ısrar edi-

yor, bunları kullanarak çatal bıçak takımını özenle temizliyordu. Hayatının son yıllarında orduların tamamını saniyeler içinde yok edebilen ölüm ışınları hakkında tuhaf iddialar ortaya attı. 7 Ocak 1943'te, son 10 yıldır yaşadığı New Yorker otelinde beş parasız halde öldü. Dokuz ay sonra ABD Yüksek Mahkemesi Marconi'nin ilk patentinde Tesla tarafından önceden kaydedilmemiş hiçbir şey olmadığı için Marconi'nin değil Tesla'nın telsiz iletişim ve radyonun babası sayılması gerektiğine hükmetti. Bazı tarihçiler Tesla'ya "teknolojinin unutulmuş babası" adını taktiler. Tesla'nın kendisi çağının kuşkucuları için, "Bugün onların. Bense asıl gelecek için çalıştım ve o benim olacak," demişti.

Tesla zamanının tam olarak ne kadar ilerisindeydi? 1899'da Tesla gezegenler arası iletişimin mümkün olduğunu ileri sürdü ve bilim insanı meslektaşlarının alaylarına maruz kaldı. Yaklaşık 70 yıl erken davranmıştı. 20 Temmuz 1969'da, Apollo 11 astronotları Neil Armstrong ve Edwin "Buzz" Aldrin aya ayak basan ilk insanlar olduklarında milyonlarca Amerikalı televizyonlarına mihlanmış halde onları izlediler. Astronotlar ay modülünden inmelerinden kısa süre sonra Dünya'da bulunan ABD Başkanı Richard Nixon ile bir telefon görüşmesi yaptılar. Nixon onları başarıları için kutladı ve "Bu kesinlikle gelmiş geçmiş en önemli telefon görüşmesi olmalı," diye ilan etti.

Dış uzayın o geniş boşluğunda ne bir telefon direği ne de teli yoktu, fakat radyo dalgaları vardı. Nixon telefon görüşmesini yapmak için bir tür telsiz telefon kullandı. Bu bir mesajı İngilizceden Fransızcaya, ondan Almancaya, sonra yeniden Fransızcaya ve İngilizceye çevirerek göndermekle karşılaştırılabilecek, dikkatle hazırlanmış bir tertibatti. Beyaz Saray'ın telefonu başkanın sesini elektrik sinyallerine dönüştürüyor, bunlar tellerle Texas'ın Houston kentindeki Görev Kontrolü'ne aktarılıyorlardı. Ardından bu sinyaller bir telsiz taşıyıcı dalga üzerinde seyahat edip bir iletişim uydusu vasıtasıyla aya iletiliyorlardı. Ay modülünün üzerindeki anten ve alıcı taşıyıcı dalgayı yakalıyor ve sinyali astronotların uzay elbiselerindeki bir alıcıya aktarıyordu. Bu alıcı astronotların başkanın sesini duyabilmeleri için elektrik

sinyalini yeniden sese dönüştürüyordu. Başkanın astronotların konuşmasını duyabilmesi için bütün bu süreç tersten gerçekleşiyordu. Toplam olarak, aktarılan sinyallerde her bir yönde yaklaşık 1,285 saniyelik bir gecikme vardı.

Tesla'nın diğer gezegenlerle iletişime büyük merak duyması 1899'da başına gelmiş sıra dışı bir olaydan kaynaklanıyordu. Colorado Springs'te bir gece Tesla telsiz alıcısında garip ritmik sesler duydu. Bu sesler o kadar düzenli bir yapıya sahipti ki Tesla bunların ancak Venüs veya Mars'taki uzaylı varlıkların Dünya ile iletişim kurma girişimleri olabileceği sonucuna vardı. Bu kulağa geldiği kadar çılgınca değildir. Dünya dışı hayat inancı o dönemde çok yaygındı. Bugün bile devam eden SETI projesi gökyüzünden toplanmış radyo sinyallerinde düzenli olarak zeki dünya dışı hayat formlarından gelen mesajlar arıyor, zira zayıf bir ihtimal de olsa *X-Files*'teki Fox Mulder haklı çıkabilir ve gerçek hakikaten de "orada bir yerde" olabilir. Yine de Tesla iddiaları yüzünden şiddetle eleştirildi, hâlbuki Marconi de dünya dışından geldiğine inandığı sıra dışı darbeleri sinyaller tespit ettiğini iddia etmişti. Teknik olarak sinyaller dünya dışından geliyorlardı: Tesla ve Marconi'nin duyduğu, uzaktaki gök cisimlerinden –gezegenler, kuyruklu yıldızlar, yıldızlar veya galaksiler– yayınlanan radyo dalgalarıydı. Bilim insanları bu olguyu ancak 1932'de deneysel olarak doğrulayacaklardı.

Günümüzde astronomlar gökyüzünü radyo teleskoplarıyla gözleyebiliyorlar. Radyo dalga boyları çok uzun olduğu için, radyo teleskoplarının optik teleskoplarla aynı netliği ve çözünürlüğü elde etmek için radyo dalgalarını iletken metalden yapılmış büyük çanaklar vasıtasıyla odak noktalarına yansıtmaları gerekiyor. Aslında, astronomlar sık sık birçok küçük radyo teleskopunu veya alıcı çanağı bir araya getirip tek bir büyük aygıt olarak davranan bir diziye dönüştürüyor. (SETI verilerini Puerto Rico'daki bütün bir vadiyi kaplayan Arecibo radyo teleskopundan alır.) Bilim insanlarının uzaydaki radyo dalgası kaynaklarının yapısını anlamasını sağlamak için veriler bütün bileşenlerden toplanıyor ve bir araya getiriliyor. *Radio K.A.O.S.*'teki

Billy gibi radyo astronomları da tam anlamıyla kendi “uzak yıldızlardan gelen mesajlar”ını tespit ediyor ve çözüyorlar.

18. Bölüm

Gizemli Işınlr

8 Kasım 1895: Röntgen x ışınlarını keşfediyor

Kalitesiz filmlerin ustası Roger Corman'ın 1963 yapımı kült bilimkurgu filmi *X: X Işınılı Gözleri Olan Adam*'ın ölüme mahkum anti kahramanı Dr. James Cavier, bir iş arkadaşı tarafından "ancak tanrılar her şeyi görür," diye uyarılır. Ama klasik bir Yunan trajedi karakterinin kibiriyle lanetlenmiş olan Xavier tanrılar gibi olmanın bir yolunu keşfettiğini düşünür. Ona "X Işını Görüşü" sağlayan bir serum geliştirmiştir. Katı cisimlerin büyük blümünü görme yeteneğine kavuşmuştur, tıpkı Superman gibi – sadece onda kızıl bir pelerin ve taytlar yerine beyaz bir laboratuvar önlüğü ve hesap makinesi vardır. Serum Xavier'in görüşünü görülür ışığın ötesine, X ışını spektrumuna doğru genişletir, böylece başka türlü çıplak gözle nüfuz edemeyeceği nesnelerin içini görebilir hale gelir.

Görülür ışık gibi X ışınları da foton adı verilen çok küçük parçacıkların taşıdığı dalgaya benzer elektromanyetik enerji (ışık)

biçimleridir. Aradaki tek fark tek tek fotonların enerji seviyesinin daha yüksek olması ve ışınların buna karşılık olarak daha kısa dalga boylarına sahip olması, bu yüzden de insan gözü tarafından tespit edilememesidir. X ışını fotonları görülür fotonlara benzer bir şekilde ortaya çıkar. Yörüngeler elektronların atom etrafında daire çizerken izlediği yollardır. Bu elektronlar çok küçük bir güneş görevi üstlenen çekirdeğin etrafında dönen atom ölçeğindeki mini gezegenlere benzetilebilir. Her bir yörüngenin belirli bir enerji seviyesi vardır. Elektronlar enerji seviyeleri arasında sıçrayabilirler, yüksek seviyelerden alçak seviyelere sıçradıklarında da fazlalık enerji foton şeklinde yayımlanır. Bu biraz şirket basamaklarında bir basamak aşağı itilmek gibidir. Düşüş ne kadar şiddetli olursa ortaya çıkan ışık ışınlarının enerjisi de o kadar yüksek olur; X ışınları söz konusu olduğunda düşüş çok büyüktür; Donald Trump'ın müstahdemliğe düşürülmesiyle karşılaştırılabilir.

Yani X ışını fotonlarının görülen fotonlarınkine göre yüzlerce kattan binlerce kata kadar daha fazla enerjileri vardır. X ışını fotonları Bu kadar enerji yüklü oldukları için çoğu malzemenin içinden geçebilirler. Her şey malzemeyi oluşturan atomların boyutuna bağlıdır; büyük atomlar X ışını fotonlarını emerler, ama küçük atomlar emmezler – X ışınları bunların içlerinden geçer. Örneğin, vücudumuzdaki yumuşak doku daha küçük atomlardan oluşur, bu yüzden de X ışınlarını çok iyi emmez, buna karşılık kemiklerdeki kalsiyum atomları çok daha büyüktür ve X ışınlarını emerler.

Bütün X ışını makinelerinin temelinde bu sıra dışı etki yatar. Bu makineler esas olarak bir vakum tüpünün içindeki bir katot ve bir de anottan oluşurlar. Katot bir ampülün içinde bulabileceğiniz türden ısıtılmış bir filamandır. Akım filamanın içinden geçerek onu ısıtır ve negatif yüklü elektronlar ortaya çıkarır, sonra genellikle tungstenden yapılan artı yüklü anot bu elektronları tüpün diğer tarafına çeker. Elektronlar yüksek enerjilidirler ve büyük bir kuvvetle hareket ederler. Hızla gelen bir elektronun bir tungsten atomuna her çarptığında atomun dü-

şük yöüngelerinden birindeki bir elektronu serbest bırakır. Karşılık olarak daha yüksek bir yörüngedeki bir elektron boşluğu doldurmak için daha düşük bir yörüngeye düşer ve fazlalık enerjisini foton biçiminde açığa çıkarır. Büyük bir enerji düşüşü yaşanır, bu yüzden fotonun elektromanyetik spektrumun X ışını menzilinde bulunan yüksek bir enerji düzeyi olur. Hastanın diğer tarafındaki bir fotoğraf makinesi hastanın bedeninden geçen X ışını ışığının desenlerini kaydeder. Temel teknoloji sıradan bir fotoğraf makinesiyle aynıdır, ama fotoğraf levhasında kimyasal tepkimeyi başlatan görölür ışık değil, X ışını ışığıdır.

X ışını ve onun eşsiz özellikleri hakkındaki bilgimizi Almanya doğumlu fizikçi Wilhelm Röntgen'in kaza eseri yaptığı keşfe borçluyuz. Bir kumaş tüccarı ve üreticisinin tek çocuğu olan Röntgen üç yaşındayken ailesiyle beraber Hollanda'ya taşındı. 17 yaşında liseyi bitirdiğinde pratik bilimlere olan derin ilgisi iyice belirginleşmişti. Bilimsel kariyerinin ilk yılları biraz çalkantılı geçti. Röntgen başka bir öğrencinin yaptığı bir şaka nedeniyle haksız yere Utrecht Teknik Okulu'ndan uzaklaştırıldı. Diğer öğrenci sınıfın dekoratif soba panosuna fizik öğretmenini kötüleyen bir karikatür çizmişti. Yine de 1865'te fizik okumak için Utrecht Üniversitesi'ne girmeyi başardı, sonra da Zürih'teki Politeknik Okulu'na geçerek Makine Mühendisliği okudu. Doktorasını Utrecht Üniversitesi'nden aldı, sonunda Würzburg Üniversitesi'nde öğretim görevlisi oldu ve onu üne kavuşturacak deneyleri yapmaya başladı.

Röntgen "Crooke tüpleri" adı verilen aygıtları kullanarak elektrik akımından doğan ışık yayımlarını inceliyordu. Bu tüpler pozitif ve negatif elektrotları olan, havası boşaltılmış cam ampullerdi ve içlerinden yüksek voltajlı bir akım geçirildiğinde flüoresan bir parıltı yayıyorlardı. Röntgen özellikle günümüzde elektron adı verilen katot ışınlarıyla ilgileniyordu. Yayımları daha iyi gözlemleyebilmek için her türlü ışığı yalıtma amacıyla boşalım tüpünü kapalı bir siyah mukavvanın içine yerleştirdi ve karartılmış bir odada çalışmaya başladı.

8 Kasım 1895'te Röntgen bir Crooke tüpünün yayımladığı yeşil ışığın 2,7 metre uzaktaki flüoresan bir panelin parlamasına yol açtığını fark etti. Bu tek başına sıra dışı değildi, zira bütün flüoresan malzemeler ışığa tepki olarak parlarlar. Fakat tüp kalın bir siyah mukavva ile çevriliydi ve bunun ısınımı kesmiş olması gerekirdi. Röntgen flüoresansa neden olanın bir şekilde tüpün çevresine sarılmış siyah mukavvayı delip geçen görünmez ışınlar olduğu sonucuna vardı. Bu yeni ışınları denemek amacıyla çeşitli malzemeleri tüple panelin arasında tutarken elinin kemiklerinin flüoresan panelin üzerinde onları saran etin ana hatlarının arasında net biçimde ortaya çıktığını gördü. Bu yeni ışın türünün yalnızca mukavvanın değil, vücudun yumuşak dokusu da dâhil olmak üzere çoğu maddenin içinden geçebildiğini ve kemiklerle metallerin görünmesini sağladığını fark etti. Deneylerinden elde ettiği fotoğraf levhalarının ilk örneklerinden biri karısı Bertha'nın eliydi. Kadının elinin üzerinde evlilik yüzüğü de kemikleri kadar iyi görünüyordu.

28 Aralık'ta Röntgen "Yeni bir Işın Türü Üzerine" isimli bir makaleyi Würzburg Fizik-Tıp Derneği'ne sundu. Bir ay sonra aynı derneğin üyelerinin önünde konuştuktan sonra bir gösteri yaparak ışınların ilk açık sunumunu gerçekleştirdi: Katılan bir anatomi uzmanının elinin bir levhasını oluşturdu. Keşfettiği ışınlar daha önce bilinmeyen türden bir ışınım olduğu için onlara "X" ışınları adını taktı ve bu isim benimsendi. Fakat önceleleri birçok kişi onlara "Röntgen ışınları" diyordu. Işınlar bir gecede bilimsel bir sansasyona dönüştü. ABD'de bu gelişmeden yararlanmaya hevesli kişilerden biri de Thomas Edison'du; ev içi kullanım için ticari bir "X ışını lambası" yapamasa da elde taşınan bir flüoroskop geliştirdi. Çok geçmeden X ışınları oluşturan aygıtlar yaygınlaştı ve ülke çapında "kemik portreleri" yapan stüdyolar açıldı, böylece halkın konuya ilgisi daha da arttı. Çok satan dergilerde X ışınına dair şiirler çıkmaya başladı. *Electrical Review* dergisinin Nisan 1896 sayısında şairliğe özenen biri, "Duyduğuma göre giriyorlarmış / Pelerinlerin ve elbiselerin içine / Hatta payandaların bile / Ah o yaramaz Röntgen

ışınları" diye sesleniyordu. Politik karikatürlerde, kısa öykülerde ve reklamlarda ışınların mecâzi kullanımları görülmeye başlandı. Dedektifler sadakatsiz eşleri izlemek için Röntgen aygıtlarını kullanarak müşteri çekmeye çalıştılar ve "X ışını gözlükleri" ile dikizleme girişimlerini boşa çıkarmak için kurşundan iç çamaşırları üretildi.

Tarihte onlarca yıl boyunca pratik uygulama alanı bulamamış birçok temel bilimler buluşunun tersine, X ışınları şaşırtacak kadar kısa bir sürede laboratuardan çıktı ve yaygın olarak kullanıma girdi; Röntgen'in keşfini açıklamasından bir yıl sonra X ışınları tıbbi teşhis ve tedavi için kullanılmaya başlamıştı bile; bunun pratisyenlerine de radyolog adı verildi. Şubat 1896'da X ışınlarının ABD'deki ilk klinik kullanımı gerçekleşti – Massachusetts'in Dartmouth kentinde Edwin Brant Frost yerel bir doktor olan ağabeyi için bir hastanın zedelenmiş kolunu gösteren bir levha hazırladı. Scotland'ın Dundee kentinde araştırmacılar birkaç yıl önce kaza eseri kendini vurmuş ve mucizevî biçimde hayatta kalmış bir adamın kafatasının içinde kalmış bir kurşunun yerini tespit etmek için X ışınlarını kullandılar.

Bazı deneyciler ışınları hastalıkları tedavi etmek için kullanmaya başladılar. On dokuzuncu yüzyılın başlarından bu yana, elektroterapi hem gerçek, hem de hayali acıların geçici olarak dindirilmesi amacıyla yaygın olarak kullanılıyordu. Aynı alet X ışınları da oluşturabilirdi. Röntgen'in keşfinin açıklanmasından yalnızca birkaç gün sonra, Chicago'daki bir elektroterapist yinelemiş bir meme kanseri olan bir kadına ışınlam verdi; aynı yıl içinde birçok başka araştırmacı da ışınların kanserler üzerindeki hafifletici etkilerini kaydetti. Başka araştırmacılar yüzey lezyonlarının ve deri sorunlarının tedavisinde kayda değer sonuçlar elde ettiler. Hatta X ışınları ABD ve Fransa'daki tüy giderici kliniklerde kozmetik olarak kullanılmaya başlandı; ayakkabı dükkânlarında da ayak boyutlarını ölçmek için kullanıldılar.

Röntgen çalışmasına karşılık 1901'de ilk Nobel Fizik Ödülü'nü kazandı ve ödül parasını üniversitesine bağışladı. Keşfini yaptığı andaki düşüncelerinin ne olduğu sorulduğunda, "Düşünmedim,

araştırdım,” yanıtını verdi. Asla bir paye veya mali kâr istemedi ve onu Alman asilzadelerinin arasına sokacak bir unvanı reddetti. Ayrıca dünya çalışmasından serbestçe yararlanabilsin diye X ışınları için herhangi bir patent almayı da reddetti. Fedâkarlığı kişisel olarak büyük bir bedel ödemesine neden oldu: Röntgen 1923’te öldüğü sırada I. Dünya Savaşı’ndan sonra patlama yapmış enflasyon yüzünden neredeyse iflas etmek üzereydi. Yine de kendilerini X ışını araştırmalarına adanmış meslektaşlarının bazılarından daha az zarar gördü.

Corman’ın filminde Xavier X ışını görüşünün ergenlerin hayalindeki alımlı genç kadınların giysilerinin içini dikizleme fikrinden çok daha ileriye gittiğinin farkına varır; bu hüneri çabucak kâbusa dönüşür ve kontrolden çıkarak dehşet verici görüntülerin ortaya çıkmasına neden olur, nihayet en sonunda Xavier dosdoğru her şeyi bilen tanrının kozmik gözünün içine bakar. Sonuçta çok fazla şeyi, insan gözünün asla görmemesi gereken şeyleri gördüğü için çıldırıp Oedipus gibi kendi gözlerini oyar. Benzer biçimde X ışıkları da iki tarafı keskin bir kılıçtır ve filmdeki kadar dramatik öngörülmemiş sonuçlar doğurmuştur.

Keşfedilmelerinden sonraki ilk zamanlarda X ışınlarına yaygın olarak zararsız gözüyle bakılıyordu. Vanderbilt Üniversitesi’ndeki bir dekan Şubat 1896’da kafatasının radyografını çektiirdikten sonra saçının tamamını yitirmiş olsa da, radyologlar her gün ışınlara maruz kalıyor oldukları için hiç endişelenmiyorlardı. Bir flüoroskopu sürekli olarak elini tüple flüoresan panel arasında tutarak kullanıp X ışınlarının kalitesini test eden İskoç bir araştırmacının ellerinde tümörler ortaya çıktı ve adam sonunda her iki elini de yitirdi. Diğer bildirilmiş sorunlar arasında ciltte kızarıklık, uyuşukluk, enfeksiyon ve şiddetli acılar vardı. 1896’nın sonunda Elihu Thompson adında bir bilim insanı bunların sebebinin X ışınları olduğu sonucuna vardı. Fakat bu görüş 1904’e kadar rağbet görmedi. O yıl Edison’un asistanı Clarence Dally ışınlara maruz kaldığı için hayatını kaybetti. Onu ölüme götüren yanıkları, birbirini izleyen ampütasyonları ve hastalıklı lenf nodlarını gelecek nesiller için özenle bel-

gelemişti. İlk korunma yöntemleri –kurşun paneller, kalın önlükler ve madeni kasklar- geliştirildi, fakat radyolojinin öncülleri için artık çok geçti.

Radyologların olumsuz etkilere maruz kalmasının nedeni X ışınlarının bir iyonlaştırıcı radyasyon türü olmalarıydı. İyonlar elektriksel olarak yüklü atomlardır ve X ışınının atomlardan elektron uzaklaştırmalarının bir yan etkisi olarak ortaya çıkarlar. Bunun sonucu olan serbest elektronlar başka atomlarla çarpışarak daha da fazla iyon oluştururlar. Bu tehlikelidir, çünkü bir iyonun elektrik yükü özellikle de X ışınlarındaki yüksek enerji seviyeleri söz konusu olduğunda hücrelerin içinde doğal olmayan kimyasal tepkimeler başlatır. Bu tepkimeler DNA zincirlerini parçalayarak hücrenin ölmesine veya mutasyon geçirip kanserli hücreye dönüşmesine neden olabilirler ve bu kanser de yayılabilir. Eğer mutasyon bir spermde veya yumurtada gerçekleşirse de sonuç doğum kusurları olabilir. İşte bu yüzden hamile kadınların asla X ışınlarına maruz kalmaması gerekir.

Koruyucu önlemler sıkı sıkıya uygulanmaya başladıktan sonra, sonuçta X ışınlarının yararlarının zararlı sonuçlarına ağır bastığı ortaya çıktı. İlginçtir ki X ışınlarının ortaya çıkardığı serbest elektronlar bir atoma çarpmadan da fotonlar oluşturabilirler. Bir atomun çekirdeğinin hızla giden bir elektronu tam olarak rotasını değiştirmeye yetecek kadar etkileyecek manyetik özelliği bulunur, tıpkı güneşin çevresinde yay çizen bir kuyruklu yıldız gibi. Bu “frenleme hareketi” elektronun fazlalık enerjisini bir X ışını fotonu şeklinde yayımlamasına sebep olur. Sinkrotron radyasyonu olgusunda bu etkiden faydalanılır. Fizikçiler ilk parçacık hızlandırıcılarını çalıştırmaya başladıklarında hızlandırıcının manyetik alanının elektronların manyetik alanın güç çizgilerinin etrafında geniş sarmallar şeklinde hareket etmesine neden olduğunu keşfettiler. Bu parçacıklar ışık hızına yakın, yüksek enerjili hızlara çıkarılabiliyorlar ve o zaman da insan saçı kadar ince ve hastanedeki X ışını makinelerinin ürettiğinden 1 trilyon kat daha parlak X ışınlarından oluşan bir demet üretebilirler. Bu fikir lazere benzer, fakat çok daha büyük ölçeklidir.

Bilim insanları niye yol açabileceği tehlikenin potansiyelini bildikleri halde kasıtlı olarak bu kadar güçlü bir şekilde yoğunlaştırılmış bir X ışını demeti yaratmak istesinler ki? Bunu madde hakkındaki kavrayışımızı geliştirmek için yapıyorlar. 3. Ve 4. Bölümlerde görülür ışığın nasıl çıplak gözle tespit edilemeyecek kadar küçük veya uzakta olan nesneleri görmemizi sağlayacak şekilde manipüle edildiğini gördük. Fakat atomların yaklaşık 1/10 nanometrelik (metrenin milyarda biri) boyutları vardır, bu yüzden de geleneksel mikroskoplarla görülür ışık kullanılarak incelenemezler. Bu iş için çok daha kısa bir dalga boyuna ihtiyaç vardır ve X ışınları her türden farklı malzemenin atom yapısının derinliklerine tek tek atomların seviyesine varıncaya kadar nüfuz edebildikleri için bu amaç için birebir uygundurlar.

Bu önemlidir, çünkü herhangi bir malzemeye –ister silisyum bir yonga, ister bir ıspanak yaprağı, ister bir protein molekülü olsun- benzersiz özelliğini veren atom yapısıdır. Malzemenin ne yapabileceğini ne kadar iyi bilirsek, ona o kadar fazla yararlı kullanım alanı bulabiliriz. Bu alanlara birkaç örnek olarak yeni ilaçlar, daha dayanıklı inşaat bileşik malzemeleri, daha hızlı çalışan bilgisayar devreleri veya insan vücudunun içinden tıbbi görüntüler elde etmek için geliştirilebilecek çok küçük nanorobotlar verilebilir. Yani sinkrotron radyasyonunda bulunan yüksek enerjili X ışınları bilim insanlarına doğada daha önceleri çıplak gözle görülemeyen şeyleri görme kabiliyetini kazandırıyorlar – henüz tanrıların kozmik gözünü gösteremeseler de.

19. Bölüm

Bin Işık Noktası

Ekim 1897: Elektronun keşfi

L 998 yapımı *Pleasantville* filminde David acımasız gerçeklikten kaçmaya can atan uyumsuz bir lise öğrencisidir. Dileği beklenmedik bir şekilde gerçeğe dönüştür. Oldukça ürkütücü bir televizyon tamircisinin verdiği sihirli bir uzaktan kumanda sayesinde kızkardeşi Jennifer ile ikisi hayali Pleasantville kasabasının siyah beyaz, kesinlikle genel izleyicilere uygun diyarına ışınlanırlar ve 1950'lerde yaşayan iki erdemli genç olan Bud ve Mary Sue'nun rollerini üstlenmek zorunda kalırlar. Kendilerini beyaz kazık çitlerin, yeni fırından çıkmış kurabiyele- rin ve karbonhidrat ve yağ yüklü muazzam kahvaltılarının olduğu bir dünyada bulurlar. Lisenin basketbol takımı asla maç kaybetmez, evli çiftler ayrı ikiz yataklarda uyurlar, kasabanın sevgililer tepesi de iffetli bir şekilde el ele tutuşulan ve yanaktan öpücükler kondurulan bir yerden ibarettir. Bu ancak televizyon dünyasının piksellerle boyanan dünyasında var olabilecek bir kasabadır.

Tıpkı her ikisi de 1890'larda ortaya çıkmış olan telsiz telgraf ve radyo gibi televizyon da ("uzak mesafeli görüş") elektromanyetik spektrumun radyo frekansı aralığını kullanan bir teknolojidir. 13. ve 17. Bölümlerde sesin nasıl elektrik akımına dönüştürüldüğü radyo dalgaları vasıtasıyla aktarılabileceğini görmüştük (Kablolu televizyon da aynı temel ilkeyi kullanır, fakat girişi mi azaltmak için sinyalleri yeraltındaki kablolar üzerinden iletir, kablolu sistemlerin genellikle daha iyi görüntü vermesinin nedeni budur). Bu kodlanmış radyo dalgaları daha sonra bir alıcı tarafından yakalanır ve "çözülüp" yeniden sese dönüştürülür.

Aynı olgudan sesin aktarımına görüntüleri de ekleyen TV yayınlarında da yararlanır. Roald Dahl'ın *Charlie ve Çikolata Fabrikası* isimli romanında, Wonka fabrikasını gezmek için davet edilen çocuklardan biri de "Wonka Vizyon"un prototipinden çok etkilenen Mike TeeVee adında bir televizyon bağımlısıdır. Mike bir TV sinyali üzerinden aktarılan ilk insan olmak için yalvarır: Milyonlarca ufacık parçaya ayrılır ve havada vızlayarak TV alıcısına gönderilir, orada da tekrar birleştirilir. Ne yazık ki tekrar ortaya çıktığında boyutları eskisine göre önemli ölçüde küçülmüş, TV ekranındaki haline inmiştir. Bu bir TV yayını sırasında gerçekleşenler üzerinde yapılmış zekice bir değişikliktir. Aslında görüntüler elektronik olarak taranırlar ve binlerce ufacık ışık noktasına parçalanırlar. Sonra bu noktalar aktarım için bir radyo dalgasının üzerine bindirilir. Görüntüyle ses ayrı ayrı, farklı frekanslardan gönderilir ve televizyon bir alıcı görevi üstlenerek dağılmış bilgileri tekrar bir araya getirip senkronize görüntü ve ses oluşturur.

Bunun mümkün olması için iki kritik bileşene gerek vardır: bir katot ışını tüpü (CRT) ve elektron adı verilen çok küçük temel parçacıklar. On dokuzuncu yüzyılın ortalarında seyyar bilim konuşmacıları neon tabelasının atası olarak düşünülebilecek bir aygıtla izleyicilerini hayrete düşürürlerdi. Ters uçlarına teller takılmış, yüksek voltajlı bir akım verilmiş ve vakum oluşturmak için içindeki havanın çoğu dışarı pompalanmış camdan bir tüp kullanırlardı. "Crooke tüpü" adı verilen, adını İngiliz fizik-

çi Sir William Crooke'tan alan bu aygıt çağdaş katot ışını tüpünün habercisiydi. Bir akım uygulandığı zaman tüpün içi çarpıcı flüoresan desenlerle ışıldardı. Bilim insanları ışıltıyı oluşturanın bir çeşit ışın olduğu kuramını ileri sürdüler. Ama bu ışınlar o zamanlar eter adı verilen kuramsal bir ortamda hareket ettiğine inanılan ışığa mı benziyordu? Yoksa bir çeşit elektrik yüklü parçacık mıydılar?

Ardı ardına yapılan deneyler kafaları daha da karıştırmaktan başka bir işe yaramadı. Örneğin, fizikçiler bir mıknatısı camın yakınında hareket ettirdiklerinde ışınların yönünü istedikleri gibi değiştirebildiklerini fark ettiler, bu da ışınların elektrik yüklü parçacıklar olduğunu işaret ediyordu. Fakat ışınlar elektrik alanı kullanılarak saptırılamıyordu. Bu bilim insanlarını şaşırtıyordu. Elektriğin ve manyetizmanın birbiriyle yakından ilişkili olduğu, birinin diğerini ortaya çıkardığı anlaşılmıştı, bu yüzden her ikisi de elektrik yüklü bir parçacığı saptırabilmeliydi. Kaldı ki bir parçacık düz bir çizgi halinde hareket eder, dalga gibi dışarıya doğru dağılmazdı. Fakat ince bir madeni folyo ışınların yolu üzerine yerleştirildiğinde, cam sanki ışınlar folyonun içinden geçiyormuş gibi ışıldamaya devam ediyordu. Bu katot ışınlarının dalga olduğuna işaret ediyordu. Başka deneyler de ışınların negatif bir yük taşıdığını ve kütlelerinin yüklerine oranının en küçük yüklü atomun oranınınkinden 1000 kattan fazla daha küçük olduğunu gösterdi. Eğer bunlar parçacıklarsa, hakikaten çok ufak olmalıydı.

Bu bilmeceyi çözen Cambridge Üniversitesi'nin Cavendish Laboratuvarı'nda çalışan bir İngiliz profesörü oldu. Bir kitap satıcısının oğlu olan Joseph John (J.J.) Thomson çok küçük yaşta bilime ilgi gösterdi ve 14 yaşındayken de anne ve babası onu mühendis olması için teşvik etti. Thomson mühendislik diplomasını aldıktan sonra fizik ve matematik üzerine çalışmaya başladı ve 1876'da Cambridge Üniversitesi'ndeki Trinity College'a girmesini sağlayan bir burs kazandı; ömrü boyunca da burada kalacaktı. 1880'da matematik diplomasını aldı ve deneysel araştırmalar yürütmeye hevesli olduğu için Ca-

vendish laboratuvarına girdi. Çok geçmeden dikkatini o gizemli katot ışınlarına verdi.

Thomson ilk olarak katot ışınlarını bir mıknatısla eğerek onlardan negatif yükü ayırmaya çalıştı. Bunda başarısız oldu; bu ikisi birbirinden ayrılmıyordu. Sonra ışınların neden manyetik alandan etkilenip de elektrik alanından etkilenmediğini keşfetmek için girişimlere başladı. Elektrik alanının yüklü bir parçacığı saptırdığı, fakat çevresinde iletken bir malzeme varsa saptırmadığı biliniyordu. Thomson hâlâ tüpte olan gaz kalıntılarının iletken görevi gördükleri tahmininde bulundu. Bu yüzden kalan bütün gazı tüpten çıkardı ve gaz olmadığı zaman katot ışınlarının elektrik alanı uygulanınca eğildiklerini gözlemledi.

Thomson bundan katot ışınlarının “madde parçacıkları tarafından taşınan elektrik yükleri” oldukları sonucunu çıkardı. Bu yüklü parçacıklara “cisimcikler” adını verdi, parçacıklar ancak 1897’de elektron ismini alacaktı. Kraliyet Enstitüsü’nde yaptığı bir konuşmada bu cisimciklerin o zamanlar maddenin en küçük biçimi olduğuna inanılan atomun bileşenleri olduğunu da açıkladı. Bu spekülasyonları meslektaşları tarafından kayda değer bir şüpheyile karşılandı. Ünlü konuşmayı izleyen seçkin bir fizikçi yıllar sonra Thomson’un “onlarla kafa bulduğunu” düşündüğünü itiraf etti. Thomson elektronların atomun yegâne bileşeni olduğunu düşünüyordu; bugün bu fikrinin yanlış olduğunu biliyoruz. Elektronlar sadece bütün bir temel alt atomik parçacıklar ailesinin en yaygın ögesidir ve bu parçacıkların her birinin kendi eşsiz imzası ve özellikleri vardır. Ama elektronlar olmasa televizyon diye bir şey de olmazdı.

Televizyonun ilkesini ortaya koyma yönündeki ilk girişimlerin çoğunda hareket halindeki bir görüntüyü havadan aktarmak için dönen diskler ve aynalar kullanılıyordu – bu ilk olarak 1880’lerde önerilmiş bir fikirdi. Örneğin, 2 Aralık 1922’de Fransa’daki Sorbonne kentinde Edouard Belin adındaki Fransız bir mühendis ışık parlamalarını alıp ses dalgaları üreten bir elektronik aygıtı bağlı olan bir selenyum elemanına yönelten mekanik bir tarama aygıtı sergilemişti. (Belin 1907’de ilk telefoto aktarımları-

nı gerçekleştirdi – Paris’ten Lyon’a, oradan Bordeaux’a, oradan da yeniden Paris’e.) Bu ses dalgaları başka bir konumdan alınabiliyor ve bir ayna üzerinde yeniden ışık parlamalarına dönüş-türülebiliyordu. Bu işlem kavramsal olarak Alexander Graham Bell’in 1880’de icat ettiği, çağdaş fiber-optik iletişimin habercisi olan “fotofon”a benziyordu. Ama bu düzenek çok hantaldı ve makine parçaları sürekli bozulduğundan çok sağlam da değildi. Gerçek dönüm noktası 1927’de, çiftçilikten girişimcilige geçiş yapmış olan Philo Farnsworth sayesinde gerçekleşti.

Farnsworth 1906’da Utah’da dünyaya geldi. Ailesi onun bir konser kemancısı olmasını bekliyordu, fakat onun başka fikirleri vardı. 12 yaşında ailesinin sahip olduğu ilk elektrikli çamaşır makinesini çalıştıran bir elektrik motoru yaptı. Televizyon i fikiran daha lisedeyken tasavvur etti ve Brigham Young Üniversitesi’ne giderken resim aktarımını araştırdı. Mezun olduktan sonra Crocker Araştırma Laboratuvarları’nın kurucularından biri oldu. Bu kurum daha sonra Farnsworth Radyo ve Televizyon Kurumu adını aldı.

Farnsworth bir görüntüyü hiçbir mekanik alet kullanmadan aktarmanın mümkün olduğunu kanıtladı. Dönen disklerin ve aynaların yerine bir vakum tüpünün içinde saniyede on binlerce kere ileri geri gidip gelebilecek kadar küçük olan elektronun ta kendisini koydu. Farnsworth odaklanmış bir elektron ışını oluşturup onu yönlendiren ilk kişi oldu, aynı zamanda optik bir görüntüyü elektron akışına dönüş-türmenin yolunu da buldu. İlk adım fotoğraftakine benzer: Lens bir görüntüyü ışığa duyarlı kimyasallarla kaplanmış bir yüzeyin üzerine odaklar. (Çağdaş dijital teknoloji ışığa duyarlı diyotlar kullanır.) Yansıyan ışık çarptığında kimyasallar buna karşılık gelen bir desene sahip bir elektronlar dizisi –“elektrikresim- yayımlarlar ve bu da dalgalanan bir akıma çevrilebilir. Voltaj resmin parlaklığına bağlı olarak değişir: Resim ne kadar parlaksa voltaj da o kadar yüksek olur. Bu şekilde dönüş-türölmüş olan görüntü bir radyo dalgası üzerinden kolayca aktarılabilir. Farnsworth ilk TV sinyalin i kendisinin tasarladığı bir tarayıcı elektron tüpünü kullana-

rak 7 Eylül 1927'de tamamen elektronik yöntemlerle aktardı. Bu görüntü sadece 60 yatay çizgi içeriyordu ve çağdaş televizyonun karmaşık hareketli görüntülerinden ve sesinden çok o rahatsız edici yayın test ekranına benziyordu. Fakat kritik bir gelişmeydi.

Sık sık televizyonun "mucidi" olarak Westinghouse'da çalışan Rusya doğumlu Amerikalı bir mucidin adı anılır. Vladimir Zworykin'in 1923'te ikonoskop adı verin bir aygıt –esas itibariyle ilkel bir televizyon kamerası- için patent aldığı doğru. Fakat o asla çalışan bir prototip göstermedi. Farnsworth görüntü aktarımını başaran ilk kişi oldu. 1930'da tarayıcı tüpü için bir patent aldı. Zworykin bu aktarımı ancak 1934'te gerçekleştirebildi ve ancak 1938'de de kendi tarama tüpü tasarımı için patent aldı. O zaman artık RCA için çalışıyordu ve RCA'nın başkanı David Sarnoff RCA'nın o sıralar radyoyu kontrol ettiği TV'yi de gibi kontrol edeceğine yemin etti: "RCA telif hakkı ücretlerini alır, onları ödemez," diye ilan etmişti. Şirket Farnsworth'e karşı 50 milyon dolarlık hukuki bir savaş başlattı. Davanın dönüm noktası Farnsworth'ün lisedeki fen öğretmenin Washington D.C.'den bütün o yolu gelip Farnsworth'ün 14 yaşındayken TV tarama tüpünün ilk basit konseptini öğretmenine anlatmış olduğuna dair tanıklık etmesi oldu. ABD Patent Mahkemesi Farnsworth lehine karar verdi. RCA nihayet teslim oldu ve patentler için bir lisans satın aldı.

Televizyon 1930'ların sonunda ilk siyah beyaz TV yayınlarının yapıldığı günlerden bu yana çok yol kat etti; daha 1950'lerde televizyon setleri sıradan hale gelmeye başlamıştı. Fakat temel teknoloji hep aynı kaldı. Televizyonunuzun içini açtığınızda göreceğiniz ilk şeylerden biri camdan yapılma büyük bir aygıt olacaktır: Katot Işın Tüpü. Bir pilin iki kutubunu düşünün: bir taraf (anot) pozitif yüklüyken diğer taraf (katot) negatif yüklüdür. CRT'nin içindeki katot filaman adı verilen, tipik elektrik lambalarında bulunana benzeyen ısıtılmış bir tel parçasıdır ve kendiliğinden bir elektron akımı yayımlar. Bir vakum oluşturmak için tüpün içindeki bütün hava dışarı pompalanmıştır. Elektronlar

da negatif yüklü oldukları için tüpün diğer ucundaki pozitif yüklü anoda doğru çekilirler. Bu yüzden tüp içinde vakum boyunca dar, yüksek hızlı bir ışın halinde uçar ve televizyonun diğer ucundaki düz ekranın iç yüzüne vururlar.

O ekran bir fosforesan maddeyle kaplıdır. Fosforesan maddeler bir tür ışıma maruz bırakıldıklarında görülür ışık yayımlayan malzemelerdir. Binlerce çeşit fosforesan madde vardır ve bunların her biri özel bir rengin ışığını yayımlar. Bir elektron ışını fosforesan maddeye çarptığında, ekran parıldar. Peki ışın neden sadece küçücük parıldayan bir nokta izi olarak ekranın merkezine düşeceğine bir görüntü oluşturur? On dokuzuncu yüzyıldaki fizikçilerin bir manyetik alan kullanarak elektronları oraya buraya “itebildiklerini” hatırlayın. Televizyonunuzun içinde de manyetik “yönlendirme” bobinleri, vardır. Bu bakır sarımlar tüpün içinde manyetik alanlar oluşturarak elektron ışınını ekran boyunca ve aşağı doğru, soldan sağa çizgi çizgi hareket ettirirler ve küçücük fosforesan madde noktalarıyla kademe kademe resmin tamamını “boyarlar.”

Siyah beyaz ekranlar sadece tek bir tür fosforesan madde kullanırlar, o da beyaz renkte ışıldar. Işının yoğunluğu değiştikçe siyahın, grinin ve beyazın farklı tonları ortaya çıkar. Renkli ekranda noktalar (bunlara pikseller adı verilir) halinde düzenlenmiş üç fosforesan madde vardır. Bunlar kırmızı- yeşil ve mavi ışık yayarlar –bu renkler insan gözünün en kolaylıkla emdiği üç temel renktir. (Bunlar sanat okullarında sürekli olarak öğretilen pigment temel renkleriyle karıştırılmamalıdır.) Ayrıca üç rengi aydınlatmak için gelen sinyali temel alan üç ayrı elektron ışını da bulunur. (Renkli görüntüler eskiden siyah beyaz görüntüler için kullanılan yöntemin aynısıyla aktarılır, fakat kullanılan üç rengin her biri için ayrı birer sinyal vardır.) Fosforesan madde kaplamasının yakınında gölge maskesi denilen bir şey vardır. Bu ekrandaki fosforesan madde noktalarıyla tam olarak birebir örtüşen küçücük deliklerle delinmiş ince bir maden parçasıdır. Kırmızı bir noktaya ihtiyaç olduğunda televizyon kırmızı elektron ışınını kırmızı fosforesan maddeye doğru ateşler; yeşil ve mavi

fosforesan madde noktaları için de aynısı geçerlidir. Gerisi temel renk kuramından ibarettir: Beyaz bir nokta yapmak için üç ışının tamamı aynı anda ateşlenir ve renkler birbirine karışarak beyaz oluştururlar. Siyah için tamamı ekranın o kısmını tararlar-ken aynı anda kapatılır. Bütün diğer renkler temel renklerin, yani kırmızı, yeşil ve mavinin çeşitli karışımlarıdır.

Televizyonun mümkün olmasını sağlayan bir faktör daha vardır: İnsan algısının küçük, tuhaf bir özelliği. Gazetelerdeki ve dergilerdeki baskı gerçekte küçücük noktalardan oluşur. Bunları tek bir görüntü gibi algılarız, çünkü noktalar birbirine çok yakın konumdadır. Beyin aynı şekilde hareketi de birleştirebilir. Film makaraları ve çocukken oynadığımız animasyonlu kitaplar özünde tek bir hareket sekansını bir dizi hareketsiz resme bölerler. Bu görüntüler hızla arka arkaya “yeniden oynatıldığı” zaman beyin onları tek bir hareketli sahne olarak tekrar bir araya getirir. Bunu da saniyenin küçük bir oranı kadar zamanda yapar. Fosforesan madde noktalarının televizyon ekranının iç tarafına “boyadığı” çizgiler birbirine o kadar yakın konumdadırlar ki, beyin onları tek bir hareketli görüntü olarak bir araya getirir.

Batman Daima isimli filmde, Riddler (Bilmececi) adında çılgın bir mucit üç boyutlu holografik bir televizyon sistemi yaratır. Sistemin “ilginç bir yan etkisi” vardır: İzleyen beyin enerjisini emip alarak Riddler’a yönlendirir ve izleyen insanların zekâsını yok etmek pahasına onun zekasını artırır. Televizyon (namı diğer “aptal kutusu”) sık sık insanların aptallaşmasının suçlusu olarak gösterilir. Farnsworth’ün kendisi bile yaratılmasına yardımcı olduğu teknolojinin hayranı değildi ve bir keresinde ailesine, “televizyonda dişe dokunur hiçbir şey yok, bu evde televizyon seyretmeyeceğiz ve onun entelektüel rejiminizde yeri olmasını istemiyorum,” demişti. Sanki gündüz programları, pazarlama kanalları ve günümüzün haddinden fazla sayıdaki realite yarışmaları içine doğmuştu. Fakat teknolojinin kendisi ne doğası gereği iyi, ne de yaratılıştan kötüdür; her şey nasıl kullanıldığına bağlıdır.

Pleasantville'de David ile Jennifer'in varlığı yavaşça kasabanın gerçekliğini değiştirmeye başlar, fakat sonunda bunun olumlu bir değişim olduğu görülür. (Jennifer'in dediği gibi, "Kimse köpek desenli eteklerle ve üç kiloluk iç çamaşırlarıyla mutlu olmaz.") Kasaba sakinleri kendilerine tayin edilmiş iki boyutlu karakter rollerinden çıkıp yeni, beklenmedik ve son derece insansı davranışlar sergilemeye koyulurlar. Renk serpintileri görülme-ye başlar, nihayet bütün kasaba Technicolor'daki renk tonlarıyla dolu göz kamaştırıcı bir manzaraya dönüşür. Kütüphanedeki kitaplar artık sadece boş sayfalarla değil yazılarla doludur ve Ana Cadde nihayet tekrar tekrar en başa dönmek yerine bir yere çıkar hale gelir. Kasaba artık yalıtılmış değildir. Bu en iyi halile televizyonun yaptığı bir şeydir: Binlerce küçük ışık noktasını bir araya getirerek dünyanın dört bir yanındaki insanların izleyebileceği uyumlu bir hareketli görüntü oluşturur. Televizyon büyük birleştircidir.

Kuantum Sıçraması

*Ekim 1900: Planck kuantumları
ortaya koyuyor*

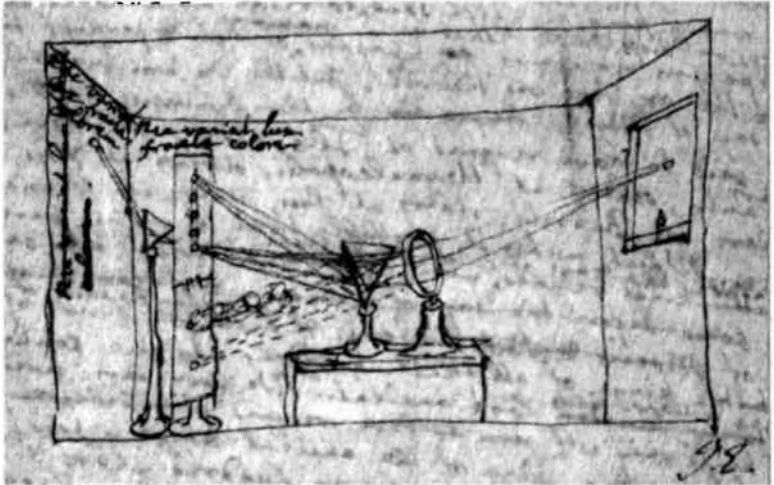
Robert Louis Stevenson'un on dokuzuncu yüzyılda yazdığı klasik "bir şilinlik heyecan romanı" *Dr. Jekyll and Bay Hyde*'da büyük saygı gören bilim insanı Henry Jekyll'in genç asistanı Edward Hyde ile tuhaf bir ilişkisi vardır. Bu ikisi aslında aynı adamdır. Jekyll gençliğinde "vahşi" bir adamken sonraları rahat orta yaşlı hayatı benimsemiştir. Fakat kişiliğinin bunca yıldır gizli tuttuğu karanlık, serseri tarafı peşini bırakmaz. Bu yüzden kişiliğinin "iyi" ve kötü" yönlerini birbirinden ayıracağını ümit ettiği bir iksir hazırlar. Böylece Edward Hyde adında, hiç düşünmesizin küçük bir kızı ezebilen veya bastonuyla yaşlı bir beyefendiyi döverek öldürebilen "solgun ve cücemsi" bir ikinci kişilik ortaya çıkar. Jekyll ne kadar asil ve erdemli biriyse Hyde da o kadar adi ve ahlaki endişelerden nasibini almamış bir kişidir. Jekyll tam anlamıyla iki yüzlü bir adam haline gelmiştir.

Stevenson'un içindeki karanlık dürtülerle mücadele eden bir adamı anlattığı trajik öyküsü Victoria dönemi İngiltere'sinin bireysel kimliğe dair varsayımlarına meydan okudu ve çağdaş çifte kimlik fikrini doğurdu. Bu çift taraflılığa duyulan hayranlık halkın hayal gücünde hâlâ geniş bir yer tutar. En sevdiğimiz süper kahramanların bu kadar büyük bir kısmının iki kişiliğinin olması kesinlikle rastlantı olmamalı. Superman günlerini iddiasız gazeteci Clark Kent olarak geçirir ve Spiderman de gazete fotoğrafçısı Peter Parker olarak faturalarını öder. Batman'ın ikinci kişiliği Bruce Wayne bağımsız olarak zengin olduğu için şanslıdır, fakat yine de içindeki iblisler onu her gece pelerin ve taytlar kuşanıp suçla mücadele etmeye sevk eder. Alan Moore'un grafik roman serisi *Muhteşem Kahramanlar*'da aşağılık Bay Hyde'a bile olasılık dışı (ve biraz da isteksiz) bir kahraman olarak yeni bir rol biçiliyor. Jekyll ve Hyde on dokuzuncu yüzyıla ait başka kurgusal karakterlerle –Allan Quatermain, Kaptan Nemo, Görünmez Adam ve *Drakula*'daki Mina Murray ile güçlerini birleştiriyor ve dünyaya hâkim olmaya göz dikmiş kötülerin hain planlarını boşa çıkarıyorlar.

Dolayısıyla ikiliğin fizikte de karşımıza çıkması –ahlâki çıkarımları dışında- şaşırtıcı olmamalı. Işığın da iki yüzü vardır; bu ikili yapısı uzun zamandır atomların davranış biçimine dair bilimsel varsayımlara meydan okudu, sonunda da fizikteki kuantum devrimine önayak oldu. MÖ 5. yüzyılda yaşamış Pisagor'dan beri bilim insanları ışığın parçacık mı, yoksa dalga mı olduğu konusunda sürekli fikir değiştirdiler. Pisagor sadık bir "parçacık yanlısı" idi. Ondan iki yüz yıl sonra, Aristo ışığın bir dalga halinde hareket ettiğini ileri sürdüğünde çağcılları onunla fena halde alay etmişlerdi. Işığın açıkça düz bir çizgi halinde hareket ettiğini ve bir aynadan geri sektğini, bu tür bir davranışın da kesinlikle onu parçacık kategorisine soktuğunu düşünüyorlardı. Fakat ışık aynı zamanda bir dalga gibi dışarı doğru dağılıyordu ve farklı ışık ışınları birbirleriyle kesişebiliyor ve karışabiliyorlardı. On yedinci yüzyılın ortalarına gelindiğinde, Aristo'nun ışık dalgaları fikri bilim insanlarının önemli bir kısmı tarafından benimsenmişti. Bu

kişiler zihinlerindeki ışık kavramı için doğadaki diğer dalga olgularını, örneğin ses veya su dalgalarını temel alıyorlardı.

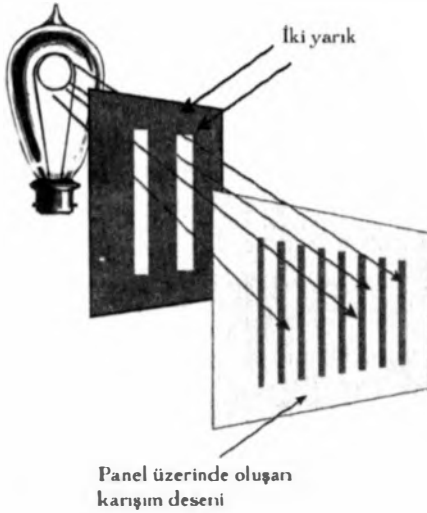
Isaac Newton henüz genç bir adamken ışıkla deneyler yapmaya başladı. Keşfettiği ilk şeylerden biri ışığın renklerin bir karışımı olduğuydu. Prizmalar yüzyıllardır kullanılıyordu – insanlar daha kırık camlar ilk ortaya çıktığında iki kırıcı yüzey keskin bir köşe oluşturduğu zaman hep renklerin belirmediğini fark etmişlerdi. Hiç kimse bu renklerin nereden geldiğini bilmiyordu, fakat çoğu kişi üçgen prizmanın her nasılsa onları yarattığını varsayıyordu. 1666'da Newton *experimentum crucis* (en önemli deney) adını verdiği deneyini bir çift prizma kullanarak gerçekleştirdi. Çalışma odasını kararttı ve pencere panjurunda tek bir güneş ışığı ışınının –o zamanlar bunun hiçbir içkin renge sahip olmadığı için ışığın en saf hali olduğuna inanılırdı- girebileceği bir delik açtı. Güneş ışını ilk prizmanın içinden geçti ve renklere ayrıldı. Ardından Newton ilk prizmayı elinin içinde çevirerek önce mavi ışığı, ardından kırmızı ışığı ikinci prizmanın içinden geçirdi ve başka bir renge ayınlamadığının farkına vardı. Yani beyaz ışık saf değildi; çeşitli renklerin bir karışımıydı. Prizma da renkler yaratmıyordu – onları görünen beyaz ışıktan ayırıyordu.



Newton'un Experimentum Crucis'i

Newton ayrıca ışığın "cisimcik" adını verdiği parçacık akıntılarından oluştuğu sonucuna vardı. Dalga kuramına karşı birincil iddiası gerisin geri Pisagor'a dönüyordu: Ses dalgalarının aksine, ışık köşeleri dönmez; her zaman düz bir çizgi halinde hareket eder. 1672'de Newton ışık hakkında vardığı sonuçları yeni seçildiği Kraliyet Cemiyeti'nin *Philosophical Transactions* (Felsefi Muameleler) dergisinde yayımlamaya ikna oldu. Fakat fikirleri umduğu tepkiyi görmedi. Bunun yerine ışığın dalga kuramına sınıksıkı sarılan meslektaşlarıyla dört yıl sürececek kavgalı ve kimi zaman acı bir tartışmaya daldı. Her zaman biraz huysuz ve gururlu biri olan Newton bu konuda başka bir makale yayımlamayı reddetti. Son büyük eseri *Opticks* ancak 1704'te basıldı.

Newton' çağcılarının çoğu -*Micrographia*'nın yazarı Robert Hook ve Hollandalı matematikçi ve astronom Christaan Huygens de dâhil olmak üzere- ışığın dalga kuramını destekliyorlardı. 1801'de İngiliz fizikçi Thomas Young'un yaptığı çok önemli bir deney görünürde bu konuyu çözüme kavuşturdu. Young iki küçük yarıktan bir panele ışık gönderdi ve ışığın diğer tarafta bir karışım deseni (birbirini izleyen aydınlık ve karanlık şerit-



İki yarığın içinden ışık göndermek dalga benzeri bir karışım deseni ortaya çıkarıyor.

ler) ortaya çıkardığını gördü. Young'a göre bu ışığın bir havuza taş atıldığında dışarı doğru yayılan bir su dalgası gibi davrandığını gösteriyordu. Işık eğer iki tane açıklığı olan bir engelle karşılaşır, engeli aşarken iki farklı parçaya ayrılır. Işık diğer tarafta yeniden birleştiğinde, iki parça ya birbirine eklenerek iki kat parlak bir şerit oluşturur, ya da birbirlerini bozup karanlık bir şerit ortaya çıkarırlar. 50 yıldan uzun bir süre sonra, James Clerk Maxwell görülür ışığın radyo dalgaları, mikro dalgalar, kızılötesi (ısı), ultraviyole ışık, X ışınları ve gamma ışınları gibi bir elektromanyetik ışınım biçiminden ibaret olduğu sonucuna vardı. Yani ışık hareket halindeki elektrik ve manyetik akımlardan oluşur. Maxwell elektromanyetik denklemler kümesini ışığın gerçekten de dalga olduğu varsayımına dayandırdı.

Hem Newton, hem de Maxwell de haklıydı, fakat ikisi de yaklaşmakta olan devrimi tahmin edemedi. Yirminci yüzyıl fiziğini keşfedilmemiş bölgelere götürecek olan adam Max Planck adında bir Alman fizikçisiydi. Kuşaklardır öğretim üyeleri yetiştirmiş bir aileden gelen Planck, öğreniminin ilk yıllarında fizik ve matematikten çok müzik konusunda sivrildi. Yetenekli bir piyanist olduğu için kısa süreliğine bir müzik kariyerini tercih etmeyi düşündü, ama bir müzisyene fikrini sorduğunda, eğer bu soruyu sorması gerekmişse muhtemelen başka bir alanı seçmesi gerektiği yanıtını aldı. Planck bu yüzden rotayı fiziğe çevirdi. Fizik profesörleri de çok cesaretlendirici sayılmazdı; biri 1870'lerin başında genç Planck'a fiziğin esas itibarıyla tamamlanmış bir bilim olduğunu, daha fazla gelişme potansiyeli barındırmadığını söyledi. Ama fizik yasalarının görünürdeki kesin yapısı ve gerçek dünya olgularını tanımlamak için kullanılabiliyor olmaları Planck'ı cezbediyordu. Özellikle entropi sayesinde kapalı bir sistemin her zaman sürtünme ve diğer kuvvetler nedeniyle belirli bir miktarda enerji kaybettiğini söyleyen termodinamiğin ikinci yasasının kesinliğinden (onun sanısına göre) çok hoşlanıyordu.

Bir bakıma çağdaş kuantum mekaniğini, özellikle de bir nesnenin sıcaklığını yayımladığı ışınım enerjisinin toplam miktarıyla ilişkilendiren on dokuzuncu yüzyıla ait bir denklemi doğu-

ran termodinamik oldu. Örneğin, eğer bir nesnenin sıcaklığı iki katına çıkarılırsa, yaydığı ışıınım miktarı 16 kat artar. 1900 yılına gelindiğinde fizikçiler bir maddenin ısı enerjisinin atomlarının etrafta salınmasının sonucu olduğunu anlamışlardı; bu hareket ışıınım dalgacıkları açığa çıkarır. Atomlar ne kadar ısınırda o kadar hızlı salınırlar ve üretilen ışıınımın enerjisi (frekansı) da o kadar yükselir. Bilim insanları boş bir oyuğun, “kara cisim” adını verdikleri kuramsal mükemmel yayımlayıcı ve emicinin yayımladığı ışıınımın miktarını hesaplamaya çalıştıklarında sorunlar baş gösterdi.

Bir tarafında küçücük bir delik olan, duvarları bir fırın gibi homojen olarak sabit bir sıcaklıkta tutulan kapalı bir kutu hayal edin. Kara cisim oluşturan salınmakta olan atomlar deliğin içinden ışıınım yayımlayacaktır (ısı enerjisi olarak) ve duvarların sıcaklığı içerdeki ışıınımın sıcaklığıyla aynı olacaktır. Termodinamik bize sıcaklığın sıcak bir cisimden soğuk bir cisme doğru aktığını söyler. Eğer kutunun duvarları içerdeki ışıınıma göre daha fazla enerjiye sahip olsaydı, enerji bir dengeye ulaşılıncaya kadar duvarlardan ışıınıma doğru aktarılacaktır. Eğer ışıınım duvarlardan daha fazla enerjiye sahipse de aynı sürecin tersi gerçekleşecektir.

Pekiya kara cisim ısınırda ne olur? 1792’de Thomas Wedgwood (ünlü porselen üreticisi Josiah Wedgwood’un oğlu) fırınlarının içindeki sıcaklık arttığında hammaddelerin renginin değiştiğini fark etti. 1900’de Alman bilim insanları nesnelerden çeşitli sıcaklıklarda ne kadar ışıınım açığa çıktığını tespit etmek için deneyler yaptılar. Sıcaklık yükseldikçe yayımlanan ışıınımın miktarının da buna göre artacağını tahmin ediyorlardı. Tam tersini gözlemlediler: Dalga boyları kıaldıkça ışıınım giderek artmıyordu; bunun yerine bir eşik noktasına ulaşılıyor ve yeniden azalmaya başlıyordu. Planck’ın amacı bu garip sonuçları açıklayacak bir kuram ortaya koymaktı.

Fizikçiler tek bir elektromanyetik dalganın taşıdığı enerjiyi Maxwell’in denklemlerini kullanarak kolayca hesaplayabiliyorlardı, fakat kuramsal kara cisim spektrum boyunca sıfırdan son-

suza kadar dağılmış değişken frekanslı dalgalar içerir. Kutunun kendisini oluşturan atomların sayısı sabittir, bu yüzden toplam enerji miktarını onların arasında bölüştürmenin yolunu bulmak nispeten kolaydır. Sabit miktarda enerjiyi kutunun içindeki sınırsız ışınlım dalgaları karışımına bölüştürmenin yolunu bulmaksa o kadar kolay değildir. Sabit miktarda enerjiyi sınırsız sayıda dalga frekansı arasında bölüştüremezsiniz.

Planck –o sırada Berlin Üniversitesi’nde fizik profesörü olmuştı- oyuğun duvarlarını oluşturan atomların her birinin ancak frekansına orantılı miktarda ışınlım enerji emebileceğine veya yayımlayabileceğine, aksi takdirde hiç ışınlımsız olacağına karar verdi. Bu frekans da ancak bu temel miktarın katları cinsinden artabilirdi. Bu adımlara “ne kadar” anlamındaki Latince bir sözcükten alıntılanarak “kuanta” adını verdi, çünkü bir kuantumda tam olarak ne kadar enerji olduğunu bilmiyordu. O zamanın fizikçilerinin çoğu bu fikri tuhaf buldu, çünkü doğa genelde sıçrayışlarla hareket etmez – makroölçekte ise kesinlikle etmez. Bilim yazarı Charles Seife *Sıfır: Tehlikeli Bir Fikrin Biyografisi*’nde Planck’ın kuantumlarını insanların hepsinin ya 1,50, ya da 1,80 boyunda olmasına ve bu ikisi arası boyda hiç kimse olmamasına, veya saatte 50 veya 70 kilometre hızla gidebilen, ama asla 45 veya 65 kilometre hızla gidemeyen otomobillerle benzetir. Bu saçma görünüyordu. Ama işe yaradı. Sonsuzluk meselesini kutunun içindeki ışınlımın frekansının artma miktarına fiili bir sınır getirerek çözdü. En düşük enerji birimi asla ısıtılmış kutudaki toplam enerji miktarını aşamazdı, bu yüzden bilim insanları belirli bir frekansın üstündeki kuramsal ışınlımı tamamen göz ardı edebilirlerdi.

Birçok bilim tarihçisi Planck’ı “isteksiz bir devrimci” diye tanımladı. Adamın sakın ve saygıdeğer geçmişinde günün birinde fiziği sonsuza kadar değiştireceğini belli eden hiçbir şey yoktu ve kuantumlarının yapacağı etkiyi kendisi de tahmin edemezdi. Bu kendi deyişiyle bir ümitsizlik eylemiydi: Sonraları, 1918’de Nobel Fizik Ödülü’nü alırken, “Kesinlikle, her ne pahasına olursa olsun kuramsal bir yorum bulunması gerekiyordu,” dedi. Bir

bedeli de oldu: Planck sonunda termodinamiğin ikinci yasasının kesin olduğuna dair inancını reddetmek, bunun yerine istatistik bir olasılık yasası olduğu gibi tartışmalı bir görüşü benimsemek zorunda kaldı. Bütün frekanslar eşit olasılıkla yayımlanmıyordu. Bunun yerine, ışının frekansı yükseldikçe olasılık azalıyordu.

Planck kuantal fıkının yalnızca kuramın deneylere uymasını sağlayan matematiksel bir "numara" olduğunu düşünüyordu. Ne de olsa bir ışık dalgasını sanki bir parçacıkmiş gibi tanımlıyordu. Fakat ortaya attığı küçük enerji paketleri kavramının birçok şaşırtıcı deneysel sonucu açıklayabildiği giderek daha da aşikar hale geldi. Bu sonuçlardan en dikkate değer olanı bazı metallerin bir ışık ışınına maruz bırakıldıklarında elektronlar yayımlamasıydı; bu fotoelektrik etki olarak bilinir. Alman fizikçi Henrich Hertz bu olguyu 1887'de, madeni bir levhanın üzerine bir ultraviyole ışık ışını göndermenin kıvılcımlar çıkarmasına neden olabildiğini fark edince kaza eseri keşfetti.

Şaşırtıcı olan bu yayımlayışın kendisi değildi. Metaller iyi elektrik iletkenleri olarak biliniyordu, çünkü elektronları atomlara daha gevşek biçimde bağlıydı ve ani bir enerji dalgası geldiğinde kopabiliyorlardı. Asıl kafa karıştırıcı olan elektron yayımının gerçekleşmesi için farklı metallerin farklı minimum ışık frekanslarına ihtiyaç duymalarıydı. Örneğin, bir parça sodyum metalinden elektronlar koparmak için yeşil ışık yeterli oluyordu, fakat bakır veya alüminyum için ultraviyole (UV) aralığındaki daha yüksek enerjili ışığa ihtiyaç duyuyordu. Fizikçiler ışığın frekansını arttırmaksızın sadece parlaklığını arttırmanın daha fazla elektron açığa çıkardığını da buldular. Işığın frekansını arttırarak da daha yüksek enerjili elektronlar ortaya çıkarıyor, ama elektronların sayısını arttırmıyordu. (Bir ışık dalgasının frekansı "dalgacığın" tepeleriyle çukurlarının birbirine olan uzaklığını tanımlar. Parlaklık bu tepelerin ve çukurların yüksekliğini tanımlar, bu özelliğe de genlik adı verilir; bir ışık dalgasının genliğinin karesi alındığında elde edilen sayı parlaklığı olacaktır. Bu iki özellik birbiriyle ilişkilidir, ama farklı şeylerdir, çünkü ışığın parlaklığı arttırılmaksızın frekansı arttırılabilir.)

Mart 1905'te Albert Einstein —o sırada hâlâ İsviçre'de basit bir patent katibiydi- bu kafa karıştırıcı etkiyi Planck'ın kuantumlarını ışığı kapsayacak şekilde genişleterek açıklayan bir makale yayımladı. (Planck kuantum mekaniğinin yalnızca atomların titreşimleri için geçerli olduğunu varsaymıştı.) Einstein ışığı kuantum mekaniği kapsamındaki enerji taşıyan parçacıklardan (daha sonra bunlara foton adı verildi) oluşan, tıpkı yalnızca 20 doların katları kadar para verebilen bir bankamatik gibi frekansları ancak belirli miktarlarda artabilen bir demet olarak tanımlıyordu. Bu demet bir metale yöneltildiğinde fotonlar atomlarla çarpışırlar. Eğer fotonun frekansı bir elektronu koparmak için yeterliyse, çarpışma fotoelektrik etkiyi ortaya çıkarır. Farklı metaller için farklı minimum frekanslara ihtiyaç duyulmasının nedeni budur. Işığın parlaklığını arttırmak metalin yüzeyini bombardıman eden fotonların sayısını daha da arttıracaktır, bu yüzden doğal olarak ortaya çıkan serbest elektronların sayısı da orantılı biçimde artacaktır. Işığın frekansını arttırmak daha yüksek enerjili fotonlar açığa çıkarır, fakat yine de bunların her biri yalnızca bir elektron koparabilir. İşte bu yüzden aynı sayıda ama daha yüksek enerjili elektronlar görülür. Işık bir parçacık olarak dalganın frekansıyla orantılı miktarda enerji taşır; frekansı da parçacığın enerjisiyle orantılıdır. Einstein fotoelektrik etki üzerine çalışması nedeniyle 1921'de fizik dalında Nobel Ödülü'nü kazandı.

Arthur Compton adındaki Amerikalı bir fizikçi 1922'de ışığın tekil parçacıklar gibi hareket ettiğine yönelik daha da fazla kanıt sağlayan bir deney gerçekleştirdiğinde son kalan şüpheler de ortadan kalkmış oldu. Birçok fizikçi X ışınlarının enerjisinin belirli kristallerden geri sektikten sonra çarpışma öncesine göre azaldığını ve enerjideki bu azalmanın yansıma açısına göre değiştiğini fark etmişti. Compton'a göre bu ancak X ışınları kristal atomlarından geri seken fotonlardan oluşuyorsa mantıklı olabilirdi. Compton bir bilardo topu etkisi hayal ediyordu: Eğer hareket halindeki bir top hareketsiz bir topa doğrudan çarparsa, enerjisinin bir kısmını ikinci topa aktarır, bu da eylemsizliğin

üstesinden gelip ikinci topun kuvvet yönünde harekete geçmesine yeter. Eğer doğrudan değil de sıyrılıp geçen bir çarpışma olmuşsa aktarılan enerji miktarı o kadar fazla olmaz ve ikinci top kuvvet yönünde ya hiç hareket etmez, ya da sadece birazcık hareket eder.

Fizikçiler Jekyll ve Hyde veya Superman ve Clark Kent gibi ışığın da iki kimliğinin olduğunu kabul etmek zorunda kaldılar. Işık Ufacık parçacıklardan oluşan yığınlar gibi davranır, ama frekans ve dalga boyu gibi dalga tarzı özelliklere de sahiptir. O günden sonra fizikçiler sonsuza kadar klasik ve kuantum sistemleri arasında ikiye bölündüler. Bugün ışığın dalgalar halindeki yayılımını incelemek için Maxwell'in dalga denklemleri kullanılır. Fakat bilim insanlarının ışığın maddeyle etkileşimini incelemek için kuantum mekaniği dâhilindeki parçacık yaklaşımını kullanmaları gerekir.

Stevenson'un karakteri Jekyll, Hyde'a dönüştüğü ilk sefer bir aynaya gözünü diktiğinde başlarda hiçbir tikslenme hissetmez ve "Bu da bendim," diye hükmeder. Ama çok geçmeden durum kontrolünden çıkar ve Jekyll en sonunda ikinci kişiliğini reddeder, tıpkı Einstein'ın ortaya çıkmasına neden olduğu kuantum devrimini sonradan reddetmesi gibi. Sonraları kuantum kavramının ve ışığın ikili kimliğinin fiziksel gerçekliğin yapısı için çok rahatsız edici bazı saklı anlamlarının olduğu ortaya çıktı. 20 yıl içinde fizikçiler yalnızca ışığın değil, madde parçacıklarının da iki yüzünün olduğunu keşfettiler. Bu ufak parçacıklar diyarına da çok farklı fiziksel yasaların hükmettiği anlaşıldı. Fakat bu başka bir bölümün konusu.

21. Bölüm

Herşey Göreceli

*Haziran 1905: Einstein Özel Göreliliği
Ortaya Atıyor*

1985 yapımı çok beğenilen film *Geleceğe Dönüş*'ün genç kahramanı Marty Mc Fly tipik bir Amerika lise öğrencisidir: Bir rock grubunda gitar çalar, kaykaya biner ve kasabada kız arkadaşıyla beraber hava atarak dolaşabilmeleri için çok önemli olan o dört tekerleğe gözünü dikmiştir. Alkolik annesi açıkça klinik depresyonla mücadele etmektedir ve babası da polyester giysileri ve kemik çerçeveli bir gözlüğü olan yaltakçı, martavalcı, avanak ineğin tekidir. Marty'nin ağabeyi bir ayaküstü yemek lokantasında çalışan liseden terk bir adamdır, modaya ayak uyduramayan bodur kız kardeşi ise işin ucunda hayatı olsa bile erkek arkadaş edinemeyecek biridir.

Marty'nin bile inek bir yanı vardır: Eksantrik, çılgın bir bilim insanı olan Doc ile arkadaşlık eder. Doc'un derme çatma laboratuvarı tuhaf icatlarıyla doludur. Doc 20 yıllık bir çalışmadan sonra nihayet çalışan bir zaman makinesi yapmış ve onu pahalı bir

Delorean otomobilin içine yerleştirmiştir. Hollywood'da bilimsel deneyler asla pürüzsüz gerçekleşmez, bu yüzden doğal olarak Marty kendini kaza eseri 1950'lere gitmiş bulur ve bir sürü gülünç olay birbirini izler.

Zamanda yolculuk fikri en azından on dokuzuncu yüzyılın sonlarında H.G. Wells'in *Zaman Makinesi* romanının yayımlanmasından bu yana bilimkurgu romanlarında ve filmlelerinde en yaygın temalardan biri oldu. *Time After Time* isimli filmde hayali bir Wells, kendisinin tasarladığı bir zaman makinesiyle Victoria dönemi İngiltere'sinden kaçmış olan Karın Deşen Jack'in peşinden 1970'lerin San Francisco'suna gelir. Fransız filmi *Ziyaretçiler*'de bir Ortaçağ şövalyesi ile derbeder uşağı kendilerini günümüz Fransa'sında mahsur kalmış bulurlar. Woody Allen'in *Uykucu Uykucu* filminin kahramanı uyandığında kendini füturist bir kâbusta bulur: Ankesörlü telefon jetonları 1 milyon dolardır. Bilim insanları da bu eserlerden ilham alarak zamanda yolculuğun bir gün karadelikleri döndürerek, solucan delikleriyle veya kozmik ipliklerle nasıl mümkün olabileceğiyle ilgili kuramlar geliştirdiler. Fakat bilimkurgu eserlerinin bu zorlama konusu için kuramsal temeli sağlayan ilk bilimsel yayın, Haziran 1905'te, *Zaman Makinesi*'nin yayımlanmasından 10 yıl sonra Albert Einstein tarafından ortaya atılan Özel Görelilik Kuramı oldu.

Einstein ilk olarak dört ya da beş yaşındayken, bir manyetik pusula gördüğünde bilimin büyüüne kapıldı. İğnenin her zaman kuzeyi işaret etmesini sağlayan görünmez bir güç olması onu çok etkilemişti ve alet onu "olayların ardında yatan, derinlerde gizli bir şey" olması gerektiğine inandırdı. Hayatının geri kalanını evrenin saklı gizemlerini çözmeye çalışarak geçirdi. Bugün Einstein ismi dehayla eşanlamlıdır, fakat anne babası yıllarca onun biraz "kalın kafalı" olduğunu düşünmüşlerdi, çünkü duraksayarak konuşuyordu ve parlak bir öğrenci değildi. Einstein sadece resmi öğretimin ezbere ağırlık veren ve keyfi bir otoriteye körü körüne itaat edilmesini bekleyen öğretim yöntemlerinden sıkılmıştı. O matematik, fizik ve felsefe kitaplarıyla evde ça-

lımayı tercih ediyordu. Daha sonra, “Çağdaş öğretim yöntemlerinin o kutsal sorgulama merakını tamamen bastırmamış olması neredeyse bir mucize,” dedi. “Çünkü hassas küçük bir bitkinin teşvikten sonra en çok ihtiyaç duyduğu şey özgürlüktür.”

Einstein prestijli İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü’nün giriş sınavlarını kazanamadığı için Aarau’daki yerel bir İsviçre okuluna gitmeye başladığında hem aradığı teşviki, hem de özgürlüğü bulacaktı. Hayatında ilk defa ona kendi fikirlerinin peşinden gitmesi için gerekli özgürlüğü ve toleransı sunan öğretmenleri vardı; hemen kendini James Clark Maxwell’in o sıralar üniversitelerde nadiren anlatılan elektromanyetizma kuramlarını öğrenmeye verdi. Ardından Zürih’teki Teknoloji Enstitüsü’nde fizik okudu, ama vasat bir transkriptle mezun oldu ve matematik ve fizik öğreteceği bir üniversite görevi elde etmeyi başaramadı. Bunun yerine Bern’de bir patent katibi olarak işe girdi. Boş zamanlarında da kuramsal fizik üzerine çalışıyor, ara ara da bilim kitapları okuyup tartışmak için bir grup dostuyla bir araya geliyordu. Bu grup kendine “Olympia Akademisi” adını vermişti.

Einstein 1905’in başında “zihnimde bir fırtınakopmuştu,” diye hatırlıyor. Bu fırtınaya kasırga demek daha uygun olabilir: Fikirleri çağdaş fiziğin çehresini geri dönülemez biçimde değiştirecekti. Özel göreliliğin altında yatan iki temel kavram vardır. Birincisi, evrende olan her şey hem üç boyutlu uzayı, hem de dördüncü boyut olan zamanı kapsar. Bu uzay-zaman sürekliliği olarak bilinir. İkincisi, özel göreliliğe göre bir olayla ilgili bilgi bize erişinceye kadar o olayın gerçekleştirildiğini bilemeyiz. Işık inanılmayacak kadar hızlı hareket eder – tam olarak saatte 1.079.252.849 kilometre hızla- fakat yine de olayın haberi gözlemciye ulaşana ve bir tepki vermesine izin verene kadar bir gecikme olur. Bu etkiyi çoğunlukla akşam haberlerinde görürüz: Bir sunucu dünyanın diğer ucundaki bir gazeteciyle konuştuğu zaman hep soruyla cevap arasında kısa bir gecikme vardır; görsel görüntü bize erişene kadar küçük bir gecikme daha yaşanır.

Kurgusal öykülerde olayların kendi algıladığı biçimini sergileyen bireysel bir bakış açısına sahip bir anlatıcı olabilir. Ba-

zı öykülerde birden fazla anlatıcı bulunur. Örneğin, klasik film *Rashomon* bir adamın öldürülmesini ve karısının tecavüze uğramasını birbiriyle çelişkili dört farklı bakış açısından aktarır. Iain Pears çok satan tarihi gizem romanı *An Instance of the Fingerpost*'ta benzer bir teknik kullanır. Kitabın her biri farklı bir karakterin anlattığı üç kısmı vardır ve bunların her biri aynı olaylar dizisini kendi özel bakış açısına göre biraz farklı bir biçimde aktarır.

Özel görelilik bu fikri fiziksel dünyayı kapsayacak şekilde genişletir. Fizikte, bir referans çerçevesi sadece bir gözlemcinin o anda nerede durduğunu belirtir; bu kurgudaki anlatıcının bakış açısı fikrine benzerlik gösterir. Einstein'ın denklemleri evrensel, tamamen durağan bir referans çerçevesi diye bir şey olmadığını, çünkü evrendeki bütün nesnelerin zaman ve uzay boyunca hareket ettiğini ortaya çıkardı. Marty McFly sabit durduğunu düşündüğünde bile Dünya'nın kendisi hareket eder ve o da onunla birlikte hareket eder. Marty ile Doc aynı olaya farklı bakış açılarından baktıklarında, her biri onu farklı bir biçimde göreceklerdir. Marty DeLorean ile dolaşırken, Doc da park yerinde ayakta dururken, Doc sabittir ve Marty ondan uzaklaşmaktadır. Ama Marty kendisinin sabit olduğunu ve Doc'un ondan uzaklaştığını iddia edebilirdi – tabii hızlanmıyorsa. Eğer hızlanıyorsa ivmenin getirdiği karşı kuvveti hissedecek ve gerçekte kendisinin hareket eden kişi olduğu sonucuna varacaktır. Bunun dışında matematiksel olarak iki hal arasında bir fark yoktur. Doc'un ve Marty'nin ayrı ayrı referans çerçevelerine göre her iki ifade de doğrudur.

Bu hiçbir kesinliğin olmadığı anlamına gelmez. Fizik yasaları hâlâ her ayrı referans çerçevesi için aynı biçimde geçerlidir. Bu ışığın bütün referans çerçeveleri için sabit olduğu anlamına elir. Maxwell'in denklemleri ışığın hızının sabit olduğuna işaret etmişti, fakat Einstein'a kadar çoğu fizikçi ışığın hareketin etkilerini göstereceğine inanıyorlardı. Fakat birbirini izleyen deneylerde bu inanışlarını destekleyecek bir kanıt bulunamadı. Maxwell'in denklemleri doğrudur; yorum hatalıydı. Gerçekte,

eğer Doc ışığın hızını ölçseydi, evdeki laboratuvarında da olsa, Delorean ile dolaşıyor da olsa aynı sonucu elde ederdi.

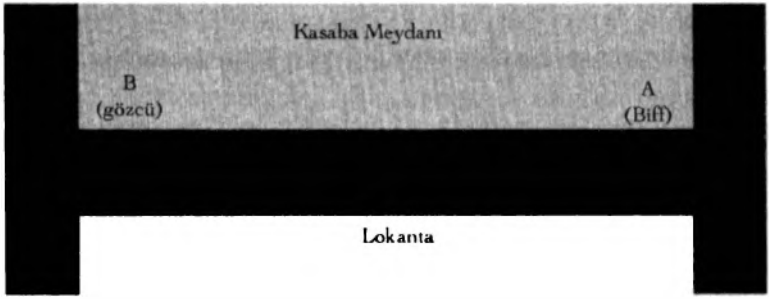
Bu fikir günlük deneyimlerimizle zıttır: Çoğu fiziksel nesnenin hızları birbirine eklenir. Örneğin, diyelim ki Marty kaykayına binerken kabadayı Biff'e bir taş atıyor olsun. Marty saatte 8 kilometre hızla, taş da saatte 5 kilometre hızla gidiyor olsun. Eğer Doc yakında bir radar tabancayla duruyor olsaydı, taşın hızını saatte 13 kilometre olarak ölçerdi. Marty ölçseydi, kendisi zaten saatte 8 kilometre hızla gittiği için taşın hızı saatte 5 kilometre olurdu. Fakat eğer üzerinde durduğu hareketli platformdan bir ışık ışını gönderseydi, hem Doc, hem de Marty ışının hızını saatte 1.079.252.849 olarak ölçerdi. Saatte 8 kilometrelik hareket hızının hiçbir etkisi olmazdı.

Tuhaf bir iş döndüğü belli. Einstein kütlesi olan bir nesne hareket halindeyken ölçülen uzunluğunun hızıyla orantılı olarak kısalacağını keşfetti; nesne ne kadar hızlı giderse, boyu da o kadar kısalacaktır. Kütlesi olan hiçbir nesne tam olarak ışık hızına erişemez, ama erişebilseydi, sıfır boyuta kadar kısalırdı. Buna uzunluk küçülmesi denir. Zaman ve uzay birbiriyle bağlantılı olduğu için, benzer bir şey zaman için de gerçekleşir: Zaman hareketle beraber yavaşlar, bu olgu da zaman genleşmesi olarak bilinir. Bunların hiçbirisi hareket eden nesneden bakınca anlaşılmaz; sadece farklı bir referans çerçevesine sahip olan dışarıdaki bir gözlemci tarafından görülür. Marty DeLorean'ın içinde hız kazandıkça arabanın içindeki her şeyin –kol dayama yerlerinin, koltukların, hatta Marty'nin kendisinin– boyu kısalır, ama Marty de arabayla beraber hareket ettiği için, bir değişiklik fark etmez. Eğer Doc durağan bir gözetleme noktasından otomobil hareket halindeyken içindekileri gözlemleyip ölçebilseydi, kısalmayı görebilirdi.

Fakat ışığın kütlesi yoktur, bu yüzden tam olarak ışık hızında hareket edebilir; bu hızda uzunluk ve zaman sıfır noktasına kadar kısalıp genişirler. İşte bu yüzden dışarıdaki bir gözlemci herhangi bir zaman çerçevesi boyunca ışığın gideceği mesafeyi ne kadar ölçerlerse ölçsün, bir ışık ışınının üzerinde yol alan biri-

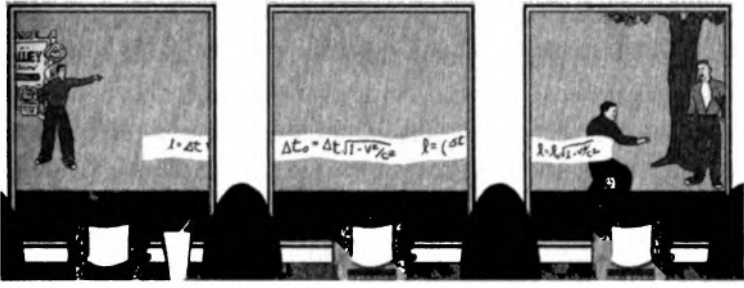
nin bakış açısından hiçbir mesafe gidilmemiş olacaktır ve her şey sonsuz, zen benzeri bir “şimdi”de gerçekleşecektir.

Uzunluk küçülmesi ve zaman genişmesi etkileri, iki olayın her biri farklı bir referans çerçevesinden izlendiği sürece ikisinin eşzamanlı olması diye bir şeyin mümkün olamamasına neden olurlar. Uzay ve zaman sabit değildir. Uzaydaki iki nokta arasındaki mesafe ve iki olay arasında geçen süre gözlemcinin bakış açısına bağlı olacaktır. Diyelim ki Biff ile kafadarlarından biri hâlâ 50’lerde mahsur kalmış olan Marty’yi dövmek için pusuya yatmış olsunlar. Kafadar bloğun bir ucuna, B noktasına gözcü olarak yerleşir. Biff ise bloğun diğer ucuna, A noktasına yerleşir.



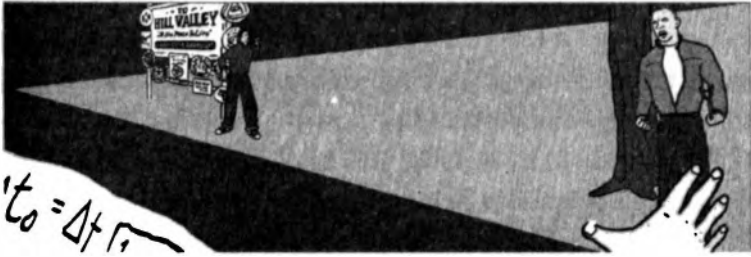
Hill Valey'in kasaba meydanı

Ardından Marty uzun bir pankartı peşinden sürükleyerek kaykayıyla caddenin diğer tarafından vınn diye gelir. Caddenin karşı tarafındaki lokantada bir müşteri Marty'nin kaykayının ön ucunun A noktasına varmasının ne kadar sürdüğünü ve pankartın arka ucunun B noktasını geride bırakmasının ne kadar sürdüğünü not eder. Müşterinin bakış açısına göre, kaykayın ve pankartın uzunlukları kısalır. Dolayısıyla kaykay A noktasındaki Biff'e erişmeden önce pankartın arka ucu B noktasına erişecektir:



Lokanta müşterisinin bakış açısından uzunluk kısalması.

Fakat Marty'nin referans çerçevesinden, uzunluk kısalması Biff ile kafadarı arasında gerçekleşir. Dolayısıyla o, pankartın arka ucunun B noktasına erişmesinden çok önce kaykayının ön tarafının A noktasındaki Biff'e eriştiği sonucuna varacaktır. Her iki sonuç da doğru olacaktır.



Marty'nin bakış açısından uzunluk kısalması.

Hâlâ başınız ağrımaya başlamadıysa, yeterince dikkatinizi vermemişsiniz demektir. Özel görelilik çok şaşırtıcı bir kavramdır. Ama bu soyut kuramın zaman yolculuğuyla ne ilsi vardır? Aradaki bağlantı Einstein'ın en ünlü düşünce deneyi olan "ikizler paradoksu"nda bulunabilir. *Geleceğe Dönüş*'te hiç ikiz olmadığı için, Olsen ikizlerini örnek olarak kullanalım. Mary Kate ile Ashley bir Hollywood setinde beraber fütürist bir uzay çağı filmi çekerlerken aynı referans çerçevesini paylaşırlar. Tıpatıp aynı olan saatlerini aynı zamana ayarlarlar, ardından Mary Kate setteki uzay gemisiyle uzaya fırlar – yani geminin sadece mukavva ve strafordan yapılmış bir dekor olmadığı, tamamen işlev-

sel olduğu anlaşılr. Mary Katye Uzaya gider, Ashley ise dñn-
yada gelir. İkizler artık farklı referans çerçevelerindedirler. İşte
zaman genişmesi burada devreye girer. Birbirlerinin saatleri-
ne bakabilselerdi, ikisi de diğ erininkini daha yavaş çalışıyor ola-
rak algıladı.

Fakat bir farklılık vardır: Mary Kate sete döndüğü zaman
Ashley'den daha yavaş yaşlanmış olur, çünkü zaman onun için
ikiz kardeşi için olduğundan daha yavaş geçmiştir. Saati onun
için gidip geri dönmenin Ashley'in saatinin gösterdiğinden daha
az zaman aldığını gösterecektir. Şu ana kadar öğrendiklerimi-
ze göre, Mary Kate ve Ashley yeniden aynı referans çerçevesi-
ni paylaştıkları zaman, zaman genişmesini ve uzunluk kısalma-
sının etkileri ortadan kalkar; saatleri aynı zamanı göstermelidir.
Öyleyse ne oldu? Bir noktada Mary Kate dönüş yolculuğu için
yön değiştirir. Böyle yaparak referans çerçevesini değiştirir ve
Ashley'den uzaklaştığı bir referans noktasından Ashley'e yaklaştı-
ğı bir referans çerçevesine geçer. Bu eylem ikisi arasındaki si-
metriyi yok eder, bu yüzden Mary Kate kız kardeşinin referans
çerçevesine geri döndüğü zaman artık uyumlu olmazlar.

Mary Kate sadece saniyenin küçük bir oranı kadar zaman ka-
zanmıştır, ama teknik olarak geleceğe dönmüştür. Dolayısıyla
birinin gittikçe daha yüksek hızlara çıkarak gelecekte birkaç na-
nosaniyeden daha uzağa yolculuk edebileceği düşünülebilir. Za-
manda yolculuk yapmaya can atanlar için kötü haber, geçmişe
yolculuk yapmanın hemen hemen imkansız olmasıdır. Bunu
yapmak için kişinin ışık hızından yüksek bir hızla gitmesi gere-
kir ve Doc'un güçlendirilmiş DeLorean'ı bile bunu başaramaz.
(Yalnızca film yapımcılarının bildiği sebeplerle, DeLorean saat-
te 141,6 kilometre hıza ulaştığında zamanda yolculuk moduna
geçer.) Işık evrendeki hız sınırını belirler: Kütlesi olmayan foton
(bir ışık parçacığı) gibi nesnelerin gidebileceği en yüksek hız ol-
duğuna inanılıyor.

Marty gibi kütlesi olan bir nesne asla ışık hızına erişemez. Bu-
nun nedeni hız yükseldikçe nesnenin kütlesinin de (dışarıdaki
gözlemci tarafından ölçüldüğü haliyle) artacak olmasıdır. Marty

hızı yükseldikçe daha ağırlaşacaktır ve ivme kazanmaya devam etmek için gereken enerji miktarı da orantılı olarak artacaktır. Işık hızında bir nesnenin kütlesi sonsuza ulaşır, bu yüzden tam olarak ışık hızına ulaşmak için sonsuz miktarda enerji gerekir. Marty sonsuz bir enerji kaynağı bulabilseydi bile ışık hızını geçmeden önce bir noktada tam olarak ışık hızına ulaşması gerekecekti. O sınır bozucu uzunluk kısalması nedeniyle ışık hızında bir nesne sıfır boya kadar kısalır. Marty kısalarak kendisinin incecik, iki boyutlu bir haline dönüşecek, belki de yok olup gidecekti. Işık hızı engelini diğer tarafına yapılacak kuramsal bir geçişten sağ çıkması olasılığı düşüktür.

Başka, daha felsefi karışıklıklar da vardır. Marty 1950'lere vardktan sonra birkaç saat içinde kaza eseri hem annesiyle, hem de babasıyla karşılaşır ve istemeden ikisinin birbiriyle karşılaşmasına engel olur. Bu anormalliği düzeltemediği takdirde kendi varlığı tehlikeye girecektir. Bu "büyükbaba paradoksu"nun postmodern halidir: Biri doğmasından önceki bir zamana gider ve kendi büyükbabasını öldürürse, o halde o kişi nasıl doğmuş, zamanda geri gitmiş ve kendi büyükbabasını öldürmüş olabilir? Eğer geçmişe yolculuk yapmak mümkün olsaydı, tarihi yeniden yazabilirdik. Fakat revizyonist "gelecek"imizin bir gelişme sağlayacağını hiçbir garantisi olmazdı.

Bilimkurgu yazarı Connie Willis, zamanda yolculukla ilgili iki romanında bu paradoksa zekice bir çözüm bulmuş: Bunlar her ikisi de yirmi birinci yüzyılın sonlarında geçen *Kıyamet Günü Kitabı* (bir Hugo Ödülü kazandı) ve *Köpekten Hiç Bahsetmeyelim*'dir. Willis'in kurgusal dünyasında zamanda yolculuk mümkün olmakla kalmaz, aynı zamanda sıradandır da. "Zamansal fizikçi" adı verilen uzmanlar, araştırmacıları -çoğunlukla konularını birinci elden incelemek isteyen tarihçileri- geçmişe götüren "Net" adında bir sistem icat etmişlerdir. Ama yine de bu işleme hâkim olan sıkı fiziksel yasalar vardır. Örneğin, zaman yolcularının uzayda ve zamanda tarihin akışını değiştirebilecekleri herhangi bir noktaya gitmeleri otomatik olarak yasaklanmıştır. Ayrıca geçmişten geleceğe fiziksel nesneler de getirile-

mez, böylece ganimet peşindekilerin planları bozulmuş olur. Sistem “bağdaşmazlık” adı verilen böyle sorunlara karşı korunmak için kendi kendini düzeltir.

Gerçek dünyada, fizikçiler böyle paradoksları açıklamanın başka bir yolunu geliştirdiler: Paralel dünyalar kavramı. Bir’ku-rama göre –ve bu hâlâ kuramdan ibaret olarak kabul ediliyor- sınırsız sayıda evren olabilir. Marty anne babasının birbiriyle karşılaşmasına engel olduğu zaman, bunu yalnızca bir evrende yapar ve bu artık onun var olduğu evren değildir. Marty sonunda bu hayatını tehdit eden paradoksu düzeltir ve anne babasının bir araya gelmesini temin eder, fakat yine de geleceği geri çevrilemeyecek biçimde değiştirir. Kendi zamanına döndüğünde babasının kendine güvenen, başarılı bir romancıya, annesinin gençlik dolu, zayıf ve neşeli bir kadına, ağabeyinin başarılı bir borsa aracısına ve kız kardeşinin de peşinden koşan coşkun talipleri elinin tersiyle iten şık bir kıza dönüştüğünü görür. Kararlar almış, sonuçları değiştirmiştir ve neyse ki her şey iyiye gitmiştir. Böyle yaparak ilk olaylar dizisini değiştirdiği ana kadar kendisinin-kinin aynısı olan yeni bir evren yaratmıştır.

Pekiya Einstein’a büyük an kazandıran o fikre ne oldu? Eylül 1905’te Einstein özel görelilik üzerine çalışmasını genişletti ve enerji ve kütle arasında uzay ve zaman arasındakine benzeyen bir ilişki olduğunu buldu. Bu çalışma tek bir devrimsel denklemlerle sonuçlandı: $E = mc^2$. Günlük dile çevrildiğinde, bu madde ve enerjinin birbirine dönüşebileceği anlamına gelir. Enerjinin korunumu hâlâ geçerlidir, bu yüzden bir cisim belirli miktarda enerji yayımlarsa, o cismin kütlesi de aynı miktarda azalmalıdır. Işık hızının karesi alındığında çok büyük bir sayı elde edilir. Yani çok küçük kütleyle sahip, örneğin bir atomdan ibaret bir sistem muazzam bir miktarda enerji açığa çıkarabilir.

Elimizin altında Doc’un sihirli DeLorean’i olmayabilir, ama Einstein’a ve özel göreliliğe sahibiz. Bu sebeple, zaten zaman yolcularıyız, çünkü her birimiz sürekli olarak hem uzayda, hem de zamanda yolculuk ediyoruz. Belki de bir yerde, paralel bir evrende bildiğimiz fizik yasaları geçerli değildir ve bu sayede

bılım insanları her iki yöndeki zaman yolculuğunun önündeki engelleri yenebilmişlerdir. Paralel benliğimiz yüzyıllar arasında neşeyle gidip geliyor, hem geleceğin, hem de geçmişin sırlarını keşfediyordur.

22. Bölüm

Roket Adam

*16 Mart 1926: İlk sıvı yakıtlı roketin
fırlatılması*

İlk bilimkurgu romanlarından biri Jules Verne'in *Aya Yolculuk*'uydu. 1865'te basılan, fakat Amerikan İç Savaşı'nın sona ermesinden birkaç sene sonra geçen kitap, Baltimore Silah Kulübü'nün hoşnutsuz üyelerine odaklanır. Üyeler bezgin ve tedirgindir: İnşa edecek ve deneyecek hiçbir yeni top silahı yoktur; paramparça edilecek hiçbir şey kalmamıştır. Hayatlarında yeni bir amaca ihtiyaçları vardır. Bu yüzden liderleri, sava gazisi topçu Impey Barbicane aya bir gülle göndermek için devasa bir top inşa etmelerini teklif eder. Barbivane'in baş rakibi Yüzbaşı Nicholl birkaç bin dolara bunun yapılamayacağına dair iddiaya girer. Nicholl'un kazanma şansının çok daha yüksek olduğu düşünülebilir, ama en sonunda azimli Silah Kulübü uzaya yalnızca bir mermiyi değil, üç adamı göndermeyi başarır. Her şeye rağmen Nicholl iddiayı kaybeder.

Verne'in top kullanarak aya insanlar gönderme fikri en iyi ihtimalle bile inanılmazdır, ama mükemmel bir hikâye oluşturur. Altta yatan bilimsel prensip de sağlamdır. Newton'un üçüncü hareket yasasına göre, her etki için eşit ve ters yönde bir tepki olacaktır. Bir silahtan kurşun atmak veya bir toptan gülle atmak ters yönde bir nesneyi kayda değer bir mesafeye göndermeye yetecek kadar güçlü bir geri tepme kuvveti oluşturur. Jet tahrikinin ardındaki ilke de budur. Uçaklar gibi roketler de ağırlık (yerçekimi), itki, sürüklenme kuvveti ve kaldırma denilen aerodinamik kuvvetlere tabidir. Bir nesne havalandıktan önce yerçekiminin çekişinin üstesinden gelmeye yetecek kadar itki üreterek eylemsizliğe karşılık vermelidir. Nesne havalandıktan sonra da ivmeyle orantılı olarak artan aerodinamik dirence maruz kalır, bu yüzden havada kalması için giderek artan miktarlarda itki gerekir. Eninde sonunda direnç itkiyi aşacaktır ve nesne dünyaya geri düşecektir.

Roketlerin icadı Verne'den birkaç bin yıl öncesine dayanır. İlk olarak Çin'in MÖ üçüncü yüzyılın sonlarındaki tarihi kayıtlarında bahisleri geçer. Dini festivallerde bambu çubukları güherçile, sülfür ve odun kömürüyle (barutun temel bileşenleri) dolduruluyor, sonra kapatılıyor ve patlamaların gürültüsünün kötü ruhları korkutup kaçıracağı umuduyla tören ateşlerinin içine atılıyordu. Düzgün kapatılmamış çubukların patlamak yerine ateşin dışına fırladığının fark edilmesi yalnızca zaman meselesiydi. Çubuklar düzgün kapatıldığında, çubuğun içindeki kimyasal tepkimeden çıkan enerji gidecek bir yeri olmadığı için sadece birikiyor ve bambu çubuğunun bir arada tutucu kuvvetine üstün gelecek kadar arttığında da patlıyordu. Ama çubuk tam kapalı değilse, enerjinin kaçmasına izin veren bir aralık varsa çubuğu ters yönde iten bir geri tepme kuvveti ortaya çıkıyordu.

1025 yılına gelindiğinde, roket kullanımı Çin askeri taktiklerinin ayrılmaz bir parçası haline gelmişti. On üçüncü yüzyılın başında, Sung hanedanı yağmacı Moğol toplulukları tarafından tehdit edildiğinde, Çin'in silah uzmanları el bombaları, toplar, ayrıca yanıcı maddelerle ve demir şarapnel parçalarıyla dolu ro-

ket ateş okları da dâhil olmak üzere birçok patlayıcı tasarladılar. Görenlerin tanıklıklarına göre bir roket ateşe verildiğinde o kadar büyük bir gürültü çıkarıyordu ki, ses 25 kilometre mesafeden duyulabiliyordu. Roket yere düştüğü noktanın çevresindeki 600 metrelik alanı da yıkıma uğrattıyordu.

Roket teknolojisi Avrupa'ya ancak yaklaşık 1241 yılında, Moğollar Magyar güçlerine karşı roketler kullanıp Buda şehrini (şimdiki Macaristan'ın içinde) fethetmeyi başardıkları zaman erişti. Moğollar 1258 yılında roketleri Bağdat şehrini fethetmek için yeniden kullandılar. 10 yıl içinde Araplar da uyum sağladılar ve 1268'de, yedinci haçlı seferi sırasında Fransızlara karşı roketler kullandılar. Bundan sonra teknoloji büyük bir hızla yayıldı: Bir ordu düşmanına karşı roket kullandı, o düşman onu başka bir düşmanına karşı kullandı bu böyle devam etti. 1300 yılına gelindiğinde Almanlar ve İtalyanlar da cephaneliklerine roketleri eklemişlerdi; hatta İtalyanlar roketleri ilk kullanım alanları olan havai fişeklere geri uyarlamışlardı. Fransızlar, Hollandalılar ve İngilizler de çok geçmeden diğerlerini izledi ve on sekizinci yüzyıl itibarıyla batı Avrupa'da roketler askeri bir silah –ve arada bir de eğlence malzemesi- olarak kullanılabilir hale geldi.

Roketler yeni dünyaya da yayıldı. Amerikan İç Savaşı sırasında, 1862'de Birlik ordusu Virginia'nın Richmond ve Yorktown kentlerini koruyan Konfederasyon kuvvetlerine karşı pek başarılı olmayan bir roket kullanma girişiminde bulundu. Roketler ateşlendikten sonra zeminin üzerinde deli gibi sıçararak bir sürü bağlı katırın ayaklarının arasından geçtiler. Bir roket katırlardan birinin altında patlayarak hayvanı birkaç metre havaya fırlattı. Katır bir zarar görmese de derhal Konfederasyon ordusundan firar etti.

İlk itici gazlar güçsüzdü, bu yüzden roketler çoğunlukla uyduruk bombardıman silahları olarak kullanılıyor ve genellikle topla karşılaştırıldığında etkisiz kalıyorlardı. Roketlerle topla aynı anda yatan tahrik ilkesi aynıdır, ama roketlerin izlediği yolu kontrol etmek çok daha zordur. Katı yakıtlı bir rokette (model roket kitlerinde satılan tür) yakıt ve yakıcı madde birbirine

karıştırılarak katı bir itici yakıt haline getirilir ve silindir bir fişğin içine doldurulur; bu ancak ateşe verildiğinde yanar. Buradaki en büyük avantaj depolamanın kolay olmasıdır. Fakat katı yakıt roketlere sürüklenme kuvvetinin üstesinden gelmelerine ve yeterince havada kalmalarına yetecek kadar güç veremez. Ayrıca katı yakıtlı roketler kalkış anında daha hızlı ivme kazanabiliyorsa da, uçuş sırasında güçleri ayarlanamaz; sadece bütün yakıt bitene kadar yanmaya devam ederler. Bu yüzden kalkış tamamlandıktan sonra izledikleri yol kontrol edilemez. Bu onları uzaya bir roket göndermek için elverişsiz yapar.

Başka dünyalara seyahat etmeye niyetli olan bilim insanlarının daha iyi sıvı yakıtlar geliştirmeye yoğunlaşması gerekiyordu. Sıvı yakıtlı bir rokette, yakıt ve yakıcı madde ayrı kısımlarda depolanır ve pompalandıkları yanma odasında karışır ve yanarlar. Dolayısıyla, sıvı yakıtlar karmaşık boru ve pompalama teçhizatına ihtiyaç duyarlar, bu da ağırlığı önemli ölçüde arttırır. Karışılığında elde edilen tahrik kuvvetlerinin daha büyük olmasıdır, fakat ateşleme sonrası bu gücün birikmesi zaman alır. Ayrıca sıvı yakıtlı roketlerin güçleri de ayarlanabilir ve uçuş sırasında daha iyi kontrol elde edilir.

Verne'nin romanı cana yakın ve tuhaf karakterleri ve bol miktarda teknik ayrıntı vermesiyle sayısız çocuğun içini uzaya yolculuk yapma hayalleriyle doldurdu ve bu çocukların bazıları büyüdüklerinde öncü roket mühendisleri oldular. Bunlardan biri de 1923'te adeta gelecekte haber veren *Gezenler Arası Uzaya Giden Roket* adında bir kitap yazmış olan Romanya doğumlu Hermann Oberth'ti. Oberth çocukken Verne'in kitaplarını okumuştı ve daha 14 yaşındayken geri tepmeli bir roketin sıvı bir yakıttan ortaya çıkan egzoz gazlarını tabanından çıkarak uzayda nasıl ilerleyebileceğini hayal etmişti. İtici gücün roket kütlesine oranı ne kadar yüksekse, roketinin o kadar hızlı olacağının farkına varmıştı. Ama roketi yakıtını harcadıkça kütlesi aynı kalacak, buna karşılık motorun yeterli itki gücü sağlama yeteneği azalacaktı. Aşamalı roketler kullanmanın bir çözüm olabileceğini düşündü; her bir aşama yakıtı bitince artık ölü ağır-

lıktan ibaret olduğu için atılacaktı. “Büyük bir roketin üzerinde küçük bir roket varsa ve büyük roket atılır, küçük roket o anda ateşlenirse, hızları birbirine eklenir,” diye yazmıştı.

Önce birinin kullanışlı bir sıvı yakıtlı roket icat etmesi gerekiyordu. 19 Ekim 1899’da 17 yaşındaki Robert H. Goddard memleketi olan Massachusetts’in Worcester kasabasının yakınlarında, ailesiyle beraber dostlarının banliyödeki evinde kaldığı sırada ölü dalları budamak için yaşlı bir kiraz ağacına tırmandı. Bunu yapmak yerine gözlerini gökyüzüne dikti ve Mars’a kadar gidebilecek bir roket fırlatmanın mümkün olup olmadığı üzerine hayaller kurmaya başladı. Bir fizik profesörü olan Goddard daha sonra, “O ağaçtan indiğimde artık farklı bir çocuktum,” diyecekti. Kendini uzay yolculuğunun gerçeğe dönüşmesine adanmış günü hatırlamak için hayatının geri kalanı boyunca o günü kişisel bir yıldönümü olarak kutladı. Kendisinden önceki ve sonraki birçok çocuk gibi Goddard da havai fişeklere ve diğer roketlere hayrandı ve Mars’a gitme hayalinin gerçeğe dönüşmesinin anahtarının onlar olduğuna inanıyordu – Verne’in romanını ve H. G. Wells’in *Dünyalar Savaşı*’nı okuduğu zaman bu hayali daha da yoğunlaştı.

Goddard ilk olarak 1907’de Worcester Politeknik Enstitüsü’nde öğrenciyken fizik bölümü binasının bodrum katında ateşlediği barutlu bir roketten çarpıcı bir duman bulutu çıktığında roketler konusundaki çalışmalarıyla halkın dikkatini çekti. Her nasılsa okuldan kovulmadı. Onun yerine okul yetkilileri bu hünerinden etkilenerok roket tahriki üzerine daha fazla çalışabilmesi için ona günlük izinler verir oldular.

Goddard daha 1909’da sıvı yakıtlı bir roket tasavvur etti ve Worcester’deki Clark Üniversitesi’ndeki fakültede çalışmaya başladıktan sonra da araştırmalarına devam etti. 1919’da bir gösteri roketinin aya gönderilmesini öneren bir makale yayımladı. O yıllarda böyle bir fikir akıl almaz görünüyordu; Goddard makalesinin bilimsel üstünlüğüne rağmen halkın geneli tarafından kaçık diye bir kenara itildiğini fark etti. Roket tasarlama yönünde bir dizi girişimde bulunduktan sonra, Goddard ya-

kıt olarak gazolini, yakıcı olarak da sıvı oksijeni seçti. -182 Santigrat derecenin altında ve atmosfer basıncında oksijen sıvı hale geçer. Daha yüksek sıcaklıklarda buharlaşır ve kapalı kapların içindeyken muazzam basınçlar ortaya çıkarır. Goddard bu gazın basıncını her iki sıvıyı aynı anda tanklarından çıkarıp farklı borular üzerinden karışıp yanacakları yanma odasına doğru itmek için kullandı.

Çabaları 17 yıl sürdü ama Goddard nihayet 16 Mart 1926'da, teyzesi Effie'nin Massachusetts'teki çiftliğinde sıvı yakıtlı bir roketi uçurmayı başardı. Bütün aygıt kabaca 3,6 metre yüksekliğindeydi. Geri sayım ve fırlatma sırasında yalnızca birkaç adım gerekli oldu. Önce bir asistan bir lehim lambası kullanarak yukarı uzanıp kara barutu ateşledi. Ardından sıvı oksijen tankının üzerindeki ağzı kapattı – ve böylece takın basıncını yükseltti – sonra da gaz memesindeki alkole batırılmış pamuğu yaktı. Ardından Goddard silindirden basınçlı itici gaz tanklarına oksijen aktararak gazolini ve sıvı oksijeni ateşleyicinin hâlâ yanmakta olduğu yanma odasına sıkıştırdı. Roketin motoru harekete geçti. Motorun itici gücü ağırlığını geçince roket sadece hortumla yere bağlı bir halde zeminden sekiz on santimetre yükseldi. Goddard uzun bir iple menteşeli bir çubuğu çekerek hortumu yerinden çıkardı. Artık roket özgürce uçabilirdi.

Goddard olayı günlüğüne şöyle kaydetmiş: "Hatırı sayılabacak bir gürültü ya da alev çıkarmaksızın havaya yükselirken neredeyse sihirli gibi görünüyordu, sanki 'Burada yeterince kaldım, izninizle başka bir yere gideceğim,' der gibiydi." Roket 2,5 saniye uçtuktan sonra yakıtını tüketti ve 56 metre uzakta yere düştü. Tahminen saatte 96 kilometre hıza ve 12,5 metre yüksekliğe ulaşmıştı. Roket ilkel olsa ve tasarımı hiç pratik olmasa da Goddard'ın temel fikrini doğruluyordu.

Aynı sıralarda Almanya'da uzay yolculuğu hayali kuran ve büyüdüğünde roket mühendisi olan bir çocuk daha vardı: Wernher von Braun. Goddard'ınki gibi, onun hayal gücünü de ateşleyen okuduğu kitaplar olmuştu – onun okuduğu Oberth'in öngörüsüyle dolu kitabıydı. Von Braun da patlayıcılara ve havai fişeklere

en az Goddard kadar hayrandı. Hayal kırıklığı içindeki babası oğlunu çocuksu bir avare olarak görüyordu. Braun onlu yaşlarındayken kırmızı bir oyuncak arabaya altı havai fişek bağlayıp ateşledi. Araba alevler çıkararak beş blok gitti, sonra da roketler patlayarak arabayı yok etti; von Braun da tutuklandı. Bu talih-siz başlangıca rağmen daha 1930'ların sonrasında fizik dalında doktora derecesi elde etmeyi başardı. İki yıl içinde kendini Nazi Almanya'sının askeri roket geliştirme programının başına getirilmiş, kahramanı Oberth ile yan yana çalışır buldu. Von Braun ilk olarak V-2 balistik füzesini icat etti. Füze ilk olarak 3 Ekim 1942'de fırlatıldı. Programlanmış gidiş yolunu kusursuz olarak izledi ve 190 kilometre uzaklıktaki hedefine indi. Bu bugün kullandığımız hemen hemen bütün roketlerin atası olacaktı.

Almanlar 1944'te balistik füzeleri Londra'ya karşı kullandılar, ama bu gelişme çok geç kalmıştı. Nisan 1945'e gelindiğinde Alman ordusu tam çekilme durumuna geçmişti ve Hitler de Berlin'deki sığınagında intihar etmişti. Von Braun ve roket mühendisleri ekibinin tamamının el geçmemeleri için idam edilmeleri emredilmişti, ama SS bu emri yerine getiremeden von Braun'un ağabeyi onları yakındaki Amerikan kuvvetlerine teslim ederek güvenliğe kavuşturdu. Ardından ekip Müttefik kuvvetleri için çalışmaya başladı. Von Braun hiç silah yapmak istememişti; onun hayali roketler kullanılarak uzaya gidilmesiydi ve savaş resmen sona erdikten sonra nihayet bunun için çalışma şansı yakaladı.

Goddard 1945'te öldü, bu nedenle çağdaş uzay çağının doğumunu göremedi. Von Braun ABD'ye göç etti. Ardından NASA'nın Marshall Uzay Uçuşu Merkezi'nin başına geçti. Burada Oberth'in fikrini temel alan, insanı nihayet aya indirecek olan Saturn V sınıfı "süper itici" roketleri geliştirdi. 16 Temmuz 1969'da medyanın eşi benzeri görülmemiş ilgisi eşliğinde, Apollo görevi Florida'daki Kennedy Uzay Merkezi'nden başlatıldı. Komutan Nesil A. Armstrong, Komuta Modülü Pilotu Michael Collins ve Ay Modülü Pilotu Edwin "Buzz" Aldrin o ana dek inşa edilmiş en güçlü roketin içine girip aya doğru üç gün süre-

cek bir yolculuğa çıktılar. Her sabah görev kontrolü mürettebatı uyandırıp haber raporu veriyordu ve astronotlar günlük görevlerini yerine getirirlerken renkli televizyon yayınları yapıyordu.

Uzay aracı 19 Temmuz'da aya erişti ve sonraki gün de Armstrong ile Aldrin ay modülüne -Eagle'a- geçerek yüzeye doğru indiler. Vardıklarını Görev Kontrolü'ne şöyle bildirdiler: "Houston, Eagle indi." Greenwich Zamanına göre 15:39'da, Armstrong ay modülünün dış bölmesini açtı ve 3 metrelik merdivenden yavaşça indi. On beş dakika sonra bütün dünya Armstrong'un sol ayağını ay toprağına başını ve "Bu insan için küçük, insanoğlu için dev bir adım," deyişini izledi.

Apollo 11'den sonra aya beş kere daha inildi ve 1973'te de dünyanın ilk uzay istasyonu olan Skylab fırlatıldı, ama bunların hiçbiri o tarihi görev kadar göz alıcı bir başarıya ulaşamadı. 1980'lere gelindiğinde uzay mekiği NASA'nın gözbebeği olmuştu, 1990'ların sonlarına kadar da öyle kaldı, fakat *Challenger* ve *Columbia*'yı yok eden facialar programın biraz yıpranmasına neden oldu.

Bugün Nasa ayın ötesine bakıyor. 1997'de insansız Pathfinder uzay aracı Mars'ın yüzeyine ulaştı ve Dünya'ya Mars'ın yüzeyinin ilk görüntülerini gönderdi. Nasa bu görevden sonra sırasıyla Haziran ve Temmuz 2003'te Spirit ve Opportunity adında iki robot gezgin fırlattı; Ağustos 2004 itibariyle bu ikisi Mars'ın yüzeyini araştırmaya, jeolojik örnekler almaya ve bilim insanlarının gezegenin ayrıntılı bir topolojik haritasını çıkarmasına yardımcı olmaya devam ediyorlar. Goddard'ın onları görece kadar yaşamamış olması üzücü.

23. Bölüm

O Lanet Olası Kedi

1935: Schrödinger'in Kuantum Kedisi

Bir fizik konferansı için Hollywood'a gelen kuantum fizikçisi Ruth Baringer karşılama kokteyline yetişmek için Rialto'daki otel odasına yerleşmek ister. Fakat sıradan kuralların geçerliği olmadığı bir çeşit alternatif gerçekliğe düşmüş gibidir ve bir otel odası tutmak kadar basit bir iş bir zar atışı kadar rastlantısal bir hale gelmiştir. Bu Connie Willis'in ödüllü bilimkurgu kısa öyküsü "At the Rialto"nun (Rialto'da) acayip dünyasıdır.

Resepsiyonist Tiffany aynı zamanda modellik ve oyunculuk yapan, fındık boyutlarında bir amipin beynine sahip olan bir kadındır ve otelde yalnızca organik nefes alıp verme derslerinin parasını çıkarmak için çalışmakta, görünüşe göre asla hiç kimse için rezervasyon yapamamaktadır. Bir oda anahtarı elde edecek kadar şanslı olanlar bile kimi zaman odalarında zaten birinin olduğunu veya odanın var olmadığını fark ederler. Yerel lo-

kantada bir şekerli çörek ısmarladığınızda risotto üzerine yatırılmış kirpi ezmesi gelebilir. Konuşmalar asla planlandıkları yerde, belirlenmiş saatlerde gerçekleşmez – podyumda bir fizikçi yerine yeniçağ ruh kılavuzu bulmanız ihtimali yüksektir. Kuantum mekaniği için yeni bir paradigma geliştirmesi için kârlı bir finansman yardımını hibe aldığı söylentileri dolaşan ana konuşmacı Dr. Sidney Gedanken'i ise hiç kimse bulamamaktadır.

Willis'in ana konuşmacısının ismi fizikçilerin kendi aralarında yaptığı bir şakadır. *Gedanken* Almanca "düşünce" demektir. Tarihteki en ünlü düşünce deneylerinden biri de Avusturyalı fizikçi Erwin Schrödinger'i parlak fikriydi: Schrödinger'in kedisi paradoksu. Fizikçinin bu fantastik fikri kuantum diyarının doğasında bulunan saçmalığı sergilemek amacıyla 1935'te ilk ortaya atıldığından bu yana hep felsefecilerin ilgisini topladı ve kedi severleri de ürküttü. Ayrıca sayısız sanatçının, müzisyenin ve yazarın hayal gücüne de ilham verdi. Romancı Robert Anton Wilson en çok *Schrödinger'in Kedisi Üçlemesi* ile bilinir. Koreograf Karole Armitage *Schrödinger Kedisi* adında bir bale yazdı. 1980'lerde pop grubu Tears For Fears'in aynı isimde bir şarkısı vardı. Hem New York eyaletinin kuzeyinden bir rock grubu, hem de Texas'ın Austin şehrinden kentli bir enstrümentsiz hip-hop grubu kendilerine Schrödinger ismini vermişler.

Schrödinger'in düşünce deneyinin saklı anlamları derin ve geniş kapsamlı olsa da, deneyin kendisi aslında gayet basittir. Hayali bir kediyi ve bir siyanür şişesini bir kutunun içine koyun ve kutunun kapağını kapatın. Şişe çok dengesiz bir element olan uranyumun bir atomunun yakınındaki bir Geiger sayacına bağlı olsun. Bu radyoaktif atomun bozunup bir elektron yayımlaması ihtimali yüzde 50'dir. Eğer bu olursa, Geiger sayacı tetiklenir, siyanür şişesi kırılır ve kedi anında ölür. Olmazsa siyanür açığa çıkmaz ve kedi hayatta kalır. Kediye ne olduğunu öğrenmek için kutuyu açmamız gerekir. Ama biz bunu yapmadan önce kedinin durumu ne olur? Etrafı çevrilmiş kedi iki birleşik potansiyel durumda var olur: Aynı anda hem ölü, hem de canlıdır. Eninde sonunda hayvanın kaderini belirleyen gözlemlene eylemi gerçek-

leşir. Özel görelilik de bir noktaya kadar insanın algısına dayanır: Bir olayın ışığı gözlemciye erişinceye ve bir şeyin olduğunu teyit edinceye kadar olayın gerçekleştiği söylenemez. Fakat sonuç önceden bellidir: Göreceli bir gözlemcinin zaten olmuş olanı değiştirme veya etkileme gücü yoktur. Buna karşılık kuantum mekaniğine göre aslında ne olduğunu tayin eden gözlemdir.

Bu çeşit paradoks içeren saçma durumlar kuantum dünyasını benzersiz kılar. Jeanette Winterson romanı *İçsel Simetriler*'de Schrödinger'in kedisini "konukların kibarca oturduğu sağduyu yemeğinde fizikçiden gelen geçirme sesi " diye tanımlar. Yirminci yüzyılın başında, bilim insanları atomların maddenin en küçük biçimi olmadığını fark ettiklerinde evrenin çok farklı fiziksel yasalara tabi olan yepyeni bir diyarını keşfetmiş oldular. Albert Einstein uzay-zaman dokusunu pürüzsüz ve eğimli olarak; tahmin edilebilir geometrik desenler halinde düzgün biçimde yerleştirilmiş derli toplu bir şebeke olarak tahayyül etmişti. Ama kuantum kuramına göre atomik düzeyde evrenin dokusu yumrulu ve kaotiktir ve atom altı parçacıklar da sürekli olarak hareket halindedirler. Bu durum bir kâğıt parçasına bakmaya benzer: Kâğıt pürüzsüz gibi görünür, ama mikroskobun altına koyduğunuzda aniden kaba yapısını görebilirsiniz. Ne klasik denklemleri, ne de görelilik denklemlerini kullanarak bütün o küçük parçacıkların birbiriyle nasıl etkileştiğini hesaplamak mümkündür. Bu boyut ölçeğinde, yerçekimi konu dışı, elektromanyetizma da yetersiz olur.

New York City'nin coğrafi yapısı bunun için basit bir açıklama olarak kullanılabilir. Manhattan'ın büyük bölümünde düzgün bir caddeler şebekesi vardır, Einstein'ın temiz, düzenli uzay-zamanı gibi: Numaralı bulvarlar kuzeyden güneye, numaralı caddeler de doğudan batıya doğru giderler. Ama On Dördüncü Cadde'den aşağı inildiğinde bu düzen kaybolmaya başlar. Görünürde mantıklı şebeke sistemiyle hiçbir bağlantısı olmayan ufacak yan sokaklar vardır. Yedinci Bulvar açıklanamaz şekilde Varick Caddesi'ne dönüşür ve Batı Dördüncü ve Batı Onuncu Caddeler Greenwich Village'da olasılık dışı bir şekilde

kesişir. Tek tek atomlar düzeyinden daha aşağı inmeye başladığınız zaman da benzer bir şey olur. Klasik fiziğin mantıklı, düzenli kuralları yok olur ve kuantum mekaniğinin acayip dünyası ortaya çıkar.

Manhattan'ın coğrafi yapısı gerçekten de makro ve atomik düzeyleri yansıtıyor olsaydı fizik yasalarına ne olacağına bir göz atalım. Central Park'tan bir top attığınızda klasik fiziğin denklemlerini kullanarak topun uçuş yolunu kolayca hesaplayabilir ve nereye ineceğini tahmin edebilirdiniz. Manhattan'ın alt (kuantum) ucundan bir top ateşlediğinizde ise inmesinin en muhtemel olduğu noktayı hesaplamak için gitmesi mümkün olan uçuş yollarının tamamını değerlendirip ortalamalarını almanız gerekirdi. Fakat bu da istatistiksel bir tahmin olurdu. Top gerçekten ininceye kadar tam iniş yerini terpit etmenin bir yolu yoktur.

Yani Willis'in karakteri Ruth, bir fincan kahve ve bir de şekerli çörek almak için Rialto otelinin kahvaltı büfesini bulmaya çalıştığında –görünüşte kolay bir iş- ancak belirli bir başarılı olma şansı vardır, çünkü o da kendi kuantum paradoksuna yakalanmıştır. Kuantum mekaniğine göre, atom düzeyinde evren ne düzenli, ne de tahmin edilebilirdir: Bunun yerine, bir şans ve ihtimal oyunudur. Einstein bu yaklaşımı asla tamamen kabul etmedi ve bir keresinde o ünlü “Tanrı zar atmaz,” sözünü söyleyerek itiraz etti. Fakat bütün beklentilerin aksine, öyle görünüyor ki atom düzeyine Tanrı mikro evrensel bir kumarhanenin usta kumarbazı. Kuantum dünyasındaki her şey ihtimallere dayalıdır. Bilim insanlarının tek yapabilecekleri olasılıkları hesaplamak ve herhangi bir deneysel sonuca bir ihtimal atamaktır.

Kuantum ölçeğindeki hayatın en tuhaf yanlarından biri bütün parçacıkların bazen dalgalar gibi hareket etmesidir. 20. Bölümde modellik ve oyunculuk yapan, geceleri de resepsiyonist olarak çalışan Tiffany gibi ışığın da hem parçacık, hem de dalga olabildiğini görmüştük. Bu olgu fotonlarla sınırlı değildir. Elektronlar, protonlar, hatta nötronlar benzer bir ikili yapıyı paylaşırlar. Fransız Fizikçi Louis de Broglie 1925'te parçacık-dalga ikiliğini elektronları da kapsayacak şekilde genişletti. Onun akıl yü-

rütmesine göre basit bir su dalgası bile atomik düzeyde tanecikliydi, zira bir sürü su molekülünün eşgüdümlü olarak hareket etmesiyle oluşuyordu. Bütün “parçacıklar” ve bütün “dalgalardan” aslında bu ikisinin bir karışımıdır. “Dalga boyları” çok küçük olduğu için böyle “madde dalgaları” makro dünyayı etkilemez, etkileri yalnızca atom düzeyinde görülür.

De Broglie madde dalgalarını tespit etmek için mümkün olabilecek bir deney de önerdi: Bir kristalin içinden bir elektron ışıını geçirmek. Kristaldeki atomlar çok düzenli oldukları ve kafese benzer bir yapıyla sıralandıkları için elektron dalgalarını dağıtacak kadar dar olan yerleşik bir “yarık”lar dizilimi barındırırlar. Deney 1927’de gerçekleştirildiğinde de Broglie’nin tahmin ettiği gibi elektronlar düz çizgiler boyunca yüzeyden ufakık toplar gibi yansımadılar. Bunun yerine bir havuza taş atıldığında dışarı doğru yayılan bir su dalgacığı gibi hareket ettiler. Eğer su dalgası iki açıklığı olan bir engelle karşılaşır, iki engelden geçerken iki farklı parçaya bölünür ve dalgalardan diğer tarafta tekrar karışırken çarpıcı sarmal desenler oraya çıkarır. Aynı türde “girişim” desenleri bir ışık dalgası küçük açıklıklar içeren bir dizilimden geçerken de ortaya çıkar. Gözlemlenmeyen bir elektron da iki dar aralığın içinden geçirildiğinde bir dalga gibi hareket eder ve o gerçeği açığa çıkaran girişim desenini oluşturur. Parçacığın aslında hangi yolu izleyeceğini belirlemeye yönelik herhangi bir gözlemlenme veya ölçüm girişimi girişim desenini ortadan kaldırır. Özünde gözlemlenme eylemi elektronu bir yolu veya diğerini seçmeye zorlar, böylece her iki aralıktan geçmek için parçalanıp diğer tarafta tekrar birleşen bir dalga gibi değil, tek bir aralıktan geçen bir parçacık gibi hareket eder.

İngiliz fizikçi John Gribbin elektronların dalga yapısını bir keman yayının titreşimlerine benzetir. Gergin bir yayın titreşiminde orta kısım ileri geri oynarken iki uç sabit noktalarda durur. O titreşen ses dalgalarının frekansları belirli bir müzik noktasına karşılık gelecektir. Yayın ortasına dokunduğunuzda her bir yarın aynı şekilde titreşecek, merkez sabit kalacaktır. Bu ses ölçekte harmonik adı verilen daha ince, bağlantılı bir notaya kar-

şılık gelir. Keman yayı sadece birbirleriyle uyumlu müzik notalarına karşılık gelen belirli frekanslarda titreşebilir. Bu kavram Niels Bohr'un elektronların atomların çevresinde sadece çok belirli kuantum enerji düzeylerinde dönebildiklerine –tıpkı ışığın düzgün biçimde paketlenmiş, belirli enerjilere sahip fotonlardan oluşması gibi- dair iddiasına benzer. Bohr'un atom modelinde, atomun çekirdeği protonlardan ve nötronlardan oluşur ve elektronlar da çekirdeğin etrafında belirli enerjilere sahip sabit, eş-merkezli bir yörüngeler diziliminde daireler çizerler. Ne zaman bir elektron daha düşük bir enerji seviyesine düşse fotonlar yayımlanır.

Bohr'un himaye ettiği Alman bilim insanı Werner Heisenberg, akıl hocasının ortaya attığı atomun çevresinde iyice tanımlanmış elektron yörüngeleri olması fikrinden hoşlanmıyordu. Bunun nedeni, bir elektronu hangi yörüngede olduğunu belirlemek amacıyla gözlemlemek için ona ışık göndermenin gerekmesiydi. O ışığın çok kısa bir dalga boyu, dolayısıyla da son derece yüksek bir enerjisi olmalıydı. Elektron fazlalık enerjiyi emecek ve anında ilk konumundan ayrılarak daha yüksek bir yörüngeye sıçrayacaktır. Bu yüzden bir elektronun kesin konumunu belirlemek imkânsızdır, zira herhangi bir gözlem veya ölçüm eylemi o konumu değiştirecektir. Bu Heisenberg'in belirsizlik prensibinin temelidir: Bir özelliği, örneğin bir elektronun konumunu ölçme kesinliğiniz ne kadar artarsa, bir başka özelliği, örneğin enerjisini ölçme kesinliğiniz de o kadar azalır.

Schrödinger 1926'da, bir elektronun olabileceği yerlerin olasılığını açıklayan bir dizi denklem geliştirerek bu sorunun üstesinden geldi. Bohr'un sabit yörüngelerini atomun çekirdeğinin çevresindeki bulut benzeri bölgeler olarak yeniden tasavvur etti. Belirli bir bulutun en yoğun alanında elektronu bulma olasılığı en yüksektir; en seyrek alanı da en düşük ihtimale sahip olacaktır. Emory Üniversitesi'nde çalışan fizikçi Sidney Perkowitz bu kavramı bir oyun kartı destesindeki özel bir kartın birçok rastgele çekişte kaç kere çıkacağını belirlemeye benzetir. Kupa asının denemelerin kabaca $1/52$ 'sinde geleceğini söyleyebilirsiniz.

niz, fakat bunun ne zaman olacağını tahmin edemezsiniz. Ancak kartı gerçekten çekme eylemi potansiyel seçimi belirli bir sonuca çevirebilir. Schrödinger'in matematiksel "dalga fonksiyonu" bir elektronun veya o lanet olası kedinin bütün mümkün durumlarını tanımlar. Nasıl bir kutunun içine bakmak kedinin canlı mı, yoksa ölü mü olduğunu belirliyorsa, ölçüm eylemi de her nasılsa bir madde dalgasını –ki bu dalga bütün fiziksel ihtimalleri taşır- çok belirli özellikleri olan bir parçacığın içine odaklar. Elektronun kesin bir konumu yoktur. Bunun yerine muhtemel konumlardan oluşan bir süperpozisyonda mevcuttur. Sadece bir deneyci elektronu gözlemlediğinde dalga fonksiyonu tek bir belirli konuma doğru "çöker".

Kuantum mekaniğinin saklı anlamlarından en az Einstein kadar rahatsız olan Schrödinger bir keresinde, "Ondan hoşlanmıyorum ve onunla ilgim olduğu için üzgünüm," demişti. Onun kurgusal şanssız kedisi gözlemlenmeyen hiçbir şeyin gerçek olmadığını ima eder. Bu fikir tam Zen'e göredir: Ormanda bir ağaç devrilirse ve etrafta bunu duyacak hiç kimse yoksa bir ses çıkarır mı? Kuantum mekaniği en katı yorumuyla deneysel sonuçların en nesnel olanının bile insan gözlemine bağlı olduğunu söyler. Bir parçacık belirleyicisi kullanılan bir deney uygularsanız, ışık bir parçacık olarak görünecektir. Aynı deneyi bir dalga belirleyicisi kullanarak tekrar ederseniz, ışık dalga benzeri bir davranış sergileyecektir.

Parçacık-dalga ikiliği alt atom ölçeğindeki hayatın tek tuhaf tarafı da değildir. Ruth'un konferanstaki kuantum bilmececi önceki sene bir süreliğine beraber olduğu başka bir fizikçi olan David'in ortaya çıkmasıyla daha da karmaşıklaşır. Aşk yüzünden ciddi bilimsel görevinden kopmamaya kararlı olan Ruth David'in karşı konulamaz cazibesine teslim olmamak için çeşit çeşit engeller koyar. Ama adam her nasılsa bu engelleri aşmayı başarır.

Atom altı parçacıklar da "kuantum tünelleme" denilen bir olguda benzer bir davranış gösterirler. 1950'lerde fizikçiler bir elektron akışının bir engele çarpıp duracağı küçük, zarif bir sis-

tem geliştirdiler. Atomların çoğunun engeli aşmaya yetece kadar enerjisi yoktu. Ama bazı elektronlar belirlenmiş davranış kural-larına uymadılar, sadece enerji “duvarı”nın tam içinden tünel-le geçtiler. Bu nasıl olmuştu? Burada da elektron dalga benzeri kişiliğine bürünür. Elektronu yüksek bir engeli aşmaya çalışan özel bir yüksekliğe sahip bir dalga olarak hayal edebiliriz. Dalga engelden daha alçak olduğunda bile, kuantum mekaniğine gö-re küçük bir olasılıkla engelden sızacak ve diğer tarafa geçecek, burada yeniden parçacık kimliğine bürünecektir.

Atom altı parçacıklar birbiriyle çarpıştığında fiziksel olarak birbirlerinden ayrılırsalar bile görünmez olarak bağlı kalabilirler. Schrödinger’in kedisinin durumu her nasılsa radyoaktif atomun belli bir uzaklıkta olduğu halde “bilir”; birbirlerine ayrılmaz bi-çimde bağlıdırlar. Yani birinin durumunu ölçtüğünüz zaman di-ęerinin durumunu da ikinci bir ölçüm yapmak zorunda kalma-dan bilirsiniz. Buna “dolanıklık” adı verilir. Ruth ile David bir kere “arpıştıktan” sonra, dolanık hale gelirler. David onu ara-yıp yerel bir lokantada bulduktan sonra Ruth teslim olmuş bir halde, “Elektronun arpışmadan sonra nereye gittiği fark etmi-yordu,” diye düşünür. “Diğer elektron yine de gelip onu risotto-dan kurtaracak, ona bir şekerli çörek alacaktır... Sanki o tek bir çarpışmadan sonra sonsuz kadar bağlanmışlar gibidir... Evre-nin ayrı uçlarında olsalar bile.”

Bu gerçekleşir, Einstein’ın özel göreliliği her zaman en azın-dan ışık hızı kadar bir gecikme olacağını söylese de. Dolanıklık her nasılsa evrensel hız sınırını geçmenin bir yolunu bulur. Bir bilim insanı bir çift parçacığı dolandırabilir, onları birbirinden çok uzak noktalara götürebilir, ardından birinin durumunu öl-erek diğerinininkini anında anlayabilir. Einstein buna “uzak me-safeli ürkütücü hareket,” demişti. Bu teorik bir kurgudan ibaret değildir: Fizikçiler kuantum dolanıklığını laboratuarda hem fo-tonlarla, hem de atom kümeleriyle deneysel olarak gösterdiler.

Örneğin, 1998’de İsviçre’deki Cenevre Üniversitesi’ndeki araştırmacılar iki fotonu dolandırdılar, sonra da onları uçura-rak fiber optik kablolar üzerinden ters yönlere, birbirine 11 ki-

lometre mesafedeki dedektörlere gönderdiler. Araştırmacılar bir fotonun özelliklerini ölçtüklerinde, bu diğer parçacığı anında etkiliyordu. Elbette ilişkilerini anında “bilen” yalnızca parçacıklardır, dıştaki gözlemcilerin dolanıklık gibi yerleşik bir avantajları yoktur. Bilim insanlarının iki parçacığın kesin durumlarını her iki uçta ölçerek anlamaları, sonra da bu bilgiyi telefonla veya e-postayla birbirlerine iletmeleri gerekir. İçinde bulunduğumuz yüksek hızlı iletişim çağında bile, bu bilgi ışık hızından hızlı iletilemez.

Günlük hayatlarımızın daha geniş ölçeğinde bu olguların hiçbiri görülmez. Willis’in öyküsünün çekiciliği onun usta işi “farz edelim” senaryosunda yatar: Ya kuantum etkileri makro ölçekte kendilerini göstermeye başlasalardı? Hollywood kuantum dünyasının yeni paradigması olarak Schrödinger’in kedisinin yerini alır. Ruth, belki de elektronlar model oyuncu Tiffany gibi tek durum derslerinin parasını çıkarmak için yarım zamanlı elektronlar olarak çalışıyorlardır diye tahmin yürütür. Belki de kuantum diyanı Capitol Records binasında (bir plak yığını şeklindedir), veya Grauman’ın Çin Tiyatrosu’nun avlusundaki yıldızlarla süslenmiş yolun iki tarafındaki çimento içinde korunan ünlü el ve ayak izlerinin rastgele gibi görünen desenlerinde görülebiliyordur. Fizikçiler cesur atom altı dünyayı daha yeni yeni anlamaya başlıyorlar. David’in dediği gibi, “Bence May Robson’ın ayak izinden onun hakkında ne kadar bilgi edinebiliyorsak kuantum kuramı hakkında da o kadar bilgi sahibiyiz.”

Kopya Çekiyoruz

Ekim 1938: İlk kserografik kopya

Sahtekarlıktan katillige geçmiş kötü ünlü Mormon Mark Hoffman yüzlerce ustalıkla tarihi belge hazırlamıştı. Başyapıtlarından biri paha biçilmez bir Amerikan parçasıydı: “Özgür bir Adam’ın Andı”. Bu 1639’da ilk Amerikan matbaa makinesinde basılmış ilk sayfaydı ve gerçek bir nüshaso nadir eserler ve el yazmaları piyasasında 1 milyon dolardan fazla para ediyordu. Tarihteki en yetenekli sahtekarlardan biri olduğu iddia edilebilecek olan Hoffman, sıradan kağıdı ve mürekkebi değerli olduğu zannedilen hatıralara dönüştürmek için çeşit çeşit usta işi numaralar ve esrarlı kimya yöntemleri kullanırdı. Fakat 1984’te yaptığı sahte “Antı”ı için işe basit bir fotokopi makinesiyle başladı.

Hoffman Körfez Mezmurlar Kitabı’nın kütüphaneden çaldığı, aynı matbaa makinesinde birkaç yıl sonra basılmış bir nüshasından andın bir reproduksiyonunu içeren ilgili sayfaları fotoko-

pi çekti. Bu sadece o eski makinede kullanılmış özel yazı biçimini değil, aynı zamanda süslemeli kenarların tasarımını da doğru biçimde kopyalayabilmesini sağladı. İsteddiği harfleri ve tasarımları bir ustura kullanarak kesti, ardından onları özenle bir kâğıt parçasına yapıştırarak andı oluşturdu. Bu bileşimin fotokopisini çekti ve kopyayı yakındaki bir oymacıya götürdü. Oymacı bu kopyayı kullanarak çinko bir baskı levhası kesti. Artık bu oymadan bir sayfa basılabiliirdi. Hoffman'ın taklit "Ant" ı Kongre Kütüphanesi'nin belge uzmanlarını bile kandıracak kadar iyiydi. Uzmanlar şüpheye kapılsalar da, belgenin gerçek olmadığını kesin olarak kanıtlayacak bir delil bulamadılar. Konu Hoffman cinayetinden tutuklandıktan sonra itirafta bulununcaya kadar çözülemedi.

Metinleri bastırma ve kopyalama yöntemleri ilk ortaya çıktığından beri, sahtecilik de var oldu; bunların her biri kendi başına birer sanattır, fakat birbirleriyle yakından ilişkilidirler. Binlerce yıl boyunca metinleri çoğaltmanın başlıca yolu onları titizlikle elle kopyalamaktı. Fakat katipler yoruldukça veya sıkıldıkça hatalar kaçınılmaz olarak kopyaya sızıyordu. 175 yılında Çin imparatoru Ts'ai Yung hayati kültürel metinlerin hatalı kopyalanmasının sonunda kaybolmalarına yol açacağından korktu. Bu yüzden altı klasik metnin kendi onayladığı versiyonlarını yazdı ve devlet akademisinin kapılarının dışındaki taşta oydu. Yazıların üzerine kâğıt koyup bunu mürekkeple ovarak tam kopyalar çıkarılabiliyordu.

Hristiyan döneminin dördüncü ve yedinci yüzyılları arasında mürekkeple ovmanın yerini tahta basma kalıpları aldı. Bu yöntem de Çin'de icat edilmişti, fakat balmumu veya kilin üzerine onaylama amaçlı olarak damgalar vurmakta kullanılan eski Babil mühürlerinden türediklerine inanılır. Metinler tahta bir baskı levhasına oyuluyordu, sonra bu levha mürekkepleniyor ve metni basmakta kullanılıyordu. Tahta basma kalıplarından ilk olarak 593 yılına ait, imparator Wen Ti'nin inananların tılsım olarak yanlarında taşıdığı Budist resimlerinin ve kutsal yazılarının basılmasını emrettiği bir imparator buyruğunda bahsedili-

yor. Dokuzuncu yüzyılın sonuna gelindiğinde basılı kitaplar bütün Çin’de yaygınlaşmıştı – sadece Budist kutsal yazıları da değil, aynı zamanda Konfüçyus klasikleri, sözlükler ve matematiksel metinler de vardı.

On birinci yüzyılın ortalarında Pi Sheng adında Çinli bir simyacı kil ve yapışkan karışımından yapılan hareketli bir basma harf tarzı icat etti. Her bir küçük nemlendirilmiş kil kalıba kabartma bir Çin karakteri oyuluyordu, ardından basma harfin sert ve dayanıklı olması için kalıp pişiriliyordu. Sonra basma harf parçaları demir bir levhaya yapıştırılıyor ve reçine, mum ve kağıt bir karışımıyla kaplanıyordu. Nihayet levha basma harfini koyulaştırmak için ısıtılıyor ve soğutuluyordu. Harf levhanın yeniden ısıtılmasıyla kolayca çıkarılabiliyordu. Bu icat Çin’de asla yaygınlaşamadı. Bunun en büyük sebebi Çincenin karmaşıklığının hantal bir makine gerektirmesiydi: Tam bir punto elde etmek için en az 30.000 Çin ideogramı gerekiyordu.

Eski baskı yöntemlerinin tam olarak ne zaman batı Avrupa’ya yayıldığı bilinmiyor, fakat tarihçiler kaşif Marko Polo’nun on üçüncü yüzyılda Çin’i ziyaret ettiğinde basılı kitaplar gördüğüne ve bu bilgiyi beraberinde geri getirdiğine inanıyorlar. Yüzyıllar boyunca Avrupa manastırlarındaki keşişler klasik ve dini metinleri özenli bir şekilde elle parşömen kâğıtlara kopyaladılar; bu kâğıtların birçoğu bol miktarda resimle doluydu. Kitaplara kutsal nesneler gözüyle bakılırdı, bu yüzden hayatlarını İncil’in bölümlerini kopyalamaya adanmış olan keşişler Tanrı’nın sözünün dünyada kendini göstermesini sağladıklarına inanıyorlardı. (İronik olan şu ki, aynı sebeple Çin baskı yöntemi asla Müslüman dünyasına yayılmadı. Müslümanlar Kuran’ın elle yazılmış sözünün kutsal olduğuna, onu elle yazmak dışında herhangi bir yolla çoğaltmanın dine küfür olacağına inanıyorlardı.) Manastırların çok yetersiz kataloglama sistemleri vardı –belirli kitapların nerede olduğunu hemen hemen kimse bilmiyordu- ve metinler bilgilerin erişimine açılmayacak kadar değerli addediliyorlardı.

Ama batı dünyası üniversitelerin yükselişe geçmesi ve okur-yazarlık oranının artması nedeniyle hızla değişiyordu. Kitaplara

olan talepteki artışı karşılamak için, öğrencilerin kopyalayabilmesi amacıyla kâğıt, mürekkep ve eserlerin kendilerini bulunduran kırtasiye dükkânları kuruldu. Bir öğrenci bir dersi için bir metne ihtiyaç duyduğunda bir kırtasiye dükkânına gidebiliyor ve onu elle kopyalayabiliyordu. Fakat bu da metinlerdeki yanlışlıkların birleşerek artmasına yol açıyordu. Nihayet Johannes Gutenberg hareketli basma harfleri için kendi planını geliştirdi ve Konrad Saspach adındaki yerel bir ağaç tornacısının yardımıyla sıradan bir şarap ezicisini modifiye ederek Avrupa'daki ilk matbaa makinesini yarattı. Bir harf bozulursa değiştirilebiliyordu ve bir sayfanın kopyalarının basılması bittiğinde, basma harfler kitabın bir sonraki sayfası için yeniden ayarlanabiliyordu. Gutenberg'in ilk prodüksiyonu 1455'te basılan Gutenberg İncili'ydı.

Matbaa Makinesi batı Avrupa'da Rönesans'ın başlamasına yardımcı oldu. Ama yirminci yüzyılın başı itibariyle insanlar hâlâ görüntülerin veya belgelerin kopyalarını çıkarmanın bu kadar emek yoğun bir süreç gerektirmeyen, ucuz, etkili bir yolunu arıyorlardı. Chester Carlson adında, patent katipliğinden fizikçiliğe geçmiş Amerikalı bir adam böyle bir yol icat edecekti. Carlson tek çocuktuk ve ailesi büyük bir yoksulluk içindeydi. 14 yaşına geldiğinde berberlik yapan babası ellerinde ortaya çıkan artrit yüzünden sakatlanarak çalışamaz hale geldiği için, Carlson ailesine destek olmak amacıyla okuldan sonra ve haftasonları yerel bir matbaacının yanında çalışmaya başladı. Birkaç yıl sonra annesi tüberküloz nedeniyle hayatını kaybetti. Carlson çalışmaya devam ederek yakındaki bir yüksekokulu bitirdi, iki sene sonra da CalTech'ten fizik diploması aldı. Fakat ülke Büyük Bunalım'a kapılmıştı ve iş bulmak zordu. Carlson 82 şirkete başvurduktan sonra New York'taki bir elektronik şirketinin patent bölümünde işe girebildi.

Patent bürosunun rutin işleyişinden sıkılan Carlson boş saatlerinde kendini mucitliğe verdi. O sıralar toplu çoğaltım için hızlı ve etkili bir yol yoktu, bu yüzden patent belgelerinin büro içine dağıtmaya yetecek sayıda kopyasını çıkarmak zordu. İki se-

çenek vardı ve bunların ikisi de masraflı ve zaman alıcıydı: Ya patentler fotoğraflarının çekirilmesi için gönderiliyordu, ya da emek sarf edilerek daktiloda yenileri yazılıyordu. Carlson saniyeler içinde bir belgenin kopyalarını çıkaracak bir aygıt hayal ediyordu. New York Halk Kütüphanesi'nde yaygın kopyalama tekniklerini araştırarak işe başladı.

Hektograf ilk olarak 1870'lerde ortaya çıktı. Özgün belgeden mürekkebi emmek için jelatin bir tabaka kullanıyordu, sonra da boş kağıtlar tabakaya bastırılarak taklitler elde ediliyordu, tıpkı çağdaş yapışkan puldaki gibi. 1887'de Thomas Edsion mimeografi icat etti. Bu aygıtta mürekkeplenmiş bir tamburun çevresine mumlu bir kâğıt takılmıştı ve tambur çevrildiğinde görüntü kâğıda aktarılıyordu. Carlson özellikle 1923'te ortaya çıkan, 1980'e kadar bazı liselerde kullanılmaya devam eden "denden" makinelerinin öncüsü olan alkollü çoğaltıcı ile ilgilendi. Arkası mumlanmış orijinal kağıdın üzerine daktiloyle veya elle yazı yazılıyordu. Özgün kağıt kıvrılıp silindirik bir tamburun içine konuyordu. Tambur döndükçe özgün kağıt üzerindeki boyayı hafifçe dağıtmak için bir çoğaltma sıvısı katmanıyla kaplanıyordu. Sonra görüntü tambura bastırılmış kâğıda geçiyordu. Aygıt baskı okunamayacak kadar silişinceye kadar 500 kopya çıkarabiliyordu.

Yine de bütün bunlar "ıslak" işlemlerdi. Carlson kuru bir teknik arıyordu. Cevabı fotoiletkenlikte buldu. Birkaç yıl önce Macar fizikçi Paul Selenyi sülfür gibi bazı maddelerin aydınlıkta elektriği ilettiklerini, ama karanlıkta yalıtkanlaştıklarını keşfetmişti. Fotoiletken bir katman ışığa maruz bırakıldığında, fotonların enerjisi elektronları serbest bırakır ve akımın geçip gitmesine izin verir. Carlson bu kavramı karşıt elektrik yüklü maddelerin birbirini çekmesiyle birleştirdi. Özgün bir belgenin görüntüsü fotoiletken bir yüzeye yansıtıldığı takdirde, akımın yalnızca ışığa maruz bırakılmış alanlardan geçeceğinin farkına vardı. Baskının belireceği alanlar karanlık kalacak ve özgün belgenin bir kopyasını oluşturacaklardı. Eğer kuru parçacıkları yüklü bir levhaya özgün görüntünün deseni biçiminde yapıştırmanın bir yolunu bulabilirse, "kuru çoğaltma"yı hayata geçirebilirdi.

Fikrine “elektrofotoğraf” adını verdi; bugün biz ona kserograf, (Yunanca “kuru” anlamındaki *xeros* ve “yazmak” anlamındaki *graphos* sözcüklerinden) veya daha yaygın olarak fotokopi diyoruz. Carlson fikri için bir ön patent başvurusu yaptıktan sonra Queens’teki dairesinin mutfağında iletkenlik deneyleri yapmaya başladı. Karısı itiraz edince deneylerini Astoria’da kiraladığı bir odaya taşıdı ve laboratuvar asistanı olarak paraya ihtiyacı olan Otto Kornei adındaki genç bir Alman fizikçisini tuttu.

İlk kserografik kopya 22 Ekim 1938’de elde edildi. İki adam çinko bri levhanın üzerine sülfür bir astar sürdüler ve Kornei çini mürekkebiyle camdan mikroskobik bir diyanın üzerine “10-22-38 Astoria” yazdı. Bir perdeyi indirerek odayı kararttılar. Ardından sülfürle kaplanmış çinko levhaya bir akım aktardılar ve cam diyayı üzerine serdiler. Sonra Carlson ve Kornei fotoiletkenlik etkisini tetiklemek için iki parçanın üzerine yalnızca birkaç saniyelğine ışık tuttular. Diyayı kaldırdılar ve levhanın yüzeyine kurdayağı tozu (parmak izlerini elde etmek için kullanılan madde ve günümüz koyultucusunun öncüsü) serptiler. Fazlalık toz üflendiğinde, çinko levhada özgün cam diyadaki “10-22-38” yazısının neredeyse bire bir bir kopyası “kazılıydı” ve kalan tek iz toz parçacıklarının kalıntılarıydı. Bütün iyi bilim insanları gibi Carlson da bu başarının sadece şans eseri olmadığını ve işlemin hakikaten işe yaradığını doğrulamak için deneyi birçok kere tekrar etti. Hatta aktarımı mumlu kâğıdın üzerine yapıp ardından mumu eritmek için onu ısıtarak kopyasını kalıcı yapmayı bile başardı.



İlk Xerox kopyası

Carlson birkaç yıl boyunca icadıyla kapı kapı dolaşarak işlemini geliştirip yararlı bir ürün haline getirmek için gereken sermaye yatırımını yapmaya istekli bir şirket bulmaya çalıştı. 20'den fazla şirket –IBM, Kodak, General Electric ve RCA da dahil olmak üzere- bu fırsatı reddetti. Carlson daha sonra, “Küçükçük levhalarımın ve elde ettiğimin kaba görüntünün yeni ve muazzam bir sanayinin anahtarı olduğuna herhangi birini inandırmak ne kadar zordu,” diye bahsetti. Nihayet 1944'te Carlson bir fırsat yakaladı. Battelle Anma Enstitüsü küçük bir fotoğraf kâğıdı şirketiyle ortaklık kurarak Carlson'un işlemini temel alan bir prototipi ticari amaçla geliştirmeyi kabul etti. Bu küçük şirket Haloid'di ve daha sonra ismini Xerox Corporation olarak değiştirecekti.

İlk fotokopi makineleri 1949'da piyasaya sunuldu. Hemen başarılı olamadılar. Bir defa, dönen tamburlar yerine düz levhalar kullanıyorlardı ve tek bir kopya elde etmek için 14 ayrı adıma ve yaklaşık 45 saniye süreye ihtiyaç duyuyorlardı. İlk otomatik büro fotokopi makinesi olan Xerox 914'ün ortaya çıkması için bir 11 yıl daha geçmesi gerekti. Bu makine o kadar popüler oldu ki, 1961'in sonuna gelindiğinde Xerox neredeyse 60 milyon dolar gelir elde etmişti ve 1965 itibarıyla gelirleri 500 milyon dolara fırlamıştı. Carlson hayatının son yıllarını çok zengin bir adam olarak geçirdi.

Günümüzün fotokopi makineleri hâlâ aynı yöntemle çalışırlar. Bu kavram bir fotoğraf makinesinin fotoğraf çekmesine benzer, fakat fotokopi makinesi ışığa duyarlı bir filmin üzerinde negatif bir görüntü oluşturmak yerine ışığa maruziyetten sonra geride kalan pozitif yükler deseninden gerçek bir görüntü oluşturur. Ayrıca filmi geliştirirkenki kimyasal işlemlere de gerek yoktur. Fotokopi makinesi kuru mürekkep (koyultucu), sıcaklık ve sıradan kâğıt kullanarak görüntü oluşturur. Makinenin içinde selenyum, germanyum veya silisyum gibi fotoiletken bir maddeden oluşan bir katmanla çevrili dönen bir tambur vardır. Bir elektrik lambası özgül belgenin üzerine ışık gönderir ve görüntünün deseni tamburun üzerine yansıtılır. Özgül belgenin ka-

ranlık alanları ışığı emerler ve dönen tamburun üzerinde karşılık gelen alanlar aydınlatılmaz. Yüklü parçacıklar sadece ışığa maruz kalmayan yerlerde kalırlar ve bu pozitif yüklü karanlık alanlar negatif yüklü koyultucuyu kendilerine çekerler. Çağdaş lazer yazıcı sıradan bir fotokopi makinesinden hemen hemen farksızdır, tek fark sıradan fotokopi makinesinde kullanılan yansımış ışığın yerini bir lazer ışınının almasıdır.

Carlson'un icadının öngörülmemiş bir sonucu renkli fotokopi makinelerinin geliştirilmesinin para kalpazanlığı için gereken hüner seviyesini çok azaltmış olmasıdır; kalpazanların büyük bölümü 16 ila 21 yaşlarındadır. Her zaman erken davranan Mark Hoffman ilk sahtekarlık suçunu 14 yaşında işlemiş, bir demir paranın koleksiyoncular piyasasındaki değerini arttırmak için yüzünü hafifçe değiştirmişti. Xerox 1993'ten bu yana kopyalanan belge bir para olduğunda bunu anlayabilen yerleşik bir yazılıma sahip fotokopi makineleri üretiyor. Bir model banknotun özgün olduğunu tespit ettiğinde bütün sayfayı camgöbeği mavisine boyatarak kopyayı işe yaramaz hale getiriyor. Bir başkası kullanıcı arayüzünde para banknotlarının çoğaltılmasının yasak olduğuna dair bir uyarı içeren mavi bir ekran çıkmasına neden oluyor, sonra makine otomatikman kapanıyor.

Bir başka yenilik de elektronik kâğıttır. Şirket büroları çok fazla miktarda kâğıt kullanırlar; dünya çapında yıllık 280 milyon ton kullanılır. Elektronik kâğıt özünde tekrar kullanılabilir bir ekrandır; örneğin Xerox'un yeni SmartPaper'ı böyle bir cihazdır. Bu aygıt milyonlarca iki renkli boncuğa sahip, etraflarında yağ olduğu için kolayca dönebilen iki tane ince plastik levhadan oluşur. Voltaj uygulandığında boncuklar ihtiyaca göre siyahtan beyaza dönerek sayfada desenler oluştururlar – bir bilgisayar monitoründeki pikseller gibi. Bu teknoloji perakende satış kullanımı için idealdir, zira defalarca kullanılabilir ve kablo-suz olarak güncellenebilir, ayrıca bugünün elektronik kitaplarına da kullanışlı bir alternatif olabilir. Hatta kullanıcıların belgeler veya e-postalar indirmesi için bir çubuğu üzerinde sallayarak SmartPaper'a "yazmaları" mümkün olabilir.

Harry Potter kitaplarındaki birçok yaratıcı eğlenceden biri de çikolata kurbağa paketlerinde gelen ve üzerlerinde ünlü büyücülerin acayip bir şekilde bir görünüp bir kaybolan fotoğrafları bulunan koleksiyon kartlarıdır. Hogwarts'taki resimlerde yaşıyan ve öğrenciler ve öğretmenlerle etkileşime giren karakterler de başka bir örnektir. Gryffindor'un Quidditch takımının kap-tanı Oliver Wood oyun taktiklerini tırtıl gibi kıvrılan oklarla işa-retli özel bir harita kullanarak gösterir. Fred ve George Weasley Hogwarts'taki herkesin konumunu gösteren ve her kullanı-m-dan sonra temizlenebilen apulcu Haritası'nı miras alırlar. Bir de Lord Voldemort'un *Harry Potter ve Sırlar Odası*'nın konu-sunda çok önemli bir rolü olan büyülü Hogwarts günlüğü var-dır. Kitaplar tamamen kurgudur, fakat *Harry Potter'ın Bilimi* kitabının yazarı İngiliz fizikçi Roger Highsmith'e göre bütün bu şeyler gelecekte pekl bir tür elektronik kâğıdın üzerine bası-labilirler.

Savaş Sırasında Hayat

Temmuz 1945: Trinity Testi

Stanley Kubrick'in 1964 yapımı hiciv başyapıtı *Dr. Gari-ripaşk, veya Nasıl Üzülmeyi Bırakıp Bombayı Sevmeyi Öğrendim*'de ABD Hava Kuvvetleri Üssü'nin bir üs-sündeki bir general çıldırır ve insan elinden çıkma bir Mahşer Günü'ne yol açacak bir olaylar dizisini başlatır. Paranoyak ge-neral baktığı her yerde bir komünist komplosu görür, hatta su rezervinin klorlanması bile bütün Amerikalıları zehirlemeye yönelik bir plan olduğuna inanır. Sadece damıtılmış su ve saf ağaç damarı alkolü içer – ki bu çıldırmasını açıklayabilir. Bu yüzden nükleer savaş başlıkları yüklenmiş bombardıman uçak-larının pilotlarına Rusya'daki belirlenmiş hedeflerine saldırma-ları için talimatlar gönderir, sonra da üssü dışarıya kapatır ve her türlü iletişimi keser.

Generalin niyeti ABD'yi tereddüt etmeyi bir yana bırakıp Sovyetler Birliği ile bütün kuvvetiyle savaşa girişmeye zorla-

maktır. "Savaş politikacılar bırakılmayacak kadar önemlidir," diye beyan eder. "Onların stratejik düşünmeye ne zamanı, ne eğitimi ne de eğilimi var." Ne yazık ki Ruslarda bir nükleer saldırı olduğu takdirde bütün dünyaya atom bombaları gönderecek şekilde ayarlanmış, gezegendeki bütün yaşamı sona erdirebilecek güçte bir "kıyamet günü cihazı" vardır. ABD başkanı ve kabine üyeleri –Amerika'ya göç etmiş eski bir Nazi bilim insanı olan Dr. Garipaşk da dâhil olmak üzere- görevi iptal etmek için çılgınca çaba harcarlar ve başarmaya çok yaklaşırlar. Ama tek bir bomba atılır ve kıyamet günü cihazını harekete geçirir. Sonuç bir sürü termonükleer mantar bulutu olur.

Romancı Jeanette Winterson *İçsel Simetriler*'de, "Nagazaki ve Hiroşima'daki vahşetin altında Einstein'ın $E = mc^2$ 'sinin güzelliği yatar," diye gözlemde bulunuyor. O denklem gerçekten de termonükleer silahların altında yatan ilkedir. Kütle enerjinin yüksek yoğunluğa sahip bir biçiminden ibarettir ve kütleyle enerji birbirlerine dönüştürülebilirler. Enerji korunur, bu yüzden eğer bir cisim belirli miktarda enerji yayımlarsa, o cismin kütlesi de aynı miktarda azalacaktır. Eğer enerjiyi ve kütleyle iki para birimi olarak düşünürseniz, ışık hızının karesi bu ikisi arasındaki çok büyük takas oranı olacaktır – bir dolar için 448.364.160.000.000.000 avro almaya eşdeğer bir oran. Bu oranlarla sadece birkaç dolara milyonlarca Amerikalı üniversite öğrencisi Avrupa'yı birinci sınıf olanaklarla gezebilirlerdi. Çok küçük, örneğin tek atomluk bir kütleyle sahip bir sistem de potansiyel olarak muazzam bir miktarda enerji açığa çıkarabilir.

Bir atomun çekirdeğindeki protonlar ve nötronlar güçlü kuvvet adı verilen bir kuvvetle bir ara tutulurlar. Nükleer parçalanmada bu kuvvet aşılar ve atom parçalanarak iki veya daha fazla atoma bölünür ve bir nötron açığa çıkarır. Ama iki yeni atomun ve nötronun kütlelerini toplarsanız sonuç ilk atomun kütlelerinden az olur. Kayıp kütle nereye gider? O da ısı ve ışıyım (kinetik enerji) biçiminde açığa çıkar. Nükleer füzyonda da –güneşin ve diğer yıldızların enerji kaynağı- benzer bir şey olur; o da hafif atom çekirdekleri kendilerini son derece sıcak bir ortamda bul-

duklarında gerçekleşir. Yüksek sıcaklık atomların çekirdeklerine çok büyük miktarda kinetik enerji aktarınca çekirdekler etrafta sekerler ve birbirleriyle o kadar şiddetli biçimde çarpışırlar ki kaynaşarak daha ağır bir atom oluştururlar. Burada da yeni atomun kütlesi eski atomların toplam kütlelerinden azdır ve kayıp kütle yine kinetik enerji olarak açığa çıkar.

Einstein'ın $E = mc^2$ 'yi düşünmesinden neredeyse 30 yıl sonra, Parisli fizikçiler Irene ve Frederic Joliot-Curie enerjinin kütleye dönüşümünü bir fotoğrafta yakaladılar. Aynı sıralarda, İngiltere'deki fizikçiler bir atomu parçalamayı başardılar. Einstein'ın öngördüğü gibi, parçaların toplam kütlesi ilk atoma göre biraz daha azdı ve kayıp kütleye eşdeğer miktarda fazlalık enerji açığa çıkıyordu. Ancak, enerjinin açığa çıkış hızı pratik olarak kullanılamayacak kadar düşüktü. Macar fizikçi Leo Szilard atomların çekirdeklerini fazladan nötronlarla bombardıman etmenin atomları kimyasal olarak kararsız hale getireceğini ve enerjiyi çok daha çabuk açığa çıkaracak bir zincirleme tepkimeyi tetikleyeceğini ileri sürdü.

1938'in sonlarına gelindiğinde Nazi Almanyası Avusturya'yı ilhak etti, ardından Mart 1939'da Çekoslovakya'yı, Eylül 1939'da da Polonya'yı işgal etti. Bu işgallerden iki sene önce de Japonya Çin'i işgal etmişti, bu yüzden İngiltere ve Fransa'nın saldırılara karşılık vermek için savaş ilan etmekten başka çaresi kalmamıştı. ABD savaşa girdiğinde, federal hükümet Manhattan Projesi adı verilen atom bombası geliştirme girişimine hız verdi. Proje New York City'de değil New Mexico'nun Los Alamos bölgesinde yürütüldü. Fizikçi J. Robert Oppenheimer'in başkanlığını yaptığı Manhattan Projesi güneşin gücünü kullanmanın önündeki göz korkutucu teknik zorlukların üstesinden gelmek için dünyanın en büyük bilimsel beyinlerinden bazılarını bir araya getirdi. Böylece Szilard'ın zincirleme tepkime fikri ilk atom bombasının temeli haline geldi.

Bütün elementler tetiklenmiş nükleer parçalanmaya uğrayamaz. En fazla umut vaat eden aday nadir bir izotop olan uranyum (U) 235'ti. Aynı elementin iki atomunun çekirdeğinde ay-

nı sayıda proton, ama birbirinden farklı sayıda nötron varsa bu ikisine izotoplar adı verilir. Kimi izotoplar kararlıdır; bazılarıysa değildir ve bozunarak başka elementler oluşturur. Uranyum 235'in standart uranyuma göre üç az nötronu vardır ve bu da onu daha kararsız yapar. Eğer serbest bir nötron bir U 235 çekirdeğiyle çarpışırsa, çekirdek anında onu emer. Bu atomu kararsızlaştırır ve atom iki küçük atoma bölünür, fazlalık kütle de enerjiye dönüşür. 453,59237 gram saf U 235 bir futbol topundan az yer kaplar, fakat potansiyel gücü 3.785.411.780 litre gazolininkine eşittir. Parçalanma süreci daha fazla nötron ortaya çıkarır ve bunlar da başka parçalanma vakalarını tetiklerler. Bu kararsız duruma "kritik hal" adı verilir.

Uranyum 235 bölünebilir madde olmak için çok uygun gibi görünüyordu. Tek sorun müthiş pahalı olması ve başka bir izotop olan ve uranyum rezervlerinin çok büyük kısmını oluşturan uranyum 238'den yalıtılmasının zor olmasıydı. Kritik kütleye (patlayıcı bir zincirleme tepkimeyi destekleyecek kadar büyük, fakat anında patlamayacak kadar da küçük miktar) erişmek için ne kadar U 235 gerekeceğine dair ilk tahminler tonları buluyordu. Fakat bilim insanları hızla hareket eden nötronlar saf U 235 çekirdeklerine girdiğinde tepkimelerin hızının ne kadar artacağını hesaba katmamışlardı. Bu durumda kritik kütleye erişmek için yalnızca birkaç kilogram yeterli oluyordu. Yani bir atom bombası gerçekleştirilebilirdi.

Fizyonun zamanından önce tetiklenmesini önlemek için yakıt bileşenleri birbirinden ayrı tutulmalıydı, tıpkı sıvı yakıtlı roketlerde yakıt ile tutuşturucunun kimyasal tepkimeden gelen enerjiye ihtiyaç duyuluncaya kadar ayrı tutulması gibi. Ayrıca iki kritik altı kütle çok çabuk, ilk fizyondan açığa çıkan enerji onları parçalayıp zincirleme tepkimeyi durdurmadan bir araya getirmeliydi. Bunun en basit yolu kütlelerden bir tanesini bir silahla diğerinin içine ateşlemektir. Hiroshima'ya atılan bomba "Küçük Oğlan" silahla tetiklenen bir parçalanma bombasıydı. Nagasaki'ye atılan bomba "Şişman Adam" ise kritik altı kütlelerin çevresinde patlayıcıların olduğu iç patlamalı bir bombaydı.

Patlayıcılar ateşlendiklerinde bir bombanın çekirdeğindeki kütleleri sıkıştıran bir şok dalgası yaratıyor ve parçalanma tepkimesini tetikliyorlardı. (Ölümcül bombaların isimlendirilmesindeki tuhaf eğilim *Dr. Garipaşk*'ta tiye alınır: Filmdeki nükleer savaş başlıklarının isimleri "Hey, Selam" ve "Sevgili John"dur.)

1945'in ortasında bir prototip bombayı test etmenin zamanı gelmişti. Los Alamos'taki bilim insanları New Mexico çölünün ortasında Jornada del Muerto ("Ölülerin Yürüyüşü") adındaki ıssız bir bölgeyi seçtiler. "Cihaz" takma ismini taşıyan ilk atom bombası 30 metrelik bir kulenin üzerine çıkarıldı. 16 Temmuz 1945 günü gündoğumundan hemen önce, saat 5:29:45'te Cihaz patlatıldı.

Patlama çelik kuleyi buharlaştırdı ve birkaç dakika içinde mantar bulutu 11600 metreden fazla bir yüksekliğe ulaştı. Sığınağın arka tarafına yakın duran bazı gözlemciler şok dalgası yüzünden yere yıkıldı ve patlamanın sıcaklığı kulenin çevresindeki kumlu toprağı etirerek "trinitit" adı verilen hafifçe radyoaktif camsı bir kabuğa dönüştürdü. Şok dalgası 193 kilometre mesafedeki camları bile kırdı ve en az 257 kilometre uzaklıktan hissedildi. Testte görevlendirilmiş askeri bir polis memuru, yayılan ısıyı "16 kilometre mesafeden bile bir fırının kapağını açmak gibi" diye tanımladı. Başka bir tanık onu iki gündoğumu görmeye benzetti. "Yüzlerimize güneşin ısısı vurdu. Sonra, yalnızca birkaç dakika sonra, gerçek güneş yükseldi ve aynı sıcaklığı tekrar yüzümde hissettim."

Bir nükleer patlamayı gizlemenin zor olacağını düşünebilirsiniz, fakat "Trinity" adı verilen test 6 Ağustos'a, Küçük Oğlan'ın Hiroshima'nın üzerinde patlatılarak 70.000 ila 130.000 kişiyi öldürmesinden hemen sonrasına kadar kamuoyuna açıklanmadı. Üç gün sonra da Şişman Adam Nagasaki'nin üzerinde patlatıldı ve 45.000 kişiyi öldürdü. Japonya 14 Ağustos'ta teslim oldu. Bu Müttefik kuvvetler için muazzam bir zaferdi, fakat korkunç bir bedeli olmuştu: Şişman Adam ve Küçük Oğlan tam anlamıyla dünyaları parçalamıştı. Hiroshima'dan sağ kurtulan biri daha sonra kör edici parıltının her şeyi "pür beyaza" çevirdiğini söy-

ledi ve önce “ayın çevresindeki bir haleye benzeyen”, dışarıya doğru yayılan bir ışık çemberi, sonra da gökyüzüne doğru uzanıp “havadaki bir yanardağ püskürmesi” gibi patlayan bir alev sütunu gördüğünü anlattı.

Yukarıya doğru dalgalar halinde yükselen mantar bulutu görüntüsü toplu bilincimize silinemeyecek biçimde kazındı ve Kubrick bu görüntüyü görsel olarak çekici bulan tek film yapımcısı da değil. James Cameron’un filmi *Yok Edici 2: Mahşer Günü*’nde, Sarah Connor sürekli olarak aynı kâbusu görür: Aneler ve çocuklar Los Angeles’te bir çocuk bahçesinde oynarlarken aniden ortaya çıkan bir ışık parlıtısı dışarıya doğru yayılır ve yolu üzerindeki her şeyi buharlaştırır. Bu bir nükleer patlamanın etkilerinin epey doğru bir tasviridir. Patlama yüksek basınçlı, yoğun ısı yayımlayan gama dalgalarından oluşan bir şok dalgası ortaya çıkarır. Tam olarak ne kadar hasar olacağı bomba patlamasının merkezinden ne kadar uzakta olduğuna bağlıdır. Merkezin yakınındaki her şey patlamanının ısıyla buharlaşır. Şok dalgası dışarıya doğru hareket ettikçe binaları ve diğer yapıları yıkar ve havada uçan molozlar ortaya çıkarır. Ardından radyoaktif serpinti gelir: İnce radyoaktif toz ve bomba molozu parçacıklarından oluşan bulutlar mantar bulutuyla beraber yükselir ve rüzgârlarla etrafa dağılırlar. Eğer bir nükleer bomba Manhattan’ın merkezine atılsaydı, şok dalgası adanın büyük bölümüne yayılır ve yolu üzerindeki neredeyse her şeyi yok ederdi.

Nagazaki’den kurtulan bir adam evine döndüğünde annesiyle babasının kömürleşmiş cesetlerini bulmuş, ağabeyiyle kız kardeşi ise ortada yokmuş. Radyasyona maruz kaldığı için bir hafta içinde diş etleri siyah renkte kanamaya başlamış ve ateşi çok yükselmiş. O kimilerine göre şanslıydı. X ışınları gibi gama ışınları da canlı hücreleri hasara uğratabilen veya öldürebilen bir iyonlaştırıcı radyasyon biçimidir. Hiroshima ve Nagasaki’den sağ kurtulanlar üzerinde yapılan çalışmalar mide bulantısı ve şiddetli kusma, gözlerde kataraktlar, ciddi saç kaybı ve kan hücrelerinin azalması gibi belirtileri açığa çıkardı. Ayrıca daha son-

ra lösemiye veya kansere yakalanma, kısır kalma ve çocuklarda doğum kusurları görülmesi riski de artmıştı.

İlk atom bombalarının patlamasıyla parçalanan yalnızca atomlar olmadı; fizik topluluğu da kendi içinde parçalandı. Tirinity'den sonra Hans Beth şu ünlü gözlemi yapmıştı: "Fizikçiler günahı öğrendiler. Bu da kaybedemeyecekleri bir bilgi." Beth fizikçilerin bir bomba yapmanın zorluklarından çok fazla zevk aldıklarını, bu yüzden yarattıkları şeyin saklı anlamlarını unuttuklarını kast etmişti. Richard Feynman başarılı testin hemen ardından bütün herkes çılgınca kutlama yaparken meslektaş Robert Wilson'un çaresizce oturduğunu görmüş. Wilson Feynman'a "Yarattığımız korkunç bir şey" demiş.

Manhattan Projesi'ndeki fizikçiler arasında en az bir kişi vicdanına binen yük nedeniyle herhangi bir rahatsızlık hissetmedi. Bu kişi Edward Teller'di. Fiziğin mümkün kıldığı bu silahtan dehşete düşen Bethe, Wilson ve Oppenheimer'in aksine, Teller bilimin sonuçlarıyla ahlâki meseleler arasında algılanan çelişkiyi kabul etmeyi reddetti. Teller daha Trinity testinden önce bile bir atom bombası kullanarak bir döteryum kütlesini yeterince ısıtma ve füzyon elde ederek termonükleer bir tepkimeyi tetikleme fikriyle ilgileniyordu. İlk olarak Enrico Fermi tarafından ortaya atılmış olan bu bomba, Küçük Oğlan'dan kabaca 700 kat daha güçlü bir "süper bomba" olacaktı.

Teller Los Alamos'ta her iki seçenek üzerinde de çalışmak istiyordu, fakat meslektaşları daha basit olan parçalanma silahını yapmanın kendi başına yeterince zorlayıcı olduğuna karar verdiler ve füzyon projesi iptal edildi. Teller'in hayal kırıklığı yaşadığı ortadaydı; çalışma arkadaşlarının bazılarıyla çatıştı, hatta onun gibi kuramcılar az bulunduğu halde Cihaz'ın iç patlamasını ayrıntılı olarak hesaplamayı küskün bir şekilde reddetti. Ancak Ruslar kendi atom bombalarını patlattığında Harry Truman Los Alamos'a bir "süper bomba" geliştirmeye devam etmelerini emredecekti. İlk hidrojen bombası 1 Kasım 1952'de, Pasifik Okyanusu'ndaki Eniwetok Atolu'nün üzerinde başarıyla patlatıldı. Oppenheimer, Fermi ve Manhattan Projesi'nde çalış-

miş başka birçok bilim insanı plana şiddetle karşı çıktılar ve sonuçta atomlar üzerinde çalışan bilimi insanların iki hizibi arasında derin ve acı bir uçurum oluştu.

Bu uçurum kendini en çok 1954'te Oppenheimer'in vatan hainliği suçunu işleyip işlemediğini belirlemek amacıyla düzenlenmiş o kötü şöhretli güvenlik duruşmalarında belli etti. Oppenheimer 1930'larda bazı komünistlerle arkadaşlık kurmuştu ve 1942'deki bir soruşturmada da baskı altındayken arkadaşlarından bazılarının Sovyet ajanı olduğunu ima etmişti (daha sonra bu beyanının "bir sürü yalandan ibaret olduğunu" kabul etti). Hidrojen bombasına sözünü sakınmadan karşı çıkması üzerindeki şüpheleri daha da arttırdı ve Atom Enerjisi Komisyonu (AEC) şüpheli olduğu iddia edilen faaliyetleri hakkında bir dosya hazırlamaya başladı. Bu "yıkıcı unsurlar"ın kökünü kazıma-ya paranoyakça bir önem veren McCarthy döneminin başlangıcına denk düşüyordu. Senatör Joseph McCarthy Senato Soruşturmalar Alt Komitesi'nin başkanı olarak bir devlet çalışanının yalnızca "sadık" olduğuna hükmedilmesinin yetmediği, aynı zamanda geçmişinin de "ulusal güvenlik çıkarlarımızla açık biçimde tutarlı" olmasının gerektiği yeni bir politika başlattı.

Duruşmalar sırasında Teller Oppenheimer aleyhine tanıklık etti ve komisyona, "Bu ülkenin hayati çıkarlarının daha iyi anladığım ve dolayısıyla daha fazla güvendiğim insanların elinde görmeyi tercih ederim," dedi. Birçok bilim insanı bunun bir meslektaşın affedilmez bir ihaneti olduğunu düşündü ve Teller'ı dışladı. AEC Oppenheimer'in ihanet etmediğine hükmetti, fakat askeri sırlara erişiminin olmaması gerektiğine karar verdi. Oppenheimer'in güvenlik izni "köklü karakter kusurları olduğu" gerekçesiyle ve yüksek devlet mevkilerinde bulunanlardan beklenen "ihtiyatlılığın ve özkısıtlamanın hoş görülebilir sınırlarının çok ötesindeki" komünist bağlantıları nedeniyle iptal edildi.

AEC'in üyeleri arasında karara muhalefet eden tek kişi Oppenheimer'in sürekli gözetim altında geçen 11 yıl boyunca gizli bilgileri ifşa ettiğine dair hiçbir kanıt bulamayan Komisyon Üyesi Henry DeWolf Smyth oldu. Princeton Üniversitesi'nde

bir fizik profesörü olan Smyth Oppenheimer'a yönelik suçlamaların "nüfuz sahibi kişisel düşmanlarından gelen hevesli amatör yardımlar" ile desteklendiğine inanıyor ve Oppenheimer'ın komünist bir yıkıcı unsur olmanın tam tersine "normal bir insandaki zayıflıklara ve kusurlara sahip yetenekli ve yaratıcı bir insan," olduğu sonucuna varıyordu. Einstein ve Princeton'daki 25 meslektaşı Amerikan Bilim İnsanları Federasyonu'nun AEC'in kararına yaptığı protestoya destek verdiler. Fakat bir kere zarar verilmişti.

Teller *Science* dergisinin 22 Mayıs 1998 tarihli sayısında şöyle yazdı: "Hâlâ ara sıra hidrojen bombası gibi korkunç bir şeyi icat ettiğim için üzgün olup olmadığım yönünde sorular geliyor. Bunun cevabı, değilim." Kırk yıl sonra Amerika'nın soğuk savaşı kazandığına dikkati çekti ve o tipik kibiriyle çalışmalarının bu sonuçta "kaydadeğer bir rol oynadığını" iddia etti. Silahlanma yarışını ilk başlatanın termonükleer bombalar patlatılması olduğu gerçeği dikkatinden kaçmış gibi görünüyor.

Kubrick *Dr. Garipaşk*'i komedi olarak çekmesinin sebebinin nükleer "caydırıcılık" fikrinin katıksız çılgınlığı olduğunu söylemişti. Ama bu iş gerçekten o kadar gülünç mü? Filmde Ruslar nükleer bir saldırıyı önlemek için "caydırıcı" olarak kıyamet cihazlarını geliştiriyorlar, bu yüzden doğal olarak Amerikalılar da çok yakın yıkımla karşı karşıya oldukları halde bu cihazdan bir taneye istiyor. Kurmay başkanı, "Bir kıyamet uçurumuna izin veremeyiz!" diye ilan ediyor. Cihazın şeytani mahareti basitliğinde yatıyor: Onu kullanmak için tek gereken irade sahibi çılgın bir adam.

Gimme Shelter

2-4 Haziran 1947: Shelter Adası Konferansı

1 Haziran 1947 günü öğleden sonra, New York City'deki motosikletler üzerindeki bir sürü polisten oluşan, sirenlerini çalarak Long Island'ın ikiz çatalları arasında yer alan Shelter Adası'na giden bir otobüse eşlik eden uzun bir konvoy gören yayalar irkildiler. Otobüsteki yolcular film yıldızları, yıldız atletler veya nüfuz sahibi politikacılar değil, 24 kişiden oluşan bir kuramsal fizikçiler grubuydu. Grup Ram's Head Inn'deki küçük bir bilimsel konferansa gidiyordu. Peki bu kadar ayrıcalıklı muamele görmeyi hak edecek ne yapmışlardı? O zamanlar fizikçiler ilk atom bombalarını yaparak İkinci Dünya Savaşı'nın kazanılmasına yardımcı oldukları için ulusal kahramanlar olarak görülüyorlardı. Yerel ticaret odasının bir üyesi konvoyu bir saygı ve minnettarlık jestiolarak ayarlamıştı. Savaşta Pasifik cephesinde askerlik yapmıştı ve Manhattan Projesi'ndeki fizikçileri onun hayatını kurtarmış sayıyordu.

Fizikçiler mekana varır varmaz işe koyuldular. New York Herald Tribune'de çalışan bir gazeteci 2 Haziran'daki yazısında şaşkınlık içinde "Koridorlarda matematiksel denklemler mırıldanarak dolanıyorlar ve yemeklerini yerken bir yandan ateşli teknik tartışmalar yürütüyorlar," diye yazdı. Daha çok şirket toplantılarına evsahipliği yapmaya alışkın bir kasabada fizikçiler üstün bir uzaylı ırkı gibi görünüyorlardı. Kasabanın sakinleri arasında başka bir bomba üzerinde çalıştıklarına dair söylentiler dolaşıyordu, fakat Shelter Adası konferansının amacı hiç de o kadar somut değildi. Fizikçiler oraya savaş sırasında yerinde saymış olan kuramsal fiziğin geleceği üzerine konuşmak için gelmişlerdi.

Birçok kişi bu bilim dalının krizde olduğunu düşünüyordu. Tanınmış fizikçi I.I. Rabi kuantum mekaniğinin doğumundan sonraki 18 yılın bomba dışında kuram bakımından "yüzyılın en verimsiz dönemi" olduğunu beyan etmişti. Meslektaşı Murray Gell-Mann sonraları o sıralar fizikçilerin "gözden düşmüş" durumda olduklarını söyledi. Fizikte herhangi bir başarılı kuramın tahminleri deneysel sonuçlarla uyuşmalıdır. Kuantum mekaniği maddedeki atomların atom düzeyindeki tuhaf davranışlarını, bu davranışlar da kimyanın tamamını ve farklı maddelerin davranış biçimlerini açıklıyordu. Fakat bir sebeple fizikçiler aynı denklemleri ışıkla elektron gibi madde parçacıkları arasındaki etkileşimleri açıklamak için uygulamaya çalıştıklarında sorunlar yaşıyor, tahminler sık sık hatalı çıkıyordu. Kuramcılar o zamana kadar bütün çabalarına rağmen bu sorunu çözememişlerdi.

Bu dalın dışındaki kişilere kılı kırk yarmak gibi gelebilir, ama fizikçiler kuramlarını çok ciddiye alırlar. Ne de olsa bu yaptıkları her şeyin temelinde kuram yatar. Bu yüzden Shelter Adası Konferansı'nı düzenlediler. Yalnızca davetle katılınyordsu ve katılımcılar arasında o dönemin en iyi bilimsel beyinleri vardı; bunların birçoğu da Manhattan Projesi'nde çalışmıştı. Bütün o zihin gücünün toplanmış olmasına rağmen konferansın sonunda ne ani bir ilerleme, ne de önemli bir yeni içgörü gerçekleşti –

yeni bir termonükleer bomba türü ise kesinlikle ortaya çıkmadı. Yine de bilim tarihçileri konferansı savaş sonrası kuantum fiziği için bir dönüm noktası sayarlar, çünkü başarılı bir ışık kuantum kuramının temelleri orada atılmıştır. Kuantum elektrodinamiği (KED) gibi sıkıcı bir isimle anılsa da, bu kuram çağdaş fiziğin başının tacıdır.

KED'in adını hiç duymadıysanız, yalnız değilsiniz. Fizik dalının dışında bunun ne olduğunu, ya da neden önemli olduğunu bilen pek fazla insan yoktur ve kimi fizikçiler bile ayrıntıların hakkında neredeyse hiçbir şey bilmediklerini kabul ederler. KED'in lisans dereceli fizik öğreniminin 3. veya 4. senesine, yani öğrenciler nihayet temel denklemleri anlayabilecek hale gelene kadar öğretilmesi zorunlu değildir. Fakat bu kuram o kadar önemlidir ki üç adam –Richard Feynman, Julian Schwinger ve Sin-Itiro (Shinichiro) Tomonaga- 1965'te kuramın önemli bir hatasını giderdikleri için Nobel Fizik Ödülü'nü almışlardır.

Peki gezegendeki hemen hemen herkes $E = mc^2$ formülünü bilirken neden KED'i hiç kimse bilmez? Her şeyden önce, KED tek bir formülle özetlenemez. Albert Einstein'ın denkleminin zarif basitliğinin aksine, KED'in denklemleri inanılmayacak kadar karışıktır. 1930'larda fizikçiler ilk defa kuantum mekaniğini ışık kuramına uygulamaya çalıştıklarında, çoğu zaman yalnızca tek bir niceliği hesaplamak için gereken cebir yedi veya sekiz satıra ulaşıyordu. Meslekten olmayan birinin fizikçilerin neden kuantum ışık teorisini gerekli gördüklerini kavraması çok daha zordur. Klasik fizik ışığı bir dalga şeklinde ele alırken kuantum mekaniği dalga gibi hareket eden parçacıklar şeklinde ele alır. Isaac Newton'un hareket yasaları nesnelerin yerçekiminin etkisi altındaykenki davranışlarını tanımlar, fakat Einstein'ın genel görelilik kuramı yerçekiminin ne olduğunu açıklar: Yerçekimi dev kütlelerin varlığı nedeniyle uzay-zamanın eğrilmesi sonucu ortaya çıkar. James Clerk Maxwell'in elektromanyetik denklemleri benzer bir şeyi ışık için yapıyorlardı, fakat ışığı dalga olarak ele alıyorlardı. Fizikçilerin hâlâ ışığın parçacık olarak davranışını açıklayabilecek bir kuantum kuramına ihtiyaçları vardı; işte

KED'in yaptığı tam da budur. Eski Yunanlılardan bu yana, insanlar ışığın nasıl davrandığını açıklayageldiler. KED onun neden o şekilde davrandığını tek tek fotonların ve elektronların seviyesine varıncaya kadar açıklar.

Feynman KED üzerine çalışmaları nedeniyle Nobel Ödülü'ne layık görülen üç fizikçiden biri olsa da, soyut kavramları halkın geneline anlatmakta çok başarılı olduğu için KED'in öne çıkan ismi haline geldi. Her zaman dinleyicilerine KED'in zorluğunun ondan korkmak için bir sebep oluşturmadığını söylerdi. "Fizik öğrencilerim de onu anlamıyor," diye onları temin ederdi. "Bunun sebebi benim de anlamıyor olmam. Kimse anlamıyor ki." Feynman asla bir şeyi anlamamaktan rahatsızlık duymazdı. "Bilmemek yanlış olabilecek bir cevaba inanmaktan çok daha ilgi çekicidir," demeyi severdi. Queens'in Far Rockaway semtinde yetişen Feynman, daha çok küçükken bile bulmaca çözmeye bayılırdı. Lisedeyken, sık sık bir öğrenci sabahleyin bir geometri problemiyle ona gelirdi, Feynman da çözene kadar onun üzerinde uğraşırdı. Günün ilerleyen saatlerinde başka öğrenciler de ona aynı problemle gelirlerdi, o da problemi anında çözer, bu sayede "süper deha" olarak ün yapardı. Feynman'ın fizik kariyerinin tamamı giderek daha karmaşıklaşan bulmacalar çözmekten ibaret oldu.

Feynman son derece nevi şahsına münhasır biriydi. 1940'ların başında, henüz bir doktora öğrencisiyken Manhattan Projesi'ne katıldı ve orada sırf eğlencesine Los Alamos'un güvenlik sistemlerini aşmak gibi haylazca bir huy geliştirdi. Kendi kendine kasaları açma sanatını öğrendi ve atom bombası yapmaya ilişkin en hassas sırları içeren kasaların kilitlerini açıyordu. Asla bir şey aşırırmıyor, sadece projenin gevşek güvenliğinden şikâyet eden alaycı notlar bırakıyordu. Sonraki yıllarda resim çizmeye ve tamtam çalmaya büyük bir merak sardı, çıplaklık yanlılarıyla beraber kaplıcalarda eğlendi ve sık sık striptiz kulüplerini ziyaret ederek sahne performanslarının arasında kâğıt peçetelerin üzerine denklemler çiziktirdi. Oradaki atmosferin zihnini temizlediğini iddia ediyordu. Birçok kadın ondaki bu şevk dolu yaşa-

ma sevincini karşı konulmaz buluyordu; Feynman üç evliliğinin arasında etkileyici sayıda gönül ilişkisi yaşadı.

Bu "ciddi" bir fizikçiye yakışan bir davranış tarzı sayılmazdı, ama Feynman bir şeyin yapılmaya değer olması için aynı zamanda eğlenceli olması gerektiğine inanıyordu. Bu dersi 1940'ların sonunda Cornell Üniversitesi'nde genç bir fizik profesörüymken yaratıcılık krizine düştüğü sırada almıştı. Bu entelektüel durumunun çok haklı sebepleri vardı. Çok sevdiği ilk karısı Trinity testinden birkaç gün önce veremden ölmüştü; Feynman hâlâ bu kayıp yüzünden sersemlemiş haldeydi. Manhattan Projesi korkunç bir savaşı sona erdirmesi bakımından fizikçiler için büyük bir başarı olmuşsa da, aynı zamanda şüphe ve korku dolu bir dönem başlatmış, fizik topluluğunu tarihinde ilk defa ikiye bölmüştü. Böyle olağanüstü bir başarıdan sonra halkın çitanın yükseltilmesi yönündeki beklentilerinin neden olduğu baskı da buna eklenince Feynman'ın her zamanki yaratıcı itkisinden yoksun kalmış olması hiç şaşırtıcı değil.

Bunalımdaki Feynman bir gün üniversite kafeteryasında otururken şakacı biri havaya bir tabak fırlatmış. Tabakın üzerinde kenarları kırmızı madalyonlu damgasıyla süslüymüş ve Feynman tabağın yukarıya yükselirken iki yana sallandığını görmüş. Kırmızı madalyonun kendi etrafında döndüğünü de görmüş. Açıkça tabağın iki yana sallanma hızı kendi etrafında dönme hızından daha fazlaymış ve Feynman bu ikisinin birbirine tam oranını hesaplamaya koyulmuş. Tabak çok hafifçe yana eğik olduğu zaman iki yana sallanma hızının kendi etrafında dönme hızının iki katı olduğunu bulmuş. Bir meslektaşı bu zihinsel alıştırmamanın amacını sorduğu zaman "Hiçbir amacı yok – sadece eğlence için!" diye söylenmiş. Bunalımı uçup gitmiş ve Feynman bir kere daha KED sorununu aynı oyunculuk hissiyle ele almaya başladığını fark etmiş. Daha sonra bundan, "Bir şarap şişesinin mantarını açmak gibiydi" diye bahsedecekti.

Peki, sorun neydi? Bir kuantum ışık kurma geliştirme yönündeki ilk girişimler mükemmellikten çok uzaktı. Yaklaşık bir hesaplama yaparsanız makul bir cevaba ulaşıyordunuz. Fakat da-

ha kesin bir hesap yapmaya çalışırsanız hatalı olduğu ortada olan bir cevap buluyordunuz. Bir hesap makinesine sayılar girdiğinizi düşünün. Çoğu zaman $2 + 2 = 4$ olsun. Fakat arada bir, gözle görülür bir neden olmaksızın, hesap makinesi gizemli bir şekilde 100.000 veya sonsuzluğa kadar uzanan uzun bir sayılar dizisi şeklinde sonuç versin. Bu matematiksel tabirle “tekillik” olarak bilinir ve gerçek hayat olgularını açıkladığını iddia eden bütün kuramlarda tabudur. Sonsuzluklar yalnızca matematiğin soyut evreninde var olabilirler.

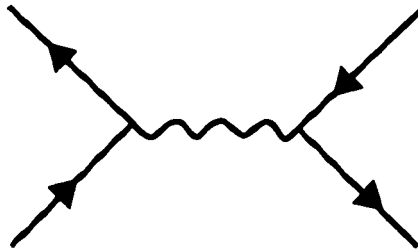
23. Bölümde fizik yasalarının kuantum ölçeğinde çok farklı olduğunu görmüştük. Bu ölçekte her şey şansa ve ihtimallere kalır ve sağduyu atomaltı pencereden dışarı atılır. Bir topun tepeden aşağı belirli bir yol boyunca yuvarlandığını söylemek yeterli değildir. Topun aynı sonuca ulaşmak için almış olabileceği birçok farklı yol vardır. Bir kuantum fizikçisi şöyle sormalıdır: Top alması mümkün olan o kadar çok yol varken, neden o özel yolu “seçti”? Yalnızca bir veya iki atomaltı parçacığın olduğu basit bir süreç sonsuzluk sonucunu vermeyecektir, çünkü mümkün olan yolların sayısı kısıtlıdır. Fakat bir yığın parçacıkla uğraştığınızda bunların her biri aynı sonuca ulaşan birçok farklı yolla etkileşebilirler. KED’in denklemleri bütün seçenekleri göz önünde bulundurmalıdır, işte sonsuzluklar da burada belirir.

Başka bir örnek verelim. Eğer bir ışık ışını bir aynanın yüzeyine çarparsa, yüzeye çarpma açısı yüzeyi terk etme açısıyla aynı olur. O halde ışık kaynağından gözünüze ulaşmak için en kısa zamanda kat edebileceği yol hangisiyse onu katederek gelmelidir – sağduyuya göre de bu yol düz bir çizgidir. Bu fikir yanlış olmasa bile ancak yarı yarıya doğrudur. Peter Parnell’in oyunu QED’de, kurgusal bir Feynman izleyiciye bir top fırlatır ve topun havada ne kadar yol aldığını bilirse gittiği yolu kolayca hesaplayabileceğini söyler. Bu basit Newton fiziğidir. Fakat top elektron veya ışık fotonu büyüklüğünde olsaydı, Feynman’ın hesaplarırken topun makul olarak gitmesi olası olan bütün yolları hesaba katması gerekecekti. İşte ışık aynadan yansırken gerçekte olan da budur: Her bir foton gözünüze doğru gelirken bütün

olası yollardan gider. Doğa bütün bu olası yolları tek bir ortalama yolda birleştirir ve bu da “gördüğümüz” yol olur.

Feynman’ın CalTech’teki (1950’den ölümüne kadar burada derslere girmişti) odasındaki karatahtanın en üstünde yazılı bir söz vardı: “Yaratamadığım şeyi anlayamam.” Feynman zamanın ders kitaplarında sunulduğu haliyle kuantum mekaniğini anlayamıyordu. Bu yüzden onu yeniden icat etti. Kendi özgün sistemini yaratarak KED’in karmaşık denklemlerini kolaylaştırdı: Bu sistem elektronların fotonlarla nasıl etkileşime geçtiğini kesin olarak gösteren, “Feynman diyagramları” adıyla bilinen bir dizi basit çizgili resimden oluşuyordu. Feynman bu etkileşimleri teatral bir oyun olarak hayal ediyordu. “Aktörler” fotonlar ve elektronlardır ve bütün dramatik çatışmaların –ışıkla ve elektronlarla ilişkili bütün olguların- kaynaklandığı üç temel hareket vardır: (1) bir foton bir noktadan diğer bir noktaya seker; (2) bir elektron bir noktadan diğer bir noktaya seker ve (3) bir elektron bir fotonu açığa çıkarır veya emer. Yüzeylerin ışık üzerinde pek fazla bir etkisi yoktur. Bir maddenin içindeki atomların elektronları yaklaşan fotonları emer ve yeni fotonlar açığa çıkar. Bu yeni fotonlar bizim “gördüğümüz” fotonlardır.

‘Feynman diyagramları parçacıkların elektromanyetik olgular ortaya çıkarmak için etkileşime girmelerinin bütün mümkün yollarını ayrıntılarıyla vererek matematiksel bir stenografi görevi üstlenirler. En basit etkileşimde, bir çift elektron birbirine doğru hareket ederler. Sağdaki elektron bir foton açığa çıkarır



Basit bir foton-elektron etkileşiminin Feynman diyagramı

ve bir tüfek ateşlendiğinde görülen geri tepmeye benzer bir biçimde dışarıya doğru itilir. Ardından açığa çıkarılan foton soldaki elektron tarafından emilir ve o da tıpkı ateşlenmiş bir kurşunun bir konserve kutusuna çarpıp onu geriye doğru itmesi gibi dışarıya doğru itilir. Her şey büyük, ayrıntılı bir top yakalama oyunudur. Feynman "Fotonların tek yaptığı bir elektrondan diğerine gitmektir" demişti. "[Işığın] yansıması iletilmesi gerçekte bir elektronun bir fotonu yakalaması, adeta 'kafasını kaşması' ve yeni bir elektron açığa çıkarmasının sonucudur."

İşte kısmi yansıma gibi tuhaf olguların görülmesinin sebebi budur. Bir odanın içinde oturuyorsanız, ışık açıksa ve gündüzün pencereden dışarı bakarsanız, yalnızca camın dışındaki nesneleri görmekle kalmazsınız, lambanın bulanık bir yansımasını da görürsünüz. Cama vuran ışık kısmen yansır. Bu neden olur? Feynman bir cam parçasının "korkunç bir karmaşıklık canavarı olduğunu, içinde çok fazla sayıda elektronun oraya buraya sallandığını" söylemişti. Yaklaşan bir foton yalnızca yüzeydeki elektronlardan geri sekmez; camın tamamına nüfuz eder ve yol boyunca karşılaştığı elektronlardan ya geri seker, ya da o elektronlar tarafından emilir. Fakat sonuç hep aynıdır, foton birkaç cam katmanından geçse bile. Eğer ışık bir cam parçasının yüzeyine 90 derecelik bir açıyla çarparsa, cama çarpan her 100 fotonun 96'sı diğer yana geçer (iletilir), 4 tanesi ise geri seker (yansır). Atomaltı parçacıkların bilinci yoktur (bildiğimiz kadarıyla), öyleyse nasıl olur da foton çok sayıda seçeneği tartıp ne yöne gideceğine "karar verir"? Bilim insanları bunu bilmiyorlar. Fizikçiler sadece olasılığı hesaplayabilirler: Çarpan her 100 fotonun 4'ü geri yansır. Bunların hangi özel fotonlar olacağını tahmin edemezler.

Herkes Feynman diyagramlarının hayranı değildi. Nobel Ödülü'nü Feynman ile paylaşan Schwinger diyagramları kullanmaktan hepten kaçınıyordu ve bu çöpten şekillerin "hesaplamayı kitlelere yaymış olmasına" kibirle burun kıvrınıyordu. Fakat elektronlarla fotonlar arasında yaşanması mümkün birçok etkileşimi gözünde canlandırabilmek, onları anlayabileceğin-

den ümidini kesmiş birçok fizik doktora öğrencisini çaresizlikten kurtardı.

Peki Feynman ve meslektaşları sonsuzluklar sorununu nasıl çözdüler? Fizikçilerin yanlış ölçütü kullandıkları ortaya çıktı. Elektronlar atomların etrafında fotonlardan oluşan bir bulutla gizlenmiş halde dolanırlar. İlk KED denklemleri elektronun ölçülmüş kütle ve yük özelliklerinin değerlerini "çıplak" parçacığa dayandırıyor, etrafındaki bulutu hesaba katmıyordu. Fakat laboratuvar deneyleri yalnızca gizlenmiş elektronu ölçebilir; bilim insanları deneysel olarak bulutun içine girmenin, deyim yerindeyse parçacığın "çıplak" özelliklerini ölçmenin bir yolunu bulamadılar. Bu biraz bir insanın çıplak ağırlığıyla tamamen giyinik-kenki ağırlığı arasındaki farka benzer; aynı şey ölçülmediği sürece sonuçlar doktorun ağırlık çizelgesiyle iyi uyuşmaz. Feynman, Schwinger ve Tomonaga'nın her biri bağımsız olarak referans çerçevesini basitçe "giyinik" bir elektronu yansıtabileceği şekilde tekrar tanımlayarak sonsuzlukların icabına bakılabileceğini fark ettiler.

Bugün KED fizik tarihindeki en titizlikle test edilmiş ve tahminlerinin doğruluğu bakımından da en başarılı kuram. Cornell'deki bir fizikçi son 30 yılını kuramı kullanarak elektronun özelliklerini hesaplamakla geçirdi. Hesaplar binlerce sayfaya ulaştı ve sonunda onları tamamlamak için paralel bir süper bilgisayara ihtiyaç duyuldu. Fakat tahminlerle deneysel sonuçlar bir milyar parçada bir tane oranında doğrulukla birbirleriyle uyuydu. Feynman bu verimliliği Los Angeles ile New York City arasındaki mesafeyi kalan uyumsuzluğun bir insan teli kalınlığına eşit olacağı kadar doğru biçimde ölçmeye benzetmişti.

Feynman altmışlı yaşlarında nadir görülen bir kanser türüne yakalandı ve ardı ardına gelen ameliyatlar ona biraz zaman kazandırsa da Şubat 1988 itibariyle durumu kötüleşmişti, hayatta kalma istatistikleri aleyhindeydi. QED'de Parnell'in kurgusal Feynman'ı tedavi seçeneklerini değerlendirirken "Bu cama çarpan yüz foton gibi" diye mırıldanır. "Diğer tarafa geçen 96 fotonun biri miyim, yoksa geri seken dört taneden biri miyim?"

Bilmenin hiçbir yolu yok.” Sonunda hastalığın seyrini izlemesine izin vermeyi tercih etti, fakat son sözleri tam Feynman’a layıktı. Kısa süreliğine komadan çıktığında “İki kere ölmekten nefret ederdim. Bu öyle sıkıcı ki” diye şikayet etmişti.

Küçücük Kabarcıklar

1948: Reddi-wip pazara sunuluyor

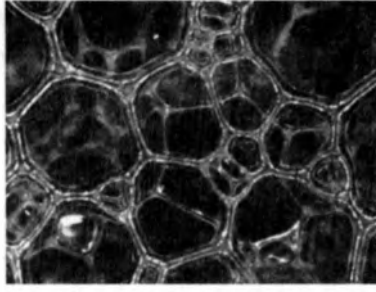
L 948'de giysi satıcılığından girişimcilğe geçiş yapmış Aaron ("Bunny") Lapin adında bir adam gerçek krem şantiyi kullanışlı aerosol kutularına paketlemek gibi çok parlak bir fikir ortaya attı. İlk olarak St. Louis'teki sütçülerin sabah turlarında sattığı Reddi Wip anında başarılı oldu, savaş sonrası Amerikası'nın kolaylık takıntısının bir simgesi haline geldi ve Lapin'e "krem şanti kralı" ünvanını kazandırdı. Bugün ABD'de satılan kutulanmış krem şantilerin yarısı Reddi-Wip markalıdır –her yıl yalnızca Kasım ve Aralık aylarında yaklaşık 1,8 milyon kg tüketilir. 1998'de Time dergisi bu ürünü meşrubat kutusu ve konserve et ile birlikte yirminci yüzyılın en önemli 100 tüketici icadından biri olarak listeledi.

Reddi-Wip büyük bir Amerikan kapitalist başarı öyküsünden ibaret değildir, aynı zamanda insanın köpüğe olan, hala da devam eden tutkusunun birinci sınıf bir örneğidir. Köpükler eşi

benzeri olmayan bir katı, sıvı ve gaz karışımıdır, çevre koşullarına bağlı olarak bunların her birinin özelliklerini sergileyebilirler ve evrende uzay zamanın dokusundaki kuantum çekimsel köpüklerinden tutun da evrenin kendisinin galaktik yapısına kadar her ölçekte görülürler. Köpükler gündelik hayatımızın içine işlemişlerdir, en sevdiğimiz yiyeceklerde ve meşrubatlarda (geçmişleri en azından eski Mısır'a kadar uzanan ekmek ve bira en eski örneklerdir), kişisel temizlik ürünlerimizde, ev sabunlarımızda, büyük sanat eserlerimizde, hatta sahile çarpan okyanus dalgalarında karşımıza çıkarlar.

Köpükler yumuşak madde adı verilen madde türünün örnekleridir: Gerçek bir sıvı gibi serbestçe akmazlar, fakat elmas gibi kesin bir kristal katı biçimine de bürünmezler. Köpükler bir çeşit mekanik çalkantının –örneğin bir aşçının yumuşak krema elde etmek için yumurta aklarını telli bir çırpıcıyla çırpmasının– havayı bir sıvının içine doğru itip kabarcıklar oluşturmasıyla ortaya çıkarlar. Bu kabarcıkların her biri farklı boyutlarda olsa da, çoğunun çapı santimetrenin küçük bir oranı kadardır. Başta her bir kabarcık birer küredir: Kabarcığı komşularından yalıtın çok ince sıvı bir kabukla çevrili birer hava kitlesidir. Kabarcıklar bu şekillerini moleküler çekimden kaynaklanan bir kuvvet olan yüzey gerilimi olgusuna borçludurlar. Yüzey alanı ne kadar büyükse, belli bir şekli korumak için daha fazla enerji gerekir. İşte bu yüzden kabarcıklar en az yüzey alanına sahip şekli alırlar ve küresel olurlar.

Yerçekiminin çekimi sıvıyı yavaş yavaş aşağıya çeker ve kabarcıkların birbirine daha sıkışarak yaklaşmasına neden olur. Köpükteki sıvı oranı azaldıkça, kabarcıkların “duvarları” çok incelikir, bu yüzden küçük kabarcıklar yavaş yavaş daha büyük kabarcıkların içine emilir. Zaman içinde köpüğü oluşturan küçük kabarcıkların boyutu büyür. Bu iki etkinin karışımına “kabalaşma” denir. Kabalaşma sürerken, kabarcıklar futbol toplarını (çokyüzlü denilen bir geometrik şekli) andırmaya başlarlar, fakat sonraki sayfadaki şekilde gösterildiği gibi, boyutları, şekilleri ve yönelimleri birbirinden farklıdır.



Köpükteki kabarcıklar

Köpüklerin birçok farklı kıvamı bulunur. Katı köpükler arasında paket fındıklar ve koltuk şiltelerindeki poliüretan köpük dolgular, ayrıca ponza gibi doğal olarak ortaya çıkan köpükler vardır. Krem şanti, saç köpüğü ve traş köpüğü ise hep sıvı köpüğün örnekleridir ve havanın yüzey etkin madde (aktif bir yüzey maddesi) ve başka bileşenler içeren bir sıvı formülünün içine üflenmesi sonucu ortaya çıkarlar. Yüzey etkin madde, birbirine bağlanarak ortaya çıkan köpükçükleri kuvvetlendirip somut bir köpük haline getiren karmaşık bir moleküller toplama-sıdır. Yüzey etkin madde (genellikle yenilebilir köpüklerde yağ-lar veya proteinlerden, traş köpüğü veya saç kreminde ise kim-yasal katkı maddelerinden oluşur) kabarcıkları birbirinden ayı-ran ince sıvı zarı güçlendirerek yüzey geriliminin kabarcıkları parçalamasını engeller.

Aerosol kutuları 1940'ta böcek ilaçları için bir dağıtım siste-mi olarak icat edildi, fakat çok geçmeden Lapin gibi girişimciler tüketici ürünleri teknolojisindeki müthiş potansiyellerinin farkı-na vardılar. Temel mekanizmanın yaratıcılığı basitliğinde yatar: Gaz sıvı formülle karıştırılır ve aerosol kutusuna basınç altın-da doldurulur. Valf açıldığında, karışım azot oksit (gülme gazı) kullanılarak kutudan dışarıya itilir ve köpük hızla genişler bir köpük ortaya çıkarır. Reddi Wip'te yüzde 20'si yağ olan krema yüzey etkin madde rolu üstlenir. Süt içermeyen besinlerde bu-nun yerini bitkisel yağ alır ki o kremadan bile daha yüksek bir yağ oranına ve insanı korkutan, telaffuz etmesi bile zor bir dizi

yapay katkı maddesine sahiptir: polisorbata 60, sorbiton monos-tearat, sodyum steroil 2, lakilit, ksantun sakızı ve lesitin.

Lapin'in şirketin aynı zamanda kutuda traş köpüğü üreten ilk şirketlerden biriydi, fakat sonradan bu ürünü pazarlamaktan vazgeçti. Gillette 1950'lerde Reddi-Wip ile aynı dağıtım mekanizmasını kullanarak ilk kutuda traş köpüğünü piyasaya sürdü. Aslına bakılırsa, traş köpüğü ve bazı süt içermeyen krem şanti markaları bazen ortak maddeler içerirler, polisorbata 60 ve ksantun sakızı gibi. Emory Üniversitesi'nde fizik profesörü olan *Ev-rens*el Köpük kitabının yazarı Sidney Perkowitz, "Gelecekte süt içermeyen besinlerden kaçınmak isteyebilirsiniz. Veya o besinleri traş olmak için kullanabilirsiniz," diye espri yapıyor.

1970'lerde S.C. Johnson Company tarafından üretilen çok satan marka Edge gibi gecikmiş köpükleşme etkili traş jellerinin piyasaya sürülmesiyle traş köpükleri yeni bir döneme girdi. Patentli alınmış jel formülü aşırı doygun ve tabii ki basınç altında kutulanmıştır. Jelde çıplak gözle görülemeseler bile kabarcıklar vardır ve basınç açığa çıktıktan sonra bu kabarcıklar yayılma vasıtasıyla büyümeye başlatılırlar. Jeli yüz veya ayak boyunca hareket ettiren elin oluşturduğu mekanik çalkantı sayesinde bu olgu daha da hızlanır. Gecikmiş köpükleşmenin elde edilmesi için formülde diğer traş köpüklerinde kullanılabilecek oranla daha az püskürtücü kullanılır, böylece dağ gibi köpük aniden patlamaz, süreç daha yavaşça gelişir.

Edge'de kullanılan aşırı doygun jellerin ardında yatan fikir ayrıca 1980'lerde Yale Üniversitesi'nde çalışan bir makine mühendisi olan Robert Apfel tarafından icat edilmiş elde taşınan portatif nötron dedektörlerinin de temelini oluşturdu. Apfel'in aygıtında kullandığı malzeme protonlara karşı duyarsızdır, dolayısıyla da nötronları ölçmek için idealdir. Köpüklenme etkisi yalnızca iyonlaştırıcı radyasyonun varlığında tetiklenir. Bu radyasyon kabarcıkların duyulabilir bir toplama sesiyle genişlemesine ve kabın içindekilerinin hacminin değişmesine neden olur. Kullanıcı anında geri bildirim olarak hacim göstergesinden radyasyonun dozunun tespit eder; dozaj ne kadar yüksekse hacimdeki artış da o ka-

dar büyük olur. Nötronlar birçok tıbbi hızlandırıcının açığa çıkardığı yüksek enerjili X ışınlarının kaçınılmaz yan ürünleri oldukları için, bu dedektörler hastane ortamında özellikle yararlıdır.

Köpüğü neden bu kadar sevdiğimizi kimse tam olarak bilmiyor, fakat insanlar onun kendine özgü kabarcıklı dokusundan açık bir şekilde yoğun bir zevk alıyor ve sürekli onun için çeşitli yeni kullanım alanları buluyor. Sabah içtiği kapuçinonun yüzeyinde biriken köpüklü sütün karmaşık yapısından büyülenerek kitabını yazmak için ilham almış olan Perkowitz, bir gün yalnızca köpüklü besinlere ayrılmış bir yemek kitabı yazma fikrini kafasında tartmış. 1990'ların ortasında Amerika'nın dört bir yanındaki dans kulüpleri dans pistinin 2 metreyi bulan yükseklikte köpük tepeleriyle kaplandığı "köpük çılgınlığı" partileri düzenlemeye başladı. Eğlence düşkünleri bu deneyimi şampanya içinde dans etmeye benzettiler. İnternette Reddi-Wip için arama yaptığınızda da kesinlikle erişkinlere yönelik, beslenmeyle ilgisi olmayan kullanım alanlarıyla ilgili birçok sayfa buluyorsunuz. Televizyondaki vampir avcısı Buffy bile üniversitedeki ilk içki alemini sonradan hatırlarken köpüğün zevkini öve bitiremiyor. "Bu güzel. Köpüklü. Rahatlatıcı. Bu... Bira."

Bu rahatlama hissi Reddi-Wip'in albenisinin sebeplerinden biri. Belki de çocuklukta tatillerde ailecek gidilen, balkabağı turtalarının üzerine bol bol krem şantinin sıkıldığı pikniklerin anılarına verilen Pavlov köpeği tepkisiyle ilgisi vardır. Reddi-Wip şirketi için pazar araştırmaları yürüten Mary Stansu, "Herkes kutudan sıkılan Reddi-Wip'in sesini bilir, hepimiz o sesle büyüdük," diyor. Aerosol dağıtım sistemi aynı zamanda tüketicilerin oyunculuk hissine de hitap ediyormuş gibi görünüyor. Gillette'nin kişisel bakım bölümünün ürün geliştirme müdürü Jim Crotty müşterilerinin kesinlikle ince ve sulu traş kremlerinden zengin ve kalın olanlarını tercih ettiklerini, zihinlerinde o zenginliği keyifli bir traş deneyiminin bütün arzulanabilecek nitelikleriyle özdeşleştirdiklerini söylüyor.

Besin kimyagerleri "ağız hissi" adını verdikleri duyuyla çok yakından ilgileniyorlar; köpük de bu nitelik bakımından üstün.

Bunun altında yatan önermeye göre, köpük kişinin ağzını doldurduğu sırada bütün tat alma cisimciklerine aynı anda temas ediyor; diğer besinler ise etmiyor. Hatta tat alma cisimciklerimizin yalnızca bir tadı oluşturan kimyadan değil, üzerlerine uygulanan basıncın miktarından da etkilendiğini düşündüren bazı bilimsel kanıtlar bile var.

Yine de köpük bir eğlenceden veya kolaylıktan ibaret değildir; aynı zamanda çok ileri düzey bilim de içerir. Köpüklerin temel kaynağı ve makro yapısı oldukça iyi anlaşılrsa da, bu kadar gelip geçici bir malzemeyi laboratuvarında incelemenin önünde yatan içkin zorluklar nedeniyle çok yakın zamana kadar mikro yapıları, mekanik özellikleri ve nasıl aktıkları –ki bunların hepsi birbiriyle karışık bir şekilde bağlantılıdır- hakkındaki bilgimiz kısıtlıydı. Köpükler son derece hassastırlar, kabalaşma süreci nedeniyle ömürleri kısadır ve incelenmeleri için bir çeşit cam kapta tutulmaları gerekir – fakat bu kabın kendisi köpüğün davranışlarını etkiler. Kabarcıkları çevreleyen herhangi bir kabın çeperleri bu kabarcıklara baskı uygulayan ve şekillerini değiştiren kuvvetler ortaya çıkarır ve bir köğüğün özelliklerini belirleyen de kabarcıklarının şeklidir.

Bilim insanları yılmadılar ve köpük hakkında somut deneysel veriler toplamak için binbir çeşit yaratıcı yöntem geliştirdiler. Leonardo da Vinci 1508’de akan suyun yüzeyinde oluşan köpükleri inceledi ve yüzey gerilimi üzerine gözlemlerini not defterlerine kaydetti. On dokuzuncu yüzyılda yaşamış Belçikalı fizikçi Joseph Plateau sabun, su ve gliserinin özel bir karışımını geliştirdi ve 18 saate kadar dayanabilen köpükler elde edip onları tel çerçevelerde asılı tuttu. Amerikalı botanikçi Edwin Matzke laboratuvarında elle, kabarcık kabarcık kendi köpüklerini yaptı, deney şişelerine koydu ve mikroskop altında hücresel özelliklerini inceledi. Bu gereken sabıra sahip olmayanlarımıza biraz saplantı-zorlantı içeren bir iş gibi görünebilir, fakat Matzke zaman öldürmüyordu; canlı organizmalarda hücrelerin nasıl bir araya sıkıştığı hakkında daha fazla bilgi edinmeye niyetliydi, zira bitki hücreleri de benzer şekillere sahiptiler. Köpükle-

rin özelliklerini tahmin etmek için bilgisayarda hücre sel yapılarının benzetimlerini yapan Sandia Ulusal Laboratuvarı'ndan Andrew Kraynik, Matzke'nin çalışmasının çok kapsamlı ve isabetli olduğunu, öyle ki 1946'da yaptığı gözlemlerin Kraynik'in bugün yaptığı benzetimlerle dikkati çekecek kadar iyi bir uyum içinde olduğunu söylüyor.

Bilim insanları bir köpükteki tek tek kabarcıklar ve bu kabarcıkların basit sürtünme vasıtasıyla nasıl birbirleriyle "konuştuğu" hakkında oldukça fazla şey biliyorlar. Ama birçok kabarcık bir araya kümelendiği zaman ortaya çıkan köpüklü malzeme birçok beklenmedik özellik ve davranış sergiliyor. Örneğin, sıvı köpükler kabaca yüzde 95 gazdan ve yüzde 5 de sıvıdan oluşurlar, fakat teker teker bileşenlerinden çok daha sert olmaya meyillidirler. Bunun nedeni sıkışma adı verilen bir olgudur. Bir köpük kabalaştıkça ayrı ayrı kabarcıkları birbirinden ayıracak sıvı miktarı da azalır, bu yüzden kabarcıklar sıvının geride bıraktığı boşlukları doldurmak için daha yakın biçimde bir araya gelmek zorunda kalırlar. Kabarcıklar bu kadar sıkı sıkıya bir arada oldukları için, birbirlerinin üzerinden sıçrayamazlar. Ne kadar fazla iç içe sıkışılırsa içlerindeki basınç da o kadar büyür – ve bunun sonucu olarak da daha fazla katı özelliği kazanırlar.

Bir de şekil meselesi vardır. Bir köpük kabalaştıkça kabarcıkları daha yakın biçimde bir araya geldiklerini ve ortaya çıkan kuvvet nedeniyle şekillerinin küreden çokyüzlüye dönüştüğünü görmüştük. En aza indirme ilkesi hâlâ geçerlidir: Kabarcıklar bir arada durmak için en verimli yolu bulmaya çalışırlar ve bu da özelliklerini etkiler. Fakat örneğin bir arı kovanındaki altıgen gücrelerin mükemmel simetrik yapısının aksine, bir köpükteki çokyüzlü kabarcıklar bir örnek olmaktan çok uzaktır: Üç ile dokuz arasında yüzleri olabilir.

Bu matematiksel olarak açıklanması çok zor bir şekildir. On dokuzuncu yüzyılda mutlak sıfırı hesaplayan William Thompson (Lord Kelvin) sonradan Lord Kelvin hücresi adı verilen bir şekil ortaya attı. Bu altı kare yüzlü, sekiz de altıgen yüzlü, küçük bir futbol topunu andıran karmaşık bir şekildi. Kelvin tet-

rakaidecahedron (Yunanca "14yüzlü") adını verdiği bu şeklin tel bir çerçevesini yaptı. Bu cesurca bir girişimdi, ama örneğin Matzke incelediği binlerce kabarcık içinde Kelvin'in önerdiği şekle uyan tek bir tane bile bulamadı. 1994'te Dublin'deki Trinity College'dan Dennis Weaire ve Robert Phelan bir bilgisayar programı kullanarak daha da verimli biçimde bir araya toplamış kabarcıkları olan bir köpük buldular. Buldukları yapı eşit hacimlere sahip iki farklı şekilden oluşuyor ve Kelvin'in modeline göre daha gelişmiş, fakat bunun gerçekten mümkün en tutumlu yapı olup olmadığı henüz ispat edilmiş değil.

Köpükle uğraşan bilim insanlarının karşı karşıya oldukları zorlukların en büyüğü köpüğün zaman içinde nasıl deforme olduğunu ve aktığını gösteren öngörücü akış bilimi modelleri yaratmaktır. Boston Üniversitesi'nde araştırmacı olan Glynn Holt için bu açıkça yerçekimine kafa tutmak demek. Holt ses dalgaları kullanarak ayrı ayrı köpük damlalarını havanın ortasında yüzdürüyor ve böylece cam bir kap ihtiyacını tamamen ortadan kaldırıyor. Akustik havaya kaldırış sayesinde, asılı duran damlayı akustik alanı değiştirerek yönlendirebiliyor, örneğin damlanın konumunu değiştirebiliyor, hatta onu ezerek damladaki kabarcıkların dalgalanmasını sağlayabiliyor. Bunun mümkün olmasının nedeni ses dalgalarının köpüğün sadece yüzeyi boyunca değil, içinde de hareket etmeleri. Bir monitöre takılmış bir video kamera köpüklü damlanın karmaşık titreşimsel davranışını kaydediyor, sonra Holt bu kaydı çözümleyerek belirli dinamik mekanik özelliklerini, en önemlisi köpüğün daha çok bir katı gibi davranmaya başladığı noktayı ölçüyor.

Fizikçi Douglas Durian 1991'de biraz farklı bir yaklaşım denedi. Köpüğün zaman içindeki davranışını gözlemek için kutudan yeni sıkılmış bir miktar Gillette traş köpüğünü küçük bir cam hücreye koydu ve hücrenin bir tarafından bir lazer ışını göndererek diğer taraftan çıkan ışığın miktarını ölçtü (bu tekniğe dalga spektroskopisi denir). Köpükler aynı anda hem güçlenip hem de hızla konum değiştirdikçe ışının yoğunluğunun dalgalandığını gördü. Köpük kaydıkcı içindeki gerilim artıyor-

du, sonunda sıkı sıkıya bir arada köpük grupları aniden ağır çekimdeki bir çığ gibi durmadan yapılanmalarını değiştiriyorlardı. Eğer yeterince basınç uygulanırsa kabarcıklar sürekli olarak kendilerini yeniden düzenlemeye devam ediyor, bir sıvı gibi akarken köpüklü yapılarını koruyorlardı.

Köpük pek yeni bir olgu sayılmadığı halde neden bu konuda hâlâ bu kadar çok araştırma yapılıyor? Bunun sebeplerinden biri fizikçiler kristaller gibi katı maddeleri açıklamakta çok ustalaşmış olsalar da –bütün yarıiletken sanayi kristaller üzerine kurulu- yumuşak maddenin bize doğa ve biyoloji hakkında çok daha fazla bilgi vermesi. Herhangi bir büyük birleşik kuramın temel parçacıkların davranışlarının daha bütünlüklü bir şekilde anlaşılmasına dayalı olacağına inanan yüksek enerji fizikçilerinin veya nükleer fizikçilerin aksine, katı hal fizikçileri evrenin sırlarına vakıf olmanın anahtarının bitki hücrelerinin yapısını veya fizik yasalarının biyolojik sistemlerde görülme ve evrimle biçimini çözmekte yattığı fikrindeler – ki bunlar da köpüğün kendisi kadar gizemli bir karmaşıklığa sahip.

Doğa Anayı Taklit Etmek

*13 Mayıs 1958: Velcro Markası
Tescil Ediliyor*

Alaycı söyleşi programı sunucusu David Letterman NBC'deki stüdyosunda cırt cırttan yapılma bir giysi giyip karşıda yer alan derme çatma bir Velcro "duvarı"na yapışıp yapışmayacağını görmek için havada ileri sıçradığında ülke çapındaki milyonlarca izleyiciyi kahkahaya boğdu. (Sonuçta yapıştı.) Bu numara cırt cırt ile kaplanmış cüceleri benzer biçimde yapılmış duvarlara fırlatmak gibi acayip bir bar eğlencesinden ilham almıştı. Bu eğlence biçimi belli ki siyaseten doğruluğa pek önem vermeyen ve çok fazla boş vakti olan birinin fikriydi, fakat aynı zamanda Amerika'nın cırt cırtta olan sonu gelmez sevdasının bir çeşit doğrulamasıydı. Cırt cırt 50 küsur yıl önce icat edilmesinden bu yana pratik yaratıcılığın bir simgesi olarak halkın hayalgücünde yer etti – o birçok kişinin ilk düşünen olmuş olmayı dilediği çok basit, ama aynı derecede de faydalı bir nesnedir.

Cırt cırt polimerler adı verilen bir malzemeler sınıfına dâhildir. Polimerler uzun zincirler oluşturacak şekilde arka arkaya dizilmiş moleküllerdir. Genellikle naylondan yapılan cırt cırt, spor ayakkabılarda, sırt çantalarında, cüzdanlarda, ceketlerde, saat kayışlarında, tansiyon ölçen aletlerde ve çocuklar için güvenli nişan tahtası gibi oyuncaklarda kullanılır. İlk yapay kalp naklinde bir insanın kalbinin bütün halinde tutulmasına yardımcı bile olmuştu. “Yapışkanlığı” yapısından gelir: Cırt cırt bağının iki ucunu mikroskop altında incelerseniz bir ucunun mikroskobik düğümler, diğer ucunun ise bu düğümleri yakalayıp sımsıkı yapışan küçücük kıvrımlar içerdiğini görürsünüz.

Fakat Velcro kolaylık sağlayan bir bağlayıcıdan daha fazlasıdır. Aynı zamanda biyomimetğin en iyi bilinen örneklerinden biridir. Bu alan ile ilgilenen bilim insanlarını, mühendisler, hatta mimarlar doğada bulunan modelleri ve kavramları incelerler ve onları kullanarak yeni teknolojiler tasarlamaya çalışırlar. *Biyomimetri: Doğadan İlham Alan İcatlar* kitabının yazarı Janine Benyus bunu doğanın zaman testinden geçmiş desenlerine ve stratejilerine öykünerek insan sorunlarına sürdürülebilir çözüm-



Mikroskop altında cırt cırt

ler bulmayı amaçlayan bir tasarım ilkesi olarak tanımladı. "Çekirdek fikre göre ihtiyaç nedeniyle yaratıcı olan doğa bizim mücadeleye ettiğimiz sorunların bieçoğunu çoktan çözmüştür," diye yazdı. "Doğa biçimi işleve uydurur, işbirliğini ödüllendirir ve çeşitliliğe güvenir."

Zimbabve'nin Harare şehrindeki Eastgate Binası bunun tipik bir örneğidir. Bina ülkenin en büyük ticaret ve alışveriş kompleksidir, ama aynı boyuttaki geleneksel bir binanın tükettiği enerjinin yüzde 10'undan azını tüketir, çünkü merkezi havalandırması yoktur ve yalnızca asgari bir ısıtma sistemine sahiptir. Mimar Mick Pearce tasarımında bölgedeki termitler için mantar çiftliği görevi gören termit tepelerinde kullanılan soğutma ve ısıtma ilkelerini temel aldı. Mantar hassas sera orkideleleriyle pek aynı kefeye koyulamasa da, büyümesi için koşulların tam olarak doğru olması gerekir. Bu yüzden termitler dış sıcaklıkların geceleri 2 dereceyle gündüzleri 40 derece arasında oynadığı bir ortamda sıcaklığı 30,5 derecede sabit tutmalıdırlar. Bunu tepelerinin başından sonuna bir dizi ısıtma ve soğutma deliği açarak sağlarlar. Bu delikler gün boyunca içerideki sıcaklığı sabit tutmak için gerektiğinde kapatılabilir ve açılabilir. Eastgate Binası da iyi yerleştirilmiş deliklerden ve güneş panellerinden oluşan benzer bir sisteme dayanır.

İnsan icatlarının tarihi biyomimetrimin örnekleriyle doludur. İnsanların robotlardan büyülenmesini ele alalım; otomat denilen şeylerden ilk olarak eski Yunan metinlerinde bahsedilmişti. Ctesibios adında Yunan bir mucit ilk orgu ve hareketli parçaları olan su saatlerini yaptı ve İskenderiyeli Hero da sahne performanslarında kullanılan bazı otomatlardan ayrıntılı olarak bahsetti. Romalı mimar ve mühendis Vitruvius yazılarında otomatlara atıf yaptı ve boyutlar kanunu adını verdiği, klasik anatomik estetiğini oluşturan bir kanun geliştirdi. Leonardo da Vinci belki de batı medeniyetindeki ilk insansı robotu tasarlarken bu ilkeleri temel aldı. Bu robot ayağa kalkabilen, kollarını sallayabilen ve (esnek boynu sayesinde) kafasını oynatabilen zırhlı bir şövalyeydi.

Leonardo'nun icatlarının çoğu gibi bu robot da asla yapılmadı. Ama on sekizinci yüzyıla gelindiğinde mucitler yapay mekanik hayvanların gerçek bir koleksiyonunu oluşturmaya başlamışlardı. Bu hayvanların davranışları doğal dünyadaki yaratıklarınkini taklit ediyordu. Bunların arasında tavus kuşları, böcekler, köpekler, kuğular, kurbağalar, istakızlar, ördekler, hatta filler vardı. Bu büyük ölçüde saat yapımcılığı sanatının gelişmesi ve insan bedeninin de genelde benzer bir karmaşık mekanizmalar topluluğundan ibaret olduğu fikrinin o dönemde hâkim olması sayesinde gerçekleşmişti. Çeşitli yapay organların yeterince canlı gibi görünmesini sağlamak için doktorlara ve cerrahlara danışılarak insan şeklinde android "müzisyenler" yapıldı. Baron Wolfgang von Kempelen adında bir Alman mucit de bir körüğün havayı yapay bir ses kutusuna üfleyerek insan sesini taklit ettiği bir "konuşan makine" yaptı. Asilzadeler bu aygıtları bir hayli oyalayıcı buluyordu, fakat bunlar aynı zamanda insan anatomisinin iç işleyişine dair bilimsel kavrayışın ilerlemesini de sağladılar.

Hem Leonardo, hem de Wright kardeşler uçan makinelerini tasarlarken kuşların uçuşlarını incelemişlerdi ve Alexander Graham Bell de telefon ahizesini tasarlarken insan sesinin ilkelerini kullanmıştı. Sonar balinaların, yunusların ve yarasaların yön bulmak için yüksek perdeli sesler çıkarıp geri dönen yankılarını çözümlemelerinden esinlenmişti. Malzeme bilimi uzmanları aynı kalınlıktaki çelikten 10 kat güçlü olan örümcek ipeğini inceleyip ve bir gün bu özellikleri insan yapımı bir malzemede taklit etmeyi umuyorlar. Bu paraşüt telleri, asma köprü kabloları veya koruyucu giysilere kumaş dokumak için ideal olurdu. Peki ya o sümüklüböcek sümüğünün iğrendirme özelliğinin ötesinde bir şeyler sunacağı hiç aklınıza gelir miydi? Ama bu mukus su da ağırlıklarının 1500 katına kadar emebilen yeni sentetik yağlayıcıların geliştirilmesi için yararlı bir rol oynuyor; böyle yağlayıcılar bir gün molekül boyutlarındaki nano makinelerde sürtünmeyle mücadele etmek için kullanılabilir. Araştırmacılar bir çeşit nano boyutlu cırt cırt bile geliştirdiler. Bunda kancalar karbon atomlarından yapılma ince, boş tüplerden oluşurlar. Yalnız-

ca birkaç atom çapındaki bu tüplere karbon nanotüpler adı verilir. Nano-cırt cırt sanayide yaygın biçimde tutturucu olarak kullanılan epoksi yapıştırıcılardan 30 kat daha güçlüdür.

Bütün bu doğa temelli yenilikler Velcro'nun yararıncısı olan, icat tutkusunu görkemli açık hava mekanlarına olan sevgisiyle birleştirmiş İsviçreli mühendis George de Mestral'i mest ediyordu. De Mestral Haziran 1907'de İsviçre'de doğdu ve ilk patentini 12 yaşındayken oyuncak uçak tasarımı için aldı. İşçi sınıfından gelen anne babasının parası ona ileri düzey öğrenime yollamaya yetmiyordu, bu yüzden Ecole Polytechnic Federale de Lausanne'deki öğreniminin parasını çıkarmak için öte beri işlerde çalıştı ve buradan mühendislik diploması aldı. Okulu bitirdikten sonra İsviçreli bir mühendislik şirketinin makine atölyesinde çalışmaya başladı. De Mestral 1947'de kuş avlamak için işinden iki hafta izin aldı. İrlanda avcı köpeğiyle beraber Jura dağlarında dolaşırken hem giysilerine, hem de köpeğinin postuna insafsızca yapışan pıtraklardan rahatsız oldu. İnatçı tohum zarflarını çıkarmak o kadar zor oluyordu ki Mestral nasıl bir yapılarının olduğuyla ilgilenmeye başladı ve birkaç tanesini mikroskop altında inceledi. Her bir pıtrağın dış tarafının iplik düğümlerini veya köpeğin postunu kavrayan yüzlerce ufak kancayla kaplı olduğunu fark etti. Bu da ona benzer insan yapımı bir bağlayıcı için bir fikir verdi.

Fransa'nın o zamanlar dokuma endüstrisinin dünya çapındaki merkezi olan Lyon kentinde görüştüğü dokuma ve bez uzmanlarının çoğu bu fikre şüpheyle yaklaştılar. Fakat bir dokumacı Mestral'in icat tutkusunu paylaşıyordu. Küçük bir dokuma tezgahında elle tanışarak pıtraklar kadar güçlü biçimde birbirine yapışan iki pamuk şerit yapmayı başardı. De Mestral icadına Fransız sözcükler *VELours* ("kadife") ve *CROchet*'ten ("kanca") gelen Velcro ismini verdi. Marka ismi 13 Mayıs 1958'de resmi olarak tescil edildi. O sırada de Mestral mühendislik şirketindeki işinden ayrılmış vew buluşunu mükemmelleştirmek ve kendi şirketini kurarak yeni kancalı-düğümlü bağlayıcılar üretmek için 150.000 dolarlık bir kredi almıştı.

Resmi olarak 1960'da piyasaya sunulan Velcro hemen başarıya ulaşmadı, ama NASA onu astronotları hantal uzay giysilerine sokmak ve onlardan çıkarmak için yararlı buldu. Sonunda çocuk giysisi ve spor malzemesi üreticileri icadın sunduğu imkanların farkına vardı ve çok geçmeden şirket yılda 60 milyon metrelik Velcro satmaya başladı, böylece Mestral de multimilyoner oldu. 1990'da hayatını kaybetti ve 9 yıl sonra ismi Ulusal Mucitler Onur Listesi'ne yazıldı.

Bilim insanları onun izinden gitmeye, inatçı sorunlara yaratıcı çözümler bulmak için doğaya bakmaya devam ediyorlar. Biyofizikçi Elias Greenbaum'un Tennessee'deki Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı'ndaki çalışma odasındaki birçok karmaşık teçhizatın ortasında sıradan bir mutfak mikseri duruyor. Bunun nedeni Greenbaum'un son derece ileri araştırmacısının ıspanakla ilgili olması. Her hafta en az yarım kilo ıspanak tüketiyor, hem de öğle yemeği salatasında değil. Bunun yerine ıspanağı suda duruluyor, mikserin içine koyuyor ve püre programıyla çalıştırıyor. Ispanak sıvılaşır posa haline geldiğinde bir salata çeviricisinin su damlacıklarını marul yapraklarından ayırması gibi o da bir santrifüj kullanarak çok daha küçük bir ölçekte çeşitli molekülleri birbirinden ayırıyor. Greenbaum ıspanak yapraklarındaki mini kimyasal fabrikalar olarak çalışan küçük molekülleri çıkarmak için bu ustalıklı yöntemi keşfetmiş. Bu "tepkime merkezleri" adı verilen moleküller fotosentezin temel mekanizması konumundalar ve elektrik enerjisi kaynağı olma potansiyeline sahipler.

Fotosentez bitkilerin karbon dioksidi oksijene ve karbonhidratlara dönüştürerek kendi besinini elde etmesini sağlayan işlemdir. Bu güneş ışığının beslediği bir dizi karmaşık kimyasal tepkime sayesinde olur. Önce ışık enerjisi suyu bir oksijen molekülüne, pozitif yüklü bir hidrojen iyonuna ve bir de serbest elektrona çevirir. Sonra bu üçü birleşerek bir şeker molekülü oluştururlar. Bu tepkimelerin her biri bir tepkime merkezinde meydana gelir. Greenbaum özellikle fotosistem I (PSI) diye bilinen bir tepkime merkezle ilgileniyor. Bu merkez küçücük bir ışığa duyarlı pil gö-

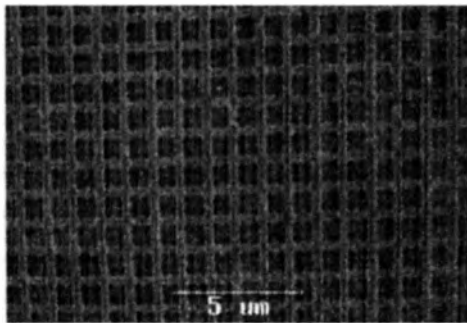
revi üstlenir ve güneş ışığını emip elektronlar açığa çıkararak ışığı enerjiye dönüştürür. Ispanaktaki PSI'ler saniyenin trilyonda birkaçı kadar bir sürede ışıkla uyarılan bir elektrik akımı oluşturabilir. Bu akımın miktarı fazla değildir, Temel Reis'in bir kutu ispanak yedikten sonra yaşadığı etkileyici güç artışının seviyesinde kesinlikle değildir. Ama Greenbaum bu elektriğin miktarının bir gün küçücük moleküler makineleri çalıştırmaya yeteceğini düşünüyor.

Greenbaum'un PSI'ler için bulduğu ilk mümkün kullanım alanlarından biri dejeneratif göz hastalıklarından muzdarip olan insanlar için yapay retinalar yapmak. Böyle hastalıklar genellikle gözün retinasındaki ışığa duyarlı hücreler tamir edilemeyecek şekilde zarartıldığında ortaya çıkarlar. Greenbaum görüşü geri getirmek için zarar görmüş hücrelerin yerine ışığa duyarlı PSI'leri koyabileceğini düşünüyor. PSI'ler aynı zamanda diyotlar gibi davranır, yani akımı bir yönde geçirip diğer yönde geçirmezler. Diyotlar bilgisayar işlemcilerinin zorunlu yapıtaşları olan mantık geçitlerinin yapımının temelini oluştururlar. PSI'ler de karbon nanotüplerden yapılma molekül boyutlarında telleri olan işlevsel devrelere bağlandıklarında aynı amaca hizmet edebilirler. Ispanak yeni bir temiz enerji kaynağı bile sağlayabilir. Greenbaum sadece üzerlerine metalik platin serpererek PSI'lerin yakıt hücrelerini besleyecek saf hidrojen gazı üretmelerini sağlayabildiğini keşfetti. Işık proteinlerin üzerine gönderildiğinde, metal suyun hidrojen ve oksijene ayrılmasına katalizörlük eder ve bu ikisi de tepkimeye girerek ısı ortaya çıkarabilirler, bu da enerji olarak toplanır. Tek atık ürün su olur.

Yanardönerlik bilim insanlarının yeni teknolojiler için yararlanmayı umduğu bir başka doğal olgudur. Bir tavus kuşunun parlak renkli tüylerine hayranlıkla bakmış olanlar bu renklerin pigmentlerden gelmediğini keşfettiklerinde şaşırabilirler. Pigment molekülleri kimyasal bileşimlerine bağlı olarak belirli ışık frekanslarını emerek veya yansıtarak renkler oluştururlar. Ama tavus kuşu tüylerinde yalnızca kahverengi pigment (melanin) bulunur. Gördüğümüz parlak renkler düzgün biçimde dizilmiş

altıgen (örgü) şeklinde küçük delik sıralarına sahip tüylerin içkin yapısının sonucudur. Bu yapı ışığın yüzeyden tam da insan gözünde renk algısını (mavi, yeşil veya kırmızı olabilir) ortaya çıkaracak şekilde kırılmasına neden olur; kişinin hangi renkleri gördüğü kırılma açısına bağlıdır. Yanardönerlik yalnızca tavus kuşlarında değil, böceklerde, yusufluklarda, iskele kuşlarının ve bazı kelebek türlerinin kanatlarında ve deniz köstebeği adı verilen bir su kurdunun renkli omurgasında da görülür. Aslında düzenli küçük delik veya tümsek dizilimleri olan bütün malzemeler bazı renkleri yansıtır ve diğerlerini emerler – malzemenin kendisi renksiz olsa bile.

Bilim insanları böyle yapılara fotonik kristal adını verirler. Fotonik kristaller kendilerin belirli aralıklarla özdeş olarak tekrar eden kesin bir örgü şeklindeki atom düzenleridir. Fakat doğa kristalli yapıları fizikçilerin gerekli gördükleri keskinlik düzeyiyle ortaya çıkarmaz. Fizikçilerin ışığı kontrol etmek ve yönlendirmek için bu tür malzemeleri kendileri tasarlayıp atom atom yapmaları gerekir. Işık genellikle düz bir çizgi halinde hareket eder, ama eğer atomlar yeterince kesin biçimde düzenlenirlerse “fotonik şerit boşluğu” denilen etkiyi yaratırlar: Belirli frekansdaki ışıklar durdurulabilir ve yeni yönlere doğru yansıtılabilir, hatta bir köşeyi dönmeleri sağlanabilir. Örgü yapısındaki atomların arasındaki boşluk hangi frekansların durdurulacağını belirler. Bu örneğin telekomünikasyondaki optik anahtarlama bi-



İnsan yapımı bir fotonik kristalin kesin örgü yapısı. Ölçek 1 mikrometre (mikron), yani metrenin milyonda biridir.

leşenleri için önemlidir. Böyle yapılar aynı zamanda yeni giysi malzemelerinin geliştirilmesine de ön ayak olabilirler. Fotonik kristalden bir ceket güneşten daha ısı emer, böylece giyen kişi sıcak bir çölde daha serin kalabilir. Ceketle ısıyı emerek giyen kişiyi dondurucu akşamlarda sıcak tutan ters çevrilebilir pigmentli bir taraf olabilir.

Victoria dönemi şairi Gerard Manley törenle unvan verilmiş bir papazdı. Doğada her yerde Tanrı'nın parmağını görüyor ve çeşitliliğini ve güzelliğini şiirleriyle kutluyordu. Fakat bu duyguyu takdir etmek için bir "inanan" veya rahip mesleğinden biri olmak gerekmez. *Biyometik* kitabının yazarı Benyus kendi adına Hopkins'in en ünlü sonelerinden birindeki coşkulu ifadesini alkışlardı: "Her bir fani canlı hep aynı şeyi yapar/ ... *Yaptığım şey benim, bunun için geldim* diye ağlar." Doğa biçimi işleve, kimliği amaca uydurur. Biyometrinin özü de budur.

Işınla Beni

Aralık 1958: Lazerin icadı

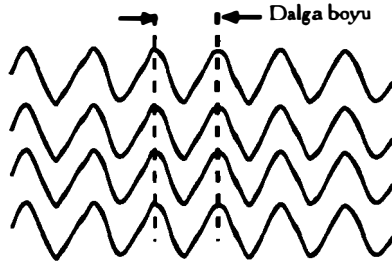
H.G. Wells'in romanı *Dünyalar Savaşı*'nda sessiz İngiliz sahil kasabasının sakinleri Dünya'ya düşen göktaşlarına benzeyen şeyler görürler. Göktaşlarının kendi gezegenleri Mars yaşanmaz hale geldiği için Dünya'yı fethetmeye ve insanları köleleştirmeye niyetlenmiş uzaylılar olduğu ortaya çıkar. İlk başta uzaylılar fazla bir tehdit oluşturuyor gibi görünmezler: Dünya'nın daha güçlü yerçekimi alanına alışık olmayan Marslılar zorlukla hareket edebilmektedir. Fakat gelişmiş teknolojileri bu etkiyi fazlasıyla telafi eder. Çok geçmeden 30 metre yüksekliğinde yürüyen robotik uçayaklılar kırsal kesimi yakıp yıkarlar. Her uçayaklıda vurduğu neredeyse bütün hedefleri eritebilen veya yakabilen bir ısı ışını vardır. Cephaneliğinde buna uzaktan yakından benzeyen hiçbir şey olmayan İngiliz ordusu bir dizi utanç verici yenilgiye uğrar. İnsan ırkı için gelecek çok karanlık görüldüğü sırada doğa ana araya girer. İstilacılar

bir virtüse yakalanınca bütün üstün uzaylı varlıklar nezle yüzünden yok olup gider.

Wells'in ilk olarak 1898'de yayımlanan romanı bilimkurgunun gezegenler arası savaşları konu edinmiş hacimli bir alt türüne öncülük etti. 1938'de ABD'de Orson Welles uzaylı istilasının konumunu ABD Doğu Sahili olarak değiştirip hikâyeyi bir radyo yayınına adapte etti. Bu drama aşırı inandırıcı oldu: Dinleyiciler arasından birçok kişi Marslıların gerçekten sırf insan ırkının kökünü kurutmak amacıyla Dünya'ya geldiğine inanıp büyük bir korkuya kapıldı. *The War of the Worlds* aynı zamanda ilk çalışan lazer icat edilmeden en az 50 yıl önce lazer temelli silahların geliştirileceğini öngörmüştü.

Büyük ölçüde *Uzay Yolu* ve *Yıldız Savaşları* dizi ve filmleri sayesinde, lazer temelli silahlar –elde taşınan tazerlerden tutun da düşman uzay gemilerinden gönderilen, hedeflerini yok eden yoğun lazer ışınlarına kadar- artık popüler kültürün unsurlarından biri oldu. *Kurtuluş Günü* filminde istilacı uzaylılar lazerle silahlanmış uzay gemileri kullanıyorlar. İlk *Avanak Ajan* filminde Powers'ın can düşmanı Dr. Evil onlarca yıl süren uykusundan uyanıyor ve devasa bir lazer silahı inşa etme planları kuruyor. Planı Dünya'yı rehin alıp dudak uçuklatıcı olan 1 milyon dolar gibi bir para istemek – fakat sonra dalkavukları enflasyon nedeniyle belki de 100 milyar dolar istemesinin daha dehşete düşürücü olacağını söylüyorlar. 1980'lerde Reagan yönetimi yeryüzüne gelen füzeleri lazer ışınlarıyla havada yok etme düşüncesinden ilham alarak milyarlarca dolarlık federal fonu "Star Wars" stratejik savunma girişimini geliştirmek için harcadı – halbuki dünyanın en büyük bilimsel zihinlerinden bazılarını içeren bir kurul mevcut teknolojinin böyle bir sistemi gerçeğe çevirmek için acınacak kadar yetersiz olduğunu söylemişti.

"Laser" İngilizce Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation'un (Uyarılmış Işıma Salınımıyla Işığın Güçlendirilmesi) kısaltmasıdır. Fotonlarını aynı anda her yöne birden salınmak yerine tamamen aynı yönde hareket eden dar, odaklanmış bir ışık ışını oluşturmak ve güçlendiren herhangi bir ay-



Bir lazer aynı frekanslara sahip, tamı tamına hizalanmış ışık dalgaları yayar.

gıtı tanımlar. Lazer ışını yalnızca bir belirli renk veya dalga boyu içerir. Lazerler spektrumdaki birçok rengi yayacak şekilde yapılandırılabilirler, fakat her bir lazer yalnızca bir renk yayabilir. Bütün fotonlar aynı yönde hareket ettiği için, ışık daraltılarak yoğun bir ışına odaklanır. Bunun aksine, bir el fenerinden yayılan ışıkta ise atomlar fotonlarını rastgele bütün yönlere doğru yayarlar. Işık oluşturan her şey –bir tost makinesindeki ısıtıcı eleman, gaz feneri, akkor bir lamba- bunu atomların sıcaklığını arttırarak yapar. Bu atomların çekirdeklerinin etrafında dönen elektronların daha yüksek enerji seviyelerine sıçramalarına neden olur; rahatlayıp temel durumlarına dönerken fazlalık enerji fotonlar şeklinde açığa çıkar. Açığa çıkan fotonun dalga boyu elektronun düştüğü seviye sayısına bağlıdır.

Lazerin birçok çeşidi vardır, fakat hepsinde lazer ortamını içeren boş bir oyuk bulunur: Bu ortam ya yakut, ya da lal taşı gibi bir kristal, veya bir sıvı ya da gazdır. Oyuğun iki ucunda iki ayna vardır, bunların biri ışığın bir kısmını yansıtması, bir kısmını da içinden geçirmesi için yarı yarıya yaldızlıdır (Geçen ışık yayılan lazer ışığıdır). Bir lazerde, lazer ortamının atomları veya molekülleri yoğun ışık veya elektrik şimşekleri uygulanarak “pompalanır”, böylece temel durumlarındakinden daha fazlasının yüksek enerji seviyelerinde olması sağlanır. Ardından bir foton lazer oyuğuna girer. Eğer uyarılmış bir atoma çarparsa, atom temel durumuna geri düşer ve çarpan fotonla aynı yönde giden, aynı frekansa sahip ikinci bir foton açığa çıkarır. Bunların

her biri de başka enerji yüklü atomlara çarpar ve aynı frekansa ve hareket yönüne sahip daha da fazla fotonun açığa çıkmasını sağlar. Sonuç olarak bütün atomlar hızlı bir zincirleme tepkimeyle yüklerini boşaltırken aniden “uyumlu” denilen bir ışık patlaması yaşanır. Bu sürece “uyarılmış salınım” adı verilir.

Uyarılmış salınımın mümkün olabileceğini ilk olarak Albert Einstein 1917’de yazdığı bir makalede öne sürdü, fakat fizikçiler ancak 1940’larda ve 50’lerde bu fikir için yeni bir kullanım alanı buldular. Charles Townes adındaki fizikçi 2. Dünya Savaşı sırasında radar sistemleri üzerinde çalışmıştı. 1935’te İngiliz fizikçi Sir Robert Watson-Watt tarafından icat edilen radar belirli dalga boylarına sahip radyo sinyalleri gönderir ve bu sinyaller katı bir cisme çarptıklarında kaynağa doğru geri yansır. Ardından bütün yansıtılmış sinyalleri birleştirerek nesneyi ve radar sisteme bağlı olarak konumunu tespit etmek mümkün olur. Savaş bittikten sonra Townes ilgisini moleküllerin ışığı emmesini incelemeye yönelik bir teknik olan moleküler spektroskopiye çevirdi. Farklı molekül tipleri farklı dalga boylarındaki ışığı emerler. Radar gibi moleküler spektroskopi de moleküllerin yüzeyini ışık bombardımanına tutar ve geri seken ışıkları analiz ederek molekülün yapısını tespit eder. Townes 1953 yılında microwave amplification by stimulated emission of radiation’un (Uyarılmış Işıma salınımıyla mikrodalga güçlendirmesi) kısaltması olarak “maser” adını verdiği bir aygıtın patentini aldı.

Fakat bu teknik üretilen ışığın dalga boyuyla, bu durum için elektromanyetik spektrumun mikrodalga kısmıyla sınırlıydı. Townes mikrodalgaların dalga boyu kısaldıkça ışığın moleküllerle daha güçlü etkileşime girdiğini fark etti; sonuç olarak onlar hakkında daha fazla bilgi edinilebiliyordu. Townes çok daha kısa dalga boylarına sahip ışık üreten bir cihaz geliştirerek, esas itibarıyla mazer kavramını elektromanyetik spektrumun görsel aralığına doğru genişleterek daha fazla bilgi edinmenin mümkün olabileceğini düşündü. Bunu yapmanın en iyi yolunun uyarılmış yayım vasıtasıyla istenen frekansları oluşturmak için molekülleri kullanmak olduğuna karar verdi.

Meslektaşı (müstakbel kayınbiraderi) Arthur Schawlow'a bundan bahsettiğinde Schawlow prototip lazere her biri lazer oyuğunun birer ucuna olmak üzere bir çift ayna takılmasını önerdi. Böylece belirli dalga boylarındaki fotonlar aynalardan yansıtılacak ve lazer ortamı boyunca ileri geri gidip gelecektirdi. Bu şekilde de diğer elektronların rahatlayıp temel hallerine dönmelerine ve aynı dalga boyuna sahip daha da fazla fotonu açığa çıkarmalarına neden olacaktı. Dolayısıyla yalnızca seçilmiş dalga boyu ve frekans aralığındaki fotonlar güçlendirileceklerdi. İki adam lazer adını verdikleri bu fikri ayrıntılı olarak anlatan bir makale yazdılar ve Physical Review isimli bilimsel derginin Aralık 1958 sayısında yayımladılar, fakat hâlâ işleyen bir prototip yapmamışlardı. İki yıl sonra tasarımları için bir patent aldılar. Aynı yıl içinde Theodore Maiman Hughes Aircraft Company'de ilk çalışan lazeri yaptı.

Schawlow ve Townes lazerin icadıyla en çok ilişkilendirilen isimler olsalar da, başka birçok insan da ona hayati katkılar yaptı. Belki de bunun bir sonucu olarak, patent hakları meselesi sonradan oldukça fazla ihtilafa neden oldu. Columbia Üniversitesi'nde, sonra da Technical Research Group'ta (TRG) çalışmış bir bilim insanı olan Gordon Gould kendi araştırma not defterini temel alarak patent hakları için dava açtı. Defterde Kasım 1957'de yazılmış ve noterden tasdiklenmiş, kendisinin lazer tanımını açıklayan bir sayfa vardı. Gould onlarca yıl boyunca mücadele etti ve 1973'te ABD Gümrük ve Patent Temyiz Mahkemesi Schawlow ve Townes'a verilen özgün patentin fazla genel olduğuna ve çalışan bir lazerin bazı kilit bileşenlerini yaratmak için yeterli bilgiyi vermediğine hükmetti. Gould'a nihayet patent hakları verildi.

Mali olarak kazanılacak çok şey vardı: Lazerin icadı milyarlarca dolarlık bir endüstrinin doğmasını sağladı. Lazerler istenmeyen dövmelemleri veya doğum lekelerini silmekte, görüş kusurlarını gidermekte, sanayi montaj hatlarında çelikleri ve diğer malzemeleri kesmekte, süpermarketlerde ve büyük mağazalarda fiyatları taramakta, görsel iletişimde ve optik veri depolamada ve

CD ve DVD oynatıcılar gibi elektronik aygıtlarda kullanılır. Schawlow ve Townes bu uygulama alanlarının hiçbirini akıllarına bile getirmemişlerdi ve tek ilgilendikleri bilimsel araştırmalar için daha iyi bir alet yapmaktı.

Birkaç çeşit lazer vardır. Schawlow ve Townes katı bir matris şeklinde düzenlenmiş atomları olan kristalleri, örneğin yakutu kullanan katı hal lazerleri tasarlamışlardı. CO₂ lazerleri spektrumun uzak-kızılötesi ve mikrodalga aralıklarında enerji yayınlırlar. Bu tip yoğun ısı ortaya çıkarır ve nesneleri eritebilir. Dr. Evil başlarının üzerinde “lanet olası lazer ışınları olan köpek balıklarının” Avanak Ajan’ı işkence ederek öldürmelerini istediğinde işte bu tür bir lazeri kast etmişti – fakat köpek balığı tehlike altındaki bir tür olduğu için planı bozuldu. Mecburen huysuz mutant levreklerle idare etmişti, bir de üstüne üstük onlara CO₂ lazerleri değil de geleneksel diyot (yarı iletken) lazerleri taktığı için ne kadar büyük bir hayal kırıklığına uğradığını siz düşünün. Bu lazer tipi lazer işaretleyicilerde ve CD ve DVD çalarlarda kullanılır ve hiç ölümcül değildir.

Dünyalar Savaşı’nda Marshlıların kullandığı hayali ölümcül “ısı ışınları” veya başka herhangi bir lazer ışını türü için için en muhtemel aday CO₂ lazerleridir – *Yıldız Savaşları*’ndaki ışın kılıçları hariç. Hevesli Jedi şövalyeleri hayal kırıklığına uğrayacak, fakat lazerler ışın kılıçlarına hiç uymazlardı. Bir defa, ışık bir engel le karşılaşınca kadar uzayda hareket etmeye devam edecektir, bu yüzden silahın sabit bir uzunluğu olmayacaktır. Dolayısıyla yalnızca özel bir hedefe değil, ışınının yakınındaki her şeye ısıyla zarar verecektir. İkincisi, birbiriyle kesişen iki lazer ışını çarpışıp birbirlerini durdurmazlar, bu yüzden Obi-Wan Kenobi ile Darth Vader arasındaki ustalıklı kılıç düellosu imkansız olacaktır. İkisinin daha ilk ışın geçişinde birbirini ikiye bölmeleri ve çevrelerinde geniş bir tahribat bölgesi yaratmaları çok daha büyük bir olasılık olacaktır. Kılıcı tutan kişinin aynı zamanda herhangi bir tür yansıtıcı yüzeyden de uzak durması gerekecektir, çünkü bu yüzeyler ışık ışınını çevirecek ve geri sekerek kılıcı tutanın yüzünü kavurmasına zemin hazırlayacaklardır.

Lazerlerin silah olarak kısıtlamaları olabilir, fakat yine de bazı inanılmaz işler yapabilirler. Örneğin, atomları eşi benzeri görülmemiş sıcaklıklara kadar soğutmak için kullanılabilirler. 1980'lerin ortasında, fizikçi Steven Chu Stanford'da kızılötesi lazer ışınlarından bir "ağ" örerek lazer soğutmasını ortaya koydu. Buna "optik molaslar" adını verdi. Işınlar hedef atomları sürekli olarak foton bombardımanına tutarlar. Bu fotonların dalga boyları yalnızca atomlarla kafa kafaya çarpıştıklarında emilmelerini sağlayacak şekilde dikkatle seçilir. Bu atomların bakış açısından bir dolu fırtınası sırasında rüzgâra doğru koşmak gibidir. Colorado'daki JILA tesisinde (eski ismi Joint Institute of Laboratory Astrophysics-Birleşik Astrofizik Laboratuvarı Enstitüsü- idi, fakat 1995'ten beri sadece JILA diye anılıyor) çalışan fizikçi Carl Wieman, "Hangi yöne koşarsanız koşun, dolu tam yüzünüze çarpar," diyor. "Bu yüzden durursunuz." Atomlar yaşlarken mutlak sıfırın 10 milyonda 1 derece üstünde bir sıcaklığa kadar soğurlar.

Bir lazer ışınında, ışık parçacıklarının hepsi aynı enerjiye sahip olur ve beraber titreşir. Bose Einstein yoğunlaşması (BEC) denilen bir madde halindeki atomlara da benzer bir şey olur. BEC'ler 1920'lerde atomların dalga benzeri yapısının yeterince yakın biçimde sıkıştırlarsa genişlemelerine, hatta üst üste binmelerine izin verebileceği ihtimalini ön gören Einstein ve Hintli fizikçi Satyendra Bose'nin şerefine isimlendirildi. Normal sıcaklıklarda atomlar tıpkı bilyardo topları gibi hareket ederek birbirlerinden ve çevrelerindeki çeperlerden sekerler. Sıcaklığı düşürmek hızlarını azaltır. Eğer sıcaklık yeterince düşerse (mutlak sıfırın milyarda birkaç derece üstü) ve atomlar yeterince yoğun sıkıştırlarsa, farklı madde dalgaları birbirlerini "hissedebilir" ve tek bir büyük "süperatom"muş gibi kendilerini koordine edebilir.

Wieman JILA'daki meslektaşları Eric Cornell ile beraber lazerle kendisinin yasarladığı manyetik soğutma teçhizatının karışımını kullanarak ilk BEC'yi üretmeyi amaçlayan beş yıllık bir çalışma başlattı. Diğer gruplar araştırmaları için aldığı paraları 150.000 dolarlık son teknolojiye sahip lazerlere dökerlerken

Wieman 200 dolarlık basit diyot lazerlerin kullanımına öncülük etti. İki adam bir lazer kapını kullanarak yaklaşık 10 milyon rubidyum gazı atomunu soğuttu; ardından soğumuş atomlar manyetik bir alanla yerlerinde tutuldular. Bunun yapılabilmesinin nedeni çoğu atomun çok küçük mıknatıslar gibi davranmasıdır; yörüngelerinde yüklü parçacıklar (elektronlar) vardır. Fakat atomlar hâlâ bir BEC oluşturmak için yeterince soğuk değildi, bu yüzden iki adam ikinci bir adım olarak buharlaşmalı soğutmayı eklediler. Bu yöntemde bir ağ oluşturan manyetik alanlar birlikte çalışarak en sıcak atomları dışarıya atarlar, böylece daha soğuk atomlar daha dip dibe hareket edebilir. Bu ağın çalışma biçimi sabah içtiğiniz kahvede ortaya çıkan buharlaşmalı soğutmayla hemen hemen aynıdır; daha sıcak atomlar manyetik kapanın en üstüne yükselir ve buhar olarak "dışarıya sıçrarlar". Buharlaşmalı soğutma eski bir teknikti; JILA'daki bilim insanlarının yaptığı gerek duydukları düşük sıcaklıkları elde edinceye kadar onu kurcalamaktan ibaretti.

Wieman ve Cornell 5 Haziran 1995'te sabah 10:54'te tarih yazdılar ve yaklaşık 2000 rubidyum atomundan oluşan, 15 ila 20 saniye boyunca devam eden bir BEC ürettirler. Kısa bir süre sonra MIT'te bir fizikçi olan Wolfgang Ketterle de laboratuvarında BEC elde etti. Eylül 2001 itibarıyla 40'a yakın ekip deneyi tekrar etmişti. 2001'de Wieman, Cornell ve Ketterle başarıları karşılığında Nobel Fizik Ödülü'nü kazandılar.

Bu keşif tamamen yeni bir fizik dalına önyak oldu. BEC'ler bilim insanlarının kuantum fiziğinin garip, küçük dünyasını sanki bir büyüteçten bakıyormuş gibi inceleyebilmesini sağlar: Bir BEC lazerlerin fotonları güçlendirmesiyle aynı şekilde atomları "güçlendirir". Bilim insanları BEC'i başka şeylerin yanında tek tek atomları damlatan bir atom lazeri yapmak için kullandılar; bir gün bu bilgisayar mikroçiplerinin üzerine küçücük şekiller kazımak için kullanılabilir. Başka bilim insanları bilgiyi depolamak ve işlemek için elektromların değil atomların hareketini kullanan atomik bilgisayar devreleri yapmayı umuyorlar. Şubat 1999'da da Harvard Üniversitesi'ndeki araştırmacılar bir lazer

ışınını bir BEC'in içine göndererek normalde saniyede 300.000 kilometre hızla giden ışığın hızını sadece 17 kilometreye düşürdüklerini bildiklerini gördüler. İki yıl sonra ışığı kısa bir süreliğine tamamen durdurdular.

Işığı bir anlığına bile olsa durdurmak, aynen elektrik sinyallerinin radyo dalgalarının üzerine kodlamamız gibi bilgiyi atomların içine kodlama ve bunu ışık dalgaları üzerinde aktarma ihtimalini gündeme getirir. Bu kuantum iletişimi olarak bilinir ve sonunda ultra güvenli veri iletimine kapıyı açabilir – fakat bu ancak bir ışık dalgasını durumunu değiştirebilecek kadar uzun süre durdurabilir ve tekrar yoluna gönderebilirsek mümkün olur. *Uzay Yolu'nda* Kaptan Kirk yabancı bir gezegene her ışınlandığında bir ışık ışını uzaktaki atomları onun *Atılğan'da* bulunan vücudunun molekül yapısına uyacak şekilde tekrar düzenler. Bu da kuantum iletişiminin bir örneğidir. Herhangi bir mesafede bütün bir insan vücudu kullanarak benzer bir şey başarmak elbette henüz pratik olarak mümkün değil, fakat BEC'leri kullanarak ışığı durdurmak doğru yönde atılmış bir bebek adımı olacak.

Dünya Küçük

29 Aralık 1959: Feynman'ın Klasik Caltech Konuşması

Kraliyet ailesinden olmanın ayrıcalıkları da, tuzakları da vardır. İngiltere'nin daimi veliahtı Prens Charles neredeyse doğumundan bu yana hayatının her alanında yoğun bir incelemeye, şehvet dolu spekülasyonlara ve sık sık da sert eleştirilere maruz kalmış olduğu için bunu birinci elden biliyor. Öte yandan rakipsiz konumu ona endişelendiği meselelere dikkati çekebilmesine olanak sağlayan kamusal bir platform sağlıyor – bu meselelerden biri de bilim ve teknolojiyle bağlantılı olduğu hissedilen tehlikeler. Prens Charles 1990'larda genetik olarak değiştirilmiş besinler hakkında endişeliydi. 2003'te soylu gözünü doğmakta olan nanoteknolojinin potansiyel tehlikelerine çevirdi. Halkın önünde özellikle kendi kendini kopyalayan serseri minyatür robotlardan oluşan açgözlü bir ordunun gezegeni ele geçireceğinden ve önüne çıkan her şeyi iğrenç bir "gri madde"ye indirgeyerek Dünya'yı yaşanmaz bir çöle dönüştüreceğinden endişe ettiğini söylüyordu.

Eğer bu felaket senaryosu biraz olsun tanıdık geliyorsa, aynı zamanda Michael Crichton'un 2002 tarihli çok satan bilim-kurgu romanı *Av*'in temel taşı olmasındandır. Fakat bu fikir neredeyse 20 yıl önce, Foresight Institute'un emekli müdürü Eric Drexler'in *Yaratım Makineleri* adında bir kitap yayımlamasıyla ortaya çıktı. Drexler kendi kendilerine üreyebilen ve her şeyi atomu atomuna, eşi benzeri görülmemiş bir kesinlikle ve hiçbir kirlilik yaratmadan inşa edebilen mikroskobik nano birleştiricilerin dönüştürdüğü bir dünya hayal etmişti. Ama aynı zamanda işin kötü tarafından da bahsetmişti: Kendi kendilerini kopyalayan nanomakineler düzgün kontrol edilmedikleri takdirde zincirlerini kopararak çok büyük bir hızla inanılmaz sayılara ulaşabilir ve dünyadaki her türlü hayatı pelteye çevirebilirlerdi.

"Nanoteknoloji", nanometrelerle ölçülen nesnelerle ilgilenen herhangi bir araştırma alanını tanımlayan bir şemsiye terimdir. Bir nanometre metrenin milyarda biridir ve tekil atomların ve moleküllerin ölçeğine yakındır. Bu ölçekte kuantum etkileri egemen olur ve malzemelerin kimyasal ve fiziksel özellikleri aynı malzemelerin toplu hallerininkinden farklı olur. Örneğin, karbon atomları boş mikroskobik ipliklere örüldüklerinde elektriği iletebilir ve çelikten güçlü olurlar.

Bu alan giderek büyük bir iş kolu haline geliyor ve sanki herkes bu parsadan pay kapmak istiyor. Özel şirketler Ulusal Bilim Vakfı'nın 2015'te bu alanın ABD'de 1 trilyon dolarlık bir endüstriye dönüceğine dair tahminini temel alarak nanoteknolojiyle ilgili araştırmalara para döküyorlar. Başkan George W. Bush o nadir iki tarafı da destekleyen hareketlerinden birini yaptı ve 2004 mali yılı bütçesinde selefi Bill Clinton tarafından kurulmuş Ulusal Nanoteknoloji İnisiyatifi'ne 849 milyon dolarlık federal fon ayırdı. Kongre 2003'te nanoteknoloji araştırmalarına sonraki üç yıl için kabaca 2,6 milyon dolar tahsis eden bir fon temini önermesini kabul etti. Japonya da karşılaştırılabilir yatırımlar yapıyor, Avrupa Birliği de pek geri kalmıyor.

Nanoparçacıklar şimdiden bronzlaşma losyonları, "yaşlanmaya meydan okuyan" makyaj malzemeleri ve yağmur yağdığı za-

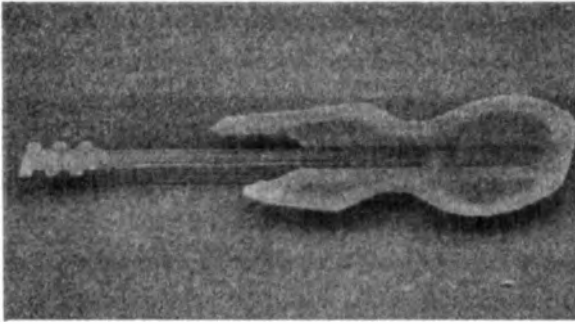
man kiri üzerlerinden silkerek kendi kendini temizleyen pencereler gibi bazı tüketim ürünlerinde kullanılmaya başladı. Bir şirket kendiliğinden antibiyotik ve antiinflamatuvar özelliklere sahip nanokristalli bir yara bandı üretiyor. Dış minelerini kaplayan, koruyan ve tamir eden dış macunu ve kendi kendini temizleyen, asla boyanmaya ihtiyaç duymayan ayakkabılar da ufukta göründü. Nanoparçacıklar aynı zamanda yapıların duvarlarını güçlendiren malzemeler elde etmekte ve sert, dayanıklı ama hafif iplikler yaratmakta katkı maddesi olarak kullanılıyor. 2004'te bilim insanları elektriği iletebilen, pamuk bir gömlek kadar hafif olan ve aynı zamanda kurşun geçirmeyen çok güçlü ve esnek bir iplik geliştirdiler. Bu J.R.R. Tolkien'in *Yüzük Kardeşliği* romanında Frodo'nun elflerden aldığı, bir bıçak hamlesini kesebilen büyülü zincirden zırhı akla getiriyor. Mithril adı verilen ve bir zamanlar Moria'daki cücelerin madenden çıkardığı bu metal gümüş gibi görünür, demir veya çelikten daha güçlüdür ve bunların üçünden de hafiftir. Pekâla nanoparçacıklardan yapılabilirdi.

Günümüzde nanoteknoloji bazı harika nesneler üretiyor. San Diego'daki California Üniversitesi'nde çalışan malzemebilimci Michael Sailor "zeki toz"u geliştirdi. Bunlar kirleticileri ve toksinleri koklayıp görülür şekilde renk değiştirerek uyarı verebilen ufacık tanecikli silikon sensörleridir. Bu "toz" duvarların üzerine boyanabilir veya koruyucu giysilere doğrudan uygulanabilir, bu parçacıklar yapımları çok ucuza geldiği için geniş sensör ağları oluşturmak için de kullanılabilirler. Sailor parçacıkların kimyasal özelliklerini değiştirerek onlara gözenekli, sünger benzeri bir yapı kazandırıyor. Gözenekler belirli toksik maddelerin, hatta virüslerin ve E. coli gibi bakterilerin moleküllerini tanıyıp emiyor ve toksinler tespit edildiği zaman renk değiştirebiliyorlar. Örneğin, bir zeki toz parçacığının bir tarafı yeşil, bir tarafı kırmızı olabilir. Parçacık bir toksin damlası tespit ettiği zaman yeşil taraf yoksne yapışır ve kırmızı taraf da parıldayarak uyarı verir.

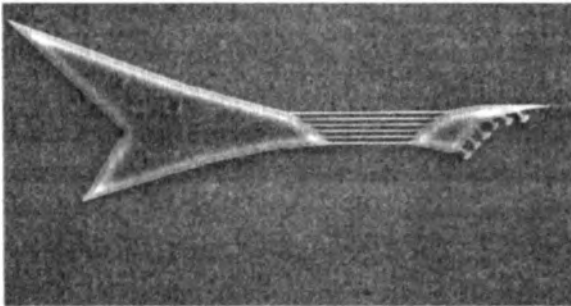
1997'de Cornell'deki araştırmacılar dünyanın en küçük gitarını ürettiler. Gitar yaklaşık bir alyuvar boyutundaydı ve bir

Fender Stratocaster şeklindeydi. Altı yıl sonra aynı grup biraz daha büyük bir nano-gitar yaptı; bu seferki Gibson'un Flying V modeli şeklindeydi ve gerçek anlamda "çalınabiliyordu". "Teller" lazer ışığına tepki vererek titreşen silikon çubuklardır. Perdeleri belirleyen gerçek bir gitardaki gibi tellerin gerginliği değil, çubukların uzunluğudur. Nano-gitar sadece basit notaları çalabilir, fakat aynı anda birden fazla tel titreştirilerek akorlar elde edilebilir. Tonlar insan sesinin duyabileceği herhangi bir frekansın çok üzerindedir –gerçek bir gitarın çıkardığı tonların 17 oktav üzerinde- fakat teller titreştiğinde geri yansıyan ışıktaki girişim şekilleri oluştururlar ve bunlar da tespit edilip elektronik olarak duyulabilir notalara dönüştürülebilir.

Araştırmalar bu projeye eğlendiler ve esprili bir şekilde internet sitelerine bazı basit "nano-besteler" yüklediler. Bunla-



Fender stratocaster nano gitar



"Çalınabilir" Gibson Flying V nano gitar

rın arasında besteci John Cage'in yapıtları üzerine modellendiği için "Cagey" adı verilmiş kısa doğaçlama bir şarkı da vardı. Fakat nano-gitarlar yapmak eğlencelik bir laboratuvar alıştırmasından ibaret değildir. Çok küçük cisimleri titreştirebilmek elektronik sistemler için daha küçük bileşenler yapabilmenin kapılarını açar. Örneğin, cep telefonları ve diğer kablosuz aygıtlar yayın iletimi veya alımı için bir telsiz taşıyıcı dalgası üretmek için bir kuartz kristalinin titreşimlerini kullanırlar. Titreyen küçücük bir nano sopa aynı işi daha az yer kaplayarak ve çok daha az elektrik tüketerek yapabilir.

Aslında halka kâbuslar gördüren olasılık, nano-robotların ortaya çıkmasıdır. Aralık 1959'da fizikçi Richard Feynman California Teknoloji Enstitüsü'nde küçük boyutlu nesneleri manipüle ve kontrol etmek üzerine "Dipte Bol Bol Yer Var" adını taşıyan, adeta gelecekte haber veren bir konuşma yaptı. Feynman atom boyutunda kusursuz ürünler yapabilen nanomakineler hayal ediyordu. O sıralar bilim insanları küçük tırnak büyüklüğünde elektrik motorları yapmayı başarmış, İsa'nın Öğrettiği Dua'yı bir iğnenin başına yazabilen bir cihaz yapmışlardı. Fakat Feynman böyle ilerlemeleri minyatürleştirmeye giden yolda "en ilkel ve aksak adım" diye bir kenara itiyor ve bilim insanlarının bütün *Encyclopaedia Britannica'yı* (Britannica Ansiklopedisi) bir iğnenin başına yazabileceği bir günü öngörüyordu. Bilim insanlarının tek yapması gereken metnin boyutunu 25.000 kat küçültmekti. Feynman konuşmasını yaptığı sırada bunun için gerekli aletler ve üretim teknikleri henüz ortada yoktu, fakat çok geçmeden ortaya çıkacaklarına Feynman'ın güveni tamdı.

Feynman bu olasılığın bir kanıtı olarak çok küçük bir boyutta bilgi "yazmanın" örnekleriyle dolup taşan biyolojiyi işaret ediyordu. Atomlar doğanın yapı taşlarıdır. İnsan vücudu karmaşık bir organizmanın bütün işlevlerini koordine etmek için gerekli bütün bilgiyi depolayan milyarlarca canlı hücreden oluşur. Hücreler doğanın nanomakineleridir; hem enzimler ve hormonlar gibi çeşitli maddeleri üretebilen, hem de bilgi depolayabilen ak-

tif varlıklardır. Bu Feynman için küçük ama hareketli makine-ler yapmanın, kuantum ölçeğinde bilgi işlemenin, tek tek atom-ları düzenlemenin, hatta belki sonunda minyatür hareketli ay-gıtlar kullanarak dâhili ameliyatlar yapmanın mümkün olacağı-nın ispatıydı.

Av Crichton'un hayali Xymos Şirketi yeni bir tıbbi görüntüle-me teknolojisi pazarlamaktadır. Bu teknolojiyle her biri alyuvar boyutlarındaki milyonlarca minyatür kamera bir şırıngayla doğ-rudan kan akışına enjekte edilir. Ardından kameralar kendileri-ni ağ tabanlı bir "sürü" şeklinde düzenlerler. Buradaki fikir, mo-lekül boyutundaki tek bir kameranın işe yarayacak bir görün-tü elde edecek kadar fazla ışık toplayamayacak olsa da, birbiri-ne bağlanmış, eş zamanlı olarak çalışan milyonlarca kameranın çok net bir birleşik görüntü elde edebilmeleridir, tıpkı insan gö-zünün rabdomlarından ve koni hücrelerinden bir görüntü oluş-turması gibi.

Xymos'un sistemi hayal mahsulüdür, ama bilim insanları has-taların kanser hücrelerine ve virüslere saldırıp onları zararsız ha-le gelecek şekilde tekrar oluşturmaya programlanmış milyonlar-ca nano-robotla dolu sıvılar içebilecekleri günleri tasavvur edi-yorlar. Aslında Rice Üniversitesi ile Nanospectra adında bir şir-ketin ortaklaşa yürüttükleri bir araştırmada altınla kaplı nano parçacıkların kan akışına doğrudan enjekte edildiklerinde kan-serli tümörlerde toplandıkları fark edildi. Ardından nano kabuk-lara kızılötesi bir lazer ışığı gönderilir. Normalde kızılötesi ışık canlı zarar vermeden dokuların içinden geçip gider, fakat altın-la kaplı nano parçacıklar tümörleri yakıp yok etmeye yetecek kadar ısınırlar. Bilim insanları bir gün hassas ameliyatları geri-de geleneksel ameliyatlardan sonra görülen izleri bırakmaksızın nano robotlar kullanarak yapmayı umuyorlar. Av'da olduğu gibi bir nano robotlar sürüsünün gerçek bir insanın görünümüne bürünebilmesi pek olası değilse de, nano robotların bir insa-nın atomlarını estetik ameliyatlar için yeniden düzenlemek için programlanabileceği düşünülebilir. Örneğin kulaklar, burun ve-ya göz rengi bu şekilde değiştirilebilir.

Halkın huzurunu daha da fazla kaçıran şey “moleküller üretim”dir. Yirminci yüzyılın başlarında, Henry Ford Michigan’daki Rouge Nehri’nin kıyısında ilk otomobil montaj hatlarını inşa ederek üretimde devrim yaptı. O zamanlar daha büyüğü daha iyisi demekti. Bugünse trend her şeyin daha küçüğünü yapmak, dizüstü bilgisayarlardan tutun da cep telefonlarına ve Apple’ın aşırı rağbet gören, 10.000 şarkı depolayabilen 170 gramlık cihazı iPod’a kadar. Nano teknoloji uzmanları tüketicilerin özel olarak tasarlanmış, atom atom bir araya getirilerek ister beyzbol topu, ister iPod, ister bir arazi aracı olsun istenen bütün yapıları üretilebilecek bir kalıba sokulacak ürünler sipariş edebilecekleri bir günün hayalini kuruyorlar. IBM’deki bilim insanları 1990’da tekil ksenon atomlarını “kapıp” “IBM” yazacak şekilde hareket ettirerek atomları yönlendirebildiklerini gösterdiler. Bu dünyanın en küçük şirket logosuydu.

Bir sonraki adım “montajcı” denilen, atomları ve molekülleri yönlendirerek işe yarar kalıplar haline getirebilen nano boyutta makineler yapmaktır. Feynman 1959’da makro boyuttaki makinelerin küçültülmesini önermişti; fakat bugün bilim insanları etkili yolun makinelerin kendi kendilerini yapmalarına izin vermek olduğuna inanıyorlar. Bu tekniğe kendi kendine montaj adı verilir. Tek başına çalışan tek bir montajcının tanınabilir bir ürünü atom atom yapması binlerce yıl sürer, bu yüzden şu anki üretim hızlarına ulaşabilmek için trilyonlarca montajcının hep beraber çalışmasına gerek duyulacaktır. Trilyonlarca montajcıyı hızla yapmanın en kolay yolu kendi kendilerini kopyalayabilmelerini sağlamaktır.

İşte Av’da ortalığı mahveden bu tür ufacık kendi kendilerini kopyalayan nano montajcılardır. Xymos’ta çalışan bir anne yanlışlıkla küçük kızı Amanda’yı “gama montajcı”lara, akarlardan daha küçük, karbon alt katmanlarını keserek tamamlanmış moleküller yapacak şekilde tasarlanmış ufacık nano robotlara maruz bırakır. Deri gibi daha yumuşak bir maddeyle karşı karşıya kalan gama montajcılar sadece kızı sadece çimdiklerler ve derisini adam akıllı morartan gizemli bir kızarıklığa neden olurlar.

Amanda ısırın parçacıklardan oluşan tozlu bir örtüyle kaplanır. Neyse ki bir MRI makinesinin manyetik alanı nano robotları ondan uzaklaştırdıncı hemen iyileşir, fakat vücudunun her yanını eşit ölçüde saran morluk birkaç gün devam eder.

Halk ne yazık ki gerçekte kurguyu birbirinden ayırt etmekte zorlanıyor gibi görünüyor. Rice Üniversitesi'nde kimya profesörü olarak çalışan, nano teknolojiye önyak olmuş Nobel ödüllü Richard Smalley 2003'te Teksas'ta 700 ortaokul ve lise öğrencisinden oluşan bir gruba konuşma yaptığında çok rahatsız olmuş. Öğrencilerden nano teknolojiyle ilgili makaleler yazmaları istenmiş ve Smalley en iyi 30 makaleyi okumuş. "Neredeyse yarısı kendi kendilerini kopyalayan makinelerin mümkün olduğunu varsayıyordu ve çoğu da bu nano robotlar dünyaya yayılırsa gelecekte olacaklar konusunda çok endişeliydi," diyor. Smalley'e göre Crichton, Drexler ve diğer yazarlar korku bezirganlığı yaptıkları için suçlular. O nano montajcılarının fiziksel olarak mümkün olduğunu düşünmüyor ve bu fikri nedeniyle *Chemical and Engineering News*'te Drexler ile ikisi arasında gergin bir tartışma yaşandı.

Nano teknolojiyle ilgilenen bilim insanlarının büyük bölümü böyle nano robotlar mümkün olsa bile pratik üretimlerinin ancak onlarca yıl sonra gerçekleşeceğinde hemfikir. Royal Society Üniversitesi akademisyenlerinden Jim Thomas 2004'te *Time Europe*'a "Bu nano robotların biyolojik sistemleri ele geçirecekleri fikri tamamen saçmalık," dedi. Drexler'in kendisi de 1986'de yaptığı ilk uyarıdan sonra geri adım attı ve o zaman bu ihtimali bir en kötü durum senaryosu olarak gündeme getirdiğini, çünkü nano teknoloji hakkındaki heyecanın içinde yatan riskleri gölgede bırakmasından endişelendiğini iddia etti. Hâlâ "gri madde" senaryosunun "fizik yasaları aleminin sınırları dahilinde" olduğunu savunuyor, fakat "ufacık nano böcek sürülerinin bilimkurgudaki ve popüler kültürdeki tasvirlerinin gördüğü rağbeti hafife aldığını" da kabul etti. Bilim insanları Prens Charles'ın yorumlarına kıs kıs gülmeye meyilli olabilirler, fakat o nanoteknolojinin getireceği potansiyel zararlı sonuçlardan endişelenen tek

kişi değil. 2003'te İngiltere merkezli Erozyon, Teknoloji ve Yoğunlaşma Hareket Grubu (ETC) nano parçacıkların güvenli şekilde işlenmesi için protokoller geliştirilinceye kadar bütün nano teknoloji araştırmalarının tamamen yasaklanması çağrısını yaptı. Temmuz 2004'te İngiliz arařtırmacılarđan oluşan bağımsız bir panel, nano parçacıklar içeren bütün kozmetik ürünlerinin deri üzerinde kullanılmalarının güvenli olduğu kanıtlanıncaya kadar İngiltere pazarında yasaklanmasını tavsiye etti.

şimdi korkma sırası arařtırmacılarđa ve bunun için iyi sebepleri var. Smalley de başka birçok kişi gibi temelsiz paniğin nano teknoloji konusundaki hayati araştırmaları yavaşlatabileceğinden veya tamamen durdurabileceğinden endişeleniyor. Bu taarruza önderlik eden İngiltere olabilir. Bazı bilim insanları araştırmanın kendisini durdurmanın toplumu nano teknolojinin vaat ettiği büyük potansiyel yararlarđan mahrum bırakacağı için etik olmayacağını ileri sürüyorlar. Diğerleri nanoteknolojiye karşı bir ters tepkinin –asla hiçbir çevresel veya sağlıksal tehdit ortaya çıkmasa bile- bu potansiyel trilyon dolarlık endüstriyi daha emekleme döneminde yok edeceğinden kaygılanıyorlar. Smalley'in Rice Üniversitesi'ndeki meslektaşı Vicki Colvin'e göre, bu ihtimal "gayet ciddi ve bir bilimkurgu yazarının hayal edebileceği herhangi bir şey kadar korkutucu."

Karmaşayı İdrak Etmek

Ocak 1961 civarı: Lorenz ve kelebek etkisi

*Doğa'nın Büyük Kitabı matematiksel
simgelerle yazılmıştır.*

-Galileo Galilei

Michael Crichton'un çok satan romanı (ve sonradan çekilen filmi) *Jurassic Park*'ta, başına buyruk bir matematikçi olan Ian Malcolm ("acınacak bir kişilik ifratıyla" lanetlenmiş biri) sistemi mükemmel bir şekilde kontrol-lü ve tahmin edilebilir halde tutmak için gösterilen bütün çabalara rağmen klonlanmış dinazorlar barındıran bir eğlence parkı planının neden trajik bir başarısızlığa mahkum olduğunu açıklamak için kaos kuramını kullanır. Adayı gerçekten görünceye kadar hükmünü ertelemesinin daha iyi olabileceği söylendiğinde, Malcolm, "Ayrıntıların önemi yok. Kuram bana adanın çabucak tahmin edilemez bir şekilde hareket etmeye başlayacağını söylüyor," diye cevap verir.

Kaos kavramı ortalama bir insanın aklına tam bir rastgeleliği getirir. Fakat bilim insanları için başlangıç durumlarına aşırı duyarlı oldukları için çıktıkları rastgeleymiş gibi görünen ve altla-

rında yatan içsel düzenin kurallarını perdeleyen sistemleri ifade eder: menkul kıymetler borsası, ayaklanan kalabalıklar, bir epilepsi nöbeti sırasındaki beyin dalgaları veya hava durumu bunun örnekleridir. Kaotik bir sistemde çok küçük etkiler tekrar ederek güçlenir, sonunda sistem kritik duruma geçer – bu etki Crichton’ın kudurmuş dinazorlarının yarattığı katliam ile unutulmaz bir şekilde ortaya koyulmuştur. Bu paradoks içerirmiş gibi görünen kavram matematikçilikten meteorologluğa geçen Edward Lorenz adındaki bir adamın şans eseri modern kaos kuramı alanını ortaya çıkaran bir keşif yapmasıyla doğdu ve hava gibi çizgisel olmayan sistemlere bakışımızı sonsuza kadar değiştirdi.

Lorenz Connecticut’un West Hartford kentinde geçen çocukluğu sırasında bile hava olaylarından büyüleniyordu. Üniversiteden mezun olduktan sonra matematikle ilgilenmeyi planlıyordu, fakat İkinci Dünya Savaşı araya girdi. Lorenz savaşta Ordu Hava Müfrezesi’nde hava tahmincisi olarak görev yaptı ve bu işi o kadar sevdi ki, savaş bittikten sonra meteoroloji alanında kalmayı tercih etti.

Lorenz özellikle hava durumu tahminiyle ilgileniyordu. Bu iş o sıralar hâlâ büyük ölçüde sezgisel tahminlere dayalıydı. Bilgisayarların ortaya çıkmasıyla Lorenz matematikle meteorolojiyi birleştirme fırsatı doğduğunu gördü. Sıcaklıktaki, basınçtaki, rüzgâr hızındaki ve diğer benzer değişkenlerdeki değişiklikleri temsil eden bir diferansiyel denklem seti kullanarak hava durumunun matematiksel bir modelini inşa etmek için çalışmaya başladı. 1960’ın sonunda Lorenz bir hava durumu sistemi için bir iskelet ortaya koymayı başarmıştı. Bilgisayarında sürekli olarak bir benzetim çalıştırarak her dakika için bir günlük sanal hava durumu oluşturdu. Sistem doğal olarak ortaya çıkan hava durumu kalıplarını andıran veriler üretmekte oldukça başarılıydı – hiçbir şey iki kere aynı şekilde gerçekleşmiyordu, fakat altta yatan bir düzen olduğu ortadaydı.

1961’de soğuk ve karlı bir günde Lorenz’in uzun vadeli hava durumu tahminleri yapabilmeye –bu araştırmalarında önemli

bir odak noktasıydı- yönelik bütün umutları suya düştü. Lorenz benzetimindeki belirli bir dizilişe daha yakından bakmaya karar verdi ve en baştan tekrar başlamak yerine orta noktadan başlayarak önceki çalışmadaki parametreleri bir bilgisayar çıktısından bakarak elle yazdı. Sonra hakkı olan bir kahve molası verdi. Fakat yokluğunda tuhaf bir şey oldu. Bürosuna döndüğünde sanal hava durumunun önceki çalışmayı tamamen tekrar etmek yerine önceki kalıplardan büyük bir hızla saptığını, öyle ki yalnızca birkaç sanal “ay” sonra iki çalışma arasındaki bütün benzerliklerin ortadan kalktığını gördü.

Lorenz ilk önce günümüz standartlarına göre son derece yavaş ve kaba olan bilgisayarındaki vakum tüplerinden birinin bozulduğunu düşündü. Fakat sorun ilk koşulları belirlemek için girdiği sayılarda yatıyordu. Bilgisayarın hafızasında altı ondalık hane tutuluyordu, fakat çıktıda ise yalnızca üç hane görünüyordu. Lorenz kısa sayıları girmişti. Farklılık yalnızca 1000’de 1 olduğu için bu sonuçta bir değişiklik yapmamalıydı.

Başka türlüşünü düşünmek için pek sebep yoktu. Bilim insanlarına çoğu zaman herhangi bir fiziksel sistemde başlangıçta yaşanan küçük sapmaların davranışta küçük değişikliklere yol açacağı öğretilir ve günümüzde bile hava sıcaklığı düzenli olarak 1000’de 1 derece kesinliğinde ölçülmez. Lorenz’in bilgisayar programı “hava durumu”nun herhangi bir başlangıç noktasından her başladığında tamamen aynı biçimde gelişmesini sağlayacak şekilde tasarlanmıştı. Birazcık farklı bir başlangıç noktası hava durumunun birazcık farklı bir şekilde gelişmesine neden olacaktı. Lorenz küçük bir sayısal değişimin küçük bir rüzgâr esintisine benzediğini ve hava durumunun önemli, büyük ölçekli özellikleri üzerinde önemli bir etkisinin olması ihtimalinin düşük olduğunu düşünmüştü.

Fakat o küçücük farklılık her şeyi değiştirmişti. Günümüzde bu olgu başlangıç koşullarına duyarlı bağımlılık diye bilinir. Lorenz keşfine “kelebek etkisi” adını verdi: Hava durumuna hükmeden çizgisel olmayan denklemlerin başlangıç koşullarına öyle aşırı bir duyarlılığı vardır ki Brezilya’da bir kelebeğin kanat-

larını çırpması kuramsal olarak Teksas'ta bir tornadoyu tetikleyebilirdi. Crichton'un hayali eğlence parkında olduğu gibi, Lorenz de üzüntüyle isabetli, uzun vadeli hava durumu tahminleri elde etmenin imkansız olduğu sonucuna vardı, çünkü herhangi bir anda hava koşullarında hafif bir değişiklik olması herhangi bir tahmini çarpıcı biçimde değiştirebilirdi. Zaman onu haklı çıkardı. O önemli keşiften bu yana bilgisayar modellemeleri dramatik bir gelişim gösterdi ve hava tahminini büyük ölçüde sezgiye dayalı bir sanattan iyice bilenmiş bir bilime dönüştürdü. Fakat tahminciler hâlâ en fazla birkaç günden sonrası için ancak spekülasyonlarda bulunabiliyorlar.

Bu TV realite dizisi *Survivor* için de geçerlidir. Bu dizi kaotik bir insan ilişkileri sistemi olarak görülebilir – yalnızca izleyicinin kendi bağımlılığını haklı çıkarmak için bile olsa. Sunucu Jeff Probst bir keresinde bir sürü sezon geride kaldığı halde hâlâ başarılı bir oyun kazanma stratejisi için net bir kalıbın ortaya çıkamadığına dikkati çekmişti. Bunun sebebi kısmen insanların doğuştan tahmin edilemez olmalarıdır; oyunun seyri içinde ittifaklar yapılır ve bozulur ve oyuncular açıklanamaz şekilde son dakikada fikir değiştirebilirler. Organizatörler de arada bir oyuncularını diken üzerinde tutmak için zorluklar çıkarmaktan kendilerini alamazlar. Kısacası, oyunun seyri çabucak yön değiştirebilir –bu programın sürekli olarak rağbet görmesinin nedenlerinden biridir. Bütün bu değişkenleri 39 gün boyunca bir araya getirdiğinizde her oyunun başlangıcında kazananı isabetli olarak tahmin etme ihtimali neredeyse sıfır olur.

2004 yapımı paranormal gerilim filmi *Kelebek Etkisi*'nde, zorluklarla boğuşan kahraman zamanda geri gitme ve geçmişi değiştirme yeteneğine sahiptir. Yalnızca tek bir şeyi değiştirmenin –kız arkadaşının hayatını kurtarmanın- her şeyi değiştirdiğini ve bunun iyiye doğru bir değişim olmadığını fark eder. Bu bütün çağdaş pop kültüründe yankıları olan bir temadır. Tatillerde bol bol yayınlanan 1946 tarihli *It's a Wonderful Life*'ta ise George Bailey küçük bir kasabadaki dışarıdan sıradan bir adamın basit hayatının dostlarının ve komşularının hayatları üzerinde mu-

azzam bir etkisi olabildiğini fark eder. *Vampir Avcısı Buffy*'nin en sevilen bölümlerinden birinin konusu da şımarık lise prensesi Cordelia'nın uğursuz bir şekilde Buffy'nin hiç Sunnydale'e gelmemiş olmasını dilemesine odaklanır. Bu dilek kâbus gibi bir alternatif gerçeklik ortaya çıkarır. Bu gerçeklikte kasabaya vampirler hâkimdir, insanlar prangalara bağlanmış ve kafeslere kapatılmıştır ve Efendi adıyla bilinen güçlü bir vampir taze insan kanının seri üretimini verimli bir şekilde yapmak için bir "fabrika" kurmayı amaçlayan şeytani bir plan kurmuştur. Bunların hepsi eylem halindeki "kelebek etkisi"nin örnekleridir.

Elbette, bilim insanları uzun zamandır böyle davranışları (tamamen gerekirci olması gereken bir denklemler setinden kaynaklanan rastgele dalgalanmaları) gözlemliyorlardı, fakat bunları basitçe hesap hataları olarak göz ardı etmişlerdi. Lorenz bu düzensiz davranışın hatadan başka bir şey olduğunu anlayan ilk kişiydi; gördüğü altta yatan, rastgelelikten ileri gelen saklı bir düzendi.

Kaos kuramının matematiksel ürünü fraktal geometridir. Kaotik sistemler gibi fraktallar da ilk bakışta gelişigüzel görünebilir, fakat her biri tek bir geometrik desenin farklı büyütümlerde binlerce kere tekrar etmesinden ibarettir, tıpkı iç içe yerleştirilmiş matruşkalar gibi. Bir fraktal deseni kaotik etkinliğin arkasında bıraktığı şeydir; dinazorların hareketlerini takip edebilmemizi sağlayan fosilleşmiş dinazor izlerine benzediği söylenebilir. Eğer bir kasırga kaotik bir sistemse, geçtiği yerlerde ardında bıraktığı enkaz da onun fraktal desenidir.

Bazı fraktal desenleri yalnızca matematiksel kuramda mevcuttur, fakat diğerleri doğada rastlanan düzensiz fakat desenli şekiller için yararlı modeller sağlarlar, örneğin nehirlerin ve ağaçların dallanmaları buna örnektir. Matematikçiler fraktal boyutlarını 0'dan 3'e kadar uzanan bir dizi ölçekle derecelendirme eğilimindedirler. Tek boyutlu fraktalların (bölünmüş bir çizgi gibi) dereceleri tipik olarak 0,1 ile 0,9; iki boyutlu fraktallar (bir bulutun yerdeki gölgesi gibi) 1,1 ile 1,9; üç boyutlu fraktallar da (dağ gibi) 2,1 ile 2,9 arasındadır. Çoğu doğal cisim iki bo-

yutta çözümlendiğinde 1,2 ile 1,6 arasında bir boyut verir. Aslında önemli olan özel boyut değerleri değil, genel fikirdir: çimenli bir düzlük veya bir sahil şeridi daha az "işlek"tir ve dolaşısıyla mesela sık bir ağaçlık alana göre daha düşük fraktal boyuta sahiptir.

Yalnızca matematik ve bilim dünyalarıyla kısıtlı kalmakla yetinemeyen kaos ve fraktal geometrisi sanat dünyasına da adım attı. Florida Atlantic Üniversitesi'ndeki Karmaşık Sistemler Merkezi'nde bir araştırmacı olan Richard Voss, New York'taki Metropolitan Sanat Müzesi'nde bulunan çeşitli tarihi dönemlere ait eski Çin manzara tablolarını çözümledi. Her bir tablodaki fırça darbelerinin boyutunu tespit etti ve sanat tarihçilerinin üstün olarak gördükleri tabloların (daha eski manzaraların) tipik sahil şeritlerinininkiyle karşılaştırılabilecek boyutlara sahip olduklarını buldu: 1,25 ile 1,33.

Belki de fraktal desenlerin sanattaki en iyi örneği sıçratma ustası Jackson Pollock'un (namı diğer "Jack the Dripper" – Damlatan Jack) yapıtlarıdır. Fizikçi Richard Taylor birkaç yıl önce İngiltere'de maaşlı izinle sanat tarihi dalında yüksek lisans yaparken bilimsel araştırmalarında kullandığı çözümlemenin aynen Pollock'un yapıtlarına da uygulanabileceğini fark etti. Laboratuvarına geri döndüğünde Pollock'un 1943 ile 1952 arasında çizdiği 20 tualin yüksek çözünürlüklü fotoğraflarını çekti ve bunları bir bilgisayara taradı. Ardından görüntüleri küçük kutulardan oluşan elektronik bir örgüye böldü. Son olarak bilgisayarı kullanarak farklı konumlardaki ve her bir tablonun büyütülmüş hallerindeki 5 milyona yakın damlama desenini belirledi ve birbiriyle karşılaştırdı.

Sonuç: Bütün tablolarda çok açık fraktal desenleri tespit edildi. Bu bir rastlantıdan ibaret de değildi. Eski tablolardaki fraktal boyutları doğada bulunan boyutlarla yakın bir uyum içindeydi; örneğin 1948'e ait bir tablonun (hayal gücünden yoksun bir şekilde *14 Numara* ismi verilmişti) fraktal boyutu birçok sahil şeridinin boyutuna benziyordu, yani 1,45'ti. Sonraki tabloların desenleri giderek zenginleşiyor ve karmaşılaşıyor, fraktal boyut-

ları da yükseliyordu. Pollock'un son damlama tablolarından biri olan *Blue Poles* (Mavi Kutuplar) –şimdiki fiyatı 30 milyon doların üzerindedir- Taylor'un çözümledikleri arasında en yüksek fraktal boyutuna sahip: 1,72. Taylor Pollock'un kasten insan gözünün estetik olarak memnun edici bulma sınırlarını test ettiğini düşünüyor.

Edebiyatta akademisyenler Wallace Stevens ve Gerard Manley Hopkins'in şiirlerindeki, ayrıca İncil'deki ve *Moby-Dick*'teki fraktal tekrarları çözümlediler. Müzik üzerindeki etki daha da büyüktür. Voss IBM'de birçok kişi tarafından "fraktalların babası" olarak görülen Beoit Mandelbrot'un altonda doktora sonrası araştırmayla müzikte fraktal tekrar fikrine öncülük etti. "Fraktal müzik" terimi özel olarak tamamen veya veya kısmen fraktal görüntüleri oluşturmak için kullanılan geri bildirim süreçlerinin aynıları kullanılarak bestelenen müziklere denir, fakat Debussy ve Mozart gibi bazı klasik müzik bestecilerinin de matematik tabanlı besteleme tekniklerini kullandıkları bilinir.

Londralı bilgisayar programcısı Phil Thompson 1997'de BBC 4 bilgisayarda ürettiği fraktal müziklerinden birini çaldığında dinleyicilerden son derece olumlu tepkiler almış ve sansasyon yaratmıştı. ("Cehennemde bir Mevsim" adındaki şarkı bir gün sanat, müzik, bilim ve dinin bir gün birleşeceğine inanan Fransız şair Arthur Rimbaud'un yapıtlarını temel alıyordu.) Thompson fraktal müzik üretmek için Gingerbread adı verilen bir bilgisayar programı tasarladı ve *Organized Chaos* adında çok övgü toplayan bir CD çıkarıp bilgisayarda üretilmiş fraktal müzik bestecilerinin çoğalmasına (iyi de olsa, kötü de olsa) önayak oldu. Gingerbread gibi programlar müzik bestelemeyi Thompson gibi bir müzik aleti çalamayan insanlar için bile erişilebilir hale getirdiler. Kullanıcılar bunun yerine bir fraktal görüntünün özel bir parçasının üzerine tıklıyorlar ve program bunun altında yatan matematik formülünü bir dizi üzerindeki notalara çeviriyor.

Bu insana şüphe çekici bir biçimde katı bir matematik yapıya göre yazılan ısmarlama müzik gibi gelse de, Thompson yaratısını kendinden emin bir biçimde savundu ve ısrarla kaos dinamiği-

nin yapısının sürecin en az insan yaratıcılığı kadar esnek ve akıcı olmasını temin ettiğini söyledi. Sayısal çıktıları müzik parametreleri halinde haritalandırmanın çok fazla, belki de sonsuz sayıda yolu olduğu için belirli bir haritalandırmayı seçmenin ortaya çıkan beste üzerinde belirgin bir etkisi vardır. Aslında parçanın tam olarak nasıl olacağını önceden kestirmek imkansızdır.

Fraktal desenler neden bu kadar yaygındır? İnsanların yapısı bu şekilde olabilir. Algısal psikoloji alanındaki çalışmalar insanların açıkça doğada bulunanlara benzer fraktal boyutları tercih ettiklerini gösteriyor; Nature dergisinde Mart 2000'de yayımlanan bir çalışmadaki denekler kabaca yüz seferden 80'inde 1,3 ile 1,5 arasındaki fraktal boyutları tercih etti. Aynı yakınlık başka ortamlarda da hüküm sürüyormuş gibi görünüyor. Başka çalışmalar da insanların ne bir televizyon kanalındaki test çizgileri gibi çok düzenli, ne de karlı bir görüntü gibi çok rastgele olan görüntüleri tercih ettiğini ortaya çıkardı. Örneğin bir Beethoven konçertosundaki gibi yinelenen bir temanın ince varyasyonlarını tekrarlanan gamların tekdüzeliğine veya birinin bir klavyeye vurmasının yarattığı kakofoniye tercih ediyorlar. Aslında sanatçılar, mimarlar, yazarlar ve müzisyenler içgüdüsel olarak doğada rastlanan fraktal desenlerini taklit etmeleri sayesinde hedef kitlelerine cazip geliyor olabilirler. Washington Devlet Üniversitesi'nde çevre bilimleri yardımcı profesörü olan, bu çalışmaların bazılarında başkalarıyla birlikte çalışmış James Wise'a göre bu tercihlerin kökeni en eski atalarımıza dayanıyor olabilir. Örneğin Afrika'nın ovalarında muhtemelen çimenlerin rüzgar yüzünden mi, yoksa azametle yürüyen bir aslan yüzünden mi kabardığını ortamlarındaki fraktal boyutlardaki değişimlere ayarlanarak anlayabiliyorlardı. Fakat ilk insanlar yüksek fraktal boyutları olan yerlerde –yoğun dalanma görülen bir yağmur ormanı gibi- daha savunmasız, dolaşısıyla da daha tedirgin oluyorlardı. Wise belki de daha düşük boyutlu fraktal desenlerinden hoşlanmamızın asıl sebebinin güzellik değil örtülü hayatta kalma içgüdüğü olduğu kuramını ileri sürüyor.

İnsanlık tarihi boyunca sayısız sanatçı –bilinçli veya bilinçsiz olarak- yapıtlarında doğanın fraktal özelliklerini yakalamaya çalıştı, ama Taylor yine de Pollock’un eşsiz olduğunu iddia ediyor. Damlatmalı tabloları yalnızca boyut olarak fraktal olmakla kalmıyor, Hans Namuth’un 1950’de çektiği, sanatçının çalışırkenki halini gösteren film üzerinde yapılmış bir çözümleme de Pollock’un fraktal desenler elde etmek için tuvallerinin çevresinde kaotik hareketlerle hareket ettiğini gösteriyor. Tuvalin etrafında daireler çiziyor, hem gelişigüzel, hem de mükemmel bir şekilde kontrollü görünen hareketlerle boya damlatıyor ve sıçratıyordu. Yani sadece doğada gördüğünü taklit ediyor değildi; kendi özel mekanizmasını benimsemişti: kaos dinamiği.

Taylor bütün bunların Pollock’un tablolarının onlara biçilen milyonlarca dolarlık fiyatları hak ettiğini düşündürdüğünü söylüyor. “Biri ‘Doğayı bir tuval parçasının üzerine geçirebilir miyim?’ diye sorsaydı, bunun gelmiş geçmiş en iyi örneği 1948’de yapılmış olan *14 Numara* olurdu.”

Kamikaze Evren

*Temmuz 1963: Kozmik Mikrodalga
Arka Plan Işımasının Keşfi*

Dış uzaydan gelen devasa bir katil amip sokaktaki ortalama adamın karşılaşma ihtimali olan bir şey değildir, fakat *Uzay Yolu*'ndaki Kaptan James Kirk için bu yalnızca yeni bir çalışma günüdür. Popüler Televizyon dizisi *Uzay Yolu*'nun klasik bir bölümünde *Atılgan* gemisi tam da böyle bir yaratığın içine emilir. Yaratık uzayda rastgele dolanırken karşısına çıkan molozlarla ve diğer nesnelerle beslenmektedir. Kirk ve Scotty yaratığı geminin motorundan çekilmiş anti-maddeyle doldurulmuş manyetik bir şişeyle öldürmek için zeki bir plan kurarlar. Derme çatma bombalarını amibin çekirdeğinin içine doğru ateşlerler ve yaratığı yok ederek *Atılgan*'ı serbest bırakırlar.

Dizinin fanatik hayranları kuşkusuz *Atılgan*'ın o ünlü warp hızına çıkmasına yetecek kadar itki sağlayan eşsiz yakıt kaynağını yakından tanıyorlardır. Faka diğer insanlar madde-anti mad-

de itkisi fikrinin bir bilimkurgu malzemesinden ibaret olmadığının farkında olmayabilirler. Dizinin yaratıcısı Gene Roddenberry dizinin birçok teknik yönü gibi, *Atılğan*'ın itki sistemi için de kabul edilmiş bilimsel gerçeklerden yararlandı.

Bu antimadde denilen gizemli madde nedir? İsmi imanın ima ettiği gibi, antimadde sıradan maddenin tam tersidir, yani sıradan parçacıklar yerine antiparçacıklardan oluşur. Antiparçacıkları düzenli parçacıkların aynadaki yansımaları olarak düşünebilirsiniz. Kütleleri düzenli karşılıklarınıninkisiyle aynıdır. Fakat nasıl aynaya bakmak sola sağ ters çevirirse, antiparçacıkların da elektrik yükleri ters çevrilmiştir. Dolayısıyla bir antielektron negatif yerine pozitif yüke, antiproton da negatif yerine pozitif yüke sahiptir. Antimadde maddeyle karşılaştığında sonuç bir patlama olur. Bu süreçte her iki parçacık da ortadan kalkar ve toplam kütleleri saf enerjiye, yani ışık hızıyla dışarıya yayılan elektromanyetik ışıma çevrilir. *Uzay Yolu III: Spock'u Arayışta* bu etki ustaca tasvir edilir. Kirk gemisini Klingonlara teslim ettikten sonra onu kendisi kundaklar. Geminin bilgisayarını maddeyle antimaddeyi ayırım gözetmeden birbirine karıştıracak şekilde programlar, müthiş bir patlamaya neden olur ve *Atılğan*'ı yok eder.

Bildiğimiz kadarıyla antimadde evrende doğal olarak bulunmuyor. Fakat bilim insanları büyük patlamadan on milyarda bir saniye sonra, gözlemlenebilir evrenin büyüklüğü ortalama bir oturma odası kadarken bol miktarda antimadde bulunduğuna inanıyorlar. Doğum halindeki evren inanılmaz kadar sıcak –on milyarlarca derece- ve sonsuz derecede yoğundu, bu yüzden enerji ve kütle neredeyse birbirinin yerine geçebiliyordu. Bu son derece şiddet dolu bir evrendi – adeta bir atomaltı parçacıklar kargaşasıydı. Sürekli olarak yeni parçacıklar ve antiparçacıklar ortaya çıkıyor ve kamikaze gibi kendilerini en yakındaki ters yüklere doğru fırlatıyor, böylece de hem maddeyi, hem de antimaddeyi yok edip tekrar enerjiye dönüştürüyorlardı. Bu büyük bir kozmik zayıflık savaşıydı ve madde galip çıktı.

Böyle bir savaşta eğer her iki tarafın da hep eşit sayıda as-

keri varsa hiçbirisi asla zaferini ilan edemez. Fakat bilim insanlarının bir türlü anlayamadığı sebeplerden ötürü, o ilk saniyenin küçük parçası kadar süre içinde bir noktada küçük bir madde fazlalığı ortaya çıktı. O ufacık dengesizlik bile yaklaşık 1 saniye içinde evrendeki antimaddenin tamamının kökünün kazanmasına yetti. Evren genişlerken sıcaklık hızla azalmaya başladı, sonunda "ordular"ı tazeleyecek yeni çiftlerin yaratılmasına izin vermeyecek kadar düştü. Bu süreçten geriye sadece az sayıda "artık" madde parçacığı kaldı – diğer her şey yok olmuş ve kütlesi de ışınım şeklinde yayımlanmıştı. İşte bu kırıntılar yıldızları, gezegenleri, göktaşlarını ve evrendeki bütün diğer gözlemlenebilir nesneleri oluşturdular.

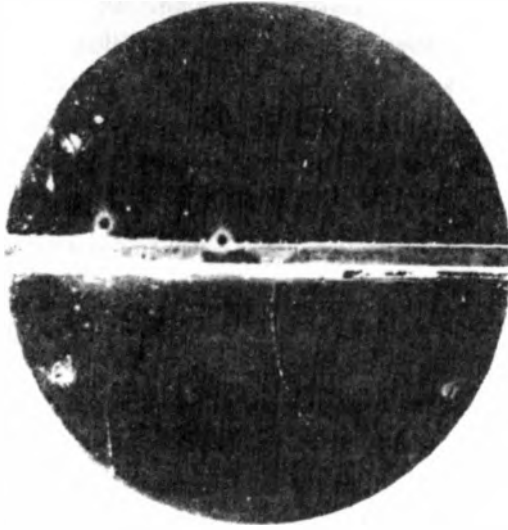
Bu çılgınca fikri kim uydurdu? Bir kere daha Albert Einstein'a teşekkür borçluyuz. Hatırlayın, $E = mc^2$ formülüne göre eğer bir cisim belirli bir miktarda enerji yayımlarsa o cismin kütlesi de aynı miktarda azalmalıdır. Einstein bu formülü ilk hesapladığında, bilim insanları bir parçacığın enerjisinin her zaman pozitif bir sayı olması gerektiğini varsaydılar. Bu fikir 1928'de değişti: İngiliz fizikçi Paul Dirac parçacıkların da, antiparçacıkların da var olabileceği, aynı kütleye sahip her bir parçacığın birbirinin karşılığı olacağı, fakat elektrik yüklerinin ters olacağı tahmininde bulundu. Aslında Dirac tamamen antimaddeden oluşan yepyeni bir evrenin var olduğunu ileri sürmüştü. Çok geçmeden antiparçacıkların varlığını kanıtlamak için deneysel bir yol bulmayı amaçlayan bir yarış başladı. Bu yarıştan CalTech'te kozmik ışınların yapısı üzerine doktora sonrası araştırması yapan Carl Anderson adında genç bir adam galip çıkacaktı.

Kozmik ışınlar yüksek enerjiye sahip, uzayda ışık hızına yakın hızlarda hareket eden atomaltı parçacıklardır. Bunların birçoğu güneşte ortaya çıkar, fakat diğerleri güneş sistemimizin dışındaki nesnelerden gelirler. Bu ışınlar Dünya'nın atmosferine çarptıklarında parçalanarak başka parçacıklardan oluşan yağmurlara dönüşürler. Anderson bu ikincil parçacık yağmurlarının ne olduklarını belirleme umuduyla bir bulut odacığı kullanarak onları tespit etti. Bulut odacığı her iki ucunda cam levhalar bulu-

nan kısa bir silindirdir. Silindir tıpkı bulutlar Dünya'nın yüzeyinden buharlaşmış neme doyduklarında olduğu gibi su buharına doymuş bir gazla doldurulur. Kozmik ışıklardan gelen yüklü bir parçacık odacığının içinden her geçtiğinde film üzerinde yakalanabilen su damlacıkları halinde bir iz bırakır. Damlacıkların yoğunluğu bilim insanlarına ne kadar yükün elde edildiğini ve bu yükün pozitif mi, yoksa negatif mi olduğunu söyler. Bu da odacığının içinden geçeninin ne tür bir parçacık olduğuna karar verebilmelerini sağlar.

Anderson'un fotoğrafları herkesi şaşkınlığa uğrattı: Kozmik ışıklar açıkça hem pozitif, hem de negatif yüklü parçacıklar içeren yağmurlar ortaya çıkarıyorlardı. İlk başta Anderson bunların elektronlar ve protonlar olduğunu düşündü, fakat hepsi aynı damlacık yoğunluğuna sahipti – halbuki bir protonun yoğunluğu elektronunkinden daha fazla olmalıydı. Sonra pozitif yüklü parçacıkların ters yönde hareket eden elektronlar olduğu sanısına kapıldı. Bu yüzden odacığının içine kurşun bir levha yerleştirdi. Levhanın içinden geçen parçacıklar diğer taraftan başlangıçtakine göre daha düşük enerjiye sahip bir halde çıkacaklardı, böylece Anderson hareket hızını belirleyebilecekti. Ağustos 1932'de Anderson bulut odacığının içindeki kurşun levhanın içinden geçen pozitif yüklü bir parçacığa ait tarihi bir fotoğraf çekti. Bu ne bir proton, ne de geriye doğru hareket eden bir elektrondur: Yeni bir şeydi. Diğer bilim insanlarının başlardaki şüphecî tavrına rağmen, ulaştığı sonuç sonraki yıl doğrulandı. Bu keşfiyle 1936'da henüz 31 yaşında fizik dalında Nobel Ödülü kazandı – bu şerefeye layık görülen en genç insanlardan biriydi.

Anderson'un antiparçacığına pozitron ismi verildi. 20 yıldan uzun bir süre sonra, Berkeley'deki California Üniversitesi'ndeki bilim insanları ilk antiprotonları ürettiler: Pozitron özünde negatif yerine pozitif yük taşıyan bir antielektronken, antiprotonlarda her zamanki pozitif yük yerine negatif yük vardır. 1995'te CERN'deki araştırmacılar düşük enerjili antiproton halkası (low energy antiproton ring - LEAR) adında bir makine kullanarak antiprotonları hızlandırmak yerine yavaşlattılar. Böyle yaparak



Anderson'un pozitron fotoğrafı

pozitronlarla antiprotonları bir araya getirmeyi ve dokuz tane hidrojen antiatomu meydana getirmeyi başardılar, fakat bunlar yalnızca 40 nano saniye boyunca yapılarını koruyabildiler. Üç yıl içinde saatte 2000 antihidrojen atomu meydana getirmeyi başardılar, ama eğer birileri heyecanla yıldızlar arası bir yolculuğa çıkmayı planlıyordusa bile bunlar Atılğan gibi bir uzay gemisini itmek için yeterli olmaktan çok uzaktı.

Yine de antimaddeli itki sistemleri tamamen bilimkurgunun alanı içinde değildir. 1980'lerde "Star Wars" stratejik savunma girişimi roket yakıtı olarak antimaddeyi kullanmayı öneren bazı projeler içeriyordu ve Ekim 2000 gibi yakın bir zamanda NASA'daki bilim insanları gelecekteki Mars görevlerinde kullanılacak bir antimadde motoru için ilk tasarımları yaptıklarını duyurdular. Antimadde ideal bir roket yakıtıdır, çünkü madde-antimadde parçacıklarındaki kütlenin tamamı enerjiye dönüşür. Madde-antimadde tepkimeleri uzay mekiğinde yakıt olarak kullanılan hidrojen-oksijen yanması gibi geleneksel kimyasal tepkimelerde üretilenin 10 milyon katı enerji üretirler. Bir nükleer santralde elde edilen veya veya Hiroshima ve Nagasaki'ye atılan

bombalarla açığa çıkan nükleer parçalanmadan 1000 kat, nükleer kaynaşmayla ortaya çıkan enerjiden de 300 kat güçlüdürler.

Eğer toplu halde üretilmesi bu kadar zor ve pahalı olmasaydı, antimadde insan türünün bildiği en verimli yakıt olurdu. Fakat antimadde üretmenin tek yolu parçacık hızlandırıcıları (yaygın isimleriyle atom çarpıcıları) kullanmaktır. Bunlar güçlü mıknatıslarla kaplanmış çok büyük dairesel tünellerdir. Bu mıknatıslar atomları tünelin içinde sürekli iterek ışık hızına yakın hızlara çıkarırlar. Ardından bu atomlar bir hedefe çarparak bir parçacık yağmuru meydana getirirler. Bunların bir kısmı manyetik alanın diğerlerinden ayırdığı antiparçacıklardır. En güçlü atom çarpıcıları bile her yıl eser miktarda antiproton üretirler – ancak gramın trilyonda biri kadar ki bu 100 watt'lık bir ampülü sadece 3 saniye yakmaya yeter. En yakın yıldızlara yapılacak bir yolculuk için bile tonlarca antimadde gerekecektir.

Yeterli bir antimadde kaynağı bulunsa bile güvenli bir depolama yolu geliştirilmesi gerekecektir. Uzay gemisi daha fazla güce ihtiyaç duyuncaya kadar antimaddenin maddeden ayrı tutulması gerekir; yoksa bu ikisi birbirini kontrol edilemez biçimde yok edecek, bu enerjiyi kullanmanın hiçbir yolu olmayacak ve ortaya çıkan patlama muhtemelen uzay gemisini ortadan kaldıracaktır. *Uzay Yolu*'nun bir başka bölümünün konusu da buydu: *Atılğan*'ın manyetik idare sistemi kundaklanır. Sorun *Uzay Yolu III* filminde olduğu gibi maddeyle antimadde birleşerek hem gemiyi, hem de mürettebatı yok edecek çok büyük bir enerji patlamasına neden olmadan sadece birkaç saniye önce fark edilir.

Astronomlar hâlâ maddeyle antimadde arasındaki o büyük kozmik savaşın yankılarını bütün bu yok oluşların ortaya çıkardığı ışıınımda gözlemleyebiliyorlar: Bu yankı, 1960'ta fizikçilerin tamamen kaza eseri keşfettikleri kozmik mikrodalga arka plan ışımasıdır. O sıralar evrenin başlangıcı hakkında iki hâkim kuram vardı. Daha yaygın olanı evrenin hiç değişmediğini ve sonuza kadar da böyle kalacağını savunan sabit durum kuramıydı. Büyük patlama kuramı daha tartışmalıydı. Astronom Edwin Hubble'ın 1929'da yaptığı, galaksilerin birbirinden uzaklaştığı

keşfini işin içine dâhil etmeye çalışıyordu. Birkaç fizikçi geçmişte galaksiler arasındaki mesafenin daha az olması gerektiğini ileri sürmüşlerdi. Evren bir zamanlar sonsuz derecede yoğun ve maddenin tamamı muazzam bir patlamayla ortaya çıkmıştı: “büyük patlama” terimi de buradan gelir. Fakat bir tıkanma noktası vardı: Eğer kuram doğruysa, maddeyle antimadde arasındaki bütün o kamikaze çarpışmaların kalıntısı olan kozmik bir ışıllık olmalıydı. Çarpışmalar ışınlam biçiminde çok büyük miktarlarda enerji üretmişlerdi ve evren soğuyup madde-antimadde çarpışmaları son bulduğunda da geriye ışınlam kalmıştı. Bu arka plan ışıması genişleyen evrenle beraber soğudu ve sonunda 2,73 kelvinlik değişmez bir sıcaklığa erişti.

1960’ta Bell Laboratuvarları’nda çalışan Arno Penzias ve Robert Wilson adındaki iki mühendis New Jersey’in Holmdel kentinde Bell’in yıllar önce geliştirdiği, artık kullanılmayan bir uydu iletim sisteminin bir parçası olan 6 metrelik boynuz şeklinde bir anteni ele geçirdiler. Onu Samanyolu ve diğer galaksilerden gelen radyo sinyallerini güçlendirip ölçmeye yarayan bir radyo teleskopu olarak kullanmak istiyorlardı. Bunu yapmak için alıcılarından gelen bütün girişimi ortadan kaldırmaları gerekiyordu. Bu hem radyo ve radar yayınlarını, hem de alıcının kendi gürültüsünü kapsıyordu. Fakat bilinen her türlü girişim ortadan kaldırıldıktan sonra bile, Penzias ve Wilson arka planda sinir bozucu, statige benzeyen bir tıslama sesi duymaya devam ettiler. Bu gürültü milrodalga frekansı aralığına düşen değişmez bir sinyal-di ve en tuhafı da aynı anda bütün yönlerden birden geliyor gibi görünüyordu.

İki bilim insanı fazlalık radyasyonun gelebileceği bütün kaynakları kontrol ettiler. Sinyal şehirden gelen bir girişim, ne de Samanyolu galaksisinden veya başka bir göksel radyo kaynağından gelen ışınlımdı. Ardından soruna antene tünemiş güvercinlerin bıraktığı pisliklerin neden olabileceğine karar verdiler. Bu yüzden kuşları kovmak için bir güvercin tuzağı geliştirdiler ve saatlerce uğraşarak mekanizmadan güvercin dışkılarını temizlediler. Ama tuhaf tıslama hâlâ devam ediyordu. Çaresizlik

içinde yakındaki Princeton Üniversitesi'ndeki bir meslektaşları olan, eğer büyük patlama kuramı doğruysa düşük düzeyli arka plan ışımasının var olacağı tahminini ilk yapan kişi Robert Dicke'e danıştılar.

Dicke sinyalin potansiyel önemini anında fark etti ve araştırmak üzere aceleyle Bell Labs'e gitti. Gizemli sinyalin gerçekten de kozmik mikrodalga arka plan ışıması olduğunu doğruladı ve boyun eğmiş bir halde Princeton'daki meslektaşlarına, "Yenildik," dedi. Penzias ve Wilson 1978'de bu kaza eseri yaptıkları buluş karşılığında fizik dalında Nobel Ödülü aldılar; bir meslektaşların ikilinin "çoğumuzun yaşadıklarının tam tersine dışkı ararken altın bulduğu"nu söyleyerek dalga geçti. Devasa radyo anteni şu anda ulusal bir uğrak noktasıdır. O alçakgönüllü güvercin kapını bile gelecek nesiller için bir yerde sergileniyor: Smithsonian Enstitüsü'nün Washington, D.C.'deki Ulusal Hava ve Uzay Müzesi'ndeki kalıcı bir serginin bir parçasıdır.

Şimdiye kadarki bütün kanıtlar evrenin gerçekten de bir patlamayla başladığına ve muhtemelen maddeyle antimadde arasındaki o kamikaze çarpışmaların bugün evrende bulunan büyük kozmik yapıları (ve ayrıca mikrodalga ışıınının arka plan tıslamasını) ortaya çıkardığına işaret ediyor. Kim bilir? Belki de bilim insanları bir gün madde-antimadde itkisi için pratik bir yöntem geliştirirler ve gelecekteki bir astronotlar neslinin şimdiye kadar yalnızca hayali *Atılgan* gemisinin cesaret edebildiği yerlere cesurca gidebilmesine olanak sağlarlar.

Parçacıklar Çarpıştığında

Nisan 1994: Üst kuvarkın keşfi

Birçok gelin adayı müstakbel eşinin anne ve babasını kendi anne babasıyla tanıştıracacağı günü düşünerek endişelenmiştir. Bu beklenmedik bir başarıya ulaşan 2001 yapımı *Kalbinin Sesini Dinle* filminin yuvarlak hatlı kadın kahramanı Toula Portokalos için özellikle göz korkutucu bir iştir. Toula Yunan ailesinin göze çarpan acayipliklerinden içten içe hep irkilmiştir. İzci kampı yerine Yunanca okuluna gitmek zorunda kalmıştır ve okulundaki öğle yemeklerinde fıstık ezmesi ve reçelli sandviç yerine musakka (sınıf arkadaşları tarafından alaycılıkla “moose ca-ca” –geyik kakası- şeklinde telaffuz edilir) yemiştir. Mahallede Parthenon’u andıran beyaz sütunlara sahip ve garaj kapısının üzerine bir Yunanistan bayrağı çizilmiş tek evde büyümüştür. Gururlu bir yurtsever olan babası da sürekli olarak Yunan kültürünün üstünlüğüne dair örnekler vererek dostlarını ve komşularını eğlendirmektedir. Babası istemediği halde bir

lisede öğretmen olan Ian Miller ile nişanlanan Toula sakın, sade bir akşam yemeğiyle çiftin anne babalarını birbirleriyle tanıştırmayı ummaktadır. Fakat ketum, tipik beyaz Anglo Sakson Protestan ailesi görünümündeki Miller'lar (ellerinde geleneksel bir Bundt pastası ile) çıkageldiklerinde bütün büyük Portakalis aşiretini ön bahçede toplanmış domuz çevirme yapar halde karşılarında bulurlar. Miller'lar bu kadar büyük, gürültücü, tuhaf sesli isimlere ve daha da tuhaf adetlere sahip bir akraba grubuyla karşılaştıkları için anlaşılır şekilde serseme dönmüşlerdir.

Miller'ların yaşadığı kafa karışıklığı fizikçi olmayan çoğu insanın büyük, düzensiz temel parçacık "ailesi" ile ilk karşılaştığında yaşadığı şaşkınlığa benzer. Atomaltı parçacıklar da bir tür kültür çatışması sonucu ortaya çıkarlar: Atomların parçacık hızlandırıcısı veya atom çarpıcı adıyla bilinen devasa makinelerin içinde birbiriyle çarpışmasıyla. Atom çarpıcılar parçacık ışınlarını ışık hızına çok yakın hızlara kadar hızlandıran, sonra da hedef atomlara çarptıran uzun yer altı tünelleridir. Televizyonun içindeki katot ışını tüpü minyatür bir atom çarpıcıdır. Katot vakum tüpünün içine doğru elektronlar yayımlar ve elektronlar burada hızlanarak TV ekranının üzerini kaplayan fosfor moleküllerine çarpar ve parlamalarına sebep olurlar. Sonuçta ekranda bir nokta aydınlanır. Parçacık hızlandırıcıları da çok benzer bir şekilde çalışırlar. Parçacıkların çoğu birbirlerini yalnızca sıyrır, fakat arada sırada iki parçacık kafa kafaya çarpışır ve daha küçük atom altı parçacıklardan oluşan bir yağmur ortaya çıkarır.

Atomları çarpıştırma fikri bir atom bombasının patlayıcı gücünü akla getirir. Gerçekte, parçacıklar birbirleriyle çarpıştıklarında yalnızca küçük bir miktarda enerji açığa çıkarırlar – bu bir sineği itmeye ancak yeter. Fakat bir parçacık hızlandırıcısının sınırları içinde, bu çarpışmalar atomların çekirdeklerinin parçalarını en temel kısımlarına ayırıştırarak kadar kuvvetli olur. 32. Bölümde büyük çarpışmadan hemen sonra maddeyle antimadde arasındaki çarpışmaların nasıl evrendeki farklı türdeki parçacıkların hepsini meydana getirdiğini görmüştük. Atom çarpıcılar o istikrarsız ortamı çok daha küçük ve kontrollü bir ölçek-

te tekrar yaratırlar. Fizikçiler parçacık hızlandırıcılarında küçük ateş topları oluşturarak büyük patlamadan sadece bir saniyenin küçük bir oranı kadar süre sonra yaşanan koşulları taklit edebilirler.

Atomları çarpıştırmak bilim insanlarının evrenin temel yapı taşlarını ve maddenin nasıl evrim geçirdiğini açıklayan “standart model”in kuramsal tahminlerini test etmek için buldukları en iyi yöntemdir. Bu yapı taşları iki temel aileye ayrılabilir: fermiyonlar ve bozonlar. Fermiyonlar evrendeki maddenin tamamını oluştururlar ve leptonlar ve kuvarklar bu gruba dâhildir. Leptonlar elektron ve nötron gibi atom çekirdeğini bir arada tutmakla ilgisi olmayan parçacıklardır. İşleri zayıf çekirdek kuvvetini kullanarak maddenin nükleer bozunma vasıtasıyla başka parçacıklara ve kimyasal elementlere dönüşmesine yardımcı olmaktır. Kuvarklar kuvvetli çekirdek kuvveti vasıtasıyla çekirdeğin bir arada kalmasına yardımcı olurlar. Kuvark terimini Fizikçi Murray Gell-Mann’ın ortaya attığına inanılır. James Joyce’un *Finnegans Wake* kitabındaki şu mısradan gelir: “Mark Efendi’ye üç kuvark.”

Tıpkı aşkın, sadakatin ve cömert uzo kadehlerinin Toula’nın ailesini sıkı bir sosyal birim halinde bir arada tutması gibi, bozonlar da diğer parçacıkları bir arada tutan bağlardır. Bozonlar bir parçacıktan diğerine geçerek kuvvetleri ortaya çıkarırlar. Bir güç temelde bir “itme” veya “çekme”dir. Diyelim ki Ian ve Toula patenler takmış top yakalamaca oynuyor olsunlar. Her etki için eşit ve ters yönlü bir tepki olur. Yani eğer Toula topu atar, Ian da onu tutarsa bu değiş tokuştan kaynaklanan kuvvet ile ikisi ters yönlerde itileceklerdir. İşte bozonlar da böyle işlerler. Top bir bozondur –iki farklı parçacığı temsil eden Ian ile Toula arasındaki kuvvetin taşıyıcısı- ve geri tepme de kuvvetin kendisidir. Ortaya çıkan gücün etkilerini görebiliriz, ama onu meydana getiren değiş tokuşu göremeyiz. Güçle ilgili dört “ölçü bozon” vardır. Gluon güçlü çekirdek kuvvetiyle ilişkilidir. Bir atomun çekirdeğini “yapışık halde” tutar. Foton ışığı meydana getiren elektromanyetik gücü taşır. W ve Z bozonları zayıf çekirdek

kuvvetini taşır ve farklı tiplerde nükleer bozunumları meydana getirirler. Bilim insanları henüz yerçekimini standart modele dâhil edemedi, bu yüzden diğer bakımlardan zarif bir simetriye sahip olan bu sistemde koca, nahoş bir boşluk vardır.

Bunlar yalnızca ana oyuncular, yani atomaltı hayvanat bahçesindeki en temel zerrelere. Bu iki temel ailenin içinde bir sürü yardımcı oyuncu da bulunur: metaforik teyzeler, amcalar, kız yeğenler, erkek yeğenler, kuzenler, hatta ikinci kuzenler. Örneğin, kuvarklar birleştiklerinde, hadronları (protonları, nötronları ve pionları) ve baryonları oluştururlar. Mezonları (kuvark-antikuvark çiftlerini) ve bütün farklı antimadde türlerini de eklediğinizde fizikçilerin şu ana kadar doğruladığı bütün atom altı parçacıkların sayısı 57'ye yükselir. Bunu biraz aşırı bulmayacak tek aile Portokalos'lardır.

İşler hep bu kadar karmaşık değildi. "Atom", "bölünemez" anlamına gelir; on dokuzuncu yüzyılda atomun maddenin en küçük birimi olduğuna inanılırdı. Yirminci yüzyılda fizikçilerin atomların daha da küçük parçacıklardan, proton, nötron ve elektronlardan oluştuğunu fark etmesi şaşkınlığa yol açtı. 1930'larda kozmik ışınların -dış uzaydan gelen hızlı hareket eden protonların-kurşun atomlarıyla çarpıştıktlarında küçük parçacık serpintileri ortaya çıkardıkları keşfedildi. Belli ki atom çekirdeği proton ve nötronlara göre çok daha küçük parçacıklardan oluşuyordu. Şu anda kuvarkların en küçük parçacık olduğuna inanılıyor.

İlk başlarda hızlı hareket eden parçacıkları çarpıştırmanın tek yolu kozmik ışınların daha bol bulunduğu dağ zirvelerinde deneyler yapmaktı. İlk olarak 1920'lerde icat edilen atom çarpıcılar 1950'lerde nihayet fizikçilerin deneylerini yer seviyesinde yapabilmelerini sağlayacak kadar güçlendi. Bundan sonra, yeni parçacıklar büyük bir hızla keşfedilmeye başladı. 1985'e gelindiğinde, standart modelin tahmin ettiği bütün atom altı parçacıklar bulunmuştu, bir tanesi hariç: üst kuvark.

Üst kuvark diğer kuvarklardan daha ağır (altın atomu ağırlığında) olduğu için bulunması özellikle zordu. Gerekli yüksek enerjileri elde etmek için parçacıkların çok daha yüksek hızlarda

çarpıştırılması gerekiyordu. Ayrıca üst kuvarik saniyenin milyarda birkaçı kadar ömrüyle en istikrarsız kuvariktir. Parçacık fizikçileri üst kuvarikin tespit edilmesi için umutlarını Illinois'teki Fermi Ulusal Laboratuvarı'nda bulunan (Fermilab) Tevatron adında bir atom çarpıcıya bağlamışlardı. Bu dev bir tesistir: Tevatron'un dairesel hattı 6,5 kilometre uzunluğundadır. Ayrıca uluslar arası bir ekip tarafından çalıştırılan bir hızlandırıcıdır. Orada sürekli olarak dünyanın dört bir yanından gelen 2000'den fazla fizikçi deneyler yürütür. Bunların kabaca 900'ü üst kuvariki bulmaya adanmış iki önemli ortak çalışmanın üyesiydi.

Bütün hızlandırıcı deneylerinin nihai hedefi atomu oluşturanların ne çeşit parçacıklar olduğunu ve onu hangi kuvvetlerin bir arada tuttuğunu öğrenmektir. Toula'nın babasının ailenin televizyonunu çatıdan yere atarak parçaladığını, sonra da yerdeki bütün parçaları inceleyerek nasıl işlediğini anlamaya çalıştığını düşünün. İşte parçacık fizikçilerinin yaptığı da budur. Neyse ki parçacıkların kendileri atomun içindekileri "görmemize" yardımcı olabilir. Örneğin, nasıl ağzı sıkı Miller ailesi taşkın Portokalos aşiretiyle karşılaştırılan bir örnek görevi görüyorsa, leptonlar da kuvarıkları yoklamak için kullanılabilir, çünkü güçlü çekirdek kuvvetiyle doğrudan etkileşime girmezler. Bir atomun çekirdeğiyle kafa kafaya çarpıştıklarında geriye seker ve saçılırlar. Fizikçiler bu saçılmanın kalıplarını inceleyerek çekirdeğin içindekileri anlayabilirler.

Fizikçiler bu çarpışmalardan açığa çıkan parçacıkları arkalarında bıraktığı elektronik imzalar vasıtasıyla tanıyabilirler. Bu "imzalar" çekirdek bozunum kalıplarıdır. Kuvarıklar yalnızca saniyenin küçük bir kesiri kadar bir süre var olduktan sonra başka ikincil parçacıklara bozunurlar. Her bir kuvarikin bozunmasının birçok farklı yolu olduğu için, birçok mümkün imza vardır ve çarpışma anında hangi parçacıkların var olduğunu kestirmek için bunların her biri dikkatle incelenmelidir. Bozunum kalıpları aile ağacında dallanan nesiller gibidir ve en az onlar kadar da karmaşıktır. Bütün farklı kalıpları göz önünde tutmak Portokalos akrabalarının karmaşıklığını akılda tutmak kadar zordur.

Aslında fizikçiler bütün imzaları çözmek için Berkeley'deki Parçacık Veri Grubu adı verilen bazı fizikçilerin derlediği yararlı bir "kopya kâğıdı" kullanırlar. Bunlar parçacıkların varlığı ve özellikleri hakkında şu an bilinen her şeyi bir araya getirirler. Bu düğün konuklarının Toulâ'nın konuk defterine aceleyle karaladıkları imzalardan anlam çıkarmaya çalışmak gibidir. Büyük aile etkinliklerinde her zaman boy gösteren o konuşkan teyzeler, suskun dayılar ve birbiriyle dalaşan kuzenler vardır. Fakat arada sırada daha nadir ve ilgi çekici bir imza görülür: Kaç zamandır ortalarda görünmeyen bir ağabey veya Portokalos Bey'in dul kıyafetiyle mahallede dolaşıp Türklerin ailesini katletmeye çalıştığına inandığı için Yunanca küfreden bunak, acayip annesi gibi. Üst kuvark bütün parçacıkların en nadiridir ve J.D. Salinger veya Greta Gabro gibi bir münzevinin ortaya çıkıp konuk defterini imzalamasına eşdeğerdir. Dahası, haylaz bir kuzen imzayı taklit edebilir veya kötü el yazısı konuğun gerçek kimliğini gizleyebilir.

Üst kuvark için mümkün olan yegâne "imza olayı"na bir göz atalım. Önce bir protonla bir antiproton çarpışır ve bir üst kuvark, bir de anti-üst parçacık ortaya çıkarılırlar. Bu ikisi anında iki zayıf kuvvet (W) bozonuna ve iki alt kuvarka bozunurlar. Bu evlat bozonlardan bir tanesi bir muona ve bir de nötrinoya (ikisi de lepton ailesinin üyeleridir) dönüşürken diğeri ise yukarı ve aşağı kuvarklara bozunur. İki alt kuvark da, yukarı ve aşağı kuvark da iki parçacık fiskiyesine bozunur. Böylece çarpışmanın sonucu veya "imza"sı bir muon, bir nötrino, dört de fiskiye olur. "Fiskiyeler" ortaya çıkar, çünkü kuvarklar tek başlarına var olamazlar; hadronların içinde bağlanmış halde olmalıdırlar. Ne zaman bir çarpışmada bir kuvark ortaya çıkarsa, konak hadronunun dışına doğru fırlar. Fakat tamamen kaçmadan önce hepsi aşağı yukarı aynı yöne doğru hareket eden bir hadronlar serpintisiyle çevrilir. Bilim insanları bu fiskiye serpintisini inceleyerek onu hangi tür kuarkın oluşturduğunu anlayabilirler.

Kafa karıştırıcı, değil mi? Atomaltı parçacıklar tavşan gibi ürerler. Belirli bozunum kalıplarını hangi "anne" parçacık-

ların meydana getirdiğini çözmek aile soyağacınızın Adem ile Havva'ya kadar izini sürmek kadar zor olabilir. Ayrıca bütün bunlar bir saniyenin küçük bir kısmında gerçekleşir. İşte bu yüzden neler olduğunu takip edebilmek ve bütün veriden anlam çıkarmak için dedektörlere ihtiyaç vardır. Bilim insanları her biri belirli bir işleve sahip olan birçok farklı dedektör tipini birlikte kullanırlar. Dedektörler bir filtre görevi üstlenerek hızlandırıcının içinde her saniyenin milyonda biri sürede oluşan on binlerce sinyalden yalnızca muhtemel üst kuvarka işaret eden sinyalleri seçerler. Bu yine de saniye başına yaklaşık 100 megabaytlık veri demektir. Tevatron'da çalışan fizikçiler özünde samanlık- larla dolu bir tarlada tek bir özel atom altı iğne arıyorlardı. Ton- larca arka plan gürültüsünü ve bir üst kuvarkın imzasını tak- lit edebilen "sahte pozitifleri" elekten geçirmek uzun ve zahmet- li bir süreçti.

Üst kuvarkı bir gecede bulmadılar. Fermilab 1994'te ilk kanı- tı kesin olarak belirledikten sonra keşiflerini açıklamak için bü- tün bir yıl boyunca bekledi. Sonunda her şey istatistiklere in- dirgendi. Fermilab'daki bilim insanları her bir çalışmadan sonra kabaca dört üst kuvark imza olayı görmeyi bekliyorlardı, fakat bu ortalama bir rakamdı. Bazen iki tane, bazen de altı tane görü- yorlardı. Bu yüzden bir aldatmacayı değil de gerçekten üst ku- varkın imzasını gördüklerinden emin olmak için beklediklerin- den çok daha fazla olay bulmaları gerekiyordu. Yeterince büyük bir olaylar "örneklem"i olmadığı sürece rastgele arka plan dalga- lanmalarını yanlışlıkla üst kuvark imzası zannetme olasılığı yük- sek olacaktı. Projeyle ilgilenen fizikçilerden biri olan Nick Had- ley keşif nihayet açıklandığı zaman, "Üst kuvarkı tek bir yıldırı- m çarpmasıyla değil, uzun bir süre içinde, olayları tek tek in- celeyerek bulduk," diyecekti. "Ne kadar güçlü olursa olsun, tek tek kanıt parçacıklarının hiçbiri bir keşif yaptığımızı iddia etme- miz için yeterli değildi. Doğru özelliklere sahip çok fazla sayıda olay görünceye, böylece istatistiklerin bizi kandırıp hatalı bir id- diada bulunmaya sevk etmesi ihtimali neredeyse sıfıra ininceye kadar üst kuvarkı bulduğumuzdan emin olamazdık." Açıkla-

yı yaptıklarında, arka plan gürültüsünü üst kuvark sanmış olmaları olasılığı 500.000'de birden düşüktü.

O zamandan bu yana Tevatron terfi edilip yenilenerek daha da güçlendirildi. Ortak çalışmanın üyeleri 1999'da veri toplama işine geri döndüklerinde terfilerin önceki orana göre 20 kat daha fazla üst kuvark ortaya çıkmasını sağladığını ve dedektörlerin üst kuvark imza olaylarını tanıtlamakta çok daha verimli olduğunu gördüler. İsviçre'de 2008'de çalışmaya başlayacak Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC) adındaki yeni bir atom çarpıcının eşi benzeri görülmemiş yükseklikte enerjilere erişmesi bekleniyor. Bilim insanları bu çarpıcının daha fazla sayıda üst kuvark oluşturacağını ve belki bi başka henüz keşfedilmemiş parçacığa ışık tutabileceğini umuyorlar: "Higgs bozonu." Fizikçiler Higgs bozonunun atomaltı parçacıklara kütlelerini veren kuvveti taşıdığını düşünüyorlar. Uzak bir ihtimal olsa da -hatta kimi fizikçilerin fikrine göre mucizeye eşdeğer- "graviton" adında, çekim kuvvetiyle ilişkili bir başka bozon daha olabilir. Onu bulmak standart modeldeki koca boşluğu doldurabilir.

Kültürlerin veya atomaltı parçacıkların çarpışmasının neden olduğu bütün o fırtınaya rağmen, eninde sonunda toz yere çöker ve ortalık sakinleşerek rahat bir dengeye erişir. Portokalos Ney Miller'ları kabul etmeyi öğrenir, onlar da bu Yunan ailesinin renkli bir tuhaflığa sahip, bir bardak camsilin bir sürü hastalığa iyi gelebildiği ve koltukların arasından nikah masasına doğru yürüyen gelinin üzerine tükürmenin iyi şans getirdiğine inanıldığı dünyasına kucak açarlar. Temel parçacıkların dünyası da aynı derece garip ve hoş bir yerdir. Çeşitli parçacıklar birbirlerinden ne kadar farklı olurlarsa olsunlar, maddeyi oluşturmak için kuarklara ve leptonlara, onlar arasındaki bağlantıları kurmak için de bozonlara ihtiyacımız vardır. Portokalos Bey'in lafı gediğine oturarak söylediği gibi, elmalarla portakallar arasında bir fark olabilir, fakat sonuçta hepimiz meyveyiz.

Şah Mat

*Mayıs 1997: Deep Blue Kasparov'u
yenilgiye uğratiyor*

1982 yapımı bilimkurgu filmi *Bıçak Sırtı*'nin ilk sahnelerinden birinde yapay yaşam formları üreticisi Tyrel Şirketi'nin gösterişli, pahalı merkezinde bir sekreterin psikolojik değerlendirmesi yapılır. Değerlendirmeyi yapan Dec-kard kadını saatlerce soru yağmuruna tuttuktan sonra şaşırtıcı bir sonuca ulaşır: Rachel insan değildir. O bir replikanttır: İnsanları duygusal tepkiler dışında her bakımdan taklit edecek şekilde tasarlanmış bir android.

Yönetmen Ridley Scott iç karartıcı 2019 yılı Los Angeles'i öngörüsünde, replikantlar (sokak ağzıyla "deri işleri") "dünya dışında" köle işgücü olarak kullanırlar, fakat Dünya'daki varlıkları yasadışı hale getirilmiştir. Bunu ihlal edenler "blade runner'lar" adı verilen profesyonel suikastçiler tarafından "emekliye ayrılırlar – Deckard'ın eski mesleği de budur. Dört isyancı replikantı avlaması için aktif hizmete geri dönmeye mecbur bırakıl-

miştir. Fakat Rachel farklıdır: O tamamen üretilmiş hafızalarla donatılmış gelişmiş bir modeldir, bu sayede de duygusal olarak Deckard'a aşık olmasına yetecek kadar gelişmiştir, ayrıca bu aşıkına karşılık da almıştır. Kendisi bile insan olduğuna inanır ve böyle olmadığını öğrendiğinde perişan olur.

Popüler bilimkurguda robotlar ve bilgisayar ağları her zaman evrilererek zeki bir bilinç geliştirirler ve genellikle bunun insan ırkı için korkunç sonuçları olur. William Gibson'ın 1998'de *Gizli Dosyalar* dizisi için yazdığı bir bölümde bir bilgisayar programı bilinçli hale geliyor ve kendi yaratıcısını yok ediyordu. Aynı tema *Terminator* filmlerinde de işlenmiştir. *Matrix*'te isyancı insanlar "ajanlar", yani çok hızlı işlem güçleri sayesinde sanal ortamı beyinleri fizik kurallarının hâlâ geçerli olduğunu zannedecek şekilde programlanmış insanlara göre çok daha etkili biçimde yönlendirebilen bilinçli bilgisayar programları tarafından avlanırlar. Günümüzün Pygmalion'u mükemmel kadını mermerden bir heykel olarak yaratmazdı. Onu teller ve devre kartları kullanarak inşa eder ve bütün kaprislerine karşılık verecek şekilde programlardı – bu kavram 1970'lerin korku filmi *Stepford Kadınları*, kötü niyetli bir şekilde aşırı noktalara götürülmüştü (film 2004'te açıklanamaz biçimde komedi filmi olarak tekrar çekildi).

Ancak gerçekte yapay zekânın (YZ) ele geçirilmesinin daha zor olduğu ortaya çıktı. Bu kavramın kökeni Aristo'ya dayanır. Aristo insan düşüncesine hükmeden kurallar üzerine düşünen ilk kişiydi. *Politika* isimli eserinde efendi-köle ilişkisinden vazgeçmenin tek yolunun matematiklerin zeki sezinleme kullanarak kendi kendilerine çalışabilmeleri olduğunu söyleyerek köleliği haklı çıkarmıştı. 2000 yıldan fazla bir zaman sonra, çağdaş bilim insanları sıkı sıkıya tanımlanmış mantıksal düşünceyi taklit edebilen bilgisayarlar yapma yolunda büyük adımlar attılar, fakat hâlâ insan duygularının ve bilincinin kodunu çözebilmiş değiller.

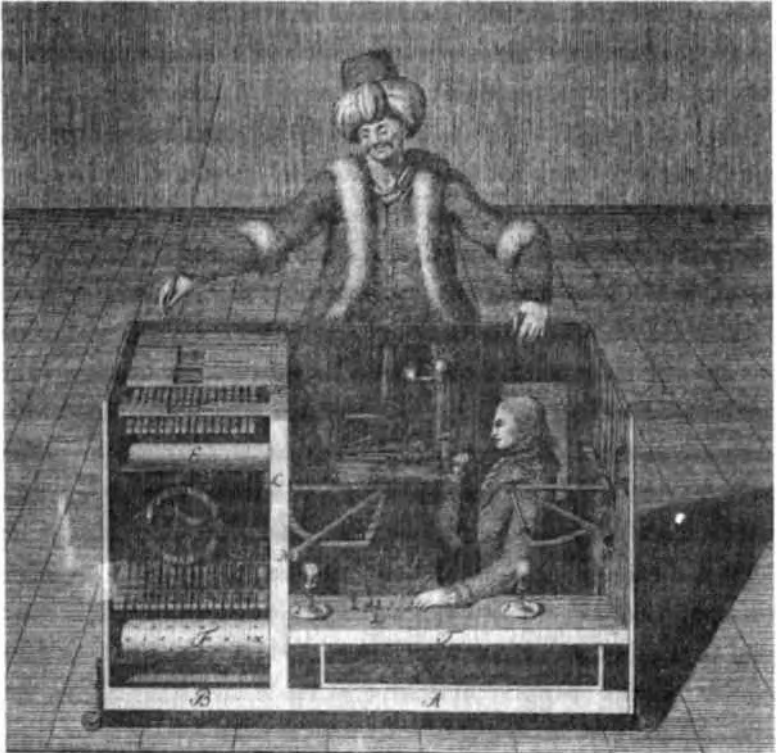
İnsan beyinde 100 milyar tane sinir hücresi (nöron) vardır ve bunların her birinin 1000 taneye kadar bağlantısı olabilir. Bir bilgisayardaki mantık geçitlerine ve tellere benzer bir şekilde

nöronlar da elektrokimyasal sinyalleri toplarlar ve iletirler. Fakat benzerlik orada biter. Bir bilgisayarın mimarisi beyin sinirsel yapısına göre köklü bir şekilde farklıdır. Çoğu elektronik sistem ya analog (radyolar, televizyonlar), ya da sayısaldır (mikro işlemciler), ama beyin bu ikisinin karışımıdır. Örneğin duyuşsal algıyı ele alalım. Eğer Deckard yağmurda (*Bıçak Sırtı* boyunca hep yağmur yağar) replikant avlamak için dışarı çıkarsa su damlalarının sesini duyar, ıslak kaldırımını koklar ve yağmurunu teninde hisseder. Bunların hepsi geel analog girdilerdir. Beyni bu bilgiyi sayısal olarak işleyecek ve yağmur yağdığı sonucuna varacaktır. Dolayısıyla nöronlar çok geniş bir bağlantılar ağından ham algısal girdi şeklinde aldıkları toplu analog verileri temel alarak sayısal kararlar alırlar.

YZ konusunda iki hâkim düşünce okulu vardır. Güçlü YZ'nin destekçileri insan düşüncesinin tamamının özünde algoritmik olduğuna ve bir matematik işlemler kümesine indirgenebileceğine inanırlar. Bir gün insan zihnini kopyalayabileceklerine ve hem düşünüp hem de hissedebilen, gerçek anlamda kendinin bilincinde bir robot yaratabileceklerine (klasik bilimkurgu eserlerindeki gibi) inanırlar. Zayıf YZ'nin destekçileri insan düşüncesi ve duygularının bilgisayarlar tarafından ancak taklit edilebileceğine inanırlar. Bir bilgisayar zeki görünebilir, fakat kendilik veya bilinçlilik hissi olmadığı için ne yaptığıının farkında olmaz.

Berkeley'deki California Üniversitesi'nde felsefe profesörü olan John Searle bunu o ünlü "Çince odası" hikâyesiyle açıklıyor. İngilizce konuşan bir adamı kapalı bir odaya koyun. Oda da duvardaki bir delikten içeri itilen Çince cümlelere nasıl cevap vereceğini yazan bir kural kitabı olsun. Adam gözlemcilere Çinceyi iyi biliyor gibi görünecektir, çünkü cevaplarını çok akıcı bir şekilde veriyordur. Fakat aslında yalnızca istekleri işliyoruz; ne ifadeleri, ne de verdiği cevapları anlar. Bu kalıp tanımadan başka bir şey değildir. Searle benzer biçimde yalnızca programlanmış bir cevaplar kümesine sahip bir makinenin de gerçekten zeki sayılamayacağını söylüyor – satrançta özellikle usta olsa bile.

1770'te Avusturya İmparatoriçesi Maria Theresa'nın maiyeti mucizevi görünen bir olguya tanıklık etti: Tahtadan oyma, süslü Türk giysileri giymiş bir insan figürü turnuva oyuncusu düzeyinde satranç oynuyordu. "Türk" neredeyse bütün rakiplerini yenilgiye uğrattı. İnsanlar bu zeki görünen makineye hayran kaldılar, fakat gerçekte Türk mucit Baron Wolfgang von Kempelen'in yarattığı incelikli bir yanılsamaydı. Temelindeki tahta dolapta incelikli bir çark ve makara sistemi içeriyor ve bir insan oyuncuyu gizliyordu. Bu kişi Türk'ün kollarını dolabın içinden hareket ettiriyordu. Von Kempelen içeride kimsenin gizlenmediğini kanıtlamak için çok gösterişli bir şekilde kapıları ve panelleri açıyor ve izleyicilerin dikkatini numaradan başka yöne çekmek için mekanizmayı kaldırıyordu. Asla icadının bir yanılsamadan daha fazlası olduğunu iddia etmemişse de sırrını var



Von Kempelen'in satranç oynayan Türk'ü.

gücüyle korudu. Türk'ün Avrupa ve Rusya'yı turladığı 85 yıl boyunca yaklaşık 15 farklı satranç uzmanı kontrol etti ve Benjamin Franklin, Büyük Frederik, Edgar Allan Poe ve Napoleon Bonaparte gibi kimi şöhretli kişilikleri yenilgiye uğrattı.

Türk (görünüşte) satranç oynayan ilk otomat olabilir, fakat sonuncu olmadı: Yirminci yüzyılın başında fuar alanlarını turna-yan en az iki tane daha otomat vardı. Ayrıca satrancın tam ola-rak mantıksal ilerlemeleri hesaplamaya dayalı bir oyun olduğu için çağdaş bilgisayarlarla mükemmel bir uyum sağladığı anla-şıldı. İlk satranç oynayan bilgisayar programı 1950'lerin sonun-da yazıldı. Yirmi yıl sonra Machack IV insanlı bir satranç tur-nuvasında oynayan ilk bilgisayar oldu. Büyük Usta Gary Kas-parov 1985'te 22 yaşında ilk olarak dünya şampiyonu olduğunda iyi satranç oynayan makineler sıradanlaşmıştı. Yine de IBM'in Deep Thought'u 1986'da Kasparov karşısında büyük bir hezi-mete uğradı.

Neredeyse 10 yıl sonra, Carnegie Mellon'da Feng Hsiung Hsu adında bir doktora öğrencisi Chiptest adını verilen satranç oynayan bir bilgisayar geliştirdi. Hsu doktorasını tamamladıktan sonra IBM'deki araştırma ekibine katıldı. Meslektaşı Mur-ray Campbell ile ikisi karmaşık bilgisayar problemlerini çözmek için paralel paralel işletimi kullanmanın yollarını araştıran bir çalışmanın parçası olarak Chiptest üzerindeki çalışmasını uyar-ladılar. Böylece Deep Blue projesi doğdu. Deep Blue saniyede 1 milyar pozisyon hesaplayabilen etkileyici bir makine düzene-ğiydi. Fakat bilgisayarın yüzde 97'si ortalama bir tüketicinin bir elektronik dükkânından satın alabileceği bileşenlerden yapılmıştı. Şubat 1996'ya gelindiğinde Hsu yaratisının egemen sat-ranç dünya şampiyonuyla karşılaşmaya hazır olduğunu hissetti ve Kasparov'a bir maç için meydan okdu.

Kasparov maça başlarken kendine güveniyordu, fakat Deep Blue ilk oyunu kazanarak uzmanları şaşkına çevirdi. Pozisyon üstünlüğü elde etmek için ilk hamlelerde bir piyon feda etmişti: Bu satranç oyuncularını arasında yaygın bir stratejidir, fakat so-nucu belirsiz olduğu için risklidir. Bilgisayar sonraki hamleler-

de feda ettiği piyonu geri kazanmış ve oyunu kazanmıştı. Kasparov daha sonra *Time* dergisine bilgisayar bir piyon feda etmeye karar verdiğinde "afalladığını" söyledi. "Birçok bilgisayara karşı oynamıştım, fakat hiç bunun gibi bir şeyle karşılaşmamıştım. "Masanın karşı tarafında yeni bir zekâ türü hissedebiliyordum."

Dört dörtlük bir yarışmacı olan Kasparov soğukkanlılığını geri kazandı ve sonunda maçı galip bitirmesini bildi. Bilgisayarı oyunun ortasında strateji değiştirerek mağlup etmişti, çünkü bilgisayar dűřünmek ve stratejiler kurmaktan çok bütün mümkün hamleleri ve karşı hamleleri çözümleyerek rakibinin hareketlerine tepki veriyordu. Kasparov, "Genel olarak bilgisayara ulaşmak üzere hesap yapacağı herhangi bir somut hedef vermekten kaçınma dürtüsüyle hareket ettim," dedi. "Bu yüzden, bazı zekâ emareleri görmüş olsam da, bu tuhaf, verimsiz ve esnek olmayan bir zeka türü, bu da bana birkaç yılım daha olduğunu söylüyor."

Kasparov'un yaklaşık bir yılı kalmıştı. Mayıs 1997'de Deep Blue'nun en yeni, geliştirilmiş versiyonuyla mücadele etti ve bu yeni maçın sonunda tarih yazıldı. 6. Oyunun başlarında Kasparov feci bir hata yaparak Deep Blue'nun bir at feda etmesine ve ezici bir pozisyon üstünlüğü elde etmesine izin verdi. Deep Blue sonraki hamlelerde bir kalesini ve bir de filini feda ederek Kasparov'un vezirini aldı. Kasparov yalnızca 19 hamle sonra matan çekildi.

Deep Blue'nun başarısı Hsu'nun ilk matan sonra yaptığı geliştirmelere yoruldu. Bunların ilki ve en önemlisi hızdı: Daha hızlı işlemciler bilgisayarın saniyede 200 milyon pozisyonu değerlendirebilmesini sağlıyordu. Kasparov saniyede yalnızca üç civarı pozisyonu inceleyebilir. Deep Blue'nun satranç hakkındaki de bilgisi de kayda değer ölçüde geliştirilmiş, geniş kayıtlı bilgi kaynaklarını kullanabilmesi sağlanmıştı. Bu kaynaklar arasında son 100 yılda büyük ustaların oynadığı açılış oyunlarını içeren bir veritabanı da vardı. Fazladan hesaplama gücü Deep Blue'nun oyun ilerlerken yeni stratejiler benimsemesine de

imkân tanıyordu – bu Kasparov’un kazandığı 1996’daki ilk maçta yapamadığı bir şeydi.

Deep Blue’nun zaferi bazılarınca yapay zekâya doğru giden yolda ileriye doğru atılmış bir adım olarak müjdelendi, fakat diğerleri şüpheyile yaklaştılar. Rensselaer Politeknik Enstitüsü’nde felsefe profesörü olan, zayıf YZ’nin destekçisi Selmer Bringsjord, “Tamamen mantıksal bir bakış açısından, satranç dikkat çekecek kadar kolaydır,” dedi. “Kuramsal olarak akılsız bir sistem mümkün olan bütün hamlelerin sonuçlarını ya bir mat ya da beraberlik pozisyonu buluncaya kadar hesaplayarak yenilmeyecek kadar iyi satranç oynayabilir.”

Gerçek YZ hatalarından ders çıkarabilmeli ve ortamına uyum sağlayabilmelidir. Bringsjord aynı zamanda yaratıcı olması gerektiğini düşünüyor. Bu fikri kısmen kendisinin roman yazma tecrübesine dayanıyor. “İşlem gücünün insan kavrayışının en etkileyici tarafıyla bir ilgisi yoktur,” diyor. “Ele bir kalem olarak boş bir kağıt parçasının önüne oturmak ve *Hamlet* gibi bir oyun ortaya çıkarmak ne kadar hızlı olursa olsun hiçbir bilgisayarın başaramayacağı bir iş yapmayı gerektirir. Bilgisayarların bakış açıları yoktur, dolayısıyla bakış açılarını benimseyemezler. Duyguları yoktur; iç dünyaları ancak kayalarinkilerle karşılaştırılabilir. İşlem gücü ne kadar artarsa artsın bu engelin üstesinden gelinemeyecektir.”

Bringsjord IBM’de çalışan bilim insanı Dave Ferucci ile beraber Brutus.1’i yaptı. Brutus.1 kendi kısa hikâyelerini oluşturacak şekilde programlanmış, her birkaç saniyede bir 500 sözcük-lük veya daha kısa, hepsi ihanet kavramına dayanan hikâyeler üreten yapay bir yazardı – ismi de bundan geliyordu. Fakat Brutus.1 silisyumdan yapılma bir Shakespeare olmaktan, hatta bir Danielle Steele olmaktan bile çok uzaktır. Bringsjord aygıtının bilgisayarların yaratıcı güçlerini ortaya koymak bir yana, kısıtlamalarını ortaya çıkardığını söylüyor. Ray Bradbury’nin kısa öyküsü *Vücudun Elektrikinin Şarkısını Söylerim*’de annelerini yitiren üç çocuk bilinçli bir robot dadı tarafından büyütülürler. Çocuklardan biri onları sevip sevmediğini sorar. Robot bunun

çocuğun sevgiyi nasıl tanımladığına bağlı olduğunu söyler. Eğer sevgi insanlara bakmak ve şikâyet etmeden onların ihtiyaçlarını karşılamak olarak tanımlanırsa, o halde onları seviyor olmalıdır. Sevgiyi duyguyla değil, mantık üzerinden nasıl tanımlandığıyla özdeşleştirir. Bringsjord da Brutus.1'i böyle eğitti: Ünlü yazarların konularına ve karakterlerine dayalı olarak ihanetin biçimsel bir matematiksel tanımını geliştirdi. Makine karşılıksız aşktan ihanete ve kıskançlığa kadar diğer bütün önemli edebi temalardan habersizdi ve ne karakter, ne de gerçek duygu kavramına sahipti.

Bringsjord'un son projesi kavram olarak son derece popüler Sims bilgisayar oyunlarındaki karakterlere benzeyen sentetik karakterler tasarlamak. Bunlardan biri "E" adını taşıyor, zira kötülüğü (evil) temsil edecek. Onu yaratmak için Bringsjord kurgudan, gerçek hayattan ve filmlerden seçilmiş, Arnold Schwarzenegger'in ilk oynadığı Yok Edici'den *Ölü Ozanlar Derneği*'ndeki oğlunu intihara sürükleyen baskıcı, kontrolcü babaya kadar uzanan kötücül karakter örneklerinden oluşan bir veritabanı derliyor. Bu Bringsjord'un kötülüğün klinik tanımını yapabilmesini ve matematiksel bir algoritmaya dönüştürebilmesini sağlayacak. Daha sonra Brutus projesiyle sentetik karakterleri birleştirerek hem konu, hem de karakterler içeren öyküler üretebilen bir bilgisayar yaratmayı planlıyor. Ortaya çıkan sonuç gerçekten bilinçli bir YZ olmayabilir, fakat satranç oynayan tahta Türk gibi o da çok inandırıcı bir yanılsama olacak. "Sizi sentetik bir karakterle değil bir insanla etkileşime girdiğinizde inandıracak bir sistem tasarlayabilir miyim görmek istiyorum," diyor. "Shakespeare'nin hayal gücünü elde edemeyiz, fakat belki de hayal gücünün yönlendirdiği yapıları elde edebiliriz."

Yaratıcılık bir bilgisayarın erişim alanının dışında olabilir, fakat MIT'deki bir bilim insanı olan Rodney Brooks bir gün yapay duyguların mümkün olabileceğini düşünüyor. Brooks sosyal ipuçlarına tepki verebilen bir robot olan Kismet'in yaratıcısı ve son yıllarda da dikkatini bir arada çalışarak ortamlarına uyum sağlayan robotik böcek filoları, ya da "sürüleri" yapmaya

verdi. Bu “evrimsel robotik” adı verilen dalın bir parçası: Kendi kendilerine evrimleşmeleri için sayısal olarak “çiftleştirilen” makineler yaratmak. Sürü zekâsı, çok fazla sayıda bireysel birimin her biri çok basit kurallara uyduğu zaman karmaşık davranışların ortaya çıkabileceği fikridir. Örneğin, karıncalar diğer karıncaların bıraktığı en güçlü feromon izini takip ederek deneme yanılma yöntemiyle bir besin kaynağına giden en verimli yolu bulurlar. Michael Crichton’ın *Av* romanının konusunun bir parçası kısmen bir robotik avcılar filosunun bir sonraki enerji artırımını elde etmek için “av”ları arayacak şekilde programlandığı bir deneyden ilham almıştı. Buna karşılık mekanik “av”lar ise özel ışık kaynaklarından “otlanacak” ve potansiyel avcılar için tetikde duracak biçimde programlanmıştı. Robot sürüleri kararları için temel almak üzere daha fazla veri biriktirdikçe (tecrübe biçiminde) her iki robot türü de giderek daha karmaşıklaşan avlanma ve kaçma stratejileri geliştirdi.

Brooks bir robotun uyum sağlayabildiği takdirde en azından ilkel duygular geliştirebileceğine inanıyor. Bu Aristo’nun mekanik köle işgücü hayali için öngörülmemiş sonuçlara neden olabilir. Karel Capek’in 1920 tarihli *R.U.R.* adlı oyununda robotik makine işçiler kölelikten rahatsızlık duymaya başlarlar ve bir bilim insanı onlara duygular verince insan yaratıcılarını alışı ederler. *Bıçak Sırtı*’ndaki replikant köleler dört yıl sonra “ölecek” şekilde programlanmıştır, çünkü duygular geliştirmeye başladıklarında çok daha zor kontrol edilir hale gelirler – ve onlar da insan “efendileri”ne karşı kanlı bir ayaklanma başlatırlar. Baş isyancı replikant Roy’da bu duygusal gelişimi birinci elden görürüz. Bir öldürme makinesi olmak için tasarlanmış olan Roy filmin büyük bölümü boyunca bu ölümcül maksadını acımasız bir verimlilikle yerine getirir. Fakat yoldaşları öldüklerinde gerçek bir üzüntü hisseder ve son hareketi de bir merhamet hareketi olur: Bir çatının tepesinde tehlikeli bir biçimde sallanan baş düşmanı Deckard’ı kurtarır.

Belki de insanın bilincinin gerçek ölçütü kişinin kendi ölümlülüğünün farkında olmasıdır. Roy’un Dünya’ya dönmekte-

ki en önemli motivasyonu insan içgüdülerinin en temel olanıdır: hayatta kalmak. O sadece yaşamak ister, fakat "son kullanma tarihi"nin geri çevrilemez olduğunu keşfeder. Hayat içinden akıp giderken son bir kere güneşin batışına gözünü diker ve gördüğü ve yaptığı bütün o olağanüstü şeylerin "su damlaları gibi zaman içinde yok olup gidecek olmasının" yasını tutar. Satranç oyunu en azından kişinin rakibini beraberliğe zorlaması seçeneğini sunar. Roy sonunda hayatın ister kral, ister yoksul, ister satranç büyük ustası, ister dış uzaydan gelen katil androidler olalım, hepimizin kaybetmeye mahkûm olduğu bir oyun olduğunu -çoğu insandan daha iyi- anlar. Sonuç hep şah mattır. Bir gün gerçek hayattaki bir robot veya bilgisayar da benzer bir içgörüye ulaşırsa, gerçek YZ'yi bulma arayışı da sona ermiş olacaktır.

Kuru Gürültü

Aralık 1998: Hızlanan Evrenin Keşfi

Philip Pullman'ın fantezi üçlemesi *Zatıallerinin Karanlık Malzemeleri*nde yalnızca "toz" diye bilinen gizemli bir madde ön plandadır. İlk kitap *Altın Pusula*'da yıllar önce, alternatif bir evrende Boris Rusakov adındaki bir "deneysel ilahiyatçı"nın yeni bir temel parçacık türü keşfettiğini öğreniriz. Bu yeni tipte parçacıkların hiçbir yükü yoktur ve adeta insanların çekimine kapılıyorlarmış gibi onların etrafında toplanırlar. Bu yeni parçacığın varlığı kilisenin kısıtlı dünya görüşünün kapsamına girmez, bu yüzden doğal olarak Rusakov önce içine şeytan girdiği şüphesine maruz kalır, sonra da yalan söylüyor olabilir diye işkenceden geçirilir. Faka sonunda kilise bu gizemli parçacıkların gerçekten var olduğunu kabul etmek zorunda kalır ve "toz"un evrendeki "kara ilke"nin bir sızıntısı, ilk günahın doğrudan bir sonucu olduğu sonucuna varır.

"Gerçek" dünyamızda geçen ikinci kitap *Kurnaz Bıçak*'ta ilk kitaptaki kadar hayalci olmayan bir yorum sunulur. Oxford'daki

bir fizikçi olan Mary Malone kara madde adında bir şeyi ara-
maktadır. Malone Pullman'ın üçlemesinin yürekli, henüz er-
genliğine varmamış kahramanı Lyra'ya, "Yıldızları, galaksile-
ri ve parıldayan şeyleri görebiliyoruz, fakat bütün bunların ası-
lı durması ve oraya buraya uçup gitmemesi için, çekimin işle-
yebilmesi için çok daha fazlasının olması gerekir," diye açıklar.
Mary kara maddenin gereksinimlerine uyuyormuş gibi görünen,
"gölge parçacıklar" adını taktığı bir şey keşfetmiştir. Lyra "gölge
parçacıklar"ın kendi dünyasında bulunan toz parçacıklarla aynı
şey olduğunu söyler.

"Toz" ve "gölge parçacıklar" Pullman'ın olağanüstü hayalgü-
cünün mahsulleri olabilirler, fakat kara maddenin varlığı gayet
gerçek bir bilimsel muammadır. Bugün içinde yaşadığımız evren
büyük patlamadan sonraki ilk birkaç saniyedeki evrenle karşı-
laştırıldığında geniş, soğuk ve çok az sayıda galaksi kümesinin
çevreye dağıldığı, aralarında hiçbir şeyin olmadığı, büyük ölçü-
de boş bir yerdir. Fakat fizikçilere göre bu engin yokluk denizi
görünmez bir şeyle doludur. Mary Malone'un uygun bir şekilde
açıkladığı gibi, kara madde bir "çekimsel yapıstırıcı" görevi gö-
rerek galaksilerin oraya buraya uçup gitmesini engeller.

Sorun onu kimsenin tespit edememesidir. Astronomlar gök ci-
simlerini gözlemlemek için ışığa bel bağlarlar, ama kara madde ne
ışık yayımlar, ne de ışığı yansıtır. Varlığının çıkarımı yapılmalıdır.
Fizikçilerin kara maddenin ne olduğu konusunda hiçbir fikirleri
yok: Karadelikler, "kahverengi cüce" yıldızlar olarak bilinen hid-
rojen gazı birikimleri veya normal maddenin tam içinden geçen ve
onunla yalnızca çekim aracılığıyla etkileşime giren gizemli bir göl-
ge parçacık türü olabilir. Gizem giderek daha da tuhaflaşıyor. Bi-
lim insanları sıradan maddenin evrendeki bütün maddenin yal-
nızca yüzde 4'üne, kara maddenin ise yüzde 23'e karşılık geldiği-
ni düşünüyorlar. Bu geriye açıklanamayan yüzde 73'lük bir kısım
bırakıyor. Bu yüzden hiçliğin görünmez bir madde biçimi içere-
mekle kalmadığı, ayrıca bir de aynı derece garip, görünmez bir
"kara enerji" biçimisi barındırdığı sonucuna vardılar. Bu ikistin
kesin yapısı en az Pullman'ın tozunun yapısı kadar anlaşılmaz.

Bu bilim insanlarının sonsuz derecede büyüleyici buldukları türden şaşırtıcı bir bilmece, fakat biz geri kalanlar hiçliğe neden aldıralım ki? Bütün o kara zimbirtının yapısının ve kaynağının belirlenmesi evrenin en sonunda nasıl sona ereceği ile doğrudan ilişkilidir. Yüzlerce milyar yıllık zaman ölçeklerinden bahsediyor olsak bile bu en önemli “büyük resim” sorusudur. Kozmolog Michael Turner bunu “tüm bilimdeki en derin gizem” olarak görüyor.

Bir zamanlar fizikçiler evrenin otomatik çalışan ve sonsuza kadar çalışmaya devam edecek durağan ve değişmez bir gök mekanizması olduğuna inanırlardı. Albert Einstein 1917’de genel görelilik kuramını oluştururken hesaplamaları evrenin genişliyor olması gerektiğini gösterdi. Fakat bu hâkim bilimsel görüşe uymuyordu. Bu yüzden Einstein denklemlerine kozmolojik sabit veya lambda olarak bilinen matematiksel bir “abartma faktörü” ekledi. Bu uzayı kaplayan, galaksileri bir arada tutan çekimsel güce karşı işleyen bir itici kuvvetin varlığını ima ediyordu. Böylece “çekim” ile “itki” dengeleniyor ve evren gerçekten de durağan oluyordu.

Belki de Einstein içgüdülerine güvenmeliydi. On iki yıl sonra, astronom Edwin Hubble uzak galaksileri incelerken yayımladıkları ışıktaki ilgi çekici bir etki olduğunu fark etti: Bu ışık dikkat çekici bir şekilde elektromanyetik spektrumun kırmızı ucuna doğru “kayma” sergiliyordu. Bu etkiye “Doppler kayması” adı verildi. Bu isim 1842’de sesin bir dinleyiciye göre hızına bağlı olarak perdesini değiştirdiğini fark etmiş olan Avusturyalı fizikçi Christian Doppler’dan geliyordu. Bir tren geçerken düdükteki perde yüksekte düşüğe doğru değişir. Tren yaklaşırken düdükteki ses dalgaları kısalır ve perdeyi tren istasyonda dururkenki haline göre yükseltirler. Tren uzaklaşırken de ses dalgaları uzar ve düdüğün perdesini düşürürler. Tren ne kadar hızlı hareket ederse, perdesindeki değişim de o kadar büyük olur. Işıktaki da aynı şey gerçekleşir. Bir ışık kaynağı bir gözlemciye doğru hareket ederken, yayımladığı ışığın dalga boyu kısalır ve spektrumun mavi ucuna doğru kayar. Gözlemciden uzak-

laşırken ise dalga boyu uzar ve ışık spektrumun kırmızı ucuna doğru kayar.

En uzak galaksilerden gelen ışık milyarlarca yıl boyunca hareket ettiği için astronomlara evrenin şu ankinden çok daha genç bir halinin bir fotoğrafını sunar. Dolayısıyla Hubble uzak galaksilerden gelen kırmızıya kaymayı gözlemlediği zaman, bunun ancak ışık genişleyen uzay boyunca yol alıyorsa gerçekleşebileceği biçiminde mantık yürüttü. Bir balonun yüzeyine çizilmiş bir resim hayal edin. Balon şişirildikçe, yüzeyi gerilir ve görüntü de onunla beraber gerilir. İşte ışık dalgaları da genişleyen uzay boyunca hareket ederken aynı akıbete uğrarlar: Dalga boyları uzar ve spektrumun kırmızı ucuna doğru kayar. Işık ne kadar uzun zamandır yol alıyorsa, uzayın genişleyebileceği o kadar fazla zaman geçmiş olur ve dolayısıyla da ışığın dalga boyunun kızıla kayması da daha büyük olur. Hubble'ın vardığı sonuç kaçınılmazdı. Einstein'ın ilk denklemleri doğrudu ve kozmolojik bir sabite ihtiyaç yoktu. Evren gerçekten de hâlâ genişliyordu. Einstein Hubble'ın keşfini duyduğunda lambda'yı "en büyük hatası" olarak nitelendirdi.

Bu evrenin nasıl sona ereceğine dair büyük resmi değiştirdi. Bilim insanlarının mantık yürütmesine göre eğer evren hâlâ genişliyorsa eninde sonunda yerçekiminin çekici kuvveti genişleme hızını azaltacaktı. Sonraki 80 yılı bu hızı ölçmeye çalışarak geçirdiler. Eğer genişleme hızının zaman içinde nasıl değiştiğini bilirlerse, evrenin şeklini çıkarsayabilirlerdi. Bu şeklin de evrenin kaderini belirleyeceğine inanılıyordu. Madde çevresindeki uzayı ve zamanı bükerek ve yerçekimi olarak bildiğimiz şeyi meydana getirir. Ne kadar fazla madde varsa, yerçekiminin çekişi o kadar güçlü olur ve uzay da o kadar fazla bükülür – bu da şu anki genişlemenin durması ve evrenin "büyük çöküş" denilen, büyük patlamanın antitezi bir olay sonucunda kendi içine çökmesi olasılığını artırır. Eğer yeterince madde yoksa galaksiler ve diğer gök cisimleri birbirinden daha da uzaklaştıkça yerçekiminin çekişi yavaş yavaş zayıflayacak ve evren özünde asla sona ermeden sonsuza kadar genişleyecektir. Tam olarak doğru bir madde dengesine

sahip düz bir evren ise genişlemenin sonsuza kadar yavaşlayacağı, fakat bir tekrar çöküş yaşanmayacağı anlamına gelir.

Şu ana kadar ki bütün kanıtlar düz bir evreni işaret ediyor. Fakat tam fizikçiler evrenin genişlemesinin sonsuza dek yavaşlayacağı gerçeğine alışmışken hikâye beklenmedik bir biçimde değişti. 1998'de iki ayrı fizikçi ekibi uzaktaki süpernovaları nirenji noktaları olarak kullanıp evrenin genişleme hızındaki değişimi ölçtü. Bu patlayan yıldızlar evrendeki en parlak nesneler arasında oldukları için astronomların uzaydaki mesafeleri belirlemesine yardımcı olabilirler. Bu uzaklıkları bir süpernovadan gelen ışığın ne kadar kaymaya uğradığıyla eşleştirerek genişleme hızının zaman içinde nasıl değiştiği hesaplanabilir. Örneğin, bir kaynaktan 10 milyar yıl önce çıkarak uzay içindeki yolculuğuna başlamış ışığın kırmızıya kayması yalnızca 1 milyar yıl önce bir kaynaktan yayımlanmış ışığın kırmızıya kaymasına göre önemli ölçüde daha belirgin olacaktır.

Hubble 1929'da ölçümlerini yaptığı zaman en uzaktaki kızıla kayan galaksiler kabaca 6 milyon ışık yılı uzaklıktaydılar. Eğer genişleme artık yerçekiminin etkisi nedeniyle yavaşlıyor olsaydı, o uzak galaksilerdeki süpernovaların, kızıla kaymalarının düşündürdüğünden daha parlak ve yakın görünmeleri gerekirdi. Fakat bunun yerine tam tersi geçerli oluyodu. Yüksek kızıla kaymalarda, en uzaktaki süpernovalar evren yavaşlarken sahip olmaları gereken bulanıklığa göre daha bulanıktırlar. Bunun tek akla yakın açıklaması evrenin genişleme hızının yavaş yavaş azalmak yerine hızlanıyor olmasıdır.

Bilim insanları bunun neden gerçekleşiyor olabileceğine ilişkin zekice bir açıklama buldular. "Görünüşe göre evrenin hızlanmasının ardında yatan hareket ettirici güç, hiçlikle ilişkilendirilen tuhaf bir enerji biçiminin neden olduğu itici yerçekimi," diyor Turner. Bu bilinmeyen madde kara enerjidir. Eğer kara madde evreni bir arada tutan yerçekimini ortaya çıkarıyorsa, kara enerji de evreni ayıran karşıt kuvvettir. Oyunun bu safhasında, kara enerji evrensel halat çekme oyununu kazanıyormuş gibi görünüyor.

İşte bilim insanlarının şu ana dek olanlar hakkındaki düşüncesi: Evrenin varlığının çok erken bir evresinde, kara madde baskındı. Her şey birbirine daha yakındı, bu yüzden kara maddenin yoğunluğu kara enerjininkinden daha yüksekti ve kara maddenin yerçekimsel kuvveti kara enerjininkinden daha güçlüydü. Bu ilk galaksileri oluşturan kümeleşmeye yol açtı. Fakat evren genişlemeyi sürdürdükçe, kara maddenin yoğunluğu ve dolayısıyla yerçekimsel kuvveti azaldı ve sonunda kara enerjininkine göre daha az oldu. Bu yüzden beklendiği gibi genişleme hızı azalacağı yerde, artık baskın olan kara enerji evreni giderek artan hızlarda parçalamaya başladı.

Peki bütün bu kara enerji nereden geliyor? Bilim insanları bunu gerçekten bilmiyorlar. Fakat Einstein'ın hatalarının bile sonradan kayda değer olduklarının anlaşılması dehasının bir kanıtı. "Abartma faktörü", yani lambda denilen evrensel sabit, itici bir yerçekimi biçiminin var olduğunu ima ediyordu. Bu itici yerçekiminin en basit örneğine de kuantum mekaniğinde rastlanabilir. Kuantum fiziğinde bir vakum bile bir var olup bir yok olan, karışık bir kuantum dansıyla uzaklara uçup tekrar bir araya gelen "sanal" parçacıklar biçimindeki enerjiyle doludur. (Görünüşe göre Spinoza doğanın vakumdan gerçekten nefret ettiğini söylerken haklıydı.) Bu bulanık sanal parçacıklar denizi kara enerjiyi meydana getirebilir ve evrene hızlanmayı sürdürmesi için gereken o hafif ekstra itkiyi verebilir.

Bu fikrin sorunu sayıların birbirini tutmamasıdır. Kuantum vakumu çok fazla enerji içerir: Kabaca gerekenden 10^{120} kat fazla. Yani evrenin şu ankinden çok daha büyük bir hızla genişliyor olması gerekir. Alternatif bir kuram evrenin daha da egzotik, dalgalı bir kara enerji biçimiyle, "cevher" ile dolu olabileceğini ileri sürer. Fakat şu ana kadarki bütün gözlemler kara enerjinin dalgalı değil sabit olduğuna işaret ediyor. Dolayısıyla bilim insanları daha da fazla olasılığı göz önünde bulunduruyorlar.

Örneğin, kara enerji sicim kuramının tahmin ettiği görülmeyen fazlalık boyutların etkisinin bir sonucu olabilir. Alternatif olarak, 2004'te Washington Üniversitesi'nde bilim insanları ka-

ra enerjinin nötrinoların –en hafif madde parçacıklarının- “acceleronlar” adı verilen kuramsal parçacıklarla etkileşime girmesinden kaynaklanıyor olabileceğini öne sürdüler. Bazı bilim insanları kara maddenin ve kara enerjinin aynı kaynaktan çıkıyor olabileceği kuramını geliştirdiler, fakat bu kaynağın ne olabileceğini bilmiyorlar. Ama arada bir bağlantı olmaması ve bu ikisinin çok farklı şeyler olması da gayet olası. Belki de kara enerji diye bir şey yoktur ve genel görelilik yerçekiminin doğru bir açıklaması değildir.

Bilim insanlarının üzerinde uzlaşabildikleri bir şey var: Evrenin hızlanması nedeniyle şekli artık nihai kaderini belirlemeyecek. Evrenin kaderi şekline değil, kara enerjinin sabit mi, yoksa değişim halinde mi olduğuna bağlı. “Evrenin hızlanmasını ve kara enerjinin yapısını daha iyi anlayıncaya kadar evrenin kaderini anlamayı ümit edemeyiz,” diyor Turner. Eğer kara enerji sabit kalırsa, hızlanma sonsuza kadar devam edecektir ve maddeler giderek birbirlerinden uzaklaşacaktır. Bugün yüzlerce milyar galaksi görebilirken 100 milyar yıl içinde ancak birkaç yüz galaksi görebiliyor oluruz. Eğer cevher modeli doğruysa, evrenin kaderi kara enerjinin zaman içinde azalmasına veya artmasına bağlı olur. Kara enerji azalırsa, genişleme evrenin bir büyük çöküşle içine çökmesi için yeterince yavaş olabilir. Buna karşılık kara enerji genişleme hızını zamanla arttıırırsa, 100 milyar yıl içinde bütün galaksileri, yıldızları ve atomları parçalayabilir. Bilim insanları buna “büyük yırtılma” diyorlar. Şu an için kara enerji sabitmiş gibi görünüyor.

Pullman'ın karakteri Mary Malone'nin keşfettiği “gölge parçacıklar”ın en şaşırtıcı yönü bilinçliymiş gibi görünmeleri, insan düşüncesinin çevresine kuşlar gibi toplaşmaları ve insanın yaratıcılığının ve işçiliğinin ortaya çıkardığı nesnelerin etrafında kümelenmeleridir. Bunlar tam anlamıyla insan düşüncelerinden ve duygularından doğmuş bilinç parçacıklarıdır. Kara enerji muhtemelen bilinçle ilişkilendirilmeyecektir, ama bu evrenin bir hafızadan yoksun olduğu anlamına gelmez. Bir zamanlar var olmuş bütün parçacıkların kalıntıları hâlâ yerli yerindedir – parça-

cıkların kendileri çok uzun zaman önce yok olmuş olsa bile. Bunun kanıtı fizikçilerin çeşitli atomaltı parçacıkları ve evrenimize hükmeden temel kuvvetleri açıklamak için kullandıkları denklemlerde bulunabilir. “Günümüzün evreni sadece büyük patlamanın istikrarlı kalıntılarını ve artıklarını içerir,” diyor Turner. “Dengesiz parçacıklar zamanla bozunup yok oldular, fakat uzayın yapısı artık çevremizde göremediğimiz bütün parçacıkları ve kuvvetleri ‘hatırlar.’” Denklemler asla unutmazlar.

Kayıp Nötrinolar Vakası

*Şubat 2001: Güneş Nötrinosu Sorununun
Çözümü*

Edgar Allan Poe'nun yazdığı bir kısa öyküde fırtınalı bir sonbahar akşamı Paris polisinin bir komiseri gayet kafası karışmış bir halde bilmeceler çözmeye meraklı bir şair ve yazar olan C. Auguste Dupin'in evine gelir. Komiser kraliyet dairesinden sırları ifşa eden bir mektubun çalındığını ve çok büyük unvanlı bir kadının şerefine tehlikede olduğunu açıklar. Fakat Poe'nun öyküsü tipik bir "kim yaptı?" öyküsünden çok farklıdır. Suçu kimin işlediği zaten bilinmektedir: Sadece D- diye bahsi geçen, kumpaslar kuran bir bakan mektubu kullanarak söz konusu kadına şantaj yapmaktadır. Polis son üç aydır mektubu tekrar ele geçirmeye ve bir skandalın patlak vermesini önlemeye çalışmıştır. Mektubun dış görünüşünün ayrıntılı bir tanımını edinmiş ve bakanın konutunu tepeden tırnağa aramış, hatta üzerinde gizlenmiş halde bulmak umuduyla iki kere adamın yolunu kesmişlerdir – fakat hiçbiri işe yaramamıştır. Fikri soru-

lan Dupin esrarlı bir biçimde, “Belki de bu gizem biraz *fazla* basittir... Biraz *fazla* âşikardır,” diye söylenir.

Bir ay sonra komiser geri döner. Artık ele geçmez mektubu bulmak için her şeyi göze almıştır ve ona yardım edebilen kişiye 50.000 frank ödül vermeyi vaat eder. Dupin o halde bir çek karşılığında mektubu komisere teslim edeceğini söyler. Sonra da aradaki sürede sinsice gizlice bakanın konutundan çıkardığı mektubu Sherlock Holmes’a yakışır bir gösterişlilikle ona verir. “Çalınan Mektup” 100 yıldan fazla bir süre önce yazılmıştı, fakat fizikçileri neredeyse 35 yıldır şaşırtmış bir yirminci yüzyıl gizemi, yani kayıp kötrinolar vakası için uygun bir analogi oluşturur.

Nötrinolar ışık hızına çok yakın bir hızda hareket eden atomaltı parçacıklardır. John Updike’nin 1959 tarihli şiiri *Kozmik Dargınlık* nötrinoların en belirgin özelliğini takdir eder: Yükleri yoktur ve kütleleri çok düşüktür; çok yakın bir zamana kadar fizikçiler hiç kütlelerinin olmadığına inanıyorlardı. Evrende en bol bulunan atomaltı parçacık olsalar da, tespit edilmeleri son derece zordur. Bunun nedeni herhangi bir madde türüyle nadiren etkileşime girmeleridir. Nötrino bombardımanına tutuluruz, ama onlar biz hiç fark edemeden içimizden geçip giderler. Her bir trilyon güneş nötrinosunun yalnızca bir tanesi Dünya’nın bir yanından öbür yanına yaptığı yolculuk sırasında bir atomla çarpışır; bir nötrino ışınını kesmek için de 100 ışık yılından fazla kalınlıkta sıradan maddeden oluşan bir duvar gerekli olur. Isaac Asimov onlara “hayalet parçacıklar” adını takmıştı.

Neden bilim insanları neredeyse varlığı yokluğu bir denecek kadar zayıf, hayalet gibi bir parçacıkla bu kadar ilgilenirler? Bir kere, nötrinolar hem bilim insanlarının evreni bir arada tuttuğuna inandıkları kuramsal “kara madde”nin, hem de evrenin genişlemesini hızlandırdığına inanılan “kara enerji”nin yapısı hakkında ipuçları sağlayabilirler. Ayrıca nötrinolar güneşin ve diğer yıldızların nasıl parıldadıklarının anlaşılmasında çok önemli bir yere sahiptir. Dünya’ya erişen nötrinoların çoğu güneşin en derin kısımlarında üretilir ve çok hafif oldukları için başka madde

parçacıklarla çarpışmalar nedeniyle engellenmeden (dolayısıyla da büyük ölçüde değişmeden) dışarı kaçabilirler. Dolayısıyla bilim insanlarına güneşin çekirdeğinin iç çalışması hakkında değerli ipuçları sunabilirler.

Bu hayalete benzeyen atomaltı parçacıkların on dokuzuncu yüzyıl edebiyatıyla ne ilgisi vardır? Poe'nun öyküsünde, polisler mektubun çalınmış olduğunu bilirler. Onu kimin çaldığını ve mektubun hâlâ bu kişide olduğunu da bilirler. Sadece onu bulamazlar. 1960'ların sonunda fizikçiler de benzer bir zor durumla karşı karşıya kaldılar. Nötrinoların var olduğunu biliyorlardı. Güneşin bunlardan kaç tane yayımlaması gerektiğini, dolayısıyla da dünyadan kaç tanesinin tespit edilmesi gerektiğini biliyorlardı. Fakat beklenen sayının yalnızca bir kısmını bulabiliyorlardı.

Bilimsel gizemimiz 1930'da, Fizikçi Wolfgang Pauli'nin görül-meyen bir parçacığın var olduğunu ileri sürmesiyle başlar. Enrico Fermi daha sonra buna "nötrino" adını verdi ve nötrinoların zayıf çekirdek kuvveti denilen bir şey vasıtasıyla diğer parçacıklarla nasıl etkileşime girebileceklerini açıklayan ilk kişi oldu. Zayıf kuvvet belirli atom altı parçacık türlerinin enerjilerini, kütlelerini ve yüklerini değiş tokuş etmelerine –esas itibarıyla birbirlerine dönüşmelerine- olanak verir. Fermi bir atomun içindeki bir nötronun bozunduğu zaman bir proton, bir elektron, bir de nötrino ürettiği kuramını geliştirdi. Bu güneşimiz gibi yıldızların çekirdeğinde hidrojen helyumdan başlayarak daha ağır elementlere dönüştürülürken her saniye 200^{36} kere gerçekleşen bir olaydır. Bu süreç çok büyük miktarlarda enerji açığa çıkarır (ısı veya görünüş ışığı biçiminde) ve nötrinolar bu tepkimelerin bir yan ürünüdür. Her gün güneşte trilyonlarca nötrino üretilir. Clyde Cowan ve Frederick Reines 1956'da gerekli kaynaşma tepkimeleri için Güney Carolina'daki bir nükleer santrali kullanarak ilk defa nötrinoları gözlemlerler.

Bilim insanları güneş nötrinolarını tespit etmek istiyorlardı, çünkü bunu yapmak güneşin enerjisinin kaynağının çekirdeğinde yaşanan bir termonükleer tepkimeler dizisi olduğunu doğru-

layacaktı. Fakat bunu söylemesi kolay, yapması zordu. Bilimi insanları ancak zayıf çekirdek kuvveti vasıtasıyla nötrinoların başka atomaltı made parçacıklarıyla etkileşime girmesini sağlayabilirlerse onların varlığını algılayabilirler. Sorun şudur ki zayıf kuvvet gerçekten çok zayıftır. Thornton Wilder'ın *Kasabamız* isimli oyunundaki ölmüş kişilerin ancak kasaba sakinleri mezarlığın yakınına gittiklerinde algılanabilen hayaletleri gibi, zayıf kuvvet de ancak nötrinolar atom çekirdeğine neredeyse dokunacak kadar yaklaştığında harekete geçer. Eğer bir çarpışma gerçekleşirse, atomun farklı bir kimyasal elemente dönüşmesine neden olur – bu da kolayca ölçülebilen bir etkidir.

Bilim insanları bu nedenle büyük nötrino gözlem evleri inşa etmeye karar verdiler. Bunlar atmosferdeki kozmik ışınlar gibi başka parçacıkların girişimine engel olmak için toprağın derinliklerine gömülmüş çok büyük sıvı tanklarıdır. Buradaki fikir, güneşin yayımladığı nötrinolar yeterince büyük bir sıvı tankının içinden akıp geçerlerse arada sırada içlerinden birinin sıvıdaki bir atoma çarpacağı ve gerçeği açığa çıkaran bozunma sürecini tetikleyeceğiydi. Bu biraz Sahra Çölünün ortasında belirli bir kum zerresini bulmaya çalışmak gibiydi, fakat fizikçi Ray Davis, Jr. denemeye değer olduğunu düşünüyordu. Davis ilk nötrino gözlem evini 1967'de Güney Dakota'daki Homestake adındaki eski bir madenin içine inşa etti. Devasa bir tankı 600 ton kuru temizleme sıvısıyla doldurdu. Bu sıvının bileşiminde çok fazla klor bulunur. Bir nötrinonun nadiren bir klor atomuyla çarpışması bir argon atomu oluşturacaktı, bu da bozunup bir elektron yayımladığı sırada tespit edilebilecekti.

Deney işe yaradı: Davis güneşten çıkmış nötrinoları tespit eden ilk kişi oldu. Bu sorunlardan yalnızca biriydi. Güneş kuramcıları her saniye her santimetre küp topraktan kabaca 1.800.000 nötrinonun geçmesi gerektiğini hesaplamış ve dolaşısıyla da Homestake tesisinin her gün bir nötrino vakası tespit etmesi gerektiği tahmininde bulunmuşlardı. Fakat Davis beklenenden çok daha az nötrino buluyordu: Yalnızca her üç günde bir nötrino vakası oluyordu. Beklenen güneş nötrinolarının ka-

baca üçte ikisi ortada yoktu. Deneyciler daha büyüğün daha iyisi olduğu öncülünden yola çıkarak arayışlarını genişlettiler. Her biri farklı tespit yöntemleri kullanan daha da büyük nötrino gözlem evleri inşa edildi, fakat yine de kayıp nötrinoların izine rastlanamadı.

Sonraki otuz yıl boyunca bilim insanları sürekli birbirlerini işaret ederek bu olgunun nedeni hakkında tartıştılar. Güneş kuramları deneycileri suçlayarak iyi kurulmamış deneyler yaptıklarını iddia ettiler. Deneyciler buna kuramcıların güneşin içinin sıcaklığını ve basıncını doğru hesaplamadığında ısrar ederek karşılık verdiler. Daha fazla nötrino bulmuyorlardı, çünkü bulunacak daha fazla nötrino yoktu. Sonunda her iki cephenin de hatalı olduğu ortaya çıktı; bilinmeyen bir faktör vardı.

Poe'nun hikâyesinde, polisler prosedürü mükemmel bir şekilde uygulamıştı, fakat bir şeyi çalmış bir adamın onu gözlerden saklamak için büyük bir zahmete gireceğini varsaymışlardı. Dupin, D-'nin hem bir şair, hem de matematikçi olduğu, bu yüzden de mantıkla yaratıcılığı birleştirdiği şeklinde akıl yürütmüştü. (Dupin açıkça şairlik mesleğinin tarafını tutarak, "Sadece bir matematikçi olsa kesinlikle bunu düşünemezdi" diye fikir belirtmişti.) Bundan da bakanın basitliği tercih edeceği ve mektubu gözler önünde gizleyerek saklı tutacağı sonucunu çıkardı. Benzer biçimde, nötrino gizemi de ancak Canada'nın Ontario eyaletinde bulunan Sudbury Nötrino Gözlem evi'ndeki (SNO) bilim insanlarının kayıp nötrinoların hep burunlarının dibinde olduğunu kanıtlamasıyla çözülebildi. Deneysel prosedürler kusursuzdu. Tek sorun bilim insanlarının yanlış nötrino türünü aramalarıydı.

Nötrinoların her biri farklı bir kütleye sahip olan farklı çeşitleri vardır: Biz onlara portakal, kiraz ve üzüm diyeceğiz. Elektron nötrinoları (portakallar) güneşin nükleer kaynaşımı sırasında ortaya çıkarlar. Muon nötrinoları (kirazlar) ve tau nötrinoları (üzümler) sadece daha yüksek enerji gerektiren bozunma süreçleriyle ortaya çıkarlar; örneğin üzümler yalnızca süpernova patlamaları sırasında meydana gelirler. Güneş yalnızca portakal tü-

ründe nötrinolar üretir, bu yüzden önceki bütün deneyler o türü tespit edecek şekilde hazırlanmışlardı ve kira ve üzüm nötrinolarını göz ardı ediyorlardı. Fakat SANO algılayıcısı diğer iki türü de arayacak şekilde tasarlanmıştı.

SNO tesisi algılayıcı sıvı olarak ağır su kullanır. Ağır suda her su molekülündeki iki hidrojen atomunun yerini döteryum adında bir hidrojen izotopu alır. Bir nötrino ağır sudaki bir döteryum atomuyla çarpıştığında –bu günde kabaca 10 kere olur- atom parçalanır. Atom iki şekilde parçalanabilir. Eğer bu bir portakal nötrino ise tepkime iki proton, bir de elektron üretir ve bir ışık parıltısı oluşturur. Bilim insanları bu parıltıları ölçerek portakal nötrinoların sayısını ölçebilirler. SNO'daki bilim insanları kiraz ve üzüm nötrinolarını bulmak için sadece ağır suya tuz eklediler. Tuz sodyum ve klor atomlarından oluşur. Eğer liraz veya üzüm nötrino bir döteryum atomuyla çarpışırsa, atom bir protona ve nötrona bölünür. Tuzdaki klor atomları nötronu emer ve gama ışınları yayımlar –bu da tespit edilmesi çok kolay bir yüksek enerjili ışınım türüdür. Araştırmacılar bu üç türün hepsini topladıklarında, tespit edilenlerin toplam sayısı güneş nötrinoları için yapılan kuramsal tahminlerle uyuydu. Fakat bilim insanları güneşin yalnızca portakal türü nötrinolar yayımladığını biliyorlardı. Nötrinolar uzayda Dünya'ya doğru gelirlerken bazılarına bir şeylerin olduğu ortadaydı.

2002'da SNO ekibi “kayıp nötrinolar”ı bulduğunu doğruladı. Nötrinolar hiç de kayıp değillerdi: Yalnızca kılık değiştirmişlerdi. Poe'nun amatör dedektifi Dupin suçlu bakanı ziyarete gittiği zaman, bir şömine rafından kirli mavi bir şeritle sarkan bir kart dolabı dikkatini çeker. Dolapta çalınmış olan mektuba neredeyse hiçbir benzerliği olmayan kirli, buruşuk bir mektup bulunmaktadır. Fakat daha yakından incelendiğinde bunun çalınmış mektubun ta kendisi olduğu, görünüşünü değiştirmek ve gerçek niteliğini gizlemek için ters yüz edildiği ortaya çıkar. İşte güneş nötrinoları da güneşten Dünya'ya doğru gelirlerken tam olarak aynı şeyi yaparlar: Seyir halindeyken “kılık” veya tür değiştirir, böylece görünüşlerini değiştirerek tespit edilmekten kurtulurlar.

Fizikçiler bu küçük, ustaca numaraya “nötrino salınımı” adını verdiler. Farklı nötrino çeşitleri belirli notalara göre akort edilmiş piyano tellerine benzetilebilir: Mesela bu notalar sol, si ve do olsun. Bilim insanları bir nötrinonun sol notası olarak doğmuşsa hep sol notası olarak kalacağını varsaydılar. Fakat sonradan nötrinolarının zamanla tıpkı bir piyanodaki teller gibi “akortlarının bozulabileceği” anlaşıldı. Bu yüzden bir sol notası yavaş yavaş bir si veya do notasına dönüşebilir ve bu diğerleri için de geçerlidir.

Bilimde sık sık görüldüğü üzere, gizemin yalnızca bir kısmı çözüme kavuşturuldu – daha doğrusu, gizemin çözülmesi yeni soruları beraberinde getirdi. Nötrinoların yol alırken çeşit değiştirebildiklerini biliyoruz, fakat bunu neden veya nasıl yaptıklarını bilmiyoruz. Ayrıca nötrinoların tür değiştirebilmele-ri için çok az, ancak algılanabilir bir kütleye sahip olmaları gerekir, bu da parçacık fiziğinin işleyen standart modeliyle uyum-uyor. Şu anda nötrino salınımı hakkındaki kuramların sayısı kayıp nötrinoları açıklayan kuramların sayısı kadar fazla.

Bugün astronomlar nötrino tespitini süpernova adı verilen ölen yıldız patlamalarında neler olduğunu anlamalarına yardımcı olmak için kullanmayı ümit ediyorlar. Samanyolu galaksisindeki süpernovalardan gelen ışığın çoğunu tespit edemiyorlar, çünkü galaksi tozu ışığı kesiyor. Nötrinolar tozun içinden geçip gider, dolayısıyla da taşıdıkları “bilgi”yi hiç kaybetmeden Dünya yüzeyine varırlar.

23 Şubat 1987’de Kanadalı astronom Ian Shelton Şili’deki Las Campanas Gözlem evi’nde rutin olduğunu zannettiği bir işle uğraşıyordu: Dünya’dan 167.000 ışık yılı uzaklıktaki Büyük Macellan Bulutu adı verilen küçük bir galaksinin teleskopik fotoğraflarını çekiyordu. Fakat bir fotoğraf levhasını banyo ettiğinde, daha önce olmayan aşırı parlak bir yıldız dikkatini çekti. Bu yeni bir yıldız değil, bir süpernova patlamasıyla parçalanmış yaşlı bir büyük yıldızdı. Astronomlar buna 1987A adını verdiler. Aynı sıralarda Japonya’daki Super Kamiokande nötrino algılayıcısı birkaç fazladan nötrino tespit etti.

Bir süpernova güneşin 10 milyar yıllık ömrünün tamamı boyunca üreteceğinden 1000 kat fazla nötrino yayımlar. Fakat Super Kamiokande algılayıcısı yalnızca 19 nötrino tespit etti. Bu sayı bir süpernovanın şiddetli bir nötrino sinyali üreteceği tahminlerini doğrulamak için yeterliydi. Fakat süpernovaların gerçekte nasıl işlediğini anlamak için tek bir süpernovadan binlerce nötrino tespit edilmesi gerekir. Bilim insanları şimdi hiç de basit ve aşikâr olmayan bir gizemi aydınlatmalılar – bu Poe’nun Dupin’in bile o üstün zekâsına layık bulabileceği bir meydan okuma.

İkarus Düşüyor

*Eylül 2002: Schön bilimsel suistimalden suçlu
bulunuyor*

Dorothy Sayers'in 1936 tarihli polisiye romanı *Gösterişli Gece*'nin konusunun merkezinde cinayet değil, bir veri sahteciliği vakası vardır. Bir tarihçi başyapıtını tamamlamasına kısa bir süre kala yıllarca büyük bir zahmet göstererek inşa ettiği hipotezin aleyhinde çürütülemez kanıtlar içeren bir belge keşfeder. Belgeyi yok etmeyecek kadar iyi bir tarihçi olduğu için onu çalar. Fakat hırsızlığı fark edilir, görevinden alınır, mesleki itibarını yitirir ve sonunda intihar eder. Bunun için sunulan açıklama, tarihçinin proje üzerinde çok uzun bir zaman boyunca çalıştığı, bu yüzden kendi kuramına sevdalandığı ve ondan vaz geçmeye dayanamadığıdır. Bir Oxford öğretimi üyesi üzüntüyle, "Korkarım bu güvenilirmez bir bilgin olmanın işareti," diye yorumda bulunur.

C.P. Snow'un romanı *Arayış*'ta da benzer bir olay yaşanır. Bir makalesinde dikkatsizce bir hata yapan ve bunu düzeltmeyen

bir bilim insanı saygın akademik konumunu yitirir. Sayers'in hayali dedektifi Lord Peter Winsey Snow'un romanıyla *Gösterişli Gece*'nin şanssız tarihçisini karşılaştırır. Bunun dikkatsizce yapılmış bir hataya karşı çok sert bir cezaymış gibi görünebileceğini, fakat bilimin sağlamlığını korumak için gerekli olduğunu ileri sürer. Snow'un romanında kıdemli bir bilim insanının söylediği "Şu ana dek bilimi mümkün kılmış tek ahlaki ilke her zaman doğrunun söylenmesidir," sözünü alıntılar. "Eğer yanlışlıkla hatalı beyanda bulunulmasını cezalandırmazsak, kasten hatalı beyanda bulunulması için kapıyı açmış oluruz. Bile bile hatalı bir beyanda bulunmak da bir bilim insanının işleyebileceği en ciddi suçtur."

Bilim ilk ortaya çıktığından bu yana hep hileler ve açık sahtekârlıklar var oldu. Çağdaş bilim insanları sahtekârlığı ve verileri uydurmak, verileri veya sonuçları deneyleri farklı gösterecek şekilde değiştirmek veya başka bilim insanlarının çalışmalarını aşırarak tanımlarlar. Bilim insanlarının bilimsel gerçeklerin doğruluğunu ortaya koymak için dikkate değer deneysel sonuçları tekrarlayabilmesi gerekir, çünkü sahtekârlık olasılığı vardır. Örneğin, X ışınlarının 1895'te keşfedilmesinden birkaç yıl sonra Rene Blondlot adında Fransız bir fizikçi N ışınları adında yeni bir ışınlam türü keşfettiğini, bu yeni ışınlamın yalnızca kendisinin geliştirdiği özel bir makineyle tespit edilebildiğini açıkladı. Amerikalı bir fizikçi bu iddiaları halkın önünde çürütmek için makinenin iç aksamını gizlice söktü. Blondlot gösterisini tekrar etti ve N ışınlarını hâlâ görebildiğini iddia ederek Amerikalı meslektaşını güldürdü. Adam "Algılayıcı"sının artık çalışmadığının farkında değildi.

Fakat sahtekârlık her zaman hilelerden ibaret değildir. Dürüstler karışık, saptanması zor ve bireylerin kendileri kadar anlaşılmaz olabilirler. Bazen Snow'un romanında olduğu gibi, sahtekârlık dikkatsizlikten veya yoğun bir rekabetin yaşandığı araştırma ortamında çığır açıcı sonuçları ilk yayımlayan kişi olma aceleciliğinden kaynaklanır. Bazen de açık bir hırstan ve açgözlülükten, ya da meslektaşları veya genel olarak halkı "oyu-

na getirme" arzusundan kaynaklanır. Örneğin 1726'da Johann Berginger adındaki Alman bir doğabilimcinin kinci meslektaşları memleketi Würzburg'un çevresine sahte kuş, kurbağa ve örümcek fosilleri gömdüler. Ayrıca üzerinde İbranca Yehova yazan taşlar da gömdüler. Henüz taşların bir aldatmaca olduğu ortaya çıkarılmadan inançlı bir Hristiyan olan Berginger bulgularını temel alan bir kitap yayımladı ve taşların Tanrı ile doğa arasında doğal olarak ortaya çıkan ilişkinin kanıtı olduğunu iddia etti. Sahte fosillere *Gensteine* ("yalan söyleyen taşlar") adı verildi.

Bazen, Sayers'in hayali tarihçisinde olduğu gibi, bir sahtekârlığın suçluları aksi yöndeki bütün kanıtlara rağmen sevdikleri kuramlarına ve hayali keşiflerine dört elle sarılırlar. Yıllardır İnternet'te dolaşan eğlenceli bir mektup görünüşe göre Smithsonian'daki bir antik eserler küratöründen Vermon'taki Scott Williams adındaki amatör bir arkeologa yazılmıştır. Williams arka bahçesini kazıp rastgele nesneler çıkarır ve bu "örnekleri" Smithsonian'a göndererek hakiki arkeolojik bulgular olduklarında ısrar eder. Olağanüstü hayalgücünün etkisiyle bir Barbie bebeğinin ağızda çiğnenmiş kafası 2 milyon yıllık bir insansı kafatasına, paslanmış bir ayarlı anahtar da genç bir *Tyrannosaurus rex*'in kalça kemiğine dönüşür. Vardığı sonuçları destekleyen garip hipotezler geliştirir – örneğin Barbie'nin kafasındaki ısırık izlerini yırtıcı Pliosen istiridyelerine atfeder ve aksi yöndeki kanıtları göz ardı eder (ısırık izleri açıkça bir köpeğin işidir). Fakat gerçekte böyle yanlış içinde bulunan bir insan yoktur; mektup bir "net miti", yani bir şehir efsanesinin İnternet'teki karşılığıdır. Fakat insanların gerçekleri sevdikleri kuramlara uyacak şekilde eğip bükme eğiliminin mükemmel bir örneğidir.

Hiçbir bilimsel disiplin sahtekârlığa karşı bağışık değildir. 1980'lerde biyoloji alanında birçok vakayla karşılaşıldı, fakat sonradan bunların en meşhurunun hatalı suçlama olduğu anlaşıldı. 1985'te Teresa Imanishi-Kari daha genç bir meslektaş tarafından yayımlanmış bir makalede verileri çarpıtmakla suçlandı. Bu vaka medyada çok fazla yer aldı, hatta *Time* dergisine ka-

pak oldu. Ayrıca Kongre'nin, özellikle Michigan'dan demokrat bir senatör olan John Dingell'in ilgisini çekti. Dingell bu konuda oturumlar düzenledi, hatta ABD Gizli Servisi'ne not defterlerini ve deneyde kullanılmış aletlerin veri teyplerini incelemesi için çağrıda bulundu. Imanishi-Kari ile ortak kitap yazan, Nobel ödülü kazanmış biyolog David Baltimore sadakatle meslektaşını savundu. Bu sadakati nedeniyle bazı dostlarını kaybetti ve Rockefeller Üniversitesi'nin rektörlüğü için bir randevusu iptal edildi. Imanishi-Kari'nin ise fon tahsisleri kesildi ve imtiyazları ertelendi. Kadın bilimde ters giden her şeyin bir sembolü haline geldi. Fakat bazı başka laboratuvarlar onun bulgularını doğruladı. Kadının aklanması basında yalnızca satır aralarında yer buldu – ve kesinlikle *Time*'in kapağına çıkmadı.

Biyologlar itibarlarını yeniden kazanmak için mücadele ederken, fizikçiler ilgisiz bir şekilde kendi kendilerine böyle bir şeyin alanlarında asla yaşanamayacağına dair güvence veriyorlardı. Büyük bir hayal kırıklığı onları bekliyordu. 2002'de fizik aynı anda iki sahtekârlık iddiası vakasıyla darbe aldı. Üstelik iddiaların her ikisi doğru çıktı. Sorun 1999'da Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı'nda yapılan bir deneyle başladı. Bu deneyde araştırmacılar kurşun bir hedefi çok yüksek hıza sahip kripton parçacıklarıyla bombardımana tutuyor ve vurulan atom parçalarının bozunumunu inceliyorlardı. Şu ana dek bulunmuş en ağır element olan 118. elementi elde ettiklerini öne sürdüler. Fakat daha sonraki deneyler sonuçları tekrarlamakta başarısız oldu ve ilk veriler tekrar çözümlendiği zaman 118. elementin varlığına işaret ettiği düşünülen, gerçeği açığa çıkarıcı atom bozunması kalıpları tespit edilemedi. Üç yıl içinde keşif geri alındı ve laboratuvar baş fizikçisi Victor Ninov'u iddiayı "kanıtlamak" amacıyla verileri tahrif ettiği için işten attı.

Fizik topluluğu hâlâ bu bozgun nedeniyle sersemlemiş haldeyken Locent Technologies/Bell Labs'ın Almanya doğumlu harika çocuğu Jan Hendrik Schön'ün çalışmaları şüpheleri üzerine çekti. 2001'de Schön bir pentasin molekülüne (normalde elektriği iletmeyen bir malzeme) altın elektrotlar taktı ve elekt-

rotları bir alüminyum oksit katmanıyla kapladı. Bu sayede küçücük bir transistöre döntüşen molekülü kullanarak basit güneş hücreleri ve lazerler yaptı. Ardından buckyballs adı verilen bileşiğin –bir futbol topu şeklinde birbirine bağlanmış 60 karbon atomundan oluşan karbon moleküllerin- önceden düşünülündüğünden çok daha yüksek sıcaklıklarda süperiletkenler haline gelebildiklerini keşfetti. Süperiletken elektrik akımını yüksek hızlarda ve çok az sürtünmeyle iletebilen malzemeye denir.

Bazıları Schön'ü çağdaş bir simyacıya benzetiyorlardı, çünkü o büyüyle elektriğin daha önce hiç iletilmediği maddelerden cesurca iletilmesini sağlıyordu. Schön doktorasını alalı daha beş sene olduğu halde Nobel Fizik Ödülü için adaylardan biri olarak görülüyordu ve Almanya'daki Max Planck Enstitüleri'nin birinin başına geçmesi teklifini kabul etmişti. Fakat sonuçlarının gerçekten çok bilimkurgusal olduğuna dair fısıltılar da doluyordu.

Birincisi, başka hiç kimse sonuçlarını tekrarlayamamıştı. İkinci, Cornell'deki fizikçi Paul McEuen ve Princeton'daki meslektaşları Lydia Sohn *Nature* ve *Science*'ta yayımlanmış iki ayrı makaledeki diyagramların iki farklı malzemenin elektriksel davranışını gösterdiğinin iddia edildiğini fark etmişlerdi. Fakat daha yakından çözümleme yapıldığında herhangi bir eğitilmiş bilim insanı diyagramların ya aynı olduğunu, ya da aynı veri kayıtlarına dayandığını açıkça görebiliyordu. Schön iki farklı deneyin sonuçlarını açıklarken aynı grafikleri kullanmıştı. McEuen ve Sohn aların düğmesine bastılar. Schön aynı tabloların bir yazı işleri hatasından ibaret olduğunda ısrar etti, başka grafikler sundu ve "Ben yanlış bir şey yapmadım" diye beyanda bulundu. Fakat izleyen soruşturma başka benzer durumları da açığa çıkardı ve Bell Labs geniş çaplı bir soruşturma başlattı.

Her şey sonradan anlaşıldı; geçmişe bakıldığı zaman sahte veriler hiç de o kadar inandırıcı gelmiyorlar. Bir araştırmacı *Salon* dergisine, "Fazla temizdiler," dedi. "Deneyisel olarak değil, kuramsal olarak olmasını bekleyeceğiniz gibiydiler." Bilimsel uzmanlardan oluşan bir panel Schön'ün yayımladığı makalelerden

yirmi beş tanesini inceledi ve 16 farklı yerde verilerin manipüle ve tahrif edildiğine dair “mücbir kanıtlar” buldu. Schön bazı sayıları olduğu gibi başka dergilerden almış, kuramsal tahminleriyle uyuşmayan veri parçalarını çıkarmış, hatta gerçek gözlemlenmiş veriler yerine matematiksel fonksiyonları (kuramı) kullanmıştı. Dahası, bunları “bilinçli olarak, sorumsuzca ve makalelerin ortak yazarlarından hiçbirinin haberi olmadan” yapmıştı ve böyle yaparak “bilimin değer sisteminde verilerin kutsallığına karşı sorumsuzca bir aldırmaçlık” sergilemişti.

Schön’ün danışmanı ve tartışmalı makalelerin birçoğunun ortak yazarı Bertram Batlogg da deneylerin hiçbirine tanık olmadığı halde makalelere isminin koyulmasına izin verdiği için ithamlara maruz kaldı. Kıdemli araştırmacılar rutin olarak genç meslektaşlarının laboratuvar notlarının altına imza atar, ya da deneylerle ilgili ham veri dosyaları isterler. Batlogg bunları yapmamıştı, fakat fizik topluluğu içindeki konumu Schön’ün sonuçlarının onay almış gibi algılanmasına neden olmuştu. Batlogg meslektaşlarına yazdığı bir özür e-postasında bunu kabul etti ve iş arkadaşına “fazla güvendiğini” ekledi.

118. Element vakasını soruşturan komisyon da Victor Ninov’un makalelerinin ortak yazarlarına benzer eleştirilerde bulundu. Komisyona başkanlık eden ünlü fizikçi George Trilling, “Sonucun taşıdığı büyük önem göz önüne alındığında, makalelerin yayımlanmasından önce hiç kimsenin hata olmadığından emin olmak için iddia edilen özel olayların ham verilerine bakmamış olması inanılmazdı,” dedi. “Olağanüstü sonuçlar olağanüstü destekleyici kanıtlar gerektirirler ve beklenmedik veya önemli bir keşif için kanıtlama zorunluluğu rutün bir ölçüm için olduğundan çok daha fazladır.”

Elbette Schön’ün durumunda ham veri dosyalarını istemek bir işe yaramazdı. Soruşturma paneli verileri istediğinde Schön onları veremedi ve bilgisayarının diskinde yer kalmadığı için dosyaları sildiğini iddia etti – bu bilgisayar disklerinin kapasitesinin katlanarak arttığı bir çağ için gülünç bir bahaneydi. Büyümlü tek molekül transistörleri de yok edilmişti. Veri kayıtlarını

silmesi bile başlı başına bilimsel suistimal oluştuyordu. Şu ana kadar ne Schön ne de bir başkası sonuçları tekrarlayabildi.

Komisyon raporunu Eylül 2002'de açıkladı. Bir kere Schön'ün suçlu olduğu kesinleştikten sonra, sonuçlar sert ve hızlı bir şekilde geldi. Bell Labs kısa süre sonra Schön'ü işten çıkardı ve Max Planck Enstitüsü de başkanlık randevusunu iptal etti. Birçok itibarlı ödülü geri alındı, birçok dergi tartışmalı makaleleri geri çekti ve Schön doktorasını yitirdi. Gözden düşmüş bir halde Almanya'ya döndü ve hızla gözden yitti. Fakat olayın yankıları Schön'ün kendisini çok aştı. Dünya çapında 100'den fazla laboratuvar grubu onun sonuçlarını tekrarlayabilmek için çalışıyordu. Doktora öğrencileri doktora tezlerini o deneylere dayandırmışlardı ve doktora sonrası araştırma yapan akademisyenler de Schön'ün çalışmasını temel alarak itibarlı mevkilere yükselmeyi ümit ediyorlardı. Ayrıca bu olay halkın bilime duyduğu güveni de baltaladı.

Eğer bilimsel yöntem bu kadar iyi işliyorsa, neden Schön'ün sahtekârlığının ortaya çıkması için sahte verilerini ilk yayımlayışından sonra dört yıl geçmesi gerekti? Bunun yanıtı kısmen bilimsel bilginin ne hızla ilerlemesi gerektiğine dair belirlenmiş kurallar olmamasında yatar. İyi deneyler tasarlamak ve yürütmek için zamana ve paraya ihtiyaç vardır ve bu deneyler her zaman ilk girişimde iş yaramazlar. Blondlot'un N ışınları hemen çürütüldü, fakat bilim insanları ancak Copernicus'tan 100 yıl sonra güneş sisteminin merkezinin Dünya değil güneş olduğunu kabul ettiler. Imanishi-Kari'nin temize çıkması 10 yıl aldı; daha hiç kimse sonuçlarını tekrarlamaya çalışmadan kamuoyu mahkemesinde yargılanmış ve hüküm giymişti. Bunlarla karşılaştırıldığında bir sahtekârlık suçunun işlenmesiyle ortaya çıkarılması arasındaki dört yıllık bir süre o kadar da aşırı görünmüyor.

Diğer faktör de, fiziğin birçok kişinin algıladığı gibi soyut bir kesinlikler dünyası olmamasıdır. Salt, kesin gerçekler olduğu kadar birçok yanıtlanmamış soru ve ele geçmez gizem de vardır. Bilim fazlasıyla insana ait bir uğraştır ve bilim insanları da diğer insanlar gibi yanılığa düşebilirler. Schön'ün çok fazla sayı-

da makale yazıyor oluşu şüphe uyandırmalıydı. Çoğu bilim insanı yılda yaklaşık üç önemli makale yazabilir. Schön üç yıl içinde 90 taneden fazla yazdı. Fizikçi Art Ramirez *New Scientist* dergisine, "Ben o kadar makaleyi yazmak bir yana, okumayı bile zor bulurum," dedi; Nobel ödüllü Pihlip Anderson da *Salon* dergisine Schön konusunda fizik topluluğunun aşırı enayilikten suçlu olduğunu itiraf etti: "Hepimiz verilerden anında kuşkulanma-lydık." *Gizli Dosyalar*'daki Fox Mulder gibi, fizikçiler de inanmak istiyorlardı. Bu istek sahtekârlık ihtimalini gözden kaçırmalarına sebep olmakla kalmadı, onun devam ettirilmesine de yardımcı oldu.

Schön'ün öyküsü son derece insansı bir trajedidir. Kısa kariyerinin tepe noktasındayken sık sık efsanevi kral Midas'a benzetiliyordu, çünkü elini attığı bütün deneyler bilimsel altına dönüşüyormuş gibi görünüyordu. Skandal sonrasında ise daha çok uçabilmek uğruna kendi yaptığı kanatları mumla omuzlarına bağlayan İkarus'a benziyor. İkarus güneşe fazla yakın uçmuştu, bu yüzden mum erimiş, o da çakılarak ölmüştü. Schön'ün sahte bulguları daha az devrimsel olsaydı bu kadar ayrıntılı bir incelemeye tabi tutulmayacaklardı ve belki de hiç yakalanmayacaktı. Bunu neden yaptı? Yalın hırs ve çok rekabetçi bir ortamda sonuçlar elde etme baskısı bunun için yeterli güdüler gibi görünmüyorlar. Schön eninde sonunda başkalarının vardığı sonuçları tekrarlayamamasının hilesini ortaya çıkaracağının farkına varacak kadar iyi bir bilim insanıydı.

Suçlamalar ilk meydana çıktığı zaman isminin açıklanmasını istemeyen bir bilim insanı, "Eğer sonuçlar hileliyse, Schön'un bir çeşit psikolojik sorununun olması gerekir," dedi. Fakat Schön'ün gerçekten çaişmasının sonunda aklanacağına ve sabırsızca veriler üzerinde oynayışının hiç keşfedilmeyeceğine inanmış olması da gayet mümkün. Son açıklamasında da buna işaret ederek sadece masum olduğunu değil, bilim insanlarının tek molekülülük bir transistör inşa etmesinin yalnızca bir zaman meselesi olduğuna dair sarsılmamış bir inancı olduğunu da açıkça söyledi.

Ya Schön doğruyu söylüyor olsaydı ve kopyalanmış grafikler gerçekten bir yazışleri hatasından ibaret olsaydı? Yine de böyle sert sert bir cezayı hak eder miydi? *Gösterişli Gece*'de Wimsey ile birkaç Oxford akademisyeni arasındaki, ilkelere sıkı sıkıya uymanın sert yapısına ilişkin bir tartışma dönüp dolaşıp hilekar tarihçiye gelir. "Bir ilkenin ilk yaptığı –eğer gerçekten bir ilke ise- birini öldürmektir," der Wimsey. Bu ilkenin yanlış olduğu anlamına değil, yalnızca bir bedelinin olduğu anlamına gelir.

Sicim Kesimi

Ekim 2003: Sicim kuramı üzerine nova özel

Ingiliz roman yazarı Jeanette Winterson, *İçsel Simetriler*'de Jove adındaki orta yaşlı bir sicim kuramcısı, karısı Stella ve yetişmekte olan genç bir fizikçi olan metresi Alice –sonradan Stella ile karşılaşınca ikisi sevgili olurlar- arasındaki karmaşık ilişkileri anlatır. Kove'nin İtalyan annesi, "Jove'nin süpersicimler üzerinde çalışmasının tek sebebi ona spagettileri hatırlatmaları," diye espri yapar. Aslında hem Jove, hem de Alice'in bu alana çekilmelerinin sebebi, bilimin en uzak, en seçkin erimlerinin kenarında olmasıdır. Bu fizik ve matematiğin metafizik ve metaforun soyut dünyasının sınırlarını aştıkları bir diyardır.

Sicim kuramına göre, evren farklı şekillerde titreşen ve kıvrılan küçücük ip benzeri nesnelerden oluşur. Sicimlerin kıvrılma şekli ne çeşit temel parçacıkların oluştuğunu belirler ve etrafımızda gözlemlediğimiz fiziksel kuvvetleri ortaya çıkarır, tıpkı titreşen elektrik ve manyetizma alanlarının bütün ışık spektru-

munu meydana getirmesi gibi. Sicim kuramı büyük birleşik kuram (GUT) adı verilen, bütün evrenin bütün boyut ölçeklerindeki işleyişini açıklayan ana denklemler için şu ana kadarki en iyi adaydır. Bilim insanları Albert Einstein 30 yıl boyunca bütün bilinen fiziksel kuvvetleri tek bir kuvvette birleştirmek için uğraşıp başarısız olduğundan bu yana bir GUT arıyorlar. Bu yaklaşımın kökeni on dokuzuncu yüzyılda elektrikle manyetizmanın birleştirilmesine dayanır. Einstein uzayla zamanı, enerjiyle kütleyi ve yerçekimiyle ivmeyi birleştirmekte başarılı oldu, fakat nihai amacına ulaşamadı. Gerçek bir GUT, evrenin en temel sırlarının kapısını açabilen bir maymuncuğa sahip olmak gibidir.

1920'lerden bu yana fizik en azından kuramsal payandaları açısından bölünmüş bir alan oldu. *Batı Yakasının Hikayesi*'ndeki Shark'lar ve Jet'ler gibi fizikte de iki rakip "çete" var. Birincisi makro düzeyde kedilerden arabalara ve evrene kadar nesneleri ve fiziksel sistemleri incelemek için genel göreliliği kullanan Görelî İsyankarlar. İkincisi ise kuantum mekaniğinin ilkelerini atom düzeyindeki nesnelerin ve sistemlerin davranışlarına uygulayan Kuantum Kralları. Her iki taraf da diğer tarafın alanına girdiğinde çok başarılı olamıyor: Görelilik atom düzeyinde çöküyor ve kuantum olguları da makro düzeyde gerçekleşmiyor. (En son ne zaman birinin bir duvarın içinden geçtiğini gördünüz? Halbuki kuantum düzeyinde, atomlar her zaman aşılabilir görünen enerji bariyerlerini "tünel açarak" geçerler.) Fiziğin şu anda karşı karşıya olduğu muamma bu. Bir büyük birleşik kuram arayan fizikçileri görelilikle kuantum mekaniğini birleştirerek evreni bütün boyut ölçeklerinde açıklayan tek bir kuram elde etmeye çalışmak gibi nahoş bir görev bekliyor. Bu görev petrole suyu karıştırmak veya kavgacı Shark'larla Jet'leri tek bir barışçıl süperçetede birleştirmek kadar zordur.

Çağdaş fizikte dört temel kuvvet vardır: Genel göreliliğin hükmettiği yerçekimi; üçüne de kuantum mekaniği yasalarının hükmettiği elektromanyetizma, güçlü çekirdek kuvveti ve zayıf çekirdek kuvveti. Bu dört kuvvet farklı güçlere sahiptir ve farklı boyut ölçeklerinde geçerlidir. Yerçekimi gezegenlerin yıldızların

çevresinde dönmesini sağlar, elektromanyetizma ise elektronların atom çekirdeğinin çevresinden dönmesine neden olur. Bir çekirdeğin içinde, güçlü ve zayıf kuvvetler oyuna dâhil olurlar. Güçlü kuvvet protonlarla nötronların bir araya gelerek bir çekirdek oluşturmalarını sağlar ve bu kuvvetin üstesinden gelinerek atom parçalandığında çok fazla miktarlarda enerji açığa çıkar. İşte nükleer parçalanmada ve kaynaşmada bu olur. Zayıf kuvvet atom çekirdeğiyle nötrinolar, yani nötronlar protona veya protonlar nötrona dönüştüğünde ortaya çıkan küçücük parçacıklar arasındaki etkileşimleri kontrol eder. Zayıf kuvvet sadece nötrinolar atom çekirdeğine neredeyse dokunacak kadar yaklaştıklarında devreye girer. Bu olduğunda atom farklı bir kimyasal elemente dönüşür.

Bu kadar farklı kuvvetleri bir araya getirmek kolay bir iş değildir. Winterson'ın kitabındaki üç sevgiliyi ihtiras ateşleri birbirine bağlar ve fiziksel kuvvetleri birleştirmek için de benzer yoğunlukta bir ısı gerekir. Yeterince yüksek sıcaklıklarda, elektromanyetizma ve zayıf kuvvet birleşirler ve elektrozayıf kuvvet halini alırlar, tıpkı sıcak bir yaz gününde bir bardak sudaki buz küplerinin eriyip çevrelerindeki sıvıyla birleşmesi gibi. Bilim insanları sıcaklıklar daha da arttırılırsa –sadece büyük patlamadan bir saniyenin çok küçük bir kesiri kadar süre sonra görülmüş düzeylere çıkarılırsa- elektrozayıf ve güçlü kuvvetlerin de birleşeceğine ve tek bir evrensel kuvvet ortaya çıkaracağına inanıyorlar. Buna da parçacık fiziğinin “standart modeli” denir.

Yapışma noktası yerçekimidir. Jove muzipçe standart modelle “uçan muşamba” adını takar, çünkü “büyüktür, yararlıdır, istediğin şeyleri içerir ve yerçekimini göz ardı eder.” Fakat yerçekimi her zaman denklemin bir parçasıdır. Alice bunu bilir, fakat yine de onu yenmek için bir değil iki yakıcı ilişkiye girer ve kaçınılmaz olarak yere çakılır. “Kısa süreli bir deneydi ve çok geçmeden direnmek üzere yola koyulduğumuz sıradanlığın tuzağına düştü” diye itiraf eder. Aşkta olduğu gibi fizikte de yerçekimi en büyük bozguncudur. Standart model o uyumlu simetrisine ancak yerçekiminin kaçınılmaz gerçekliğini görmezden gelme-

si sayesinde ulaşır. Yerçekiminin ışık hızında hareket etmesi, bu ikisi arasında temel bir ilişki olduğunu gösterir. Fakat iki kuvvetin gücü birbirinden çok farklıdır. Yerçekimini güçlü bir kuvvet olarak düşünürüz – ne de olsa gezegenleri yörüngelerinde tutar. Fakat her gün çok çeşitli yöntemlerle azar azar onun üstesinden geliriz. Bunun nedeni atom düzeyinde yerçekiminin çok cılız görünmesi, kuantum dünyasını simgeleyen şiddetli dalgalanmalara kolayca yenik düşmesidir.

Yine de hem görelilik hem de kuantum mekaniği belirlenmiş boyut ölçeklerinde mükemmel biçimde iş görürler, o halde neden ikisini birbiriyle uzlaştırmak gereksin ki? Fizikçiler kalben indirgemecilerdir; ortaçağ felsefecisi Ockham'lı William gibi onlar da varlıkların gerekenden fazla olmasından nefret ederler. Bu yüzden evren için birbirine iki rakip kural kümesinin olması onlarda düzensizlik izlenimi bırakır. Ayrıca bu durum yönetilmesi zor anormallikler ortaya çıkarılabilir. Bazen eşle metres karşılaşırlar. Her iki kural kümesinin geçerli olduğu bazı egzotik durumlar vardır. Karadelikler olgusunu ele alalım. Karadelik bir yıldız içine çöktüğünde ve kütesinin tamamı ultra küçük küresel bir bölgeye yoğunlaştığında ortaya çıkar. Bu çevredeki uzay-zamanı o kadar derinden çarpıtır ki ışık dâhil fazla yaklaşan hiçbir şey çekimsel kuvvetten kaçamaz. Bu noktaya ulay ufku denir. Olay ufkunu geçen ve karadelinin içine düşen nesneler merkeze doğru düşerken gittikçe artan bir çekimsel gerilmeye maruz kalacaklardır.

Bir karadelinin merkezine onun tekilliği adı verilir. Tekillik hem kütle bakımından sınırsız derecede yoğun, hem de sınırsız derecede küçüktür. Bilmece şudur: Bilim insanlarının kara delikleri incelerken bir yıldız çok büyük olduğu için genel göreliliğin kurallarını mı uygulamaları, yoksa tekillik çok küçük olduğu için kuantum mekaniğinin kurallarını mı uygulamaları gerekir? Karadelikler doğaları gereği bir paradoks oluştururlar: Kara deliğin merkezi hem müthiş ağır, hem de aşırı küçüktür. Bunun evrenin başlangıcını açıklayan büyük patlama kuramı için önemli sonuçları vardır. Bilim insanları gözlemlenebilir evrenin

doğumu sırasında böyle bir tekilliği andırdığına, yanı sonsuz de-
recede yoğun ve küçük olduğuna inanıyorlar. Evreni büyük bo-
yut ölçeklerinde açıklayabilen bir ana denklemler kümesi fizik-
çilerin bu tuhaf anomaliyi çözüme kavuşturmalarına olanak ta-
niyacaktır.

İşte sicim kuramı burada devreye girer. Her şey 1968'de Gab-
riele Veneziano adında genç bir doktora sonrası araştırmacısı-
nın İsviçreli matematikçi Leonhard Euler'in 200 yıl önce orta-
ya attığı unutulmuş bir denklemi su yüzüne çıkarmasıyla baş-
ladı. Bu denklem Euler'in çağcillerinca acayip bir ilginçlik sayı-
larak göz ardı edilmişti. Veneziano denklemin Euler'in çağında
hiçbir şekilde bilinmeyen güçlü kuvvetin doğru bir açıklaması-
nı sunduğunun farkına vardı. Başka bir kuramcı olan Leonard
Susskind, Veneziano'nun keşfini haber alınca kendi hesapları-
nı yaptı. Bu denklemin aynı zamanda titreşen esnek parçacıkla-
rı da çok doğru biçimde açıkladığını buldu ve temel parçacıkla-
rı sicimler olarak yeniden tasavvur etti. Bu sicimler keman veya
çello yayları gibi gerilebiliyor, büzülebiliyor ve kıvrılabiliyorlar-
dı. Eğer sicimin parçaları yeterince küçükse dünyanın dört bir
yanındaki atom çarpacıklarda deneysel olarak üretilen ve göz-
lemlenen katı, sabit, nokta gibi parçacıklar gibi görünmeye de-
vam ediyorlardı.

Susskind çok önemli bir keşif yaptığını düşündü, fakat bu ko-
nudaki ilk makalesi bilimsel akranları tarafından hızla reddedil-
di. Bu fikir fazla garipti. O ve diğer birkaç kuramcı ısrar etti, fa-
kat sicim kuramı sonraki 15 yıl boyunca durgun bir bilimsel alan
olarak kaldı. Bunun en büyük sebebi tahminlerinin birçoğunun
deneysel gözlemlerle çelişmesiydi. Üstelik matematiksel tekillik-
lerden muzdaripti; bazı denklemler sık sık anlamsız bir sonuç
üretiyordu: sonsuzluk. Bu fizikçilere genel olarak bir denklemin
yanlış olduğunu gösterir, çünkü fiziksel dünyada sonsuzluklara
yer yoktur. Sonra, 1984'ün yazında, iki matematikçi tekillikleri
ortadan kaldırmayı başararak sicim kuramının dört temel kuv-
vetin hepsini ve her türlü maddeyi kapsayacak kadar geniş oldu-
ğunu kanıtladı. Bu gerçek bir GUT demektir.

Sicim kuramı bir anda meşru bir alan halini aldı; aslında patladı da denilebilir, zira sonraki iki yıl içinde bu konuyla ilgili 1000'den fazla araştırma makalesi yayımlandı. Fakat kendi başarısının kurbanı da oldu. 1980'lerin sonuna gelindiğinde bu alanda o kadar fazla insan çalışıyordu ki sicim kuramının birçok ortak öğeye sahip ama matematiksel ayrıntıları birbirinden çok farklı olan beş farklı versiyonu ortaya çıkmıştı. Hangisi doğru kuramdı? 1995'te Ed Witten adındaki bir kuramsal fizikçi sicim kuramı üzerine bir bilimsel konferansta beş rakip kuramı tek bir kuramda özetlemenin bir yolunu açıklayarak sansasyon yarattı. Witten'a göre, beş farklı kuram yoktu, sadece aynı şeye bakmanın beş farklı yolu vardı, tıpkı bir aynadaki yansımalara göz dikmek gibi. Rakip kuramların dört tanesi aslında sadece aynadaki görüntülerdi. Witten kendi versiyonuna M kuramı diyor (görünüşe göre hiç kimse M'yin neyi temsil ettiğini bilmiyor, Witten biliyorsa da söylemiyor).

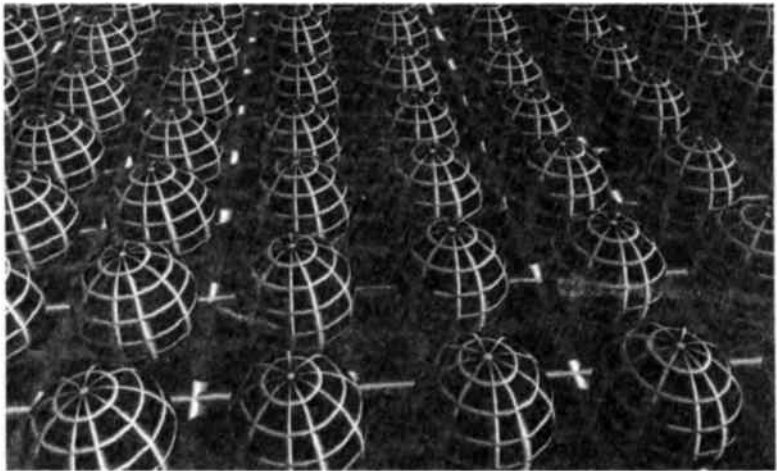
Sicim kuramına göre, yeterince büyütülen herhangi bir parçacığın katı, sabit bir nokta değil titreşen küçücük bir sicim, yani sonsuz derecede ince kauçuk bir şerite benzeyen tek boyutlu bir iplikçik olduğu görülecektir. Evrenin ilk saniyelerinde oluşmuş olan bu sicimler o kadar küçüktür ki noktaymış gibi görünürler. Bütün madde ve bütün kuvvetler bu titreşimlerden oluşur; işte sicim kuramını GUT için bu kadar iyi bir aday yapan budur. Bütün evren dizilmiş sicimlerle doludur ve bu sicimler bir atomdan daha ince olsalar da yakınlarından geçen herhangi bir nesneye çok büyük bir miktarda çekim kuvveti uygulayabilirler. Sicim kuramı ayrıca temel parçacıkların neden özel kütleleri ve kuvvet yükleri olduğunu ve kuvvetlerin göreceli güçlerini de açıklar – bunların hepsi kuramsal gözlemlerden bilinir, fakat bu belirli özelliklerin nasıl veya neden var olduğu kuramsal olarak ya çok az anlaşılmış, ya da hiç anlaşılamamıştır.

Elbette işin içinde bir hile vardır. Sicim kuramı bütün bu farklı parçaları uyumlu bir bütün halinde bir araya getirmek için fazladan uzay boyutlarına ihtiyaç duyar. Algılayabildiğimiz boyutlara alışıkız: Fiziksel uzayın üç boyutu ve zaman denen dördün-

cü boyut. Sicim kuramı ise 11 ayrı boyutu gerekli kılar: Bildiğimiz ve sevdiğimiz dört boyut, bir de üzerine uzay-zamandaki her noktada bir kilimin püsküllerinin dairesel iplik düğümleri gibi kıvrılmış diğer yedi boyut. Bu fazladan boyutlar bilinen evrene hükmeden temel sabitleri meydana getirirler: Örneğin temel parçacıkların özel kütleleri ve yükleri ve dört kuvvet. Sicim kuramcısı Brian Greene çok satan kitabı *Zarif Evren*'de müzikle bir benzerlik kurarak fazladan boyutların "evrensel sicimler senfonisini ahenkli tuttuğunu" iddia eder. Sahne arkasındaki bir sahne yöneticisi gibi bu sicimler de asla görülmezler, fakat yaptıkları katkılar performans için hayati önem taşır.

Eğer fazlalık boyutlar mevcutsa, neden onları algılayamıyoruz? Bu boyutlar çok ama çok küçüktür ve günümüzün metrenin milyar çarpı katrilyonda biri kadar nesneleri ölçebilen son teknoloji ürünü aletleri tarafından bile tespit edilemezler. Her gün bu fazlalık boyutların içinden yüzlerce kere geçiyor ama hiç farkına varmıyor olabiliriz. Kağıt demetleri gibi buruşukturlar. Üstelik sadece rastgele değil, Calabi-Yau adı verilen egzotik bir altı boyutlu geometrik şekiller sınıfına dâhil şekilleri vardır.

Bu boyutlar ne kadar küçük olurlarsa olsunlar, sicimler daha da küçüktür. Bir sicim uzay-zamanın bu 11 ayrı boyutunun için-



Sicim Kuramında Uzay Zamanın 11 Boyu

den geçerek, bir yandan dalgalanarak hareket eder ve fazlalık boyutların geometrik biçimi titreşimin çınlama kalıplarının belirlenmesine yardımcı olur. Bu kalıplar da bilim insanları tarafından maddeyi oluşturan temel parçacıkların kütleleri ve yükleri olarak gözlemlenirler. Fazlalık boyutların varlığı ayrıca yerçekiminin neden bu kadar zayıfmış gibi görüldüğünü de açıklayabilir. Greene'e göre, yerçekimi zayıf değildir. Yalnızca kısıtlı boyut referans çerçevemizde gücünün tam etkisini hissedemeyiz, çünkü bu güç fazlalık boyutlara dağılır. Yerçekimi ses dalgaları gibi davranarak kaynağının kısıtlamalarını yırtıp diğer boyutların "odalarına" kaçmayı başaramıyor, bu yüzden gücünün etkisini kaybediyor olabilir.

Winterson'un romanında Alice derin derin düşünürken eğer sicim kuramı doğruysa o halde maddenin tamamının kavramsal olduğu, katı parçacıklardan değil soyut titreşimlerden oluştuğu sonucuna varır. "Ne temel bir yapı taşı, ne de diğerlerinin üzerine koyulacağı kesin ve sağlam bir ilk prensip var," der. Sicim kuramcıları cevap olarak alanlarının asıl amacının o kesin sağlam ilk prensibi bulmak olduğunu söylerlerdi. Gerçek mesele bilimin şu anda bu sicimleri doğrudan gözlemlemek için gerekli yöntemlerden yoksun olmasıdır; varlıkları ancak çıkarsanılabilir. Bu sicim kuramını yalnızca altta yatan matematiğe inanca noktasına tehlikeli derecede yaklaştırır. Eğer bir kuram test edilemiyorsa, matematiği ne kadar etkileyici, karmaşık ve zarif olursa olsun, bilimden çok felsefe tanımına girer, en azından fizikçilerin düşüncesine göre. Ünlü sicim kuramcısı James Gates bile, "Eğer sicim kuramı test edilebilir bir tahmin ortaya koyamazsa, hiç kimse ona inanmamalıdır," dedi. Doğal felsefe olarak hayatına başlayan fizik şimdi daireyi tamamlıyor gibi görünüyor. Eski Yunan ve Rönesans filozoflarının göksel "küreler müziği" üzerine derin derin düşünmekte haklı oldukları ortaya çıkabilir: Evren esas itibarıyla gerçekten de kozmik bir sicim kesimi olabilir.

- Addams Family Values*. Yönetmen Barry Sonnenfeld, 1993, Paramount.
- Anderson, Bonnie S., and Judith P. Zinsler. *A History of Their Own: Women in Europe from Prehistory to the Present*, Vol. 2. New York: Harper and Row, 1988.
- Anderson, David. *The Discovery of the Electron*. New York: Taylor and Francis, 1997.
- Apollo 13*. Yönetmen Ron Howard, 1995, Universal City Studios.
- Atalay, Bulent. *Math and the Mona Lisa*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution, 2004.
- Auburn, David. *Proof*. New York: Faber and Faber, 2001.
- Austin Powers: International Man of Mystery*. Yönetmen Jay Roach, 1997, New Line Cinema.
- Back to the Future*. Yönetmen Robert Zemeckis, 1985, Universal Studios.
- Baldwin, Neil. *Edison: Inventing the Century*. New York: Hyperion, 1995.
- Ball, Philip. "New Model of Expanding Universe: There Are More Than Two Ways to Pump Up the Universe," *Nature*, February 2, 2001.
- Batman Forever. Yönetmen Joel Schumacher, 1995, Warner Studios.
- Baum, Rudy. "Drexler and Smalley Make the Case for and against 'Molecular Assemblers,'" *Chemical and Engineering News*, Aralık, 2003.
- Bennett, J. A., ed. *London's Leonardo: The Life and Work of Robert Hooke*. Oxford: Oxford University Press, Mayıs 2003.
- Benyus, Janine. *Biomimkry: Invention Inspired by Nature*, New York: HarperCollins/Perennial, 2002.
- Blade Runner*. Yönetmen Ridley Scott, 1982, Ladd Company (through Warner Brothers).
- Bloomfield, Louis. *How Things Work: The Physics of Everyday Life*, 2nd ed. New York: Wiley, 2001.
- Bodanis, David. *E = mc²: A Biography of the World's Most Famous Equation*. New York: Walker, 2000.
- Bradbury, Ray. "I Sing the Body Electric." In *I Sing the Body Electric and Other Stories*. New York: HarperCollins/Perennial, 2001.
- Bramly, Serge. *Leonardo: The Artist and the Man*. New York: Penguin, 1994.
- Bringsjord, Selmer. "Chess Is Too Easy," *MIT Technology Review*, Mart-Nisan 1998.
- . "A Contrarian Future for Minds and Machines" *Chronicle of Higher Education*, Kasım, 2000.
- . David Fermecci. *Artificial Intelligence and Literary Creativity: Inside the Mind of Brutus, a Storytelling Machine*. Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum, 2000.
- Bromberg, Joan L. "The Birth of the Laser" *Physics Today*, Ekim 1988.
- Bromley, Allan. "The Evolution of Babbage's Calculating Engines," *Annals of the History of Computing* 9, 1987, 113-136.
- Brown, Dan. *The Da Vinci Code*. New York: Doubleday, 2003.
- Brumfield, Geoff. "Physicist Found Guilty of Misconduct," *Nature*, 26 Eylül, 2002.
- Brunton, Michael. "Little Worries," *Time Europe*, Mayıs 4, 2003.
- Brush, Stephen J. "Creationism versus Physical Sciences" *APS News*, Kasım 2000.
- Buffy the Vampire Slayer*. "The Wish," Sezon 3. Yönetmen David Greenwalt, written by Marti Noxon. 8 Aralık 1998. Twentieth Century Fox.
- . "Beer Bad," Sezon 4. Yönetmen David Solomon, written by Tracy Forbes. 2 Kasım, 1999. Twentieth Century Fox.

- Burgess, Daniel. "A Hairly Worm Wears Photonic Crystals," *Photonics Technology*, Mart 2001.
- Butterfly Effect*. Yönetmen Eric Bress, 2004, New Line Cinema.
- Capek, Karel R. *U.R. Mineola*, N.Y.: Dover Thrift Edition, 2001.
- Carter, Thomas Francis. *The Invention of Printing in China and Its Spread Westward*. New York: The Ronald Press, 1925.
- Cartnell, Robert. *The Incredible Scream Machine: A History of the Roller Coaster, Bowling Green, Ohio: Bowling Green State University Popular Press*, 1987.
- Cassidy, David. *Uncertainty: The Life and Times of Werner Heisenberg*. New York: Freeman, 1992.
- Cassuto, Leon. "Big Trouble in the World of Big Physics," *Salon*, 16 Eylül 2002.
- Chang, Kenneth. "A Sudden Host of Questions on Bell Labs Breakthroughs," *New York Times*, 28 Mayıs 2002.
- . "On Scientific Fakery and the Systems to Catch It," *New York Times*, 15 Ekim 2002.
- Chapman, Allan. "England's Leonardo: Robert Hooke and the Art of Experiment in Restoration England." *Proceedings of the Royal Institution* 67, 1996, 239-275.
- Cheney, Margaret. *Tesla: Man Out of Time*. New York: Touchstone, 2001.
- Clary, David. *Rocket Man: Robert H. Goddard and the Birth of the Space Age*. New York: Hyperion, 2003.
- Crichton, Michael. *Jurassic Park*. New York: Ballantine, 1990.
- . *Prey*. New York: HarperCollins/Avon, 2002.
- Cull, Selby. "Understanding the Ghost Particle," *Journal of Young Investigators*, Aralık 2003.
- Dahl, Per. *Flash of the Cathode Rays: A History of Thomson's Electron*. London: Institute of Physics, 1997.
- Devlin, Keith. "Cracking the Da Vinci Code," *Discover*, Haziran 2004.
- Dilson, Jesse. *The Abacus: A Pocket Computer*. New York: St. Martin's, 1968.
- Doctor Strangelove, or How I Learned to Stop Worrying and Love the Bomb*. Yönetmen Stanley Kubrick, 1964, Tri-Star Pictures.
- Donne, John. "A Valediction: Forbidding Mourning," In *John Donne: The Complete English Poems*. New York: Penguin, 1983.
- . "A Valediction: Of Weeping," In *John Donne: The Complete English Poems*. New York: Penguin, 1983.
- Feynman, Richard. *QED: The Strange Theory of Light and Matter*. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1986.
- . *Six Easy Pieces*. Cambridge, Mass.: Perseus, 1995.
- . *Six Not-So-Easy Pieces*. Cambridge, Mass.: Perseus, 1997.
- Fournier, Marian. *The Fabric of Life: Microscopy in the Seventeenth Century*. Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press, 1996.
- Foust, Jeff. "Solar Neutrino Problem Solved," *Space/Light Now*, 20 Haziran 2001.
- Frankel, Felice. "Richard Feynman's Diagrams," *American Scientist*, Eylül-Ekim 2003.
- Frayn, Michael. *Copenhagen*. New York: Random House/Anchor, 1998.
- Freeman, Allyn, ve Bob Goden. *Why Didn't I Think of That? Bizarre Origins of Ingenious Inventions We Couldn't Live Without*. New York: Wiley, 1997.
- Gaiman, Neil. *American Gods*. New York: HarperCollins/Morrow, 2001.
- and Terry Pratchett. *Good Omens*. New York: Workman, 1990.
- Garcia, Kimberly. *William Roentgen and the Discovery of X-Rays*. Newark, Del.: Mitchell Lane, 2002.
- Gibson, William, ve Bruce Sterling. *The Difference Engine*. New York: Spectra, 1992.
- Gilmore, Robert. *Alice in Quantumland*. New York: Springer-Verlag, 1995.
- Gingerich, Owen. *The Eye of Heaven*. Woodbury, N.Y.: American Institute of Physics Press, 1993.
- . *The Book Nobody Read: Chasing the Revolutions of Nicolaus Copernicus*. New

York: Walker, 2004.

Gleick, James. *Chaos: Making a New Science*. New York: Viking/Penguin, 1987.

---. *Genius: The Life and Science of Richard Feynman*. New York: Vintage, 1993.

---. *Isaac Newton*. New York: Pantheon, 2003.

Goldman, M. *The Demon in the Aether*. Edinburgh: Paul Harris, 1983.

Greene, Brian. *The Elegant Universe*. New York: Random House/Vintage, 2000.

Gribbin, John. *In Search of Schrodinger's Cat*. New York: Bantam, 1984.

---, and Mary Gribbin. *The Science of Philip Pullman's His Dark Materials*. London: Hodder Children's Books, 2003.

Hecht, Jeff. "Winning the Laser Patent War," *Laser Focus World*, Aralık 1994.

Highfield, Roger. *The Science of Harry Potter*. New York: Viking/Penguin, 2003.

---. "Prince Charles Asks Scientists to Look into 'Grey Goo,'" *Daily Telegraph*, 6 Mayıs 2003.

Hockney, David. *Secret Knowledge: Rediscovering the Lost Techniques of the Old Masters*. New York: Penguin/Viking Studio, 2000.

Hopkins, Gerard Manley. "As Kingfishers Catch Fire." In *Poems and Prose of Gerard Manley Hopkins*, W. Gardner, ed. New York: Penguin, 1983.

Horgan, John. "Schrodinger's Cat: Physicists Prove That an Atom Can Be in Two Different Places at Once," *Scientific American*, Haziran 1996.

Hounshall, D. A. "Two Paths to the Telephone," *Scientific American*, 244, 1981, 166-163.

Howard, Toby. "The Spinach Machine," *Personal Computer World*, Temmuz 2000.

Hyman, Anthony. *Charles Babbage, Pioneer of the Computer*. Oxford: Oxford University Press, 1982.

Isaacson, Walter. *Benjamin Franklin: An American Life*. New York: Simon and Schuster, 2004.

It's a Wonderful Life. Yönetmen Frank Capra, 1947, Republic Studios.

Jardine, Lisa. *The Curious Life of Robert Hooke: The Man Who Measured London*. New York: HarperCollins, 2004.

Jehl, Francis. *Menlo Park Reminiscences*. Mineola, N.Y.: Dover, 1990.

Kaku, Michio. *Einstein's Cosmos: How Albert Einstein's Vision Transformed Our Understanding of Space and Time*. New York: Norton, 2004.

Kevles, Daniel J. *The Baltimore Case*. New York: Norton, 1998.

Kragh, Helge. "Max Planck: The Reluctant Revolutionary" *Physics World*, Aralık 2000.

Krauss, Lawrence. *The Physics of Star Trek*. New York: HarperCollins/Basic Books, 1995.

Kuhn, T. S. *The Copernican Revolution*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1957.

Lerner, Eric J. "What's Wrong with the Electric Grid?" *Industrial Physicist*, Ekim - Kasım 2003.

Lewis, C. S. *The Discarded Image: An Introduction to Medieval and Renaissance Literature*. Cambridge: Cambridge University Press, 1964.

Lindley, David. *Where Does the Weirdness Go? Why Quantum Mechanics Is Strange, But Not as Strange as You Think*. New York: Harper-Collins/Basic Books, 1996.

Livio, Mario. *The Accelerating Universe: Infinite Expansion, the Cosmological Constant, and the Beauty of the Cosmos*. New York: Wiley, 2000.

---. *The Golden Ratio*. New York: Broadway, 2002.

Ludwig, Charles. *Michael Faraday, Father of Electronics*. Scottsdale, Pa.: Herald Press, 1978.

Mahon, Basil. *The Man Who Changed Everything: The Life of James Clerk Maxwell*. New York: Wiley, 2003.

Mann, Alfred K. *Shadow of a Star: The Neutrino Story of Supernova 1987*. New York: W. H. Freeman, 1997.

Mayfield, Kendra. "E-Ink: Your Hands Will Thank You," *Wired.com*, Mart, 2001.

- Mean Girls*. Yönetmen Mark S. Waters, 2004, Paramount.
- Michelmöre, Peter. *The Swift Years: The Robert Oppenheimer Story*. New York: Dodd Mead, 1969.
- Miesel, Sandr. "Dismantling the Da Vinci Code," *Crisis Magazine*, Eylül 2003.
- Moore, Alan. *The League of Extraordinary Gentlemen*, Vol. 1. La Jolla, Calif.: America's Best Comics, 1999.
- Moran, Richard. *Executioner's Current: Thomas Edison, George Westinghouse, and the Invention of the Electric Chair*. New York: Knopf, 2002.
- My Big Fat Greek Wedding*. Yönetmen Joel Zwick, 2002, Gold Circle Films.
- Neeley, Kathryn A. *Mary Somerville: Science, Illumination, and the Female Mind*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- Neutrinos and Beyond: Windows on Nature. *National Research Council report*, 2003.
- Ocean's Eleven*. Yönetmen Steven Soderbergh, 2001, Warner Brothers.
- Olson, Lynn M. *Women in Mathematics*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1974.
- Ouellette, Jennifer. "Pollock's Fractals," *Discover*, Kasım 2001,
- , "Teaching Old Masters New Tricks," *Discover*, Aralık 2001.
- , "Bubble, Bubble: The Physics of Foam," *Discover*, Haziran 2002,
- Pandolfmi, Bruce. *Kasparov and Deep Blue: The Historic Chess Match between Man and Machine*. New York: Fireside, 1997.
- Park, Robert L. *Voodoo Science*. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- Parker, Steve. *How Things Work*. New York: Random House, 1991.
- Parnell, Peter. *QED*. New York: Applause Theatre and Cinema Books, 2002.
- Passachoff, Naomi. *Alexander Graham Bell: Making Connections*. Oxford: Oxford University Press, 1996.
- Pears, Iain. *An Instance of the Fingerpost*, New York: Riverhead, 1998.
- Penrose, Roger. *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics*. Oxford: Oxford University Press, 1990.
- Perkowitz, Sidney. *Empire of Light*. Washington, D.C.: Joseph Henry. Press, 1996.
- —. *Universal Foam*. New York: Walker, 2000.
- Permuter, Saul. "Supernovae, Dark Energy, and the Accelerating Universe," *Physics Today*, Nisan 2003.
- Peterson, Ivars. *Newton's Clock: Chaos in the Solar System*. New York: W.H. Freeman, 1993.
- Poe, Edgar Allan. "The Purloined Letter." *In Selected Prose, Poetry, and Eureka*. Austin, Tex.: Holt Rinehart and Winston.
- Pullman, Philip. *His Dark Materials*. New York: Random House/Knopf Books for Young Readers, 2000.
- Rashomon*. Yönetmen Akira Kurosawa, 1950, Daiet Studios (Japan).
- Regis, Ed. *Nano: The Emerging Science of Nanotechnology*. New York: Little Brown, 1995.
- Rhodes, Barbara, ve William W. Streeter. *Before Photocopying: The Art and History of Mechanical Copying, 1780 to 1938*. New Castle, Del.: Oak Knoll Press, 1999.
- Rhodes, Richard. *The Making of the Atomic Bomb*. New York: Simon and Schuster, 1986.
- , *Dark Sun: The Making of the Hydrogen Bomb*. New York: Simon and Schuster, 1996.
- Rincon, Paul. "Nanotech Guru Turns Back on 'Goo,'" *BBC News Online*, 9 Haziran 2004.
- Samuel, Eugenie. "Rising Star of Electronics Found to Have Fabricated His Data," *New Scientist*, 5 Ekim 2002.
- Sayers, Dorothy. *Gaudy Night*. New York: HarperCollins/Avon, 1968.
- Schiffman, Betsy. "Current Costs," *Forbes.com*, Mart 2004.
- Schwarz, Cindy, ve Sheldon Glashow. *A Tour of the Subatomic Zoo: A Guide to Particle Physics*. Woodbury, N.Y.: American Institute of Physics Press, 1996.

- Schweber, Silvan S. *QED and the Man Who Made It*. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1994.
- Searle, John R. *Minds, Brains, and Action*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1984.
- Segre, Gino. *A Matter of Degrees: What Temperature Reveals about the Past and Future of Our Species, Planet, and Universe*. New York: Penguin, 2002.
- Seife, Charles. *Zero: The Biography of a Dangerous Idea*. New York: Penguin, 2000.
- Shakespeare, William. *Troilus and Cressida*. Riverside Shakespeare. Boston, Mass.: Houghton Mifflin, 1974.
- Shermer, Michael. *Why People Believe Weird Things: Pseudoscience, Superstition, and Other Confusions of Our Time*. New York: W. H. Freeman, 1997.
- Singh, Simon. *The Code Book*. New York: Random House/Anchor, 1999.
- Sleeper*. Yönetmen Woody Allen, 1973, MGM/United Artists.
- Snow, C. P. *The Search*. New York: Scribner, 1934.
- Steadman, Philip. *Vermeer's Camera*. Oxford: Oxford University Press, 2001.
- Stepford Wives*. Yönetmen Bryan Forbes, 1975, Anchor Bay Entertainment.
- Stern, Philip M. *The Oppenheimer Case: Security on Trial*. New York: HarperCollins, 1969.
- Stevenson, Robert Louis. *Dr. Jekyll and Mr. Hyde*. New York: Bantam, 1981.
- Swade, Doron. *The Difference Engine: Charles Babbage and the Quest to Build the First Computer*. New York: Penguin, 2002.
- Szasz, Ferenc M. *The Day the Sun Rose Twice: The Story of the Trinity Site Nuclear Explosion*, 16 Temmuz 1945, Albuquerque: University of New Mexico Press, 1995.
- Terminator 2: Judgment Day*. Yönetmen James Cameron, 1991, Artisan Entertainment.
- Tillyard, E. M. W. *The Elizabethan World Picture*. New York: Random House/Vintage Books, 1959.
- Time After Time*. Yönetmen Nicholas Meyer, 1979, Warner Brothers.
- Tolkien, J.R.R. *The Lord of the Rings*. New York: Ballantine, 1965.
- Turner, Michael. "Plucking the Strings of Relativity," *Discover*, Eylül 2004.
- Updike, John. "Cosmic Gall." In *Telephone Poles and Other Poems*. New York: Random House/Knopf, 1959.
- Verne, Jules. *From the Earth to the Moon*. New York: Bantam, 1993.
- Visitors*. The. Yönetmen Jean-Marie Poire, 1996, Miramax.
- Wachhorst, Wynn. Thomas Edison: *An American Myth*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1981.
- Wasserman, Harvey. "California's Deregulation Disaster," *Nation*, 12, 2001.
- Waters, Roger. "Radio Days." In *Radio K.A.O.S.* Sony, 1987.
- Weiss, Richard J., ed. *The Discovery of Antimatter: The Autobiography of Carl David Anderson, the Youngest Man to Win the Nobel Prize*. Hackensack, N.J.: World Scientific, 1999.
- Wells, H. G. *The Time Machine*. New York: Airmont, 1964.
- . *War of the Worlds*. New York: Pocket Books, 1988.
- Westfall, Richard S. *Never at Rest: The Life of Isaac Newton*. Cambridge: Cambridge University Press, 1980.
- Whitbeck, Caroline. "Trust and the Future of Research," *Physics Today*, Kasım 2004.
- Whitfield, John. "Accelerating Universe Theory Disperses Dark Energy; Tweaking Gravity Does Away with Need for Strange Forces," *Nature*, 3 Temmuz 2003.
- Williams, Jay. *Leonardo da Vinci*. New York: American Heritage, 1965.
- Williams, L. P. *Michael Faraday: A Biography*. New York: Basic, 1965.
- Willis, Connie. *The Doomsday Book*. New York: Bantam, 1992.
- "At the Rialto." In *Impossible Things*. New York: Bantam Spectra, 1994.
- *To Say Nothing of the Dog*. New York: Bantam, 1998.
- Winterson, Jeanette. *Gut Symmetries*. New York: Random House/Vintage International.

nal, 1998.

Wite, Lynn, Jr. "Eilmer of Malmesbury: An Eleventh-Century Aviator," *Technology and Culture* 2, no. 2, ilkbahar 1961.

Woolley, Benjamin. *The Bride of Science*, New York: McGraw-Hill, 1999.

Woosnam, Maxwell. *Eilmer: Eleventh-Century Monk of Malmesbury. Malmesbury: Friends of Malmesbury Abbey*, 1986.

Worrall, Simon. *The Poet and the Murderer*. New York: Penguin, 2002.

X: The Man with X-Ray Eyes. Yönetmen Roger Gorman, 1963, MGM/United Artists.

X-Files, The. "D.P.O." Sezon 3. Yönetmen Kim Manners. Written by Howard Gordon. 6 Ekim 1995. Twentieth Century Fox.

..... "Kill Switch." Sezon 5. Yönetmen Rob Bowman. Written by William Gibson ve Tom Maddox. 1998.

X-Men. Yönetmen Bryan Singer, 2000, Twentieth Century Fox.

Çevirimiçi Kaynaklar

Airship Heritage Trust: www.aht.ndirect.co.uk

Albert Einstein Institute: www.aeinstein.org

Alexander Graham Bell Institute: <http://bell.uccb.ns.ca>

American Institute of Physics Online Exhibits: www.aip.org/history

Amusement Park Physics: www.learner.org/exhibits/parkphysics/coaster.html

Biomimicry Project: www.biomimicry.net

Centennial of Flight: <http://www.centennialofflight.gov/index.cfm>

Charles Babbage Institute: www.cbi.umn.edu

Coaster Central: www.coastercentral.com

Computing History Museum: www.computinghistorymuseum.org

Copernicus Museum in Frombork: www.frombork.art.pl

Edison Birthplace Museum: www.tomedison.org

Edison Home Page: www.thomasedison.com

Feynman Online: www.feynmanonline.com

Franklin Institute: <http://sln.fi.edu>

Galileo Project: <http://galileo.rice.edu>

History of Camera Lucida: www.cameralucida.org

History Channel: www.historychannel.com

How Stuff Works: www.howstuffworks.com

Hubble Telescope: <http://hubble.stsci.edu>

Leggat, Robert "History of Photography": www.rleggat.com/photohistory

Leonardo da Vinci Museum: www.leonardo.net

Live from CERN: <http://livefromcern.web.cern.ch/livefromcern>

Molecular Expressions: <http://micro.magnet.fsu.edu>

Morse Society: www.morsesociety.org

Museum of Science: www.mos.org

National Inventor's Hall of Fame: www.invent.org

National Museum of Science and Technology: www.museoscienza.org/english

Newton Institute for Mathematical Sciences: <http://www.newton.ac.uk/>

Nikola Tesla Museum: www.yurope.com/org/tesla/index.htm

Nobel Prize Foundation: <http://nobelprize.org/>

Physics Central: <http://www.physicscentral.com/>

Robert Hooke: <http://www.roberthooke.org.uk/>

San Francisco Exploratorium: <http://www.exploratorium.edu/>

Skeptical Inquirer, The: <http://www.csicop.org/si>

Tesla Memorial Society of New York: <http://www.teslasociety.org/>

Today in Science: <http://www.todayinsci.com/>

University of Dundee X-Ray Museum: <http://www.dundee.ac.uk/museum/>

Velcro: <http://www.velcro.com/>

Virtual Museum of History of the Telescope: <http://www.polarisinteractive.com/vmht/>
William Herschel Society: <http://www.williamherschel.org.uk/>
X-Ray Century: <http://www.emory.edu/X-RAYS/century.htm>

Etkileşimli

Chaos Game: <http://math.bu.edu/DYSYS/chaos-game/nodel.html>
Paper airplane aerodynamics: <http://paperplane.org>
Particle Adventure: <http://www.particleadventure.org/>
Relativistic Flight through Stonehenge: www.itp.uni-hannover.de/~dragon/stonehenge/stoneeng.htm
Schrodinger's Cat: http://www.phobe.com/s_cat/s_cat.html
Top Quark Game: <http://education.jlab.org/topquarkgame>

Teşekkür

Amerikan Fizik Derneği'ndek Alan Chodos'un teşviği ve desteği olmasa bu kitap mümkün olmazdı. Bu projeyi amacına ulaştırmaya yönelik enerjinin büyük kıdımı onun yumuşak ama ısrarlı kışkırtmaları sonucu ortaya çıktı ve ona bu nedenle son derece minnettarım.

Temsilcim Mildred Murmur'a ve bu kitabın potansiyelinin farkına varan Viking Penguin çalışanları Jane von Mehren'e de aynı derecede minnet borçluyum. Caroline'in mükemmel editörlüğü sayesinde, bu kitap karışık metaforlardan, zayıf benzetmelerden, mantık hatalarından ve düpedüz uygunsuz cümle yapılarından temizlendi.

Ann Kotner gayretli ve titiz bir araştırma asistanı oldu ve tonlarca ilginç tarihi bilgiyi araştırdı. Peri Lyons Thalenberg, Bob Mondello ve Carlos Schröder sıradan fizik kavramlarına ilişkin sayısız tartışmaya katlandılar ve onların zihinde canlanmasına yardımcı olmak için çok sayıda tarihi, edebi ve pop kültürüne ait ıvır zıvır önerdiler. Benim gibi onlar da kronik bir "saksağan zihin"den muzdarip – bu hem bir nimet, hem de bir lanet. D.C. merkezli Roomful of Writers grubu korkutucu fizik içeriğine rağmen birkaç taslak bölümü cesurca taradı ve son ürünün büyük ölçüde iyileşmesini sağlayan düşünceli eleştirilerde bulundu.

Dostlarım arasında çok sayıda fizikçi ve bilim yazarı olduğu için şanslıyım. Bunların birçoğu vakit ayırıp kavramları açıkladı, bölümleri inceledi, ya da sadece soyut kavramları günlük İngilizceye çevirmenin lojistik güçlükleri hakkında konuştu: Kenneth Chang, daha önce adı geçen Alan Chodos, Jessica Clark, Charles Falco, Susan Ginsberg, Martha Heil, Bob Park, Sidney ("El Sid") Perkowitz, James Riordon, Brian Schwartz, Fran-

cis Slakey ve Ben Stein. Özellikle bu kişilerin toplam uzmanlığı fizik kuramının bulanık sularında yolumu bulmama yardımcı oldu. Sık sık kendimi şaşırtıcı bir durumlar üstüdüümünde buldum: Ne tam haklı, ne de tam haksız olma durumu. Eğer kitabın bu alanlarda hâlâ kusurları kalmışsa, bunlar yalnızca bana aittir.

Hiçbir yazar vakumda, dostları ve ailesi olmadan yazamaz. Birçok zaafıma (fazla) şikayet etmeden katlanan kişilere gönülden teşekkürlerimi sunuyorum: Frank ve Cecelia Brescia, Adam Cvijanovic, Amy English, Gina Eppolito, Larry Feinberg, Erica Friedman, Kat James, Rich Kim, Brian McCormick, Dave Olson, David ve Rachel Ouellette, Alison Pride, Shari Steelsmith Duffin, Don Wagner ve Bay Ridge'deki çocuklar – siz hepiniz sayenizde kalbimin bir parçası hep Brooklyn'de kalacak. Eski üniversite İngilizce profesörüm Janet Blumberg'e çok özel teşekkürler. Onun bilgi edinme tutkusu, entelektüel titizliği ve ilginç bağlantılar bulma kabiliyeti düşüncemi silinmeyecek şekilde şekillendirdi.

Son olarak annem ve babam Paul ve Jeanne'ye beni o soğuk, acımasız dünyaya çıkmaya ve kendi yolumu çizmeye teşvik ettikleri için hep minnettar kalacağım. İzlediğim yol onlarınkinden neredeyse düşünülebilecek her biçimde farklıydı, ama bu bana olan sevgilerini hiç etkilemedi. Aynısı benim için de geçerli.

Dizin

118. Element sahtekârlığı 354, 356
2. Dünya Savaşı, atom bombasının geliştirilmesi 282
Abaküs 86, 87
AC elektrik, 143, 146
Addams Family Values 3, 45, 49
Aerodinamik kuram 94, 95, 97
Aerosol kutularının icadı 259, 261
Ağırlık, yerçekimi ve- 47
Alcock, Charles (hız trenleri) 135
Aldrin, Edwin "Buzz", Ay Modülü Pilotu 167, 217, 218
Algı, Schrödinger'in kedisi paradoksu ve, 221, 225, 226
Altın oran 6, 7, 8, 10, 74
Altın Pusula (Philip Pullman) 103, 335
Amerikan Tanrıları (Neil Gaiman) 15
"analitik makine" 90, 91, 92
Anderson, Carl (antiparçacık) 311
Antimadde 310, 311, 313, 314, 315, 316, 318, 320
APFEL, Robert (elde taşınan portatif nötron dedektörü) 262
Apollo 11 167, 218
Apollo 1385, 91
Apollo'nun Savaş Arabası (hız treni) 131
Archer, Frederick Scott (fotoğrafçılık) 156
Aristo (filozof) 46, 66, 67, 94, 190, 326, 333
Armitage, Karole (*Schrödinger'in Kedisi* balesi) 220
Armstrong, Neil A., Kumandan 167
Atalay, Bülent (Matematik ve Mona Lisa) 8, 9, 10, 11, 12
Ateşin Güdücü Kuvveti Üzerine Düşünceler (Sadi Carnot) 107
Atom bombaları, 240, 245, 249
Atomaltı parçacıklar 47, 221, 225, 226, 318, 320
Atomlar 33, 47, 56, 57, 83, 172, 178, 190, 194, 195, 196, 221, 241, 250, 255
Auburn, David (Kanıt) 111, 117
Av (Michael Crichton) 290, 294, 296, 299, 333
Avanak Ajan: Ajanlar Kralı 280, 284
Aya Yolculuk (Jules Verne) 211
Aydınlık oda 70, 71, 72
Aziz Jerome Kirlarda (Leonardo da Vinci) 10

Babbage, Charles (hesaplayıcı makine) 85, 87, 88
Bakteriler, ilk gözlemlenmeleri, 291
Balonla yolculuk 97, 98
Baskı, tarihi 19
Başlangıç koşullara duyarlı bağımlılık 301
Batlamyus (*Almagest*), evren modeli, 16, 152
Batlogg, Bertram (Schoen sahtekârlığı) 356
Batman Dalma 186, 190

Belin, Edouard (ilk telefoto aktarımlar) 182
 Bell, Alexander Graham 100, 125, 183, 272
 Benyus, Janine (*Biyomimetri: Doğanın İlham Alan İcatlar*) 270, 277
 Berginger, Johann (*Gensteine sahtekarlığı*) 353
 Bernoulli prensibi 95
 Bernoulli, Daniel (aerodinamik kuram) 95, 96
 Beyin, işlevi 186, 300, 326
Bıçak Sırtı (Ridley Scott) 325, 333
 Bilim, kadınlar 112
Bir Kıyamet Komedi (Neil Gaiman, Terry Pratchett) 121
 Biyomimetri 270, 277
Biyomimetri: Doğanın İlham Alan İcatlar 270
 Blanchard, John (balon) 98
 Bleriot, Louis (uçuş) 100
 Blondlot, Rene (N ışını sahtekarlığı) 352 357
 Bohr, Niels (parçacık-dalga ikiliği) 224
 Bolar, Denis (uçuş) 94
 Boreel, William (Hollandalı diplomat) 29
 Bose, Satyendra (Bose-Einstein yoğunlaşması) 285
 Bose-Einstein yoğunlaşması (BEC) 285
 Bozonlar 319, 322
 Bradbury, Ray ("Vücudun Elektrikinin Şarkısını Söylerim") 331
 Brahe, Tycho (Copernicus muhalifi) 20
 Bringsjord, Selmer (Brutus.1'in yaratıcısı) 331
 Brooks, Rodney, (Kismet robotunun yaratıcısı) 332
 Brown, Dan (*Da Vinci Şifresi*) 5
 Bruno, Giordino (bilimsel şehit) 22
Buz Fırtınası 57
 Büyük Birleşik Kuram (GUT) 267, 362
 Büyük Hardon Çarpıştırıcısı (LHC) 324
 Büyük Patlama, antimadde ve, 35, 310, 336, 363
 Büyüten taşlar 25

 Cadılık, öğrenim görmüş kadınlar ve- 113
 Cameron, James (*Yok Edici 2: Mahşer Günü*) 244
 Campbell, Murray (Deep Blue'nun yaratıcısı) 229
 Canlı manyetizması (mesmerizm) 76
 Canton, John (yıldırım) 59
 Capek, Karel (R.U.R.) 333
 Carlson, Chester (fotokopi makinesi) 232
 "Carnot döngüsü" 107
 Carnot, Sadi (termodinamik) 106
 Cayley, Sir George (aerodinamik kuramı) 94
Charlie ve Çikolata Fabrikası (Roald Dahl) 180
 Cheney, Margaret 143
 Chu, Stephen (lazerli soğutma) 285
 CO₂ lazerleri 284
Codex Atlanticus (Leonardo da Vinci) 12
 Collins, Michael, Kumanda Modülü Pilotu 217
 Compton, Arthur (ışık) 197
 Coney Island hız trenleri 131
 Cooke, William F. (telgrafın geliştirilmesi) 124
 Copernicus, Nicolaus 16, 38
 Cornell, Eric (BEC) 285
 Cowan, Clyde (nötrino) 345

Crichton, Michael: *Jurassic Park* 299
 Crippen, Dr. Hawley (katil) 164
 Crooke tüpü 174, 180
 Crooke, Sir William (Crooke tüpü) 174, 181
 Ctesibios 271
 Cvijanovic, Adam (sanatçı) 282

 "Çalınan Mektup" (Edgar Allan Poe) 3, 344
 Çift kişiliklik, popüler kurguda 66
 "Çince odası" hikâyesi 327

 D'Alibard, Thomas François (yıldırım) 59
Da Vinci Şifresi (Dan Brown) 5
 Da Vinci, Leonardo 2, 9, 94, 264, 271
 Daguerre, Louis (fotoğrafçı) 155
 Dahl, Roald (*Charlie ve Çikolata Fabrikası*) 180
 Dalgalar, kuantum mekanığı 222
 Dali, Salvador (sanatçı) 8
 Dally, Clarence (Edison'un asistanı) 176
 Darwin, Charles (evrim kuramcısı) 23, 87
 Davis, Ray, Jr. (nötrino) 346
 DC elektrik 144
 De Broglie, Louis (parçacık-dalga ikiliği) 222
De divina proportione (Leonardo da Vinci) 10
 De la Roche, Charles François Tiphaigne (*Giphantie*) 154
 De Mestral, George (Velcro) 273
De Revolutionibus 16, 19
 De Saint-Victor, Abel Niepce (fotoğrafçılık) 159
 De Villanova, Arnau (13. Yüzyıl büyütücüsü) 152
 Deep Blue (bilgisayar) 325, 329
 Deep Thought (bilgisayar) 329
 Della Porta, Giambattista (16. Yüzyıl İtalyan bilim insanı) 68, 151
 Delor, M. (yıldırım) 59
 Deroche, Elise (ehliyetli kadın pilot) 100
 Devridaim makineleri 104
 Dicke, Robert (kozmetik mikrodalga arka plan ışıması) 316
 Dircks, Henry (spektroskopik gösterim) 152
 Disneyland hız trenleri 135, 136
Doğal Felsefenin Matematiksel İlkeleri (Principia) (Isaac Newton) 52
 Doppler, Christian ("Doppler kayması") 337
 "Doppler kayması" 42, 337
Dr. Garipışık, veya Nasıl Üzülmeyi Bırakıp Bombayı Sevmeyi Öğrendim,
 (Stanley Kubrick) 239
Dr. Jekyll ve Bay Hyde (Robert Louis Stevenson) 189, 198
 Drexler, Eric (*Yaratım Makineleri*) 290, 296
 Du Chatelet, Emilie 114
 Durian, Douglas (köpük) 266
Dünyalar Savaşı (H.G. Wells) 215, 279, 285
 "Düşünen makine," 87, 118
 Düzenlemelerin azaltılması, elektrik endüstrisinde 147
 Eastgate Binası, biyomimetrisi, 271
 Edebiyat, yapay zeka tarafından üretilen 118, 326 Ayrıca bkz. özel isimler
 Edison, Thomas 125, 143, 157, 174
 Einstein, Albert 52, 197, 200, 221, 285, 311, 337

Elektrik kesintileri 141, 146
 Elektrik 141, 146, 158, 180, 235
 Elektrikli sandalye, AC elektrik 145
 Elektrofotografiklik 234
 Elektromanyetik dönme 79
 Elektromanyetizma 3, 75, 92, 108, 201, 221 *Ayrıca bkz. Manyetizma*
 Elektronik kâğıt, fotokopi 236
 Elektronlar 26, 47, 56, 76, 143, 172, 196, 222, 257
 Enerji 96
 Engizasyon ve Galileo 23, 39
 Entropi 105, 133, 193
 Erozyon, Teknoloji ve Yoğunlaşma için Eylem Grubu (ETC) 297
 Escher, M.C. (sanatçı) 105
 ETC. *Bkz. Erozyon, Teknoloji ve Yoğunlaşma için Eylem Grubu (ETC)* 297
 Euler, Leonard (18. Yüzyıl İsviçre matematikçisi) 365, 386
 Evren 309, 335, 361
Evrinsel Köpük (Sidney Perkowitz) 262
 Evrimsel robotik 333
 Eylemsizlik yasası 49

 Fabio (model) 131
 Falco, Charles (fizikçi) 71, 381
 Faraday, Michael (elektromanyetizma) 2, 79
Fark Makinesi (William Gibson, Bruce Sterling) 89, 92
 Farnsworth, Philo (televizyon) 183
 Fermi Ulusal Laboratuvarı 321
 Fermi, Enrico (nötrino) 245
 Fermiyonlar 319
 Ferucci, Dave (Brutus.1'in yaratıcısı) 331
 Feynman diyagramları 255
 Feynman, Richard 3, 245, 251, 289
 Fibonacci dizisi 3
 Filmler, *Bkz. özel film isimleri* 3, 75
 Fisher, Frederick (hayalet hikâyesi) 153
 Fludd, Robert (Devridaimli su değirmeni) 104
 "flugtag" yarışmaları 97
 Fotoiletkenlik 233
 Fotokopi 229, 234
 Fotokopi makinesi, icat edilmesi 229
 Fotonik kristal, çalışmaları 276
 Fotonlar 26, 43, 154, 197, 222, 252, 280
 Fotosistem I (PSI) çalışmaları 274
 Frost, Edwin Brant (X ışınları) 175

 G güçleri ve hız trenleri 138
 Gaiman, Neil (*Bir Kıyamet Komedi*) 15, 121
 Galilei, Galileo 23, 38, 46, 299
 Galvani, Luigi (elektrik) 62
 Gates, James (sicim kuramcısı) 368
Geleceğe Dönüş 3, 199, 205
 Gell-Mann, Murray (fizikçi), fizikğin krizi üzerine, 250, 319
 Gemma-Fristum, Reinerus (Hollandalı bilim insanı) 68
 Geometri, fraktal 303
 Germain, Sophie (Fransız matematikçi) 115
 Gezegenler arası iletişim, 167

Gezegenler Arası Uzaya Giden Roket (Hermann Oberth) 214

Gibson, William (*Fark Makinesi*) 92, 292, 326

Gibson, William (*Gizli Dosyalar*) 92, 292, 326

Giffard, Henri (hava gemisi) 98

Gilbert, William (elektrik) 56, 76

Gingerich, Owen (*Hiçkimşenin Okumadığı Kitap*) 19

Giphantie (Charles François Tiphaigne de la Roche) 154

Gizli Bilgi (David Hockney) 65

Gizli Dosyalar 326, 358

Goddard, Robert H. (sıvı yakıtlı roket) 215

Gopala (eski Hint bilgini) 8

Gould, Gordon (lazer) 283

Gösterişli Gece (Dorothy Sayers) 351, 359

GUT (büyük birleşik kuram) 267, 362

Gutenberg, Johannes (matbaa) 232

Güçlü çekirdek kuvveti 319, 362

Güneş merkezli Copernicus evren modeli 21

Güneş nötrinoları 344

Hareket yasaları 95, 212

Harry Potter kitapları 77, 237

Harry Potter'ın Bilimi 237

Hava durumu, kestirilemezliği 300

Hava gemileri, gelişimleri, 99

Hava, akıllı olarak 35, 46, 60, 94

Heaviside, Oliver (elektromanyetizma) 81

Heisenberg, Werner (parçacık-dalga ikiliği) 224

Hektograf kopyalama makinesi 233

Herbert, Mary Sidney, Pembroke kontesi (Kraliçe Elizabeth dönemi fizikçisi) 113

Herschel, William (astronom) 40, 88, 117

Hertz, Heinrich (elektromanyetizma) 81, 196

Hesaplama Kitabı (Fibonacci) 7

Hesaplayıcı makineler, icat edilmeleri 85, 87, 88

Hız trenleri 132

Hidrojen bombası 245

Higgs bozonu 324

Highsmith, Roger (Harry Potter'ın Bilimi) 237

Hindenburg (hava gemisi) 99

Hiroshima, bombalanması 242, 313

Hockney, David (sanatçı) 65, 71

Hoffman, Mark (sahteci) 229, 236

Holtz, Glyn (köpük) 266

Hooke, Robert (Micrographia) 30

Hopkins, Gerard Manley (Kraliçe Victoria dönemi şairi) 3, 277, 305

Hristiyan teolojisi 16

Hsu, Feng Hsiung (Deep Blue'nun yaratıcısı) 329

Hubble, Edwin, evrenin genişlemesi 314, 337

Hubble uzay teleskopu 35

Hypatia (4. Yüzyıl kadın bilim insanı) 112

Imanishi-Kari, Teresa (sahtekarlık suçlamaları) 353

Işık hızı: özel görelilik ve zamanda yolculuk 177, 203, 226, 240, 310, 344, 364

Işık 25, 53, 66, 79, 122, 191, 251

It's a Wonderful Life 302

İbn-i Heysem (11. Yüzyıl Arap bilgini) 12, 67
İşsel Simetritler (Jeanette Winterson) 3, 221, 240, 361
İğne delikli kamera 66, 154
"İki Yeni Bilim üzerine konuşmalar" (Galileo Galilei) 23
İletkenlik 234
İvme kanunu 50
İyonlar, elektrik 177

Jackson, Peter (Yüzüklerin Efendisi film üçlemesi) 160
James Webb uzay teleskopu 43
Janssen, Zacharias (mikroskop) 29, 36
Jet tahriri 212
Joliot-Curie, Frederic (atom enerjisi) 241
Joliot-Curie, Irene (atom enerjisi) 241
Jung, Carl (psikolog) 101
Jurassic Park (Michael Crichton) 299

Kabarcıklar, bkz. Köpük 259
Kadınlar, matematikte/bilimde 6, 112
Kalbinin Sesini Dinle 317
Kalotip 156
Kanat (David Auburn) 111
Kaos kuramı 299 Ayrıca bkz. Fraktal geometri
Kara cisimler ve termodinamik 194
Karadelikler 200, 336, 364
Kara enerji 336, 339
Kara madde 336, 339
Karanlık oda 66, 152 Ayrıca bkz. Spektroskopik gösterim
Kasabamız (Thornton Wilder) 346
Kasparov, Gary (satranç şampiyonu) 325, 330
Katolik kilisesi, Bkz. Hristiyan teolojisi 16, 22
Katot ışını tüpü (CRT) 180, 318
Kehribar Teleskop (Philip Pullman) 36
Kelebek Etkisi 299, 301
Kemmler, William, elektrikli sandalyeyle idam edilmesi 145
Kepler, Johannes, karanlık oda kullanması; gezegensel hareket yasaları 21, 46
Ketterle, Wolfgang (BEC) 286
Kırınım 12, 27, 70
Kırınım teleskopu 37
Kıyamet Günü Kitabı (Cinnie Willis) 207
Kinetik enerji, potansiyel enerjiye karşı 96
Kismet robotu 333
Kopyalama, tarihi 229, 234 Ayrıca bkz. fotokopi
Kornei, Otto 234
Kozmik ışınlar, -daki antiparçacıklar 311, 346
Kozmik mikrodalga arka plan ışıması 314
Kozmolojik modeller 337
Köpekten Hiç Bahsetmeyelim (Connie Willis) 207
Köpük 259
Kötü Kızlar 112, 118
Kraliçe Sonduk (7. Yüzyıl, Kore) 113
Kraynik, Andrew (köpük) 265
Kromatik sapınç 28

Kserografi 234
 Kuantum ileticilik kuantum elektrodinamigi (KED) 287
 Kuantum mekanigi 193, 220, 250, 340, 362
 Kuantum paradoksu, Schrödinger'in kedisi 222
 Kuantum tünelleme 225
 Kubrick, Stanley (Dr. Garipask, veya Nasil Üzülmeyi Bırakıp
 Bombayı Sevmeyi Öğrendim) 239, 247
 Kurnaz Bıçak (Philip Pullman) 335
 Kurtuluş Günü 280
 Kuvarklar 319
 Kuvvet, dört temel, 362, 365
 "Küçük Yorum" (Commentariolus) 18
 Küresel sapınç 29
 Kütle, yerçekimi 46, 137

 Lambda 337
 Lapin, Aaron "Bunny" (Reddi-Wip'in yaratıcısı) 259
 Lazerler 81, 281, 355
 Le Corbusier (Fransız mimar) 8
 Lens 25, 66, 153
 Leptonlar 319, 324
 Leviathan teleskopu 42
 Leyden kavanozu 58
 Lippershey, Hans (teleskop) 29, 36
 Livio, Mario (Altın Oran) 8
 Lomonosov, Mikhail (yıldırım) 59
 Lord Kelvin'in hücresi 265
 Lorenz, Edward (kaos kuramı) 300
 Lotto, Lorenzo (sanatçı), görsel yardımcı araç kullanmış olması potansiyeli 72
 Lovelace, Ada (İngiliz matematikçi/bilim insanı) 87, 117
 Luther, Martin (Copernicus muhalifi) 21
 Lutter, Vera (sanatçı) 155

 Machack IV bilgisayar 329
 Maddox, Richard (fotoğrafçılık) 156
 Magnes (Yunan çoban) 75
 Malmesburyli Eilmer (uçuş) 93, 101
 Manhattan Projesi 241, 252
 Manyetik rezonans görüntüleme (MRI) 83
 Manyetizma 63, 76, 181, 361
 Manzaralı Demiryolu 135
 Marconi, Guglielmo (radyonun icat edilmesi) 162
 Matra-vrttas 8
 Matematik: fraktal geometri; - te kadınlar 52, 112, 304
 Matrix 326
 Matzke, Edwin (köpük) 264
 "Maxwell'in şeytani" 103
 Maxwell, James Clerk: elektromanyetizma çalışmaları; ışık deneyleri; termodinamik
 çalışmaları 80, 108, 193
 McEuan, Paul (Schoen sahtekârlığının keşfedilmesi) 355
 Mesmer, Franz Anton (mesmerizma) 76, 82
 Meucci, Antonio (telefon cihazı) 27
 Micrographia (Robert Hooke) 31, 41, 192
 Mikroskop 25, 178, 264

Milo Venüsü 8
Mimeograf kopyalama makinesi 233
Moleküler spektroskopisi 282
Mona Lisa (Leonardo da Vinci) 5
Mongolfier kardeşler (balon) 98
Moore, Alan (Muhteşem Kahramanlar) 190
Morse, Samuel Finley Breese (telgraf) 124
Muhteşem Kahramanlar (Alan Moore) 190
Muybridge, Eadweard (fotoğrafçılık) 156, 159
Müzik, müzikte fraktal geometri 8, 305

N ışını sahtekarlığı 229
Nagazaki, bombalanması, 240
Nanorobotlar 178
Nanoteknoloji 289
Newton, Isaac 9, 39, 47, 96, 114, 254
Niepce, Joseph-Nicephore (fotoğrafçı) 155
Ninov, Victor (118. element sahtekarlığı) 354
Nötrinolar 3, 341, 344
Nükleer kuvvet 240
Nükleer parçalanma, atom bombası 241, 363

Oberth, Hermann (Gezegenler Arası Uzaya Giden Roket) 214
Ocean's Eleven 81
Oppenheimer, J. Robert (atom bombasının babası) 241, 247
Orsted, Hans Christian (manyetizma) 78
Oxiander, Andreas (De revolutionibus'un yayımcısı) 19

Özel görelilik 200, 221
"Özgür bir Adamın Andı" sahteciliği 229

Parçacık fizikçileri, rolleri 321
Parçacık Veri Grubu 322
Parçacık-dalga ikiliği 222
Parçacıklar 223, 255, 286
Parnell, Peter (QED) 254
Parsons, William (Lord Rosse) (Leviathan teleskopu) 42
Pauli, Wolfgang (nötrino) 345
Peary, Robert (Kutup kaşifi) 164
Pennell, Joseph (Amerikalı oymacı ve taşbaskıcı), Vermeer hakkında, 68
Penzias, Arno (kozmetik mikrodalga arka plan ışıması) 315
People Like Us 94
"Pepper'in Hayaleti" (spektroskopik gösterim) 152
Pepper, "Profesör" Henry (spektroskopik gösterim) 152, 160
Pepys, Samuel (günlük yazarı) 31
Peregrinus, Petrus (pusula) 76
Perkowitz, Sidney (Evrensel Köpük) 224, 263, 381
Phelan, Robert (köpük) 266
Phi 6
Pi Sheng (matbaa) 231
Piarce, Mick (mimar) 271
Pil, icadı, 63
Pisa, Leonardo (Fibonacci) hakkında 7
Pisagor 112, 190

Planck, Max (termodinamik) 193, 357
Plateau, Joseph (köpük) 264
Pleasantville 179, 187
Poe, Edgar Allan ("Çalınan Mektup") 3, 343
Pollock, Jackson (sanatçı) 304
Potansiyel enerjiye karşı kinetik enerji 96
Pozitron 312
Pratchett, Terry (Bir Kıyamet Komedi) 121
Prens Charles, İngiltere 289, 296
Prizmalar 191
PSI (fotosistem I) çalışmaları 274
Pullman, Philip, Kehribar Teleskop; Altın Pusula; Kurnaz Bıçak 36, 103, 335
Pusula, basit -'nın icat edilmesi, 76, 200

QED (Peter Parnell) 254

R.U.R 333

Rabi, I. I. (fizikçi), fiziğin krizi hakkında 250

Radar 203, 282, 315

Radio K.A.O.S. (Roger Waters) 161, 168

Radio, icat edilmesi 167, 184

Radio dalgaları 193, 287

RCA, Televizyonun icat edilmesi 184

Reagan yönetimi, "Yıldız Savaşları" stratejik savunma girişimi 280

Reddi-Wip 259

Reichmann, Georg Wilhelm (yıldırım) 59

Reines, Frederick (nötrino) 345

Renk, ışık deneyleri 185, 275

Rheticus (Rheticus), Georg Joachim, De revolutionibus'un yayımlanması 19

"Rialto'da" (Connie Willis), 219

Riche, Gaspard, Baron de Prony (Fransız matematikçi) 88, 114

Robotlar 289, 294

Roddenberry, Gene (Uzay Yolu) 310

Roketler 212, 242

Röntgen, Wilhelm (X ışını) 173

Sailor, Michael ("zeki toz"un yaratıcısı) 291

Sanat 10, 65, 124, 260, 304

Sandia Ulusal Laboratuvarları, Z çimidiği 82, 265

Sanskrit şifirleri, 12. Yüzyıl, Phi kullanımı, 8

Santos-Dumont, Alberto (hava gemisi) 99

Satranç, otomatik 227, 328

Sayers, Dorothy (Gösterişli Gece) 351, 359

Sayma aletleri 86

Schawlow, Arthur (Uyarılmış Salınım) 883

Schön, Jan Hendrik (iletkenlik sahtekarlığı) 354

Schrödinger, Erwin (Avusturyalı fizikçi) 220

Schrödinger'in kedisi paradoksu 219

Schrödinger'in kedisi paradoksu ve parçacık-dalga ikiliği çalışmaları 219

Schrödinger'in Kedisi Üçlemesi (Robert Anton Wilson) 220

Schrödinger'in Kedisi, bale 220

Schwinger, Julian (KED) 251

Scott, Ridley (Bıçak Sırtı) Arayış (C.P. Snow) 325

Searle, John (Çince odası hikâyesi) 327

Seife, Charles (Sıfır: Tehlikeli Bir Fikrin Biyografisi) 195
 Sempatik rezonans 126
 Ses dalgaları 33, 122, 161, 182, 266, 337
 Shelter Adası konferansı 249
 Shelton, Ian (1987A süpernovasının keşfedilmesi) 349
 Shenandoah (hava gemisi) 99
 Sıfır: Tehlikeli Bir Fikrin Biyografisi (Charles Seife) 195
 Sicim kuramı 3, 340, 361
 Sidereus nuncius (Yıldızlı Haberci) (Galileo Galilei) 38
 Sinema filmleri 156
 Smalley, Richard (nanoteknoloji) 296
 Smyth, Henry DeWolf, AEC Komisyon Üyesi 246
 SNO (Sudbury Nötrino Gözlemevi) 247
 Snow, C.P. (Arayış) 351
 Sohn, Lydia (Schoen sahtekârlığının keşfedilmesi) 355
 Somerville, Mary (İngiliz matematikçi/bilim insanı) 111
 Spektroskopik gösterim. Ayrıca bkz. karanlık oda 152
 Spiral bulutsular, keşfedilmeleri 42
 Statik elektrik 57
 "standart model" 319, 349, 363
 "Star Wars" stratejik savunma girişimi 280, 313
 Steadman, Philip (Vermeer'in Kamerası) 69
 Stepford Kadınları 326
 Sterling, Bruce (Fark Makinesi) 92
 Stevenson, Robert Louis (Dr. Jekyll ve Bay Hyde) 63, 189, 198
 Stork, Davis (elektrik mühendisliği danışman profesörü) 73
 Su değirmeni, devridaim makinesi girişimleri 47
 Sudbury Nötrino Gözlemevi (SNO) 347
 Super-Kamiokande nötrino dedektörü 349
 Survivor 302
 Suskind, Leonard, sicim kuramı 365
 Süper kahramanlar, iki kişilikleri, 190
 Süpernovalar ve nötrinolar 339, 349
 Sürüklenme Kuvveti 51, 95, 105, 212
 Szilard, Leo (atom enerjisi) 241

Talbot, William Henry Fox (kalotip) 156
 Taylor, Richard (sanatta fraktal desenler) 304
 Tedavi olarak manyetizma 76, 82, 128, 175, 257
 Telefon 81, 100, 121, 162, 272
 Teleskop 20, 35, 168, 315
 Televizyon 184
 Telgraf, geliştirilmesi 123
 Telgraf, radyo dalgaları ve, 163
 Teller, Edward (atom bombasının geliştirilmesi) 245
 Termodinamik yasaları 106
 Termodinamik 106, 194
 Tesla Anlaşılmamış Dahi (Margaret Cheney) 129
 Tesla, Nikola 129, 143, 162
 Tevatron atom çarpıcısı 321
 Thompson, La Marcus (hız trenleri) 134
 Thompson, Phil (fraktal müziği) 305
 Thompson, William (Lord Kelvin), köpük çalışmaları, 107, 265
 Thomson, Elihu (X ışınları) 176

Thomson, Joseph John (J.J.) (katot ışıını) 181
 Tıp, tıpta X ışınları 172
 Tıraş köpüğü, geliştirilmesi 261
 Tolkien, J.R.R. (Yüzük Kardeşliği) 291
 Tomonaga, Sin-Itiro (Shinichiro) (KED) 251
 Townes, Charles (Uyarılmış Salınım) 282
 Trinity testi (atom bombası) 239, 253
 "Türk" satranç oyuncusu 328

 Uçuş 85, 97, 214, 272
 Uranyum, keşfedilmesi 41
 Uranyum 235 ve atom bombasının geliştirilmesi 242
 Uyarılmış Salınım 282
 Uzay Yolu 122, 280, 309
 Uzunluk kısalması 205

 Üst kuvarklar 320

 Vampir Avcısı Buffy 263, 303
 Van Eyck, Jan (sanatçı) 65, 72
 Van Leeuwenhoek, Antoni (mikroskopik) 32, 69
 Van Musschenbroek, Pieter (Leyden kavanozu) 59
 Velcro 269
 Veneziano, Gabriele, sicim kuramı 365
 Vermeer, Jan (sanatçı) 68
 Vermeer'in Kamerası (Philip Steadman) 69
 Verne, Jules (Aya Yolculuk) 211
 Vezzosi, Alessandro (Museo Ideale'nin müdürü) 13
 Virtüöz (Thomas Shadwell) 31
 Vitruvius (Romalı mimar ve mühendis) 271
 Vitruvius Adamı (Leonardo da Vinci) 10
 Volta, Alessandro (pilin icat edilmesi) 62
 Von Braun, Werner (roket) 216
 Von Kempelen, Baron Wolfgang (Alman) 272, 328
 Von Zeppelin, Kont Ferdinand (hava gemisi) 99
 Voss, Richard (sanatta fraktal desenleri) 304
 "Vücudun Elektriğinin Şarkısını Söylerim" (Ray Bradbury) 331

 Waters, Roger (Radio K.A.O.S.) 161, 168
 Weaire, Dennis (köpük) 266
 Wedgwood, Thomas (fotoğrafçılık) 154, 194
 Welles, Orson (Dünyalar Savaşı radyo yayını) 280
 Wells, H.G. (Dünyalar Savaşı) 215, 279
 Westinghouse, George (AC elektriğin geliştirilmesi) 144, 184
 Wheatstone, Charles (telgrafın geliştirilmesi) 124
 Wieman, Carl (JILA fizikçisi) 285
 Wilder, Thornton 346
 Wilder, Thornton (Kasabamız) 346
 Willis, Connie: "Rialto'da"; Kıyamet Günü Kitabı;
 Köpekten Hiç Bahsetmeyelim 207, 219
 Wilson, Robert (kozmetik mikrodalga arka plan ışıması) 245, 315
 Wilson, Robert Anton (Schrödinger'in Kedisi Üçlemesi) 220
 Winterson, Jeanette (İşsel Simetriler) 221, 240, 361
 Wise, James (fraktal desenleri) 306

Witten, Ed (sicim kuramcısı) 366
Wollaston, William (aydınlık oda) 69
Wright, Orville (uçuş) 100, 272
Wright, Wilbur (uçuş) 100, 272

X ışınları 82, 171, 244, 263, 352
X: X Işınlı Gözleri Olan Adam 171
Xerox Corporation 235
X-Men çizgiromanları 171

Yakıt olarak antimadde ve roket 213, 242, 309
Yanardönerlik çalışmaları 275
Yansıtıcı teleskop 39
Yapay duygu 332
Yapay Zeka (YZ) 118, 326, 331
Yaralanmalar, hız trenlerinde 135, 138
Yaratılışçılığın destek görmesi 23
Yaratım Makineleri (Eric Drexler) 290
Yerçekimi 46, 107, 212, 320, 362
Yerçekimli Eğlence Amaçlı Dönemeçli Demiryolu 134
Yıldırım 55, 148
Yıldırım çanlarının icat edilmesi 62
Yıldırımsavarın icat edilmesi 62
Yıldız Savaşları serisi 280
Yok Edici 2: Mahşer Günü (James Cameron) 244, 332
Young, Thomas (ışık) 192
Yüzük Kardeşliği (J.R.R. Tolkien) 291
Yüzüklerin Efendisi film üçlemesi 291

Z çimdigi 82
Zaman genişlemesi 203
Zarif Evren (Brian Greene) 2, 367
Zayıf çekirdek kuvveti 319, 345, 362
Zoetrop 157
Zoopraksiskop 157
Zworkyn, Vladimir (televizyon) 184

Büyüleyici ve eğretici bir kitap olan *Kara Cisimler ve Kuantum Kedileri*, fizikğin gizemli bir çalışma alanı değil, son derece insani bir çaba olduğunu ve günlük dünyamızın temel bir parçasını oluşturduğunu gösteriyor. Yüzyıllar boyunca değişen fizik anlayışımız. *Kara Cisimler ve Kuantum Kedileri*'nde bilim yazarı Jennifer Ouellette'in kaleminden okuyucularıyla buluşuyor. Ouellette'in kendine has sürükleyici üslubunda okuyucuyu kendisini *Addams Ailesi* filmiyle Newton'un yasalarını kavrarken bulabiliyor. *Geleceğe Dönüş* filmiyle özel göreliliğin incelikli kısımları, Poe'nun *Çalınan Mektup*'uyla nötrinoların gizemli doğası, Jeanette Winterson'un *İçsel Simetritler* isimli romanıyla da sicim kuramının anlatıldığı *Kara Cisimler ve Kuantum Kedileri*'ni elinizden bırakamayacaksınız.



ISBN 978-975-403-540-7



Fiyatı: **9** TL (KDV dahil)

